МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

2 | 1987

ISSN 0233-4844

Однокристальные 8-разрядные ЭВМ серии К1816ВЕ51 и цифровой процессор обработки аналоговых сигналов КМ1813ВЕ1: краткое описание, основные технические характеристики

Система программирования Quasic-2 **для микроЭВМ** типа «Электроника 60» обеспечивает работу с языком программирования высокого уровня, обладающим машинноориентированными возможностями

Комплекс средств управления и передачи данных для построения многоуровневой системы управления гибким производственным модулем: блоки управления «Орион-3», «Орион-4», пост управления, центральный пост управления

Многопроцессорные системы управления роботами — основная тенденция развития управляющей вычислительной техники в ГПС

Модули устройств связи микроЭВМ семейства СМ1800 с объектом: функциональные и технические характеристики





МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ «СФЕРА-36»

Система построена по модульному принципу, содержит семь микропроцессорных модулей, развитое программное обеспечение со средствами автономной подготовки программ.



Уровень создания и внедрения ГПС во многом определяется степенью развития устройств управления, построенных на базе современной вычислительной и микропроцессорной техники, качеством программного обеспечения. Промышленные роботы являются новым производственным оборудованием, без которого принципиально невозможно создание ГПС. Важнейшим компонентом промышленных роботов, в значительной степени определяющим его гибкость и совершенство, является устройство управления, которое в реальном масштабе времени должно решать множество задач: расчет, контроль и управление движением манипулятора, опрос и обработка информации со средств очувствления и адаптации, управление и синхронизация работы в рамках гибкого производственного модуля, тестирование технических средств, связь с верхним уровнем управления и т. п. Учитывая повышение скорости и точности роботов, их интеллектуальных возможностей, современные устройства управления строятся с использованием многопроцессорных вычислительных систем. В нашей стране разработано несколько таких устройств, предназначенных для различных условий сварки, резки, сборки и т. д. Наиболее совершенным является устройство управления «Сфера-36», построенное по модульному принципу, имеющее многопроцессорную архитектуру с встроенными средствами тестирования и аналитическим программированием и т. п.

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

ОРГАН ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ

Издается с 1984 года

МП МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ 2 / 1987 МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

Ершов А. П. — Колонка редактора 2

Беляков Б. Н., Зюляркин Д. Д., Подвальный А. М., Чернышев В. А. — Производительные силы и производственные отношения в сфере производства программного продукта 3

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Весноватов М. Г., Карацюба Г. В., Павлов В. З., Старшова В. А. — Перспективные однокристальные ЭВМ 7

Подольский Л. И., Лясковский А. П. — Система программирования Quasic-2 для микроЭВМ 9

Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. — Техника программирования 16-разрядных микроконтроллеров 11

Коминаров И. З., Молодцова Л. В., Самощенко А. В., Теплинский С. В., Школа А. А. — Программное обеспечение комплекса функционального диагностирования микроЭВМ «Электроника С5-21М» 14

Каргин А. А. — Проблемно-ориентированное программное обеспечение микропроцессорных систем в робототехнике 17

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ

Адамов Е. О., Иванов В. Г., Ляпунов М. М. — Аппаратные средства КАПРИ 22

Аппаратно-программные средства для автоматизации производственных процессов

Кузнецов М. Н., Громов Ю. К., Кумачев Ю. М., Некрасов Л. Т., Плешаков В. А. — Распределенная система управления технологическим оборудованием и гибкими автоматизированными линиями 24

Горбачев Б. С. — Многопроцессорные системы управления роботами . . . 30

Антонюк Б. Д. -МАР-интегрированная система автоматизации производства 37

Ильин Е. П., Ляпунов М. М. — Аппаратура дистанционного контроля и управления с оперативными УЧПУ 41

Флейшер Е. Г. — Организация межпроцессорного обмена в УЧПУ с подчиненными контроллерами 43

Обновленский П. А., Рудометов Е. А., Фокин А. Л., Харазов В. Г., Капустина Н. В. — МикроЭВМ «Электроника БК-0010» в системе управления производством кварцевого стекла 48

Алексеева Р. П., Жильцов А. В., Коробова Л. Е., Михайлов О. А., Песков М. И., Сулицкий Ю. Н. — ДВК-2М в производстве фотошаблонов печатных плат 50

Алексенко А. Г., Галицын А. А., Баландин К. Н., Наратов С. В. — Система автоматизированного проектирования матричных БИС на базе ДВК-2М 53

Черняевский А. Д., Шаповалов В. И. — Комплексирование микроЭВМ «Электроника НЦ 80-20» и НМЛ 56

Целуйко В. З., Климкович В. Г., Ратников В. Н., Пеньков И. В. — Микропроцессорные системы управления серии «Гранит 02» 57

Системы технического зрения

Гусев И. Т., Зайцев К. С., Бережинский И. В., Баталин А. А., Кац Д. А. — Система технического зрения для контроля режущего инструмента на станках с ЧПУ 62

Руцков М. В. — Видеопроцессор бинарных сигналов 64

Хоботов А. Г., Плеханов В. М., Крылов В. В. — Система технического зрения на базе серийной микроЭВМ 66

Матвеенко В. И., Староверов Ю. Г. — Полутоновая система технического зрения 68

Устройства связи микроЭВМ с объектами

Страшун Ю. П. — Средства связи микроЭВМ СМ1800 с объектом . . . 70

Гаврилов А. С., Тюлесиева Л. А. — Микроконтроллер на основе ОМП К1801ВМ1 и БИС серии К588 77

Мамедов Ф. С., Васильев В. Г. — Сопряжение быстродействующего интегрального АЦП К1107ПВ1 с микроконтроллерами 79

Аюпов Р. М., Чабан С. Д. — Восьмиканальный модуль последовательного обмена для микроЭВМ «Электроника 60» 80

Баранов А. С., Островский Е. М. — Интерфейс многопроцессорной системы 82

Однократно программируемые ПЗУ серии КР556 85

Справочная информация

Матвеев С. С. — Микропроцессоры в Политехническом 92

© ГКВТИ СССР

Главный редактор
А. П. ЕРШОВ
Редакционная коллегия:
А. Г. Алексенко
В. В. Бойко
В. М. Брябрин
К. А. Валиев
Г. Р. Громов
(ответственный секретарь)
В. И. Иванов
М. Б. Игнатьев
А. В. Каляев
С. С. Лавров
В. В. Липаев
Б. Н. Наумов
(зам. главного редактора)
С. М. Пеленов
(зам. главного редактора)
А. К. Платонов
Д. А. Поспелов
Ю. А. Чернышев
В. А. Чиганов
И. И. Шагурин
Редакционный совет:
Ю. Е. Антипов
Р. Л. Ашастин
Е. П. Велихов
Н. Н. Говорун
В. И. Жильцов
Г. И. Кавалеров
И. И. Малашинин
В. А. Мясников
Ю. Е. Нестерихин
И. В. Прангишвили
Л. Н. Преснухин
В. И. Скурихин
В. Б. Смолов
Ю. М. Соломенцев
В. И. Хохлов
Н. Н. Шереметьевский
Номер подготовили:
Г. Г. Глушкова,
В. М. Ларионова
С. С. Матвеев
Технический редактор
Л. А. Горшкова
Корректор Л. С. Глаголева

Адрес редакции: 101820, проезд Серова, 5, редакция журнала «Микропроцессорные средства и системы»
Телефоны 228-18-88; 221-99-26

Сдано в набор 22.02.87.
Подписано к печати 19.05.87. Т-10469.
Формат 84×108¹/₁₆. Бумага № 1.
Высокая печать. Усл. печ. л. 10,08
Уч. изд. л. 14,5. Тираж 88 890 экз.
Зак. 45. Цена 1 р. 10 к.
Орган Государственного комитета СССР по вычислительной технике и информатике.
Московская типография № 13
ПО «Периодика»
ВО «Союзполиграфпром»
Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
107005, Москва, Б-5,
Денисовский пер., д. 30.

На первой странице обложки представлен промышленный робот «Электроника НЦ ТМ-01», оснащенный системой технического зрения МСИ1

ГКВТИ СССР — НОВЫЙ ИЗДАТЕЛЬ ЖУРНАЛА

В течение прошлого года наша редакция получила немало писем, авторы которых спрашивали о Государственном комитете по вычислительной технике и информатике СССР. Одна из первых новостей, которой мы хотели бы поделиться с читателями, это то, что с данного номера наш журнал выходит в качестве органа ГКВТИ СССР. И хотя те, кто случайно пропустит эту колонку редактора, могут и не заметить происшедшей смены издателя, тем не менее принятое решение имеет и свою предысторию и свои перспективы.

Предыстория состоит в том, что уже самой логикой развития журнал опрокинул рамки первоначальных замыслов и оценок, двигаясь в сторону массового универсального журнала по вопросам вычислительной техники и ее приложений. Проблемы индустрии информатики, новой информационной технологии в целом заняли заметное место уже в первых номерах журнала. В то же время, наряду с экстенсивным охватом новых групп читателей и тематических направлений журнал стремился сформировать «свое лицо», установить и стабилизировать определенные традиции.

Перспектива же состоит в том, что нам надо еще шире раздвинуть тематические рамки журнала, подкрепить научно-техническую компетенцию журнала компетенцией социально-экономической, учитывающей массовый, поистине всенародный характер приобщения членов общества к вычислительной технике и информатике. Нам предстоит усилить роль журнала как средства массовой информации и как выразителя общественного мнения в определении и реализации государственной политики в области вычислительной техники и информатики, в осмыслении общей стратегии информатизации общества. При всем этом мы должны сохранить практическую полезность журнала как настольного руководства специалиста по информатике, профессионального работника, студента и учащегося. Здесь нам надо решить диалектическую задачу сочетания обновления с преемственностью — задачу, столь характерную для нашего времени.

Среди большого количества проблем, стоящих перед ГКВТИ СССР, следует выделить по крайней мере три, на решение которых журнал, его читательский и авторский актив могут оказать существенное воздействие.

Первое — это создание республиканских и территориальных подразделений ГКВТИ СССР — производственных объединений вычислительной техники и информатики — своеобразной службы компьютерного быта, обеспечивающей поддержку всем «низовым» аспектам применения массовой вычислительной техники. Здесь очень важно выработать творческий подход к организации этих предприятий, не отягощенный старыми грехами ремонтно-эксплуатационной службы, использующий все возможности реформы хозяйственного механизма, учитывающий своеобразие промышленной информатики. Особенно важной может быть роль журнала как средства распространения передового опыта и повышения квалификации специалистов средствами «Учебного центра», других форм деятельности журнала.

Второе — это становление промышленного производства программного обеспечения. Эта тема уже неоднократно затрагивалась на страницах журнала, но есть еще одна, подсказанная читателями, сторона проблемы: как сочетать технологическую дисциплину промышленного программирования с его творческой и новаторской природой, как подключить к плановому хозяйству потенциал десятков тысяч «неассимилированных» программистов. Идей много — от творческого союза программистов до программистских кооперативов, действующих на основании Закона об индивидуальном труде. Задача журнала — не только быть форумом для обсуждения этих идей, но и реально содействовать выявлению, описанию и распространению программного продукта, поддерживать высокий технологический стандарт его производства.

И, наконец, третье — по счету, но не по важности — это борьба за качество вычислительной техники. Здесь место журнала — в отработке человеческого фактора этой серьезнейшей проблемы. Прежде всего, журнал должен стать бескомпромиссным выразителем законных интересов потребителей вычислительной техники, выявляющим все случаи отсталых технических решений или прямой недобросовестности производителей. Критика, однако, обязана быть конструктивной и поэтому журнал должен делать общим достоянием новые методы обеспечения высокого качества «аппаратуры и программатуры», обобщать опыт государственной приемки, работу кружков и семинаров качества, всемерно содействовать переводу компьютерной промышленности на рельсы массового производства.

А. П. Ершов

От редакции

Экономика информатики — белое пятно. Причем эта малоисследованная область не относится к периферии экономической жизни современного общества, скорее наоборот, в силу массового применения ЭВМ и нарастающих процессов информатизации выходит на передний план. Поэтому мы крайне нуждаемся в активном, интенсивном и в то же время достаточно глубоком исследовании этого вопроса. Публикация журнальной статьи автоматически несет на себе авторитет печатного слова. В то же время мало кто еще может быть источником такого авторитетного слова. Мы все находимся в равном положении приступающих к атаке на эту проблему.

В частности, публикуемая статья уязвима для критики, мало того, нам не удалось достичь при подготовке этой статьи того уровня консенсуса между авторами, рецензентами и редакцией, к которому принято стремиться в более сложившихся областях. Тем не менее в этой постановочной статье, публикуемой в порядке обсуждения, есть идеи и положения, которые заслуживают анализа и развития. Поэтому мы сочли возможной публикацию этой статьи в ее нынешней версии прежде всего для того, чтобы побудить читателей и специалистов к дальнейшему более глубокому обсуждению поднятых вопросов. Мы надеемся, что вопросы экономики и права информатики станут одним из постоянных разделов нашего журнала.

УДК 681.3.06

Б. Н. Беляков, Д. Д. Зюляркин, А. М. Подвальный, В. А. Чернышев

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СИЛЫ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОТНОШЕНИЯ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

1. Экономическая или информационная эффективность программирования

Руководители ведущих секторов мировой индустрии ЭВМ приходят постепенно к выводу, что организация разработки программ подчиняется тем же принципам, что и организация промышленного производства и промышленного изобретательства.

Необходимо сделать следующий шаг — признать наличие общности экономики процесса разработки программ и экономики промышленного производства. Иначе говоря, найти общие принципы, которым подчиняется производство, распределение, обмен и потребление материальных благ, с одной стороны, и производство, распределение, обмен и потребление информации — с другой. Пока стыка этого нет, но в теории и хозяйственной практике производства программного продукта идет процесс синтеза экономики и информатики. На практике это происходит значительно интенсивнее, чем в теории. ВЦ, САПР, АСУ прочно вписались в структуру промышленного производства.

Иное дело в теоретическом синтезе. Здесь уже большее влияние оказывают субъективные факторы, инерция мышления, трудности работы на стыке наук. Тем не менее здесь наметились уже две тенденции, одинаково полезные и необходимые.

Первая состоит в попытках распространить информационные оценки на результаты и затраты промышленного производства, которые измеряются пока в стоимостном и натуральном выражении. Например, болгарский ученый-экономист Н. Николов выдвинул идею информационного содержания производственных отношений. Он определил потребительную стоимость как овеществленную информацию. Стоимость, по его определению,— «определенная, объективно формирующаяся информация представляет собой один из основных видов информации, которая создается в результате взаимодействия людей в общественном пространстве» [8, с. 134].

Если вторая тенденция синтеза экономики и информатики направляется от экономики к информационному производству (например, [3, 6]), то первая идет в противоположном направлении, пытаясь привнести достижения теории информации в экономические науки. Такой подход правомерен, если принять, что информация — это еще и мера упорядоченности системы, неразрывно связанная с ее материальным носителем — сигналом. Когда сигналами являются товары, то информация становится собственностью, т. е. мерой упорядоченности между людьми, связанных материальными сигналами — товарами.

Существующие предложения измерять эффективность программирования на основе только стоимостных затрат вызывают сомнение хотя бы с той точки зрения, что стоимость как категория и общественное отношение рано или поздно отомрет, а информация, ее производство, распределение, обмен и потребление будут все более и более расширяться. Возможно, эффективность программирования в конце концов выразится самой информацией, а не стоимостью.

Взаимосвязь информатики и экономики состоит, таким образом, не в том, что программный продукт есть обыкновенный товар, калькулируемый, как и любой другой товар, и имеющий стоимость производства аналогично стоимости товарного производства. Взаимосвязь их состоит в наличии общих принципов производства, распределения, обмена и потребления. При этом правильный путь нахождения общих принципов отнюдь не всегда состоит в распространении принципов товарного обмена на информационный. Скорее всего, наоборот,— в распространении принципов информационного обмена на сферу производства материальных благ вообще. Пример — распространение критериев эффективности программирования (производства программного продукта) на сферу товарного обмена, поскольку товар — это знак, информация, посредством которого осуществляется экономическое общение лиц. Товарное производство и потребление в современную эпоху все более и более становятся «производством символов» и «символьным потреблением». Интенсификация промышленного производства требует, чтобы любой производимый товар был символом НТП, нес в себе не только традиционную потребительную стоимость, но и социальную потребительную стоимость, т. е. удовлетворял не только экономические, но и социальные, политические и духовные потребности, которые в своем существе в основном символьные, информационные.

Программирование пока не способно дать информационного критерия своей эффективности, который мог бы быть распространен и на промышленное производство. В настоящее время нет сколько-нибудь научно глубоко обоснованного критерия для определения эффективности программирования. По свидетельству Г. Р. Громова, «...пока не известно новых критериев качества программ, которые приближались бы по простоте их интуитивного понимания и универсальности применения (а следовательно, и популярности) к «реликтовым» критериям оценки, основанным на прямых измерениях используемых машинных ресурсов: какую вычислительную мощность потребляет программа от всей мощности процессора и какой объем памяти она при этом занимает» [4, с. 158].

В то же время и экономическая наука пока не может предложить критерия эффективности, который мог бы составить аналог для разработки критерия эффективности про-

граммного продукта. Но экономической науке известен общий вид критерия эффективности. Это отношение результатов к затратам или, выражаясь языком политической экономии, отношение потребительной стоимости к стоимости. Применительно к программированию этот критерий означает отношение программы как меры снижения неопределенности к ней же как количеству информации. Наличие свойства двойственности информации (как меры снижения неопределенности и как количества), подобного свойству двойственности товара (как потребительной стоимости и стоимости), делает совместимыми оценки эффективности программирования и производства.

Трудность состоит в том, что как в информатике, так и в экономике отсутствует единство мнений, как выразить числитель этого общего критерия, т. е. потребительную стоимость и информацию как меру снижения неопределенности. Поэтому все предлагаемые оценки эффективности как в информатике, так и в экономике, по существу, сводятся пока к различным вариантам сопоставления затрат. В экономике это объем реализации, себестоимости, цена, нормативная чистая продукция, прибыль и другие стоимостные показатели. В информатике это длина программы, например, по Холстеду, время на разработку программы, машинное время, объем занимаемой памяти и другие показатели, основанные на оценке информации как ее количества.

В качестве примера можно привести критерий, предлагаемый А. Бабием [2, с. 19]:

время, затраченное на разработку программы/длина программы

и в числителе, и в знаменателе здесь, по существу, одно и то же — затраты, но выраженные разными характеристиками: в числителе трудостоимостными, в знаменателе как сумма операторов, т. е. это все тот же затратный подход, которым страдает современная экономическая методология на практике.

Те же методологические проблемы эффективности стоят сейчас перед информатикой и программированием. Это поиск критерия производства продукта (в одном случае программного, в другом — материально-вещественного) на конечный результат, которым в сфере материального производства является общественная социальная потребительная стоимость, а в сфере информационного производства — снижение степени неопределенности. Оценивать же качество (эффективность) программной продукции длиной программы или другой подобной характеристикой — это то же самое, что оценивать труд в материальном производстве «валом», «чистой продукцией» или другой стоимостной величиной.

Необходимо заметить, что если в экономической науке критерий эффективности как отношение потребительной стоимости и стоимости известен более ста лет, начиная с работ Маркса, то математически этот критерий продвинут в информатике все же дальше, поскольку информационный аналог потребительной стоимости — степень снижения неопределенности — насчитывает множество предложенных математических выражений, правда, не приведших к окончательному, общепринятому. В экономике же численное выражение потребительной стоимости остается по-прежнему загадкой, долгое время, не привлекавшей к себе внимания.

Можно надеяться, что успехи в определении информации как меры снижения неопределенности будут способствовать математическому осознанию потребительной стоимости.

Дальнейший синтез теории информации и экономических наук осуществляется, конечно, не только по линии поиска более обоснованных критериев эффективности. Если, следуя Г. Р. Громову [4], говорить о национальных информационных ресурсах как новой экономической категории, то это создает предпосылки для более глубокого анализа взаимосвязи экономических категорий и категорий информационного производства и влияния последнего на темпы ускорения социально-экономического развития страны.

2. Производительные силы информационного производства

Производительные силы материального производства делятся на рабочую силу, средства труда и предметы труда.

Производство программного продукта осуществляется с помощью специфических производительных сил, которые тем не менее состоят из тех же компонентов, принимающих только в данном случае свою чисто информационную форму. Так, в качестве рабочей силы выступает человеческий интеллект, в качестве средств труда — пакеты прикладных программ, а в качестве предмета труда — базы исходных данных. Таким образом, производительными силами в программном производстве выступает база знаний: человеческий интеллект (рабочая сила), пакеты прикладных программ (средства труда), исходные базы данных (предмет труда).

Средства машинного представления человеческого интеллекта, т. е. пакеты прикладных программ и базы исходных данных, являются, по сути, средствами программно-информационного производства. В соответствии со схемой С. С. Лаврова [17] в них входят:

1) концептуальные знания (часть фундаментальных знаний, нашедших свое электромагнитное овеществление с помощью микропроцессорной техники и ЭВМ);

2) алгоритмическое процедурное знание, воплощенное в алгоритмах, программах и подпрограммах, которые могут передаваться из рук в руки и использоваться без участия их авторов;

3) фактическое, предметное знание о качественных и количественных характеристиках конкретных объектов, воплощенное в базах данных.

В средства и предметы труда программиста могут входить только те знания, которые могут быть овеществлены на электромагнитных носителях (при современном уровне развития электронно-вычислительной техники — ЭВТ). Если некоторые знания из базы знаний не могут быть овеществлены на ЭВТ, то в информационных производительных силах они играют роль рабочей силы, т. е. человеческого интеллекта. По мере развития базы знаний (производительных сил) все бо́льшая часть человеческого интеллекта (рабочей силы) овеществляется в программных продуктах и базах исходных данных (в средствах производства).

Деление средств машинного представления концептуального знания, т. е. средств программного производства, конечно, относительно, как и деление части производительных сил вообще, на средства труда и предметы труда. При определенных условиях орудия труда (например, при ремонте, конструировании, модернизации) могут являться предметами труда. Так и прикладные программы при определенных условиях могут быть исходными данными, т. е. предметами, а не средствами программирования.

Таким образом, отобразив базу знаний в экономических категориях производительных сил, а средство машинного представления знаний в категориях средств производства, можно применить к последним и экономический критерий для деления средств представления на средства труда и предметы труда. Средства труда переносят свою стоимость на продукт в результате нескольких циклов их использования, а предметы труда — однократно. Машинные модели и пакеты прикладных программ переносят свою информацию на программный продукт по частям, по мере морального и физического старения, а базы исходных данных — целиком, в результате однократного применения. Это основное отличие баз от пакетов программ. Даже в тех случаях, когда база данных используется многократно, все равно свою информацию на конечный программный продукт она передает целиком. Информация, содержащаяся в пакетах прикладных программ, в отличие от баз данных, непосредст-

венно не входит в программный продукт, хотя и преобразуется алгоритмами и пакетами программ, образуя конечный программный продукт и информационные отходы.

Современная тенденция интеграции программных средств и баз данных в базы знаний не должна вызывать сомнения в необходимости их резкого противопоставления как средств труда и предметов труда в сфере производства программного продукта. Такая интеграционная тенденция характерна не только для информатики, но и для развития техники вообще.

Например, в самовосстанавливающихся и самомодернизирующихся машинах (поколение техники, следующее за гибкими производственными системами) оборудование одновременно является и средством и предметом труда. Программные средства и сейчас могут играть роль предмета труда, например, когда они проектируются, исправляются или совершенствуются с помощью машинных средств. В этом случае совершенствуемая программа является базой исходных данных, при эксплуатации она опять станет средством труда. Но это не дает права отказываться от деления средств программного производства на средства труда и предметы труда, поскольку их роль в образовании информации разная. Иначе будут затушеваны две стороны образования стоимости и две стороны образования информации. Об этом подробно писал К. Маркс применительно к промышленному производству по поводу полемики относительно необходимости строго разграничивать средства труда и предметы труда [1, с. 216]. В соответствии с этим положением некоторые авторы часть программных средств предлагают учитывать как предметы труда [3, с. 48].

В конкретной экономике под средствами труда понимают в первую очередь основные фонды. Пакеты прикладных программ — это и есть основные фонды программного производства. Они как часть входят в основные фонды материального производства, хотя являются, как считает группа авторов [12, с. 17], основными фондами в непроизводственной сфере.

На пакеты прикладных программ, как и на основные фонды вообще, распространяются законы амортизации. Только в случае программных средств это информационная, а не стоимостная амортизация.

Все законы воспроизводства основных фондов распространяются и на пакеты прикладных программ. В этом случае они носят не стоимостный, а информационный характер. Все проблемы использования основных фондов в промышленности имеют место и для прикладных программ в программировании. Например, эффективность их использования, коэффициент сменности, коэффициент обновления, сроки амортизации, фондоемкость, фондоотдача. Как в техническом базисе основные фонды для ускорения НТП требуют более частого перевооружения, так и в информационном базисе пакеты прикладных программ требуют более частой их замены.

Эффективность орудий труда зависит от того, в какую систему машин они скомпонованы. Точно так же и с программными средствами. Эффективность технологий программирования и пакетов прикладных программ зависит от того, каких системных признаков удалось достичь при их компоновке в систему.

3. Производственные отношения информационного (программного) производства

Как известно, степень прогрессивности общества определяется уровнем соответствия в нем производительных сил и производственных отношений. В информационном обществе этот закон тоже имеет место. Что в этом случае является производительными силами, мы уже установили. Теперь обратимся к производственным отношениям в информационном обществе или в «сообществе программистов» *.

В марксистской политической экономии под производственными отношениями понимают отношения по поводу производства, распределения и потребления материальных благ. Производственными отношениями в сфере информпроизводства являются подобные отношения по поводу информационных благ, знаний или программных продуктов.

Основным отношением в обоих случаях является собственность и в первую очередь собственность на средства производства. Для «сообщества программистов» это духовная или интеллектуальная собственность на алгоритмы, прикладные программы, базы данных и элементы баз знаний. Отчасти она обеспечена изобретательским, отчасти патентным, отчасти авторским правом. Но есть масса научных результатов, овеществленных в базах знаний, и других программных продуктах, для которых пока не найдено соответствующего правового института. Например, постановка задачи, постановка научной проблемы, гипотеза, научный аргумент и т. д. [9, 11].

Форме собственности в общем случае соответствует способ соединения рабочей силы со средствами труда, с техникой. В информационном «сообществе программистов» форме собственности соответствует способ соединения «программистов» с ЭВТ, а их интеллектов с программными средствами, программным обеспечением.

Истории известны две основные формы собственности (и бесчисленное число их оттенков и переходных форм): частная и общественная. Внутри общественной различают опосредованно-общественную и непосредственно-общественную или коммунистическую.

Этим формам собственности соответствуют свои способы соединения рабочей силы со средствами труда: частный — путем купли-продажи рабочей силы (интеллекта), опосредованно-общественный — через лиц-посредников представителей государства — и непосредственно-общественный — непосредственное соединение рабочих с орудиями труда без каких-либо посредников.

Конечно, форму собственности на информационные средства определяет собственность на технические средства. Но при рассмотрении информационного сообщества мы абстрагируемся от всех материально-вещественных факторов производства и рассматриваем только программные средства труда.

Все современные языки позволяют в лучшем случае осуществить опосредованно-общественное соединение человеческого интеллекта с программными средствами труда.

В современном программировании можно выделить ряд проблем, связанных напрямую с проблемами собственности средств производства программного продукта, например, ориентируясь по Г. С. Цейтину [16].

В заключение рассмотрения вопроса о производственных отношениях информационного производства следует упомянуть о реальном сообществе и будущем «информационном», т. е. «сообществе программистов». Рассмотрение информационного производства в реальном сообществе предполагает информатику в целом как народнохозяйственный комплекс, включающий предприятия по обработке информации, материалы, энергию, средства телекоммуникаций, ЭВМ, периферийное оборудование, программные средства, банки данных и т. д. Мы же рассматриваем производство программного продукта в «чистом виде» как собственно информационный процесс. Этот подход имеет принципиальное значение. Он вытекает из методологии «Капитала» К. Маркса, в котором процесс производства представлен как процесс образования и возрастания стоимости, а не как вещественный процесс. Средства труда, предметы труда и рабочая сила здесь фигурируют не в своем техническом и биологическом воплощении, а как стоимость. Подобный подход необходимо применить к информационному производству, только не ме-

* Предполагается, видимо, что в «информационном обществе» преобладающей формой производственной деятельности оказываются различные формы программирования информационных машин (Прим. ред.).

ханически, а с учетом особенностей знаковых благ. Иначе говоря, средства, предметы труда и рабочую силу информационного производства необходимо представить как информацию.

4. Тезис о «жрецах»

Среди советских и зарубежных ведущих теоретиков программирования широкое распространение получила одна удачная иллюстрация права собственности на продукт и средства программного производства. Это сравнение современных программистов со жрецами и магами Древнего мира.

Например, лауреат премии им. Тьюринга «За фундаментальный вклад в определение и конструирование языков программирования» 1980 г. Ч. Хоар, сравнивая современное программирование со жреческой деятельностью, пишет: «Жрец был хранителем набора священных книг или свода свитков с заговорами (аналог наших пакетов прикладных программ — авторы), которые лишь он один был способен прочесть. Когда заказчик подходил к нему с новой проблемой, жрец обращался к своим книгам в поисках заговора или заклятия, которые эффективно работали в прошлом; заказчик должен был тщательно скопировать его и применять в строгом соответствии с предписаниями... Нынешние программисты во многом походят на жрецов. Их называют по-разному — кодировщик, системный аналитик, кибернетик, алгоритмист, системщик, ведущий программист. Наши алтари скрыты от непосвященных, каждый — в своем храме с прекрасными кондиционерами; им день и ночь прислуживают преданные слушатели; и простой пользователь думает о них со страхом и почтением, соответствующим своему бессилию и зависимости. Еще ярче проявляется сходство в отношении наших священных книг, руководств по нашим языкам и операционным системам, без которых просто не подойдешь к машине» [15, с. 19].

И хоть Хоар пишет, что программирование справилось с искушением превратиться в жреческую деятельность и сейчас может рассматриваться как инженерная профессия, но по пафосу его слов, приведенных выше, следует, что это не совсем так. Может быть большинство программистов избавилось от этого искушения, но чтобы действительно обобществить многие языки, операционные системы и пакеты прикладных программ в единую общественную собственность, далеко не достаточно избавления от искушения превратить программирование в жреческую деятельность, т. е. в частную интеллектуальную собственность. Необходимо решить ряд технических и программных задач, чтобы эта возможность превратилась в действительность.

Работа ведется по многим направлениям в техническом, операционном и языковом аспектам. «Совместными усилиями создателей микропроцессорной техники и разработчиков интеллектуальных систем программирования,— пишет Г. Р. Громов,— ЭВМ превращается из загадочного монстра, с которым люди могли общаться только через представителей узкой профессиональной касты жрецов, называющих себя прикладными программистами, в простой и понятный индивидуальный инструмент, доступный для повседневной эксплуатации в быту, на работе, в учебе...— во всех без исключения сферах человеческой деятельности» [5, с. 2]. Против возможности превращения программирования в жреческую деятельность выступает и один из ведущих советских специалистов А. П. Ершов, сказавший в 1978 г., что «мы не можем внедрять ЭВМ в повседневную жизнь, выделяя касту жрецов — посредников...» (цитируется по [7, с. 47]).

Если попытаться несколько глубже раскрыть эту проблему, не ограничиваясь интересными иллюстрациями из истории Древнего мира, то следует отметить, что «жреческая» опасность современной технологии программирования исходит не из самих современных «сводов свитков с заговорами» и «священных книг» операционных систем и не из воли «жрецов-посредников», а из объективных слов самого языка, обладающего некоторой двойственностью.

Коль уж мы коснулись Древнего мира, то и там «магическая» способность жречества происходила не из «святых» книг и тогдашних свитков «прикладных программ», как это следует из слов Ч. Хоара. В действительности и в Древнем мире «святые» книги жрецов и магов едва ли «...имели какую-либо официальную санкцию; они были, вероятно, не более чем руководствами, предназначенными для частного пользования. Истинными хранителями законов были жрецы местных святилищ, устно передававшие из поколения в поколение ритуалы и правила вероисповедания, с которыми в первобытном обществе бывают почти неразрывно связаны моральные корни» [14, с. 389].

Язык программирования, в котором семантика будет являться не препятствием, а, наоборот, облегчением соединения интеллекта «программиста» со средствами программного производства, окажется, видимо, тем последним шагом «компьютеризации», который устранит технические препятствия для превращения труда программиста в непосредственно-общественный из существующего опосредованно-общественного.

Лингвисты по этому поводу говорят примерно так: «Чтобы наше общение было действительно коммуникабельным, необходимо научиться соотносить семантический язык отдельного человека с семантической системой национального языка» [13, с. 40]. Мы бы добавили: и далее с семантической системой человеческого мышления вообще.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23.
2. Бабий А. А. О некоторых характеристиках личной производительности труда программистов // УСиМ. — 1985.— № 6.
3. Белый А. И., Трахтенберг С. Р. Об организации бухгалтерского учета программных средств на стадии эксплуатации.
4. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы.— М.: Наука, 1984.
5. Громов Г. Р. Колонка редактора // Микропроцессорные средства и системы.— 1984.— № 3.
6. Макаров В. Л., Каныгин Ю. М. Экономические проблемы информатики.— В сб.: Прикладная информатика.— М.: Финансы и статистика. 1986. вып. 1 (10).
7. Громов Г. Р. Программирование: ремесло, наука, искусство, технология // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.
8. Николов Н. Кибернетика и экономика.— М.: Экономика, 1974.
9. Перспективы развития законодательства об интеллектуальном творчестве в условиях ускорения научно-технического прогресса // Советское государство и право.— 1986.—I—II.— С. 138—140.
10. Производство как общественный процесс.— М.: Мысль, 1986.
11. Рассудовский В. А. Свобода творчества и авторское право // Советское государство и право.— 1986.— № 1.
12. Роль непроизводственной сферы в социалистическом расширенном воспроизводстве.— Киев: Наукова думка, 1982.
13. Трушилова Т. Н. Семантический язык мысли и система речевых сигналов. Информация и языковой знак.— Тюмень, 1979.
14. Фрэзэр Д. Д. Фольклор в Ветхом завете.— М.: Полит. литература, 1985.
15. Хоар Ч. Программирование как инженерная профессия // Микропроцессорные средства и системы.— 1984.— № 3.
16. Цейтин Г. С. Психологические задачи в разработке программного обеспечения // Микропроцессорные средства и системы.— 1984.— № 3.— С. 42.
17. Лавров С. С. Использование вычислительной техники, программирование и искусственный интеллект (перспективы развития) // Там же.— С. 3.

Статья поступила 6 января 1986 г.

УДК 681.326

М. Г. Весноватов, Г. В. Карацюба, В. В. Павлов, В. А. Старшова

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ ЭВМ

Однокристальная ЭВМ КМ1813ВЕ1

Микросхема КМ1813ВЕ1 представляет собой программируемый цифровой процессор обработки аналоговых сигналов, предназначенный для использования в системах реального времени. По своему функциональному составу этот прибор является однокристальной ЭВМ (ОЭВМ).

Размещенные на кристалле аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи, центральный процессор, УФ РПЗУ и ОЗУ (рис. 1) образуют устройство, способное выполнять такие функции, как фильтрация, модуляция, детектирование, ограничение сигнала и т. п. Процессор имеет четыре мультиплексируемых аналоговых входа и восемь демультиплексируемых аналоговых выходов. Предусмотрена возможность запрограммировать входы и выходы для приема и передачи цифровой информации в последовательном коде.

Процессор выполняет всю программу от начала до конца при каждом получении отсчета данных от входного АЦП. Время цикла любой команды процессора одинаково и не зависит от условий ее выполнения. Время выполнения программы определяет частоту выборки, а она, в свою очередь, полосу пропускания процессора.

В большинстве применений сигнального процессора необходимо постоянство частоты выборки, так как от нее зависят характеристики реализуемой аналоговой функции. В таких случаях время выполнения программы процессора должно быть зафиксировано. Если же программа включает команды условного перехода, то время прохождения программы можно изменить. Эти программы используются там, где не требуется постоянства частоты дискретизации, например, в системах управления.

Быстродействие, необходимое для обработки сигнала в реальном масштабе времени, достигается благодаря одновременной работе цифровых и аналоговых схем ОЭВМ. Девятиразрядный цифро-аналоговый регистр осуществляет интерфейс между аналоговой и цифровой частями кристалла.

Система команд ОЭВМ состоит из восьми основных арифметических и логических команд и шести аналоговых команд. Кроме основных операций в АЛУ могут выполняться условные операции, связанные с проверкой состояния некоторого разряда цифро-аналогового регистра. Две команды условного перехода позволяют упростить реализацию отдельных алгоритмов обработки сигналов, расширить класс решаемых задач.

Двадцатичетырехразрядная команда процессора содержит 19 разрядов кода цифровой команды с операндами и пять разрядов кода аналоговой команды. Характеристики ОЭВМ КМ1813ВЕ1 приведены выше.

Основные характеристики микроЭВМ КМ1813ВЕ1

Разрядность АЛУ, разрядов	25
Объем УФ РПЗУ (память программ), бит	192×24
Объем ОЗУ (память данных), бит	40×25
Объем памяти констант, бит	16×4
Число линий ввода-вывода	28
Длительность командного цикла, нс (при тактовой частоте 6,67 МГц)	600
Напряжение питания, В	+5, —5
Масштабирующее устройство (диапазон масштабирования)	$2^{9}...2^{-13}$
Разрядность цифро-аналогового регистра, разрядов	9 (один знаковый)
Разрядность АЦП, разрядов	9 (один знаковый)
Разрядность, ЦАП, разрядов	9 (один знаковый)

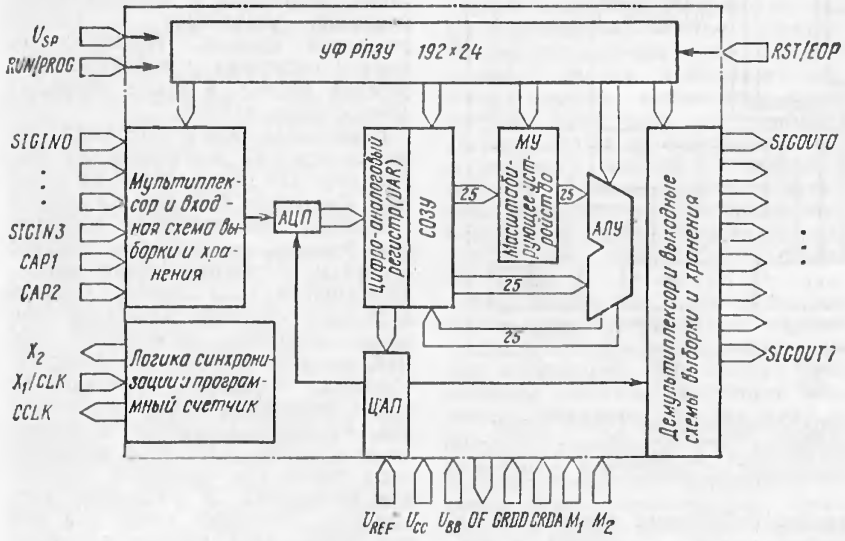


Рис. 1. Функциональная схема процессора аналоговых сигналов КМ1813ВЕ1

Однокристальные ЭВМ серии К1816ВЕ51

Восьмиразрядные однокристальные ЭВМ серии К1816ВЕ51 изготовляются по Н-МОП-технологии и содержат на кристалле следующие устройства (рис. 2):

8-разрядный центральный процессор;

память данных емкостью 128 байт с возможностью расширения до 64К байт;

память программ емкостью 4096 байт с возможностью расширения до 64К байт;

16-разрядный счетчик команд;

32 линии ввода-вывода, организованные в четыре 8-разрядных порта ввода-вывода параллельной информации;

два 16-разрядных многорежимных таймера-счетчика;

быстродействующий последовательный порт;

встроенный генератор задающей частоты.

Серия К1816ВЕ51 включает три модификации ОЭВМ, основное различие между которыми состоит в реализации памяти программ.

Первая модификация со-

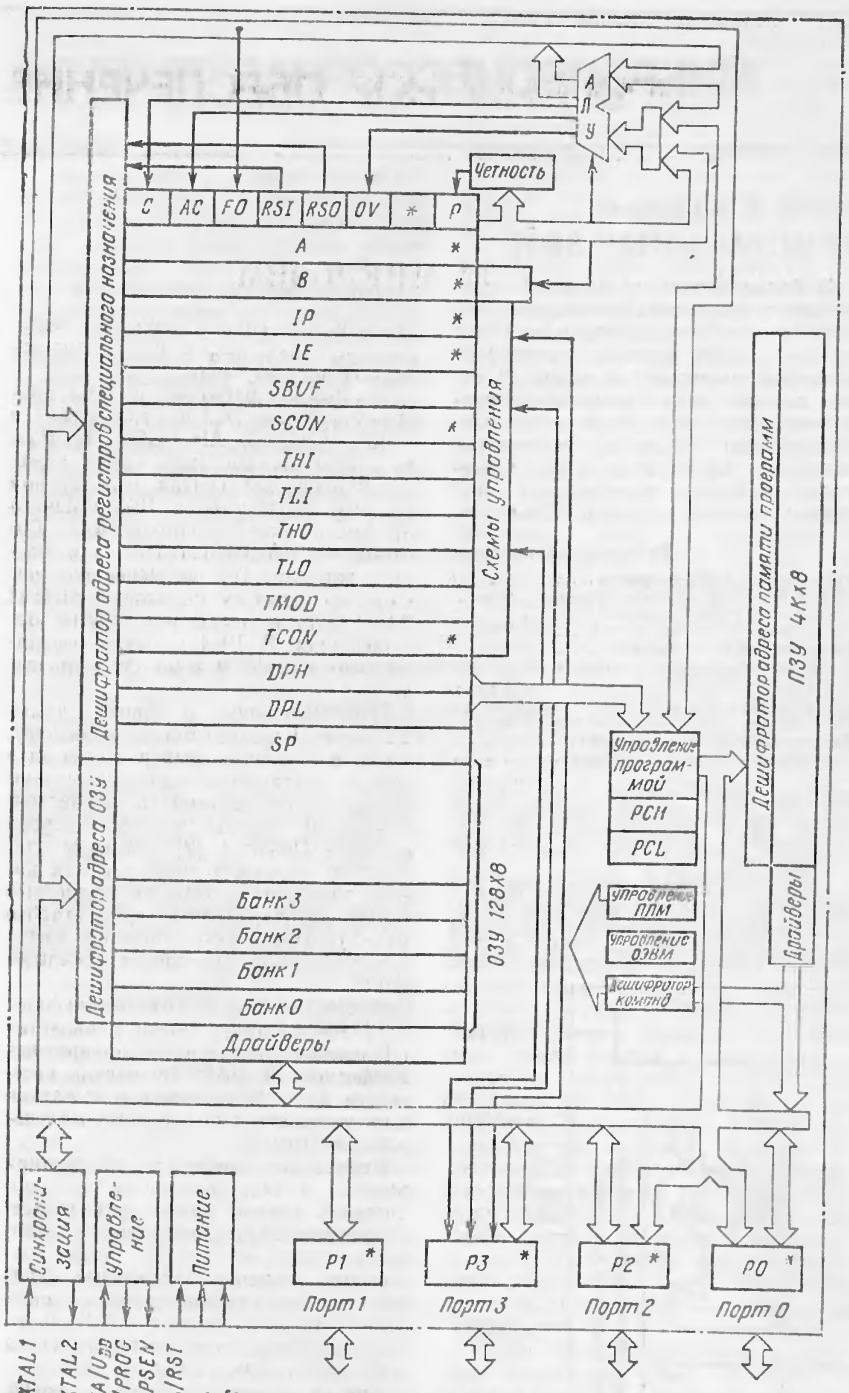


Рис. 2. Функциональная схема ОЭВМ серии К1816ВЕ51. Звездочкой (*) обозначены регистры специального назначения с побитовой адресацией

держит масочно-программируемое по заказу пользователя в процессе изготовления кристалла ПЗУ емкостью 4096 байт и рассчитана на массовые применения.

Вторая модификация содержит РПЗУ емкостью 4096 байт с УФ-стиранием. Удобна на этапе разработки системы, отладки программы, а также при изготовлении продукции небольшими партиями и создании систем, требующих в процессе эксплуатации периодической подстройки.

Третья модификация — без встроенного ПЗУ (с внешним ПЗУ или ППЗУ).

На кристалле ОЭВМ расположены 20 регистров специального назначения по фиксированным адресам адресного пространства ОЗУ в ячейках 128...256. Эти регистры предназначены для управления режимами работы таймеров, устройств ввода-вывода, блока прерывания. Среди важных характеристик архитектуры данных ОЭВМ — возможность реализации логического процессора для побитовой обработки данных. В шестнадцати поразрядноадресуемых ячейках ОЗУ (32...47) содержатся 128 программно-управляемых флагов. Кроме того, поразрядно адресуются 11 из 20 регистров специального назначения.

В ячейках 0...31 ОЗУ располагаются четыре банка рабочих регистров. Выбор нужного банка осуществляется программно. В ОЗУ размещается стек, глубина которого определяется 8-разрядным указателем и ограничена только объемом ОЗУ. Стек путем программного изменения содержимого указателя можно перемещать в любую область ОЗУ.

В системе прерываний ОЭВМ насчитывается пять источников прерываний: два — по переполнению таймеров-счетчиков, два источника внешних прерываний и одно по состоянию последовательного порта. Прерывания от каждого источника могут быть независимо разрешены или запрещены, причем каждому источнику может быть присвоен один из двух уровней приоритета. Если запросы с одинаковым уровнем приоритета приходят одновременно, то прерывание выполняется в порядке обслуживания, реализованном аппаратно.

Система команд обеспечивает возможность обработки данных, реализации логических и арифметических операций, управления в режиме реального времени. Предусмотрена прямая побитовая и побайтовая адресации данных, а также обработка 16-разрядных данных.

В командах ОЭВМ К1816ВЕ51 используются 42 мнемонических обозначения для определения 33 функций. Синтаксис большинства команд составляет мнемоническое обозначение функции, за которым следуют операнды, конкретизирующие методы адресации и типы данных. Существует пять способов адресации операндов источника: регистровая, прямая, косвенно-регистровая, непосредственная, косвенная адресация по сумме базового и индексного регистров. Регистровая, прямая и косвенно-регистровая адресации используются также для адресации операндов назначения. В машинном коде команды занимают один, два или три байта. При частоте тактового генератора, равной 12 МГц, длительность командного цикла составляет 1 мкс. Система команд содержит 111 команд, из которых 64 выполняются за 1 мкс, 45 за 2 мкс и две (умножение и деление) за 4 мкс.

Справки по тел. 468-81-75, Москва.
Статья поступила 11 декабря 1986 г.

УДК 681.3.06

Л. И. Подольский, А. П. Лясковский

СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ Quasic-2 ДЛЯ МИКРОЭВМ

Quasic-2 — система программирования, обеспечивающая разработку и выполнение программ на микроЭВМ «Электроника 60», ДВК, СМ 1300 и т. д. Система предоставляет такие стандартные возможности, как редактирование текста программы, трансляция, отладка и поддержка выполнения. Quasic-2 обладает следующими свойствами.

Использование языка программирования высокого уровня, обладающего возможностями машинного уровня. Язык программирования, реализованный в системе, является простым языком высокого уровня, в котором отражены общие черты архитектуры ЭВМ и специально ЭВМ «Электроника 60». Язык обеспечивает возможность работы с битами, доступ к регистрам внешних устройств, обработку прерываний, что позволяет писать на нем программы, которые обычно пишутся на ассемблере, в частности, программы управления внешними устройствами. Вместе с тем, язык имеет вычислительные возможности, такие как вещественные переменные, арифметические выражения и элементарные функции.

Высокая скорость выполнения программ. Система содержит компилятор, который формирует из исходной программы объектную программу в машинных кодах. Благодаря компиляции достигается высокая скорость выполнения программ.

Простой пользовательский интерфейс, однородность и интерактивность. Под *однородностью* здесь понимается: 1) единообразный способ обращения к различным компонентам системы (транслятору, редактору и т. д.), а также процедурам пользователя; 2) единообразный стиль взаимодействия пользователя с системой на разных этапах разработки программ. В частности, взаимодействие с системой происходит всегда на уровне исходного языка. *Интерактивность* можно определить как простоту и удобство «запросов» к системе и малое время ожидания «ответов». В частности, система обеспечивает простой и быстрый переход от редактирования текста программы к выполнению и наоборот.

Нетребовательность к конфигурации ЭВМ. Система может работать в разнообразных аппаратных конфигурациях ЭВМ и слабо зависит от состава внешних устройств. Работа системы происходит в оперативной памяти, внешние устройства нужны только для первоначальной загрузки (если система не зашита в ПЗУ) и сохранения программ. Поэтому в качестве внешней памяти могут использоваться такие медленные устройства, как гибкие диски, магнитная лента, перфолента и т. п.

Центральным моментом в реализации системы является резидентность в памяти. В оперативной памяти располагаются сама система, исходный текст программы пользователя, объектный код (после компиляции), данные и таблицы компиляции. Такая реализация может показаться недопустимо расточительной, но она обладает рядом важных достоинств и оправдывает себя. Во-первых, она позволяет легко достичь однородности и интерактивности. Действительно, информация об исходной программе доступна во время выполнения, причем доступна быстро, так как она хранится в оперативной памяти. Компиляция «память — память» выполняется также быстро. Во-вторых, резидентность системы делает ее нетребовательной к составу внешних устройств и позволяет легко поставить ее в различных, в частности, нестандартных, аппаратных конфигурациях (например, на ЭВМ «Электроника БК-0010»).

Естественно, что в такой системе размер оперативной памяти существенно влияет на размер программ. При памяти 56К байт система обеспечивает работу с программой длиной ~1000 строк (без разбиения ее на части). При увеличении памяти микроЭВМ (скажем до 128К байт) выгода от подобной реализации системы будет увеличиваться. Отметим, что излагаемый или близкий подход применяется в некоторых известных системах. Среди них Бейсик (интерпретатор), Forth, Turbo Pascal.

Область применения. Система применяется в таких областях, как автоматизация научных исследований, автоматизация технологических процессов, наладка и тестирование аппаратуры, обучение вычислительной технике. Указанные свойства системы позволяют эффективно использовать ее для обучения.

История разработки. Система программирования Quasic разработана в 1980 г. в НИВЦ АН СССР [1]. Размер системы составлял 4000 строк ассемблера (не считая стандартной системы ввода-вывода 10Х и пакета арифметических подпрограмм). Система не предназначалась для распространения. Тем не менее она начала применяться сначала в НИВЦ АН СССР, а потом и в других организациях. В 1984 г. стало очевидно, что Quasic нуждается в развитии.

Первоначально за основу языка был взят Бейсик (отсюда название), но в дальнейшем выбор языка был сочтен неудачным и язык был полностью перепроектирован. В настоящее время выпущена новая версия системы Quasic-2 [2]. Авторы считают ее промежуточной, так как новый язык реализован не полностью (частично сохранились черты старого языка). Ниже при описании языка будет сказано, что еще не реализовано.

Кроме нового языка важнейшим отличием системы Quasic-2 является поддержка различных аппаратных конфигураций ЭВМ (дисковой, сетевой и др.), терминалов и печатающих устройств с большими и маленькими буквами.

Сейчас заканчивается реализация нового языка, обеспечивается полностью экранный режим работы. Параллельно будут выполняться работы по поддержке новых конфигураций аппаратуры. Актуальные задачи — поддержка графических дисплеев, памяти больше 64К байт. Возможно создание варианта языка на основе русской нотации.

Краткая характеристика языка. Здесь дается только самая общая характеристика языка, подробности можно узнать из поставляемой документации. Как уже говорилось, язык сочетает свойства языков высокого уровня с возможностями, ориентированными на архитектуру ЭВМ. Подчеркнем, что в язык включены только самые необходимые функции для того, чтобы и сам язык, и транслятор были компактными.

Типы данных. Имеется три типа данных: целые, вещественные и байты. Для каждого типа допус-

каются одномерные массивы. Переменные описываются операторами INT, REAL и BYTE. По желанию пользователя транслятор может требовать или не требовать обязательного описания переменных. Распределение переменных только статическое. При описании переменных каждого типа имеется возможность разместить переменную по заданному адресу, например, по адресу регистра внешнего устройства. Эта возможность позволяет управлять работой внешних устройств с помощью обычного оператора присваивания.

Набор операций. Над данными можно производить арифметические операции +, —, ×, /, а также операции с битами: сброс и установка, арифметические и круговые сдвиги, инвертирование и т. д. (допускаются все операции, входящие в базовый набор инструкций «Электроники 60»). Имеются арифметические выражения, стандартные элементарные функции, неявное преобразование типов, отношения.

Управляющие конструкции. К ним относятся IF с ELSIF, WHILE, REPEAT, LOOP, FOR, GOTO.

Процедуры описываются оператором PROC и вызываются по имени (без слова CALL). Делятся на внутренние и внешние. Внутренние должны содержаться в теле программы, внешние могут быть написаны на другом языке (например, ассемблере) и должны быть оттранслированы и загружены отдельно. Процедуры на Quasic-2 нереентерабельны.

Обработка прерываний. Оператор ON позволяет связать процедуру с источником прерываний. Эта процедура будет выполняться каждый раз, когда будет происходить прерывание. Оператор записывается так:

ON int name [, psw]

где int — источник прерываний (адрес вектора), name — имя процедуры обработки прерываний, psw — слово состояния процессора на время обработки прерываний. Кроме прерываний оператор позволяет связать процедуру с некоторыми другими событиями, такими как окончание программы или ввод с терминала.

Ввод-вывод. В язык включены операторы для обеспечения последовательного ввода-вывода для стандартных устройств и файлов на этих устройствах. Операторы OPEN и CLOSE служат для открытия и закрытия каналов, операторы GET и PUT — для ввода и вывода. Допускается как форматный, так и бесформатный ввод-вывод.

Оператор DATA. Служит для описания данных в программе. По своим функциям аналогичен директивам описания данных ассемблера.

Специальные операторы. Кроме основных средств, описанных выше, имеются расширения языка для специальных случаев, в том числе для поддержки таймера и для аппаратуры КАМАК.

Что не реализовано. В язык включены, но еще не реализованы указатели, логические выражения, оператор CASE, локальные переменные и формальные параметры процедур.

Работа с системой. Прототипом стиля работы с системой послужил стиль работы с интерпретатором Бейсик (речь идет о текущей версии, до реализации экранного режима работы). При работе с системой пользователь имеет дело главным образом с исходным текстом своей программы и относящимися к нему объектами (переменными, каналами ввода-вывода). Текст программы вводится с терминала или другого внешнего устройства и хранится в оперативной памяти. Пользователь может редактировать текст, а также вывести его на внешнее устройство.

По команде RUN программа может быть выполнена. Перед выполнением автоматически происходит компиляция (если программа не была скомпилирована ранее). Результат компиляции (команды, данные, таблицы) размещается также в оперативной памяти. Таблицы компиляции могут использоваться системой во время выполнения и при отладке. Во время выполнения скомпилированной программы система выдает диагностические сообщения в терминах исходной программы.

В командном режиме может быть выполнен любой оператор языка или последовательность операторов, расположенная в одной строке (строка компилируется, сразу же выполняется и результат компиляции теряется). Переменные (и другие объекты программы) доступны в командном режиме. Таким образом, в командном режиме можно напечатать (оператором PUT) или изменить (оператором присваивания) любые переменные программы, выполнить процедуру, перейти (оператором GOTO) на нужное место программы и т. д.

Для целей отладки система предоставляет точки останова. Эта возможность позволяет внешним образом (не внося изменений в программу и не перекомпилируя ее) указать, что программа должна остановиться на данной строке. После останова выполнение может быть продолжено.

Отлаженная программа может быть присоединена к системе. В этом случае исходный текст программы удаляется, а объектный код и данные сохраняются в защищенной области памяти. Имена процедур и переменных этой программы могут быть объявлены глобальными и использоваться в других программах или командном режиме. Подчеркнем, что способ вызова присоединенных к системе процедур не отличается от способа вызова встроенных возможностей, и этот механизм позволяет пользователю расширять функции системы.

Скорость выполнения программ. Для анализа скорости выполнения программ в системе Quasic-2 написано несколько тестовых программ на Quasic-2, Фортране и ассемблере и измерены времена их выполнения. В таблицах 1...3 приведены отношения времен выполнения программ на этих языках для трех групп тестов. При кодировании на каждом языке оптимально использовались его возможности.

Первая группа тестов состояла из программ, в которых n раз повторялась одна операция (присваивание, сложение, присваивание элементов массивов, сложение элементов массивов и др.) (табл. 1).

Таблица 1

Сравниваемые трансляторы	Диапазон значений	Среднее значение
Q/F	0,9...2,2	1,4
Q/A	2,9...5,3	4,3
F/A	2,0...4,5	3,2

Примечание. Q — время выполнения программы на Quasic-2, F — на Фортране, A — на ассемблере.

Вторая группа тестов состояла из двух программ сортировки массива: методом пузырьков и методом Шелла (табл. 2).

Таблица 2

Сравниваемые трансляторы	Метод пузырьков	Метод Шелла
Q/F	1,9	1,3
Q/A	4,0	4,0
F/A	2,1	3,0

Последняя группа тестов (два теста) включала вычисления с плавающей точкой. Первый тест содержал вызовы элементарных функций, второй — просто арифметические операции. Сравнения проводились для Quasic-2 и Фортрана (табл. 3).

Таблица 3

Сравниваемые трансляторы	Тест 1	Тест 2
Q/F	1,1	1,3

Анализ тестов показывает, что наибольший выигрыш Фортрана перед Quasic-2 получается за счет глобальной оптимизации доступа к массивам, проводимой транслятором с

Фортрана. Любопытно сравнить результаты по второй группе тестов. При незначительном усложнении алгоритма (метод Шелла) оптимизация в Фортране начинает работать хуже, в то время как при ручной оптимизации (на ассемблере) получается тот же коэффициент.

Требования к аппаратуре. Система ввода-вывода. Система Quasic-2 может использоваться на микроЭВМ «Электроника 60» с памятью более 16К байт. Размер системы от 16 до 24К байт в зависимости от того, что включено при генерации. Система может применяться автономно или как задача в рамках стандартных операционных систем. Более точно, система поставлена в следующих конфигурациях ЭВМ:

микроЭВМ с перфоленточным вводом-выводом (автономное выполнение);

микроЭВМ с дисками, в частности гибкими (система РАФОС);

микроЭВМ, связанная линией связи с мини-ЭВМ СМ-4 (автономное выполнение, сетевое обеспечение МИМИКС [3], на мини-ЭВМ — ОС РВ);

мини-ЭВМ СМ-4 с ОС РВ.

Все, что зависит от внешней обстановки, сосредоточено в системе в специально выделенных модулях: системном модуле и драйверах ввода-вывода. Системный модуль выполняет две операции: вход в систему (определение границ доступной памяти, загрузка векторов прерываний и т. д.) и выход из системы (восстановление векторов прерываний и т. д.). Драйверы выполняют элементарные операции ввода-вывода в рамках системы ввода-вывода, входящей в систему Quasic-2. Основные функции драйверов: открыть канал, закрыть канал, прочесть байт, записать байт. Кроме этого, драйверы могут выполнять специальные функции. Ввод-вывод записей обеспечивается на уровне системы ввода-вывода.

Системный модуль реализован для автономного выполнения и операционных систем РАФОС и ОС РВ. Созданы драйверы терминала, печатающего устройства, перфоленточного ввода-вывода, файловой системы РАФОС, файловой системы ОС РВ, сети МИМИКС. Для того чтобы поставить систему в новой конфигурации (например, в рамках другой сети), необходимо написать (переписать) системный модуль и соответствующие драйверы. Типичный размер системного модуля 150 строк ассемблера, драйвера 50...250 строк (терминальный драйвер 350 строк).

Графика. При наличии в конфигурации графического терминала в систему Quasic-2 может быть включен пакет графических подпрограмм [3]. При работе с пакетом пользователь может определить произвольное число окон на экране дисплея, каждое из которых имеет свою систему координат. В каждое окно можно выводить примитивы: точки, векторы, строки символов, прямоугольники (возможно закрашенные), окружности (круги). Кроме этого, можно выводить оси координат, управлять курсором и закрашивать замкнутые области с произвольной границей. Наконец, имеются возможности типа чтения-записи графической памяти. Предполагается включение этого пакета в качестве стандартного драйвера в систему ввода-вывода.

Для получения системы следует обращаться по адресу: 142292, г. Пущино Московской обл., НИВЦ АН СССР, фонд алгоритмов и программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подольский Л. И. Система Quasic для программирования на мини-ЭВМ.— Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1980.
2. Подольский Л. И., Лясковский А. П. Предварительное сообщение о системе Quasic-2 для программирования на микроЭВМ.— Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986.
3. Информационный каталог программных средств фонда алгоритмов и программ НИВЦ АН СССР.— Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1985.

Статья поступила 25 ноября 1986 г.

УДК 681.325

Н. Н. Щелкунов, А. П. Дианов

ТЕХНИКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ 16-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

(Продолжение. Начало см. № 5, 6, 1986 г., № 1, 1987 г.)

Для систем на базе микроконтроллера мМС 1212 разработка прикладного программного обеспечения может быть выполнена с помощью стандартного пакета инструментальных средств по подготовке программ микропроцессора К1810ВМ86 (рис. 1). Пакет работает в операционной среде DOC1800, поставляемой для МВК СМ1800. В состав пакета входят семь компонент:

PLM86 — транслятор с языка PL/M86;
ASM86 — макроассемблер МП К1810ВМ86;
CONV86 — преобразователь исходных текстов с языка ASM80 на язык ASM86;
LIB86 — библиотекарь;
LINK86 — программа связи объектных модулей;
LOC86 — программа настройки объектных модулей;
OH86 — преобразователь абсолютного объектного файла в шестнадцатеричный (HEX) формат.

Входными компонентами служат исходные тексты программ, написанные на одном из трех языков: PL/M86, ASM86 и ASM80, описание которых дано в работе [1]. Корректировка текстов осуществляется с помощью экранного редактора EDIT80.

Структурированный язык высокого уровня PL/M86 наиболее удобен в системах контроля и управления, не связанных с большими расчетами. Он допускает оформление реентерабельных процедур, что очень важно при создании систем реального времени. С его помощью можно выполнить разработку больших программных комплексов за сравнительно малое время. Программирование на языке макроассемблера ASM86 более трудоемко. Однако программы, написанные на нем, оказываются более эффективными по объему памяти или времени исполнения. Транслятор с языка PL/M86 и макроассемблер ASM86 формируют перемещаемые объектные модули с неразрешенными внешними ссылками. Особый режим трансляции позволяет вместе с объектным кодом формировать таблицы имен, обеспечивая тем самым возможность дальнейшей отладки в символической форме.

Конвертор CONV86 преобразует написанный на языке макроассемблера ASM80 входной файл в адекватный исходный модуль с текстом на языке ASM86, который затем может быть подвергнут ассемблированию. Конвертор обеспечивает перенос уже разработанного

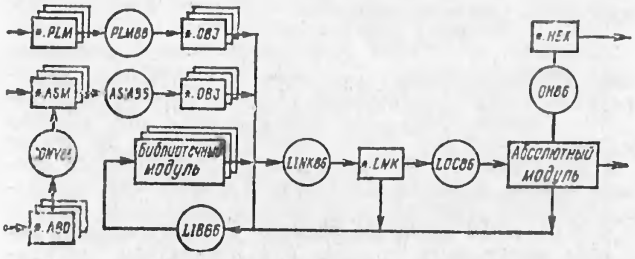


Рис. 1. Процесс разработки программ

и отлаженного для МП КР580ВМ80 программного обеспечения на изделия с микропроцессором К1810ВМ86. В частности, благодаря CONV86 успешно реализуется переход от 8-разрядных МК мМС 1204 [2] к 16-разрядным МК мМС 1212.

Сгенерированные транслятором PL/M86 и ассемблером ASM86 перемещаемые объектные модули связываются и настраиваются на конкретные адреса с помощью программ LINK86 и LOC86. Полученный на выходе LOC86 абсолютный объектный файл готов к загрузке и исполнению. Специальная программа библиотекарь LIB86 позволяет создавать библиотеки объектных модулей и выполнять ряд служебных процедур с ними.

Еще одна компонента пакета OH86 преобразует абсолютный объектный модуль в HEX-формат. Такое преобразование необходимо, если в дальнейшем используются встроенные в системные мониторы-отладчики МК загрузчики HEX-модулей. Преобразование может быть полезно также для получения текстового формата загрузочного модуля, который можно отпечатать, просмотреть на экране дисплея или даже отредактировать.

В качестве персональной системы проектирования изделий на базе МК семейства мМС 1200 и мМС 1210 может быть выбран МВК СМ1810. В этом случае процесс разработки прикладных программ выполняется с помощью пакета, который работает под управлением ДОС 1810 и, кроме перечисленных выше компонентов, включает более мощную языковую поддержку: трансляторы с языков Фортран-77 — FORT86 и Паскаль — PASCAL86. Эти языки удобны при создании программ с большими арифметическими расчетами.

Отладка и исполнение программ. Полученные с помощью пакетов разработки программ загрузочные модули в абсолютном или HEX-форматах служат входными для ряда инструментальных средств в процессе проектирования и отладки МК и микросистем на их основе. Среди них: программные имитаторы, внутрисхемные эмуляторы, пошаговые отладчики и исполнительные пакеты.

Опыт эксплуатации одного из вариантов исполнительного пакета для 8-разрядных МК на базе МП КР580ВМ80 [3] показал, что пакеты обладают многими свойствами внутрисхемных эмуляторов. В ряде практических случаев это наиболее эффективное средство оперативной отладки и испытательного прогона программных и аппаратных модулей прикладной микросистемы. Существенно, что идея исполнительного пакета лежит в основе двухпроцессорного МВК СМ1810. Однако механизм взаимодействия отдельных компонент пакета в СМ1810 отличен от рассматриваемого.

С помощью пакета отладки и исполнения организуется оперативная связь между системой и прикладным изделием (реализуется пересылка загрузочных файлов с дисков в оперативную память микроконтроллера и обратно). В состав исполнительного пакета обычно входят две компоненты: SDL — системный загрузчик-отладчик и SDM — системный монитор-отладчик. Применительно к МВК СМ1810 эти составные части носят названия RUN и DEBUG86 соответственно.

Работающий под управлением ОС системы проектирования загрузчик SDL обеспечивает считывание прикладных абсолютных модулей с дисков и их загрузку по конкретным адресам непосредственно в память МК (рис. 2). Запуск и отладка загруженных программ выполняются средствами резидентного монитора-отладчика, расположенного в ПЗУ МК. Для этих целей обычно используется консольный канал МК и один из штатных каналов МВК. Записанный в ПЗУ МК монитор поддерживает ряд команд, ориентированных на диалог через консоль, и набор процедур общесистемного ввода-вывода. Команды используются в процессах пересылки файлов, запуска и отладки в пошаговом режиме и в реальном масштабе времени. Процедуры ввода-вывода могут быть полезны при прикладном программировании.

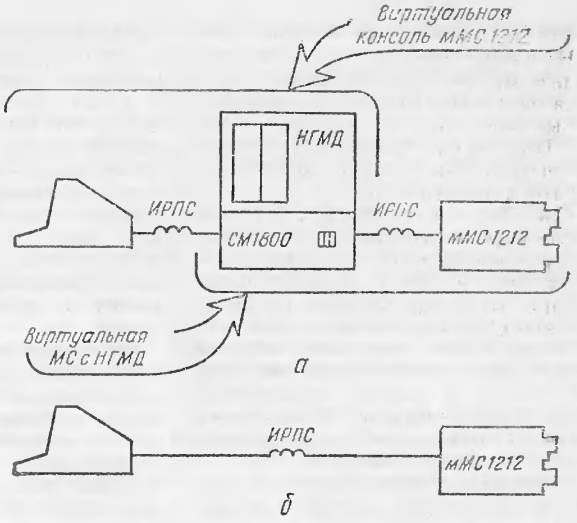


Рис. 2. Конфигурация системы откладки:
а) под управлением загрузчика; б) автономная работа

Система проектирования со стороны монитора рассматривается как консоль. При отсутствии системы монитор поддерживает прямую связь с алфавитно-цифровым устройством ввода-вывода, обеспечивая автономный режим работы МК. Вычислительный комплекс выполняет роль автоматизированной системы ввода-вывода. Программа-загрузчик расширяет и модифицирует набор команд монитора МК, организует новый, доступный для разработчика интерфейс диалога, который включает в себя ряд новых команд, обеспечивающих доступ к элементам файловой системы МВК.

Пакет осуществляет такие дополнительные возможности, как командное расширение, доступ к файловой системе МВК со стороны прикладных программ МК, символьная отладка в терминах таблицы имен объектных модулей, как например, в системе СМ1810, и другие.

Системный монитор-отладчик. Центральную часть любого исполнительного пакета образует системный монитор-отладчик. Предлагаемая программа мМОN 1210 выполняет роль такого монитора для одноплатных МК мМС 1212. Монитор служит средством ввода, отладки и запуска прикладных программ МК. Он может быть использован также для диагностики аппаратуры микросистемы, построенной на базе МК данного типа.

В основу мМОN 1210 положена программа монитор МЦП-16 для МВК СМ1810, переработанная в соответствии с аппаратными особенностями одноплатного МК и размещенная в ПЗУ по адресам OFE800H...OFFFFFH физического пространства памяти. При использовании в качестве ПЗУ двух микросхем типа К573РФ4/РФ6 для хранения прикладных программ пользователя остается область в 10К байт.

В состав МК мМС 1212 входит резидентное ОЗУ объемом 2К байт, расположенное с нулевого физического адреса. Половина ОЗУ (1К байт) резервируется под 256-элементную таблицу векторов прерываний МП К1810ВМ86. Область 00400H...00477H объемом в 120 байт отводится под данные, а область 00478H... ...004B9H объемом в 66 байт — под стек монитора. Оставшаяся часть ОЗУ 004BAH...007FFH может быть использована по усмотрению. Возможна рекомпиляция монитора с другими областями размещения его сегментов.

Векторы 0 и 4 связаны с аппаратными функциями МП К1810ВМ86. Векторы 1, 2 и 3 резервируются монитором для пошагового режима исполнения программ пользователя, немаскированных прерываний и точек останова. Не следует рассчитывать на векторы 5...23

(они ориентированы на общесистемные расширения МК). Наконец, векторы 24...39 отведены для работы с главным контроллером прерываний К1810ВН59А. Оставшаяся часть векторов предназначена для решения конкретных прикладных задач.

При любом входе в монитор (пошаговый режим, точка останова, прерывание) 13 слов в стеке пользователя временно используются для сохранения регистров. Это должно быть принято во внимание при распределении памяти под стек прикладной задачи. Монитор поддерживает ряд диалоговых команд, характерных для внутрисхемных эмуляторов (табл. 1). Благодаря этому, команды оказываются полезными в процессе отладки.

Таблица 1

Команды монитора мMON 1210

Форма записи	Назначение
S [W] addr, [[data],] ... ⟨CR⟩	Пошаговая модификация байтов или слов, начиная с адреса addr
D [W] addr1 [, offset2] ⟨CR⟩	Дамп области памяти addr1 — offset2
M addr1, offset2, addr3 ⟨CR⟩	Перемещение области addr1 — offset2 на место с базой addr3
C addr1, offset2, addr3 ⟨CR⟩	Сравнение области addr1—offset2 с addr3
F [W] addr1, offset2, data ⟨CR⟩	Заполнение области addr1—offset2 значением data
X ⟨CR⟩	Дамп содержимого регистров
X reg ⟨CR⟩	Вывод и модификация регистров reg-AX, BX, CX, DX, SP, BP, SI, DI, CS, DS, SS, ES, IP, FL
I [W] port, [,] ... ⟨CR⟩	Ввод из порта port данных
O [W] port, data [,data] ... ⟨CR⟩	Вывод в порт port данных data
U [L/H] addr1, offset2 ⟨CR⟩	Контрольная сумма области addr1 — offset2
H data1, data2 ⟨CR⟩	Сумма и разность двух чисел data1, data2 в HEX-форме
G [addr1] [,addr2 [,addr3]] ⟨CR⟩	Передача управления по CS : IP или адресу addr1 возможно с одной или двумя точками останова
N [addr], [[addr],] ⟨CR⟩	Передать управление и выполнить одну команду
R ⟨CR⟩	Загрузка абсолютного HEX-файла
W addr1, offset2 ⟨CR⟩	Вывод области addr1 — offset2 в форме HEX-файла
E addr ⟨CR⟩	Вывод записи EOF addr (конец файла) в HEX-формате

Команды S, D, M, C и F позволяют пользователю читать, записывать и модифицировать содержимое памяти. Введение необязательного символа W обеспечивает выполнение команд по словам, в противном случае они выполняются побайтно. Контроль и редакция текущего состояния регистров выполняются с помощью команды X. Область ввода-вывода МК доступна благодаря командам I (ввод) и O (вывод). Команды G и N предназначены для выполнения программ пользователя в реальном масштабе времени (с одной или двумя точками останова) и в покомандном режиме соответственно. Наконец, две вспомогательные команды U и H обеспечивают подсчет контрольных сумм областей памяти и шестнадцатеричную арифметику. При вводе модификатора L или H задается режим контрольного суммирования байтов из L-банка (четные) или из H-банка (нечетные) заданного диапазона адресов.

Адресный параметр команд имеет смысл полного логического адреса и строится по следующему правилу:

$$\begin{pmatrix} \text{seg} \\ \text{offset} \\ \text{data} \\ \text{port} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{const} \\ \text{reg} \end{pmatrix} \left[\begin{pmatrix} + \\ - \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{const} \\ \text{reg} \end{pmatrix} \right] \ldots$$

Селектор сегмента (seg) и внутрисегментное смещение (offset) могут быть заданы как явно в HEX-формате (const), так и через содержимое какого-либо регистра (reg), а также в виде любой алгебраической суммы этих простых компонент. Параметры data и port определяются аналогично.

В состав монитора мMON 1210 предполагается ввести команды загрузки абсолютных файлов в HEX-формате R, W и E. При этом появится возможность реализовать программу дистанционной загрузки, дополняющую набор команд монитора мMON 1210 тремя новыми командами (табл. 2). Данные средства составят основу исполнительного пакета для МК мМС 1212, аналогичную пакету мDEB 1200 для МК мМС 1204 [3].

Таблица 2

Расширение монитора мMON 1210

Форма записи	Назначение
L file ⟨CR⟩	Загрузка файла ДОС1800 file в память МК
T addr1, offset2, file [,addr3] ⟨CR⟩	Запись области addr1 — offset2 в файл ДОС1800 file в HEX-форме со стартовым адресом addr3
E ⟨CR⟩	Выход в ДОС1800

Набор процедур монитора мMON 1210 реализует ряд функций общесистемного ввода-вывода, среди которых:

SIO_CHAR_RDY — проверка готовности к вводу;
SIO_OUT_CHAR — вывод символа;
SIO_GET_CHAR — ввод символа;
SIO_OUT_BYTE — вывод байта в HEX-форме;
SIO_OUT_BYTE_PTR — вывод байта по указанию в HEX-форме;
SIO_OUT_WORD — вывод слова в HEX-форме;
SIO_OUT_BLANK — вывод пробела;
SIO_OUT_STRING — вывод строки символов;
SIO_CRLF — перевод строки;
SIO_HEX — преобразование HEX-байта в код КОИ-7.

Существует также множество вспомогательных подпрограмм. Все они при необходимости могут быть использованы в прикладном программировании.

Программирование ПЗУ. После отладки и успешного прогона программных модулей на целевой микросистеме они подлежат записи в программируемые ПЗУ. ПЗУ устанавливаются в резервные панельки МК или модулей системного расширения к ним.

Для МК семейства мМС 1200 и мМС 1210 данная операция может быть выполнена с помощью комплек-

та средств программирования ПЗУ мМС 0601 [4]. Комплект работает под управлением МВК СМ1800 и является составной компонентой персональной системы проектирования, построенной на его основе. Комплект включает модуль программирования ПЗУ мМС 9404 и программу записи информации в ПЗУ мUPP4. Операция программирования микросхем ПЗУ может быть выполнена также на автономном программирующем комплексе мМС 0602 [2].

Рассмотренные в работе программно-аппаратные средства реализуют полный набор операций по программированию и отладке одноплатных микроконтроллеров мМС 1212. Комплект работает под управлением операционной среды ДОС 1800 и вместе с МВК СМ1800 образует персональную систему проектирования МК, построенных на базе МП К1810ВМ86. Система совместима с аналогичной для 8-разрядных МК типа мМС 1204, в основе которых лежит однокристальный микропроцессор КР580ВМ80.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погорелый С. Д., Слободянюк Т. Ф. Программное обеспечение микропроцессорных систем: Справочник.— К.: Техника, 1985.
2. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Универсальный одноплатный микроконтроллер // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 5.— С. 65—70.
3. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Техника программирования 8-разрядных микроконтроллеров // Микропроцессорные средства и системы.—1986.— № 6.— С. 23—29.
4. Дианов А. П., Щелкунов Н. Н. Модуль программирования микросхем ПЗУ // Микропроцессорные средства и системы.—1985.— № 3.— С. 80—83.

Статья поступила 15 декабря 1986 г.

УДК 681.326.74.06—181.48

И. З. Коминаров, Л. В. Молодцова, А. В. Самощенко, С. В. Теплинский, А. А. Школа

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА С5-21М»

Разработан широкий набор методов и систем диагностирования электронных устройств [1]. Сложные системы автоматизированного диагностирования микроЭВМ реализуют многофункциональные проверки настраиваемых изделий и качественную наладку при серийном и массовом выпуске. Но их разработка и внедрение связаны с большими экономическими и временными затратами.

Несомненное достоинство простых систем — незначительные затраты времени на их создание, но из-за большого количества ручных операций их пропускная способность низка. Качество настройки в значительной мере зависит от квалификации оператора. Поэтому область их применения — мелкосерийное производство и сфера эксплуатации.

При создании систем производственной настройки одноплатных микроЭВМ применяется в основном два подхода. Один подход основан на методе функционального диагностирования устройств, при котором в процессе испытаний используются внешние выводы плат. Перемещаемый зонд позволяет получить дополнительную информацию о состоянии внутренних узлов объекта диагностирования. Другой подход — внутрисхемное диагностирование отдельных компонентов платы непосредственно через их выводы с помощью группового зонда: принудительно устанавливаются необходимые уровни на входах элементов и определяются состояния выходов. Существуют системы, объединяющие в себе оба подхода.

Основной критерий оценки систем такого рода — качество и производительность испытаний. В работе [2] приведены результаты сравнения типовых систем. Из них следует, что эффективность функционального диагностирования выше эффективности поиска неисправности внутрисхемного. При этом функциональные системы обнаруживают сложные динамические ошибки и дают наиболее достоверный ответ о работоспособности контролируемого устройства, так как имитируют входные воздействия в тех реальных режимах, в которых будет работать изделие. Но такой эффект достигнут за счет применения сложного аппаратного и программного обеспечения. К тому же, в большинстве систем применен метод, основанный на заранее полученной ручным или автоматическим способом библиотеке неисправностей (это требует дополнительной подготовки системы к процессу диагностирования и большого объема машинной памяти) или на использовании эталонного объекта, изготовление и применение которого связано с известными трудностями.

Отдельный класс — это анализаторы состояния испытуемых схем, регистрирующие и отображающие в закодированном виде последовательность состояний объекта диагностирования [3]. Но даже самые совершенные из них имеют ограниченные возможности по обнаружению неисправностей с требуемой точностью и не исключают высоких требований к квалификации настройщика.

Назначение комплекса функционального диагностирования

Учитывая недостатки существующих методов и систем, была сделана попытка создать комплекс функционального диагностирования одноплатных микроЭВМ «Электроника С5-21М» [4], который позволил бы:

— обеспечить высокое качество и производительность настройки при ограниченной сложности и высокой надежности системы;

достичь динамического режима испытаний и наращивания эффективности системы путем введения оператором дополнительных неформализованных процедур поиска неисправностей;

упростить управление процессом настройки.

Метод формирования эталонных значений выбран следующим образом. Метод сравнения с хранимыми значениями непригоден, так как требует большого времени для предварительного формирования диагностических параметров и большого объема машинной памяти для их хранения. Метод физического эталона нецелесообразен — его неудобно использовать при зондовом поиске. Поэтому применен метод математического моделирования эталонных значений, позволяющий за приемлемое время отобразить логико-временное поведение исправной схемы при любом входном наборе испытательных воздействий.

Основная особенность микроЭВМ «Электроника С5-21М», определяющая подход к организации ее диагностирования,— наличие двух параллельных магистралей передачи адреса и данных, предназначенных для расширения памяти и работы микроЭВМ в многопроцессорных системах. Магистрали значительно упроща-

ют диагностирование, так как дают возможность не только следить за работой микроЭВМ, но и активно вмешиваться в процесс ее функционирования, управляя циклом обращения микропроцессора к ОЗУ, ПЗУ или к схемам цифровых входов-выходов.

Комплекс диагностирования и его программное обеспечение

Комплекс диагностирования создан на базе многоплатной микроЭВМ «Электроника С5-02», выполняющей роль управляющей ЭВМ. Испытательные программы хранятся в быстродействующем буферном запоминающем устройстве. В состав комплекса входят также программно-управляемый зонд, телетайп, накопитель на гибких магнитных дисках, видеоконтрольное устройство (ВКУ), аппаратура внутрисистемной связи, пульт управления и индикации (рис. 1).

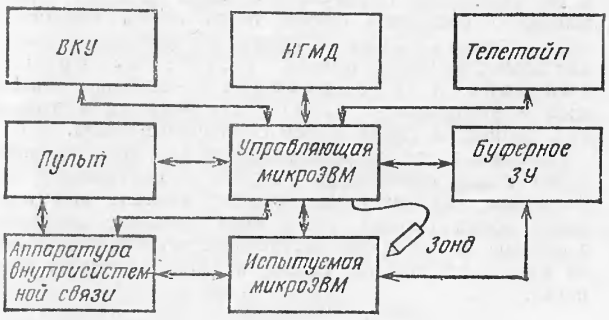


Рис. 1. Структура системы диагностирования

Программное обеспечение (ПО) комплекса диагностирования состоит из набора программ и информационных полей (рис. 2):

«Программа управления диагностированием» — реакции на запрос от пульта и анализ подаваемых директив, поиск и запуск испытательных программ, анализ результатов их работы и подготовка сообщений настройщику, оперативное переформирование информационных полей для работы других программ;

«Испытательные программы» — проверка исправности микроЭВМ, причем каждому функциональному блоку микроЭВМ соответствует отдельно оформленная программа;

«Эмулятор АД» — моделирование эталонного состояния магистрали для передачи адреса и данных настраиваемой микроЭВМ;

«Эмулятор УС» — моделирование эталонного логико-временно́го поведения схемы управления обменом данных между микропроцессором и резидентными или внешними устройствами настраиваемой микроЭВМ;

«Программа поиска неисправности» — обнаружение неисправности с точностью до компонента;

«Язык оператора» — реализация дополнительных процедур по уточнению вида и места неисправности.

К информационным полям ПО относятся массив данных и контрольные ячейки. Массив данных представляет собой формальное описание схемы микроЭВМ в виде последовательности чисел из четырех шестнадцатеричных цифр каждое (рис. 3), которые отражают: тип функции элемента, количество его выходов, номер выходного контакта, эталонное значение сигнала на выходе элемента, количество входов, номер входного контакта и номер выхода, с которым соединен вход элемента. В отдельный фрагмент вынесены сведения об элементах, подключенных к адресно-информационной магистрали. Таким образом, массив данных и программы «Эмулятор АД» и «Эмулятор УС» — это неявная математическая модель (эталонная модель) объекта диагностирования [5]. Она позволяет получить описание правильной работы схемы микроЭВМ (в данном случае — «Электроника С5-21М») в течение любого цикла обмена.

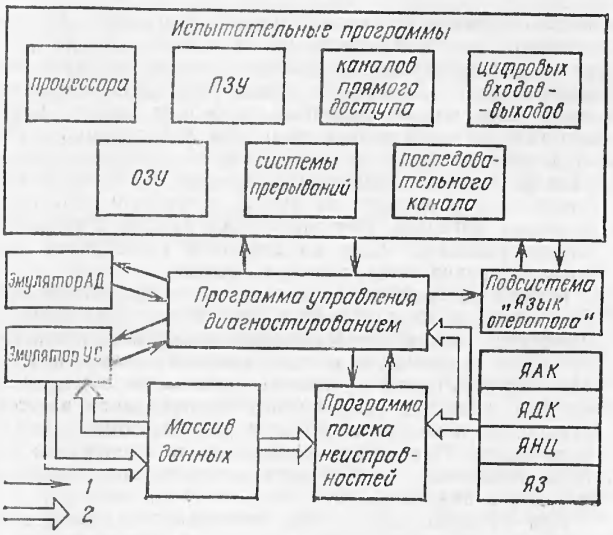
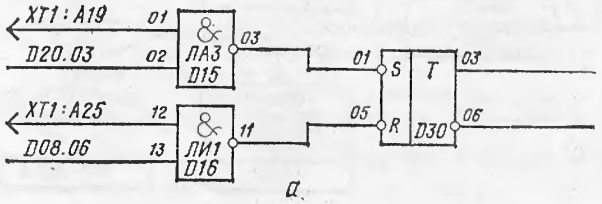


Рис. 2. Состав и взаимодействие программного обеспечения:

1 — передача управления, *2* — передача данных



а

```
0B12.0001.1503.XXXX.0002.1501.1A19.1502.2003.
0B14.0001.1611.XXXX.0002.1612.1A25.1613.0806.
0C59.0002.3003.XXXX.3006.XXXX.0002.3001.1503.3005.1611.
```

б

Рис. 3. Фрагменты принципиальной схемы микроЭВМ (*а*) и массива данных (*б*)

Работа программного обеспечения комплекса подчинена алгоритму (рис. 4). Процесс диагностирования разбит на два этапа: проверка исправности микроЭВМ и поиск неисправности.

Функциональное диагностирование микроЭВМ «Электроника С5-21М»

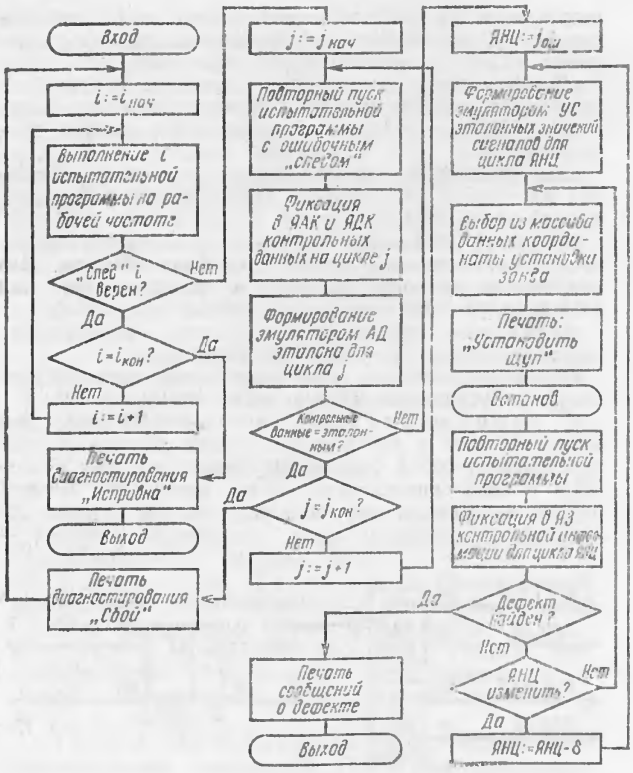


Рис. 4. Укрупненная схема алгоритма диагностирования:

i — номер программы, j — номер цикла обмена, σ — константа изменения номера цикла

На *первом* этапе микроЭВМ «Электроника С5-21М» выполняет программы испытания микропроцессора, а затем — остальных ее функциональных блоков. Отрабатывая подаваемые инструкции, микроЭВМ формирует результирующий код («след»), по которому делается предварительный вывод об исправности блока.

Для проведения этого этапа память микроЭВМ расширена. Все испытательные программы загружаются во внешнее по отношению к машине буферное ЗУ работоспособность которого, как и других составных частей комплекса, определяется тестами самоконтроля. Буферное ЗУ рассматривается и используется как внешняя память контролируемой ЭВМ, что позволяет проверять исправность микроЭВМ на рабочей частоте.

На *втором* этапе вначале решается задача обнаружения первой ошибки, что равносильно задаче поиска цикла обмена, при выполнении которого возникло первое несовпадение состояний схем настраиваемой и эталонной микроЭВМ. Для предельно достоверного решения этой задачи требуется следить за состоянием всей схемы микроЭВМ, что нецелесообразно. Поэтому использовано допущение о том, что разряды вектора состояния микроЭВМ — разряды ее магистрали передачи адреса и данных. Исходя из этого испытательные программы разработаны так, чтобы каждое изменение состояния схемы микроЭВМ «Электроника С5-21М» проявлялось в этих разрядах. Правомерность такого подхода подтверждена практически. Наблюдение за состоянием только адресно-информационной магистрали позволяет обнаруживать ошибку через 0...3 цикла после ее проявления.

Для определения первого ошибочного цикла есть два режима работы комплекса.

При пошаговом режиме испытательная программа приостанавливается в каждом цикле обмена, после чего проверяются на совпадение диаграммы изменения состояния адресно-информационных магистралей эталонной и проверяемой микроЭВМ «Электроника С5-21М». Первая из них вырабатывается программой «Эмулятор АД», а вторая снимается аппаратно и заносится в ячейки кода адреса (ЯАК) и кода данных (ЯДК). Реализовать такой режим позволяет принцип асинхронной передачи данных в микроЭВМ. При пошаговом режиме не обнаруживаются динамические ошибки.

При динамическом режиме для фиксации ошибок, проявляющихся только при максимальной скорости работы микроЭВМ, не происходит вмешательства в процесс выполнения испытательной программы. Диаграмма изменения состояния снимается многократным запуском и анализом каждый раз только одного участка программы.

Неисправность локализуется по принципу одноконтактного зондового поиска. Это предусматривает диалоговый режим работы между средствами комплекса и настройщиком. Перемещаемый зонд передает информацию о состоянии любой точки схемы микроЭВМ «Электроника С5-21М» на временном интервале, равном длительности цикла обмена. *Исходные данные для поиска неисправности* — значения эталонного и контрольного адресов, контрольных и эталонных данных, а также номер ошибочного цикла.

Программа поиска неисправности (см. рис. 4), определив номер ошибочного разряда в контрольной информации, указывает настройщику контакт для установки зонда (щупа), после чего комплекс переходит в останов. В это время настройщик устанавливает зонд на указанный контакт схемы, а затем запускает комплекс:

```
ПУСК.
1401.
1402.
НЕИСПРАВНА 1703.
АДРЕС 1600. 1600.
ДАННЫЕ 8170. 8370.
ЦИКЛ 0048.
УСТАНОВИТЬ ЩУП НА
1A04.
0809.
0810.
3303.
3091.
1503.
1501.
1502.
ЗАМЕНИТЬ 1503.
```

Вновь выполняется испытательная программа. По достижении контролируемого цикла в ячейку ЯЗ заносится код, отражающий изменение сигнала на проверяемом контакте. Программа поиска неисправности, сравнивая этот код с эталонным, проводит анализ, в результате которого процедура поиска либо продолжается, либо заканчивается. В первом случае программа выбирает из массива данных информацию о связях между элементами и выводит на печать очередную директиву, реализуя алгоритм «От выхода ко входу». Во втором случае указывает один из дефектов (неисправен элемент, оборвана связь, замкнуты связи).

Работа настройщика сопровождается формированием документа диагностирования. На бумажный носитель выводятся метки испытательных программ, результат проверки исправности и (при наличии неверного «следа») метка участка программы, в котором обнаружена ошибка, значения эталонного и контрольного адресов, эталонного и контрольного кода данных, номер ошибочного цикла. При поиске неисправности печатаются номера компонент, подлежащих зондированию, сведения о месте и виде дефекта.

Как правило, для поиска неисправности достаточно информации, полученной с помощью установок зонда в одном цикле. Тем не менее, можно реализовать процесс в различных циклах, смещенных относительно исходного на величину, предусмотренную алгоритмом,

При этом изменяется значение ячейки ЯНЦ, в ячейки ЧАК и ЯДК заносятся новые контрольные адрес и данные, а программы «Эмулятор АД» и «Эмулятор УС» формируют эталонные значения сигналов на всех контактах информационной и управляющей частей исправной схемы при подаче данного входного набора.

Определение сложных функциональных дефектов микроЭВМ

Совершенствование технологии производства серийно выпускаемых микроЭВМ, а также предварительный параметрический контроль изделий до их настройки приводят к существенному увеличению доли микроЭВМ, не требующих или почти не требующих функционального диагностирования. В то же время, среди микроЭВМ, не прошедших «с ходу» функциональную проверку, растет доля изделий, неисправности в которых носят очень сложный, скрытый характер. Для их поиска нужны средства, автоматизирующие генерацию тестовых процедур неформализованного характера.

С учетом этого требования разработана автономная программная подсистема «Язык оператора». С ее помощью настройщик может запустить в однократном или циклическом режиме любую испытательную программу и, предварительно переслав ее в буферное запоминающее устройство, перевести управляющую микроЭВМ «Электроника С5-02» в режим ее отработки. Кроме того, на экран ВКУ можно вывести содержимое регистров общего назначения и регистра признаков микропроцессора настраиваемой микроЭВМ. Последовательность таких операций дает настройщику дополнительную информацию о месте и виде неисправности.

Пример. Набор директив, входящих в состав «Язык оператора»:

```
1. НД 30 2000 2030 КД К-0001
2. НД 50 2030 КД  КД К-0001
3. НД 80 2000 КД  К-0001
```

Здесь НД, КД — метки начала и конца директивы; 30, 50, 80 — код директивы; 2000, 2030 — служебная информация; К-0001 — номер канала микроЭВМ.

По первой директиве данные переписываются из управляющей микроЭВМ в буферное ЗУ с адреса 2000 по 2030. После этого на экране отображается информация об их значении перед записью и после записи. По второй директиве выполняются подготовительные действия для просмотра регистров. По третьей директиве настраиваемая микроЭВМ запускается с начальным адресом 2000. По адресу 2030 происходит останов, а на экран выводится информация о содержимом 16 регистров общего назначения и регистра признаков на момент останова.

Подсистема «Язык оператора» обеспечивает дополнительную углубленную настройку всех микроЭВМ «Электроника С5-21М», проходящих через комплекс. Создаваемые с помощью подсистемы тестовые процедуры ускоряют поиск неисправностей и настройку микроЭВМ со сложными функциональными дефектами.

Применение комплекса диагностирования в промышленности

Комплекс функционального диагностирования в течение нескольких лет эффективно используется в промышленном производстве для настройки одноплатных микроЭВМ «Электроника С5-21М». Он обеспечивает их серийный выпуск, проверяя исправность микроЭВМ за несколько десятков секунд и отыскивая неисправность за 3...15 мин. Объем целевого программного обеспечения — 28К байт.

Комплекс автоматически обнаруживает неисправный блок с помощью испытательных программ, в режиме диалога ведет направленный зондовый поиск дефекта и имеет возможности анализатора. Он динамически обрабатывает выходные реакции объекта диагностирования, обеспечивает рациональное взаимодействие настройщика с аппаратурой, организуя процесс настройки в соответствии с уровнем квалификации оператора. Пропускная способность системы достаточна для применения при производстве микроЭВМ. Умеренная аппаратная сложность системы позволяет в краткие сроки внедрить ее в производство. Настройка доступна настройщикам невысокой квалификации.

Автоматизированный комплекс настройки и проверки одноплатных микропроцессорных изделий (микроЭВМ, микроконтроллеров, измерительно-информационных модулей и пр.) может быть применен не только при серийном производстве таких изделий, но и при их централизованном ремонте.

Адрес для справок: 192239, Ленинград, ул. Димитрова, д. 6, кор. 2, кв. 182. Коминарову Илье Заламановичу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Palmer C. ATE-functional testing maintains dominance // Electronics Industry.—1985.— N 6.— P. 11—27
2. Изменения в технологии сборки усложняют задачу автоматизированных испытаний // Электроника.— 1985.— № 15.— С. 30—39.
3. Palmer C. Logic analysis — compex functions, lower cost // Electronics Industry.—1985.— N 12.— P. 9—21.
4. Гальперин М. П. Одноплатные микроЭВМ и микроконтроллеры // Микропроцессорные средства и системы.—1984.— № 2.— С. 16—19.
5. Основы технической диагностики / Под ред. П. П. Пархоменко.— М.: Энергия, 1976.—463 с.

Статья поступила 5 января 1986 г.

УДК 681.3.06

А. А. Каргин

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ В РОБОТОТЕХНИКЕ

Большинство современных систем управления роботами (СУР) реализовано на базе микроЭВМ. Первая промышленная СУР — WAVE представляла двухуровневую структуру (PDP-10 и PDP-6), в VAL используется микроЭВМ PDP-11/23 верхнего уровня, а для управления каждой степенью подвижности робота — контроллеры на базе микропроцессоров Motorolla-6503, связанные с PDP-11/23 через буфер. Системы управления HELP, AML, TARS, RPS имеют также иерархическую организацию: основная микроЭВМ—это PDP-11/23, контроллеры на базе Intel-8080. В RAIL в качестве основной микроЭВМ используется Motorolla-68000. Отечественные системы УКМ-772, «СФЕРА», «ПРОГРЕСС» построены аналогично на базе микроЭВМ семейства «Электроника». В последнее время наметилась тенденция проектирования СУР в виде локальной производственной микропроцессорной сети, которая легко встраивается в производственную сеть участка или цеха. Так реализована система VAL-II на базе PDP-11/23 и микропроцессоров Motorola.

Программирование роботов

В соответствии с ГОСТ 24836-81 существует три способа программирования роботов: обучение, аналитический метод и комбинированный.

Метод обучения (on-line метод) нашел широкое распространение при программировании промышленных роботов первого поколения.

В аналитическом программировании (off-line методе) задание описывается в виде программы на входном текстовом языке. Задание роботу можно описать с различной степенью детализации.

На самом низком уровне в задании указываются все подробности перемещения робота, т. е. все точки траектории робота и команды на схват и оборудование. Такое описание является роботозависимым, поэтому *языки программирования называют робото-ориентированными* (EMILY, ML, WAVE, VAL, HELP, AML, VAL-II, TARS, RAIL, RPS, MHL, MINI, TEACH). Два типа операторов: описания состояния робота и указания процесса изменения состояния составляют ядро языков. WAVE — наиболее простой язык с возможностями, не выходящими за рамки ядра. Во всех других языках имеются операторы для управления программой.

Состояние робота описывается геометрическими данными (в программе — константа, переменная или одномерный массив), которые задаются декартовой координатой характеристической точки робота и ориентацией схвата с помощью эйлеровых углов. В языках WAVE, VAL, VAL-II имеется специальная инструкция TRANS для присвоения значений переменным, а в языки WAVE, AML, HELP введен вектор для описания только положения точки в декартовом пространстве. Кроме этого, имеется возможность задавать положение относительно другой системы координат или как составное выражение. *В операторе указания процесса изменения состояния* вид глагола определяет тип движения либо команду на схват. В языке WAVE возможен только один тип движения (П-образное прямолинейное в декартовых координатах) и имеется один оператор — MOVE, в языках VAL, HELP, AML таких операторов три: GO — для позиционного движения; MOVE — для движения с интерполяцией в обобщенных координатах; MOVES — для прямолинейного перемещения в декартовых координатах. В языках VAL и VAL-II — для реализации П-образного движения дополнительно к MOVE. MOVES предоставляются две команды DEPART и APPRO, которые задают расстояние в миллиметрах по вертикали относительно точки отправления (текущее состояние робота) и точки назначения.

Расширение возможностей языков (VAL-II, AML, HELP, RPS) по сравнению с ядром связано с необходимостью выполнения сложных вычислений при определении состояния робота. С этой целью в состав языков вводятся четыре типа данных: целые, вещественные, логические и символьные в кодах ASCII; арифметические и логические операции над ними.

Программирование на робото-ориентированном языке требует трудоемких расчетов всех геометрических данных, поэтому язык используется лишь для несложных заданий с однотипными многократно повторяющимися действиями (рис. 1) — взятие деталей из питателя (feeder) и установка в ячейки тары, состоящей из N строк (row) и M столбцов (col), где функция SHIFT задает точку локализации put путем изменения системы координат frame в зависимости от типа тары code. Программирование существенно облегчается, если используется сенсорная информация. В большинстве систем положение робота в точках, описанных в программе, вычисляется с помощью системы технического зрения, например, координаты точек feeder, frame.

```
FORrow =0 TO N-1
  FOR col =0 TO M-1
    APPRO feeder ,30.0
    MOVES feeder
    CLOSE 0
    DEPART 30.0
    SET put =SHIFT(frame[code] BYrow *r.space [code],
                   col*r.space[code], 0)
    APPRO put ,50.0
    MOVES put
    OPEN 2.5 -
    DEPART 30.0
  END
END
```

Рис. 1. Программа укомплектования тары на языке VAL-II

В проблемно-ориентированных языках (AL, PAL, LM, LAMA, AUTOPASS, ROBEX, MCL, RAPT) в ситуации отражаются пространственное расположение предметов, их геометрические и физические свойства, а не состояния робота. Наиболее простыми являются языки AL, PAL, LM, использующие фреймовое представление ситуации; конструкций для описания геометрической формы предметов в них нет. С каждым предметом связывается от одного до нескольких фреймов. С помощью фреймов описываются характеристические точки предметов и самого робота. Фрейм задается двумя компонентами: положением начала координат (инструкция VECTOR в языках AL, PAL, LM) и ориентацией осей (инструкция ROT). На рис. 2 приведен фрагмент программы на языке AL, описывающий сборку кронштейна. Инструкция AFFIX указывает жесткую связь между фреймами. Количественное значение фрейма задается операцией присваивания. Если допустить, что фреймы ПЛАСТИНА и КРОНШТЕЙН определяются в программе с помощью систем технического зрения, то для полного описания исходной ситуации требуется доопределить значения фреймов ПЛАСТИНА-ОТВЕРСТИЕ, КРОНШТЕЙН-ОТВЕРСТИЕ, СТЕРЖЕНЬ.

```
FRAME  ПЛАСТИНА, ПЛАСТИНА_ОТВЕРСТИЕ
FRAME  КРОНШТЕЙН, КРОНШТЕЙН_ОТВЕРСТИЕ
FRAME  СТЕРЖЕНЬ
ПЛАСТИНА_ОТВЕРСТИЕ ←ПЛАСТИНА*TRANS(ROT(X,90*DEG),VECT(3,0,6))
КРОНШТЕЙН_ОТВЕРСТИЕ ←КРОНШТЕЙН*TRANS(ROT(Z,90*DEG),VECT(3,0,6))
СТЕРЖЕНЬ ←FRAME(ROT(X,90*DEG),ROT(Y,90*DEG),VECT(106,6,8))
```

Рис. 2. Описание исходной ситуации для сборки кронштейна на языке AL

В системах AUTOPASS и EMULA геометрическая форма предметов задается с помощью машинной графики и хранится в базе данных. Задание формируется в два этапа. На первом вводится описание исходной ситуации с использованием программы проектирования геометрии. Каждый предмет описывается как многогранник (множество вершин, ребер и поверхностей), с которым связывают имя. Аппроксимация предметов цилиндрической или сферической формы многогранниками осуществляется с указанной степенью точности. На втором этапе на текстовом языке вводится план сборки. В системе LAMA многогранники задаются на текстовом языке. Сложные предметы формируются как объединение ранее описанных фрагментов, но не как пересечение. Описание кронштейна на языке LAMA приведено на рис. 3.

```
(object(tupl rect)(X 10)(Y 5)(Z 1.5)(name КРОНШТЕЙН_ОСНОВАНИЕ)
 (object(tupl rect)(X 10)(Y 1.5)(Z 1.5)(name КРОНШТЕЙН_ВЕРХ)
(link КРОНШТЕЙН_ОСНОВАНИЕ КРОНШТЕЙН_ВЕРХ)
)
```

Рис. 3. Описание геометрической формы детали «кронштейн» на языке LAMA

В языках ROBEX, RAPT, MCL форма предметов программируется на языке APT. При этом не требуется завершенного (полного) описания формы предмета, определяются фрагменты, которые необходимы при сборке (в RAPT предусмотрено неограниченное дополнение фрагментов); программист имеет возможность задавать произвольную форму предметов; описание предметов проводится без их привязки к конкретным пространственным положениям, информация о положении и ориентации поступает из описания осей, связанных с каждым предметом, но скрыта от пользователя. Эти возможности языков существенно облегчают программирование по сравнению с САП (системами автоматизированного программирования станков с ЧПУ).

Полное описание ситуации (кроме информации о форме отдельных предметов) дополняется отношениями между этими предметами.

Два предмета, входящие в изделие, имеют общую поверхность — against (рис. 4) или один предмет входит в другой.

```
against  /КРОНШТЕЙН_ВЕРХ,ПЛАСТИНА_ОСНОВАНИЕ
against  /КРОНШТЕЙН_ВЫСТУП,ПЛАСТИНА_ФРОНТ
  fits   /СТЕРЖЕНЬ_ДРЕВКО,ПЛАСТИНА_ОТВЕРСТИЕ
  fits   /СТЕРЖЕНЬ_ДРЕВКО,КРОНШТЕЙН_ОТВЕРСТИЕ
```

Рис. 4. Описание целевой ситуации после сборки кронштейна и стержня пластины на языке RAPT

К операторам указания процесса изменения состояния в языках AL, PAL, LM относится инструкция MOVE, в языках AUTOPASS, RAPT, ROBEX имеются более специализированные операторы, например, PLACE (положить один предмет на другой), INSEPT (вставить), LIFT (поднять с) и другие, в которых дополнительно указываются характеристики из фрагментов, описывающих форму предметов.

В комбинированном методе программирования объединены преимущества метода off-line при подготовке задания и метода on-line на этапе отладки. Программист, хорошо владеющий математическим аппаратом, аналитически описывает сложную пространственную траекторию, а технолог, для которого это сделать затруднительно, присваивает значения точкам траектории методом обучения, которые были определены на этапе off-line в виде переменных геометрического типа. Такие возможности заложены в системах VAL-II, AML, УКМ-772, СФЕРА. С целью повышения эффективности метода обучения в VAL-II существенно модернизирован пульт ручного управления и программирования. Выносной пульт снабжен клавиатурой, алфавитно-цифровым дисплеем для получения информации о текущем состоянии программы и ошибках при обучении. С пульта можно управлять перемещением отдельных звеньев робота или совместно всеми так, чтобы характеристическая точка робота двигалась вдоль прямой. В AML для обучения робота создается специальная программа (рис. 5). В момент вывода робота

```
GOAL:STATIC 10 OF 7 REAL
TEACH: SUBR
   I: NEW 0
      WHILE (I=I+1) LE 10 DO
            GOAL(I)=GRADE(ARM)
      END
```

Рис. 5. Программа обучения робота десяти позициям на языке AML

в очередную точку траектории оператор нажимает кнопку пульта ЗАПИСЬ — завершается выполнение инструкции GUIDE.

Сенсорная информация в СУР

Все проблемно-ориентированные и некоторые роботоориентированные языки, например WAVE, EMILY, LM, JARS, RAIL, не имеют программно-управляемого доступа к внутренней информации робота. *Информационные системы состояния роботов* (VAL, VAL-II, HELP, AML) позволяют программно управлять скоростью обобщенных координат и величиной допуска, с которым достигается заданная точка с именем HAND, соответствующая установлению инструмента TOOL у предмета OBJECT на расстоянии не более чем 0,1 мм (рис. 6).

```
LOOP: READ  TOOL,OBJECT   ОБРАЩЕНИЕ К ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
      HAND:=HAND+OBJECT-TOOL
      MOVE TO HAND
      IF( OBJECT-TOOL) GTR 0.1 GO TO LOOP
```

Рис. 6. Программа подвода инструмента к предмету на языке VAL-II

RSS — наиболее развитая система для программирования использования внутренней информации робота. Состояние робота определяется системными функциями.

Перемещение к точке по произвольной траектории, вдоль линии и на плоскости задаются операторами position poin, position line, position plane, а управление по скорости и ускорению определяются как управление позицией, изменяющейся как функция времени.

Информация контактного характера поступает от датчиков усилий, моментов, перемещений и тактильных датчиков, установленных на схвате, и компенсирует неопределенность, связанную с размерами предмета и неточностью его положения. Система HELP задает пороговое значение усилия, поступающего от аналогового датчика, установленного на схвате. В системе WAVE каждый из двух пальцев робота типа Stanford Arms оборудован тактильным сенсором, расположенным с внутренней стороны. В системе AML/V (расширение AML) закрытие схвата продолжается до момента выполнения условия, задаваемого в программе в виде условия-исключения. AML/V — первый и пока единственный язык программирования, ориентированный на удобный доступ к сенсорной информации. Сенсорные данные можно использовать целого, вещественного или логического типа, с дополнительным предварительным описанием сенсорных переменных в специальной секции (рис. 7).

```
sensor:

    SLIP[1]=#2[1..1]
    SLIP[2]=#2[2..2]
    SLIP[3]=#2[3..3]
    ANY SLIP=SLIP[1]or SLIP[2] or SLIP[3]
    FORCE[1]=A*float(#7[2..6])+B
    FORCE[2]=A*float(#8[2..6])+B
    TOTAL FORCE=FORCE[1]>=5 and FORCE[2]>5
```

Рис. 7. Секция описания сенсорных данных на языке AML/V

Переменные сенсорного типа ANYSLIP и TOTALFORCE описаны ранее как логические переменные, SLIP — логический массив из трех элементов; FORCE — вещественный массив. При описании FORCE указываются номер порта 7, из которого читаются значения 2...6 разрядов (к ним подключен датчик, дающий 6-разрядный код); тип данных (float — инструкция, заставляющая транслятор интерпретировать этот код как код числа с плавающей точкой); вещественные константы: A и B.

Сенсорные переменные используются в двух режимах. При синхронном режиме в момент выполнения программы значение читается из порта ввода микроЭВМ. В RSS эта функция скрыта от программиста, в отличие от других языков, в которых для получения сенсорного значения используются специальные обращения к подпрограммам чтения. Асинхронный ввод информации предполагает, что программист заранее определил множество условий прерываний, механизм для разрешения и запрещения прерываний и средства связи между программами, обслуживающими прерывания, в которых указываются входы, подлежащие проверке и имя подпрограммы. В VAL-II существуют три инструкции (REACT, REACTI, REACTE) для процесса исключения. Первые две контролируют изменение состояния сигналов двоичных входов, при изменении — управление передается специально созданной программе. В AML/V прерывание задается не лексически в определенном месте программы, а предварительно описывается условие, затем в определенном месте программы с помощью инструкции EXEPTION включается прерывание по условию. Механизм разрешает прерывание по этому условию во время выполнения всех последующих инструкций программы (рис. 8) до включения следующего условия. Команды CLOSE и MOVE выполняются, если не возникает условие ANY-SLIP, описан-

```
        MOVE  DOWN[33
ANY SLIP: EXEPTION
        CLOSE  UNTIL GRASPED
        MOVE  TO  (M2,M3,Z2)
```

Рис. 8. Программа взятия и переноса предмета на языке AML/V

ное ранее в сенсорном блоке (эффект выскальзывания во время взятия и переноса предмета). При выполнении условия ANY-SLIP происходит прерывание нормального выполнения программы и переход на обработку аварийной ситуации.

В сборочных операциях часто используется информация об усилиях и моментах, возникающих при взаимодействии с предметами. На языке RSS операция «вставить стержень в отверстие» может быть запрограммирована с использованием информации об усилиях (рис. 9). В программе: error — скалярная величи-

```
twait  : force ZERO
       wait until error ,lss  0.1;
       force f *BOLTAXIS
       wait  until  RSFORCE*BOLTAXIS) lss  -0.3* f;
       stop
```

Рис. 9. Использование информации об усилиях на языке RSS

на, характеризующая ошибку исходного положения стержня перед этапом его проталкивания в отверстие; BOLTAXIS — вектор направления вдоль стержня; f — скалярная величина для нормирования силы.

Для большинства роботов, оснащенных проблемно-ориентированными системами VAL, VAL-II, RSS, RAIL, JARS, схваты неочувствлены.

Зрительная информация — наиболее распространенный тип информации об окружении робота. Практически все проблемно- и робото-ориентированные системы имеют интерфейс с *системой технического зрения* (СТЗ). Последняя реализуется как автономная система на базе мощной микроЭВМ типа PDP-11/23. От СУ робота к зрительной системе посылается запрос (имя детали) на определение координат положения и ориентации. Зрительная система в ответ передает декартовые координаты центра детали и ее ориентацию по отношению к исходной. Работа с СТЗ состоит из двух этапов. На первом этапе пользователь должен ввести в СТЗ множество образов и связать с каждым имя, которое будет использоваться на втором этапе. Запрос к СТЗ имеет вид обращения к подпрограмме-функции. В VAL-II такой подпрограммой является READ, в MCL-LOCATE, в RSS — vision.

В системах VAL, VAL-II, HELP, RSS обучение осуществляется путем показа плоского изображения детали и запоминания, либо его двоичного представления, либо его признаков (периметр, наибольшее отклонение от центра, количество дыр и т. д.).

Система HELP работает с деталями цилиндрической формы, поэтому обе проекции (круг и прямоугольник) автоматически генерируются после передачи диаметра и высоты цилиндра. Зрительная система фильтрует, выделяет, сортирует области (круг, прямоугольник или «неизвестный») и затем вычисляются характеристики. На основании этих данных находятся координаты характеристической точки рабочего органа робота (x, y, z) и ориентация схвата. В MCL плоская модель изображения описывается на языке APT.

Организация программного обеспечения СУР

Системы управления имеют иерархическую организацию. Информация, циркулирующая на i-м уровне, недоступна для других уровней i=k и i+k, где k≥2. В системе циркулирует два потока информации: сверху вниз (команды i-го уровня к (i—1)-му) и снизу вверх (обратная связь).

На самом нижнем уровне (управление по току якоря) контроллер определяет величину тока управления якорем и передает в виде команды двигателям. На втором уровне контроллер скорости определяет соответствующие уставки для контроллера управления по току якоря. Оба нижних уровня реализованы аппаратно и являются программно недоступными. Позиционный контроллер (третий уровень) получает информацию об исходной позиции от датчиков и целевой — от верхнего уровня, рассчитывает значение скорости и передает нижнему уровню. Оба значения рассматриваются в обобщенных координатах. На четвертом уровне контроллер траектории решает задачу совместного управления звеньями робота (управление позицией и ориентацией рабочего органа). Начиная с пятого уровня, система включает задачи, решаемые генератором траекторий и процессором обработки заданий. Контроллеры траектории, позиции и скорости работают в реальном масштабе времени, а все задачи пятого уровня реализуются в режиме off-line.

Позиционное управление — самый нижний программно-управляемый уровень в иерархической системе, на котором управление представлено n независимыми процессами, где n — число степеней подвижности робота. Для каждой степени подвижности имеется свой позиционный контроллер, который реализуется на отдельном микропроцессоре. В момент получения очередной команды с верхнего уровня позиционный контроллер распознает затребованный тип движения и запускает одну из четырех программ управления движением. Этих программ достаточно для реализации произвольной траектории перемещения робота между двумя точками.

Программа 1 управляет движением звена из исходной позиции к целевой при ограничениях на время достижения с заданной точностью вокруг целевой позиции.

Основная функция контроллера — вычислить скорость, требуемую для достижения цели. Из-за динамического эффекта фактическая траектория отличается от расчетной, полученной при равномерном разбиении интервала времени и предположении, что расчетная скорость обязательно достигается. На практике реализуется алгоритм вычисления значения скорости по оставшемуся расстоянию.

Программа 2 предназначена для сопряжения двух участков движения, управляемых Программой 1. Функция скорости между этими точками описывается полиномом третьей степени и начальными условиями: значениями скорости и ускорения в исходной и целевой точках. Находятся коэффициенты полинома, и после их подстановки в соотношение для скорости последнее используется в реальном масштабе времени для управления на переходном участке. Время переходного процесса вычисляется из условия, что движение происходит с максимально возможным ускорением и разность скоростей на сопрягаемых участках максимальна.

Программа 3 осуществляет контроль за процессом остановки движения и имеет два подтипа. В первом случае звено останавливается в точке, которая была заранее запланирована, а во втором случае возможна остановка в произвольной ближайшей точке.

Программа 4 перемещает звено в целевую позицию без ограничений на время. Алгоритм решения задачи традиционен. По ошибке рассчитывается требуемая скорость. Наиболее часто используется пропорционально-интегрально-дифференциальный алгоритм (ПИД), в последнее время находят применение адаптивные алгоритмы, основанные на аппарате нечетких множеств.

Управление траекторией. Использование сенсорной информации при управлении роботом связано с изменением траектории. На этом уровне СУР должны быть средства для реализации трех режимов управления,

Для режима управления по заранее запланированной траектории входными данными служит файл с описанием траектории, подготовленный заранее в режиме off-line генератором траектории, и сигналы прерывания от контроллеров позиционного управления. Траектория может быть задана тремя способами: последовательностью узловых точек P_1, P_2, ..., P_m, характеризуемых тем, что скорость в них равна нулю; последовательностью узловых и промежуточных точек, т. е. P_1, P_1^1, P_1^2, ..., $P_1^{k_1}$, P_2, P_2^1, ..., $P_{m-1}^{k_{m-1}}$, P_m, задаваемых двумя векторами, характеризующими положение точки запястья в обобщенных координатах и ориентацию рабочего органа; коэффициентами сплайнов, описывающими непрерывную программную траекторию, проходящую через заданные промежуточные точки пространства в обобщенных координатах (WAVE, VAL, VAL-II). Работа контроллера управляется прерываниями, поступающими от контроллеров нижнего уровня. В момент получения последнего подтверждения от позиционных контроллеров о завершении отработки предыдущей команды выбирается очередная точка траектории, рассчитывается требуемое время для ее достижения и эта информация передается позиционным контроллерам.

В режиме управления с динамической модификацией траектории с верхнего уровня запрос поступает на модификацию текущего фрагмента траектории (узловая точка или узловая точка и последовательность промежуточных). Модификация является одноразовой.

В режиме управления при динамическом создании траектории точки вычисляются в реальном масштабе времени на основании сенсорной информации.

В момент входа характеристической точки робота в окрестность точки отслеживания модуль управления траекторией запускает программу 4 и посылает контроллеру следующую точку отслеживания.

Все модули управления траекторией работают в режиме интерпретатора входного файла, содержащего описанные траектории.

Генератор траектории (ГТ) читает символьный файл, содержащий описание в декартовых координатах и эйлеровых углах ориентации схвата. Если задается позиционное движение, то функции сводятся к решению обратной задачи кинематики и формированию файла траектории, точки которой представлены в обобщенных координатах. Для интерполированного движения дополнительно к решению обратной задачи ГТ выполняет линейную аппроксимацию в n-мерном пространстве и определяет промежуточные точки. Выходной файл ГТ содержит последовательность узловых и промежуточных точек в обобщенных координатах и характеристики обобщенных скоростей.

Планировщик заданий — необходимая компонента только для систем с проблемно-ориентированными языками. В его функции входит формирование траектории робота, что решается путем имитации изменения ситуаций. Преобразование ситуации в системе осуществляется путем введения понятия факта. Текущая ситуация описывается множеством фактов. Исходя из истинных фактов на момент обработки инструкции, компилятор строит описание новой ситуации. Обработка инструкций сводится к изменению структуры ситуации (расформирование одного или нескольких фактов или создание нового при обработке инструкций ВЗЯТЬ, ОСВОБОДИТЬ) и обновлению переменных, характеризующих положение робота и деталей. На основании данных о положении робота и матрицы однородных преобразований определяются декартовые координаты и ориентация схвата робота, которые запоминаются в выходном файле планировщика задания.

Адрес для справок: 340055, г. Донецк, ул. Университетская, ДонГУ, кафедра кибернетики и ВТ, телефон 91-92-48.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюм Х., Джакоб В. Языки программирования промышленных роботов // Робототехника. ЭИ.— 10983.— № .— С. 7—16.
2. Горбачев Б. С. Системы и языки программирования промышленных роботов: Обзор.— М.: НИИМАШ, 1984.—56 с.
3. Робототехника и гибкие автоматизированные производства: В 9-ти кн. Кн. 4. Вычислительная техника в робототехнических системах и гибких автоматизированных производствах / Под ред. И. М. Макарова.— М.: Высш. школа, 1986.—144 с.
4. Clliford C., Geschke G. A System for Programming and Controlling Sensor-Based Robot Manipulator // IEEE Transaction on Patern Analysis and Machine Intelligence.—1983.— Vol. PAMI-5.— N. 1.— P. 1—7.
5. IEEE Workshop on Languages for Automation (Amerikana Congress Hotel. 1983).— Chicago, 1983.—375 p.
6. Fakase K., Paul R., Bera E. A Structured Approach to Robot Programming and Teaching // IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics.— 1981.— Vol. SMC-11.— N. 4.— P. 251—288.
7. Fikes R. E., Hart P. E., Nilson N. J. Learning and Executing Generalized Robot Plans // Artificial Intelligence.—1972.— N. 3.— P. 46—47.
8. Grossman D. Robot Software // Mechanical Engeneering.— 1982.— N. 46.— P. 46—47.
9. Lee C. S. G., Gonzalez R. C., Fu X. S. Tutorial on Robotics. London: IEEE Computer Society.—1984.—376 p.
10. Liberman L. I., Weslen M. A. AUTOPASS A Automatic Programming System for Computer Controlled Mechanical Assembly // IBM Journal of Research and development.— 1977.— Vol. 21.— N. 4.— P. 321—333.
11. Luh J. Y. S. An Anatomy of Industrial Robot and Their Controls // IEEE Transaction on Automatic Control.—1983.— Vol. AC-28.— N. 2.— P. 133—153.
12. Proceeding of the 2-nd International Conference on Robot Vision and Control (Stuttgart, 2—4. Nov., 1982).— Stuttgart.—721 p.
13. Proceedings of the 13-th International Symposium on Industrial Robot and Robotics (Chicago — Illinois, 17—21 Apr., 1983).— Chicago.—1983.— Vol. 2.—521 p.
14. Proceeding of International Symposium on Industrial Robot. (Tokyo, Oct.).— Tokyo, 1981.—698 p.
15. Proceedings of International Conference on Robotic (Atlanta — Hilton Hotel, March, 1984).— Chicago, 1984.—613 p.
16. Proceedings of the 5-th International Joint Conference on Artificial Intellegence. (Boston — Massachssets, 1977).— Massachussets.—1972.—753 p.
17. Will P. M., Grossman D. AN Experimental System for Computer Contrrolled Mechanical Assembly // IEEE Transaction on Computeng.—1875.— Vol. C-24.— N. 879.— P. 15—19.

Статья поступила 23 июня 1986 г.

ВНИМАНИЕ

Редакция приносит извинения подписчикам нашего журнала за вынужденную задержку с выпуском первых номеров, вызванную переходом журнала в другое ведомство.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В настоящее время процесс создания и внедрения гибких производственных систем (ГПС) в нашей стране и за рубежом перешел от стадии разработки общих концепций и опытно-показательных производств к стадии реализации гибких производственных модулей, участков и цехов для их промышленной эксплуатации. На этом этапе большое значение приобретает наличие серийно выпускаемых элементов вычислительной техники и оборудования локальных сетей связи, позволяющих сократить сроки создания и повысить надежность эксплуатации ГПС. Требуемое число подобных устройств непрерывно растет.

Формирование требований к электронным устройствам ГПС должно выполняться с учетом опыта их экспериментальной разработки и использования. Публикуемые в этом выпуске журнала материалы об отечественных и зарубежных разработках в области ГПС показывают тенденции развития элементной базы таких систем и дают примеры ее использования в различных областях применения ГПС.

Одним из серьезных препятствий для создания ГПС на уровне цеха или завода является необходимость соединения («интегрирования») в едином комплексе большого числа единиц оборудования, распределенных по пространству и имеющих различающуюся архитектуру и несовместимое программное обеспечение. В связи с этим редакция обращает внимание читателей журнала на публикуемую в этом выпуске статью об американском стандарте MAP и просит прислать свои соображения о целесообразности его применения в отечественных разработках. Этот «стандарт де-факто» (он не имеет официального статуса, но поддерживается многими фирмами, в том числе — и в Европе) предлагает поэтапное аппаратно-программное решение на базе известного семиуровневого протокола обмена для проблемы связи разнородного оборудования в единую систему. Его обсуждение на последних международных конференциях по ГПС показывает, что плата за универсальность в виде требуемых аппаратурных затрат достаточно высока.

Ряд статей этого выпуска посвящен системам технического зрения, бурно развивающимся в направлении средств автоматизации процессов производства и контроля. Основными проблемами здесь являются пути увеличения быстродействия системы и экономии памяти для хранения изображения. В связи с внедрением систем технического зрения для автоматизации операций контроля продукции возникает не затронутая, к сожалению, в статьях этого выпуска проблема метрологического обеспечения подобных систем. Информационные процессы в системах технического зрения являются наиболее трудоемкими для современных ЭВМ,— поэтому именно здесь следует ожидать появления нетрадиционных архитектур СБИС микроэлектроники.

УДК 658.284—681.142

Е. О. Адамов, В. Г. Иванов, М. М. Ляпунов

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ КАПРИ

Гибкие интегрированные машиностроительные системы (ИМС) сочетают функции проектирования, конструирования, подготовки и управления производством, испытания изделий. Для их создания необходим комплекс аппаратных средств (КАС), включающий в себя средства вычислительной техники (ВТ), программного управления (ПУ) технологическим оборудованием и специализированную аппаратуру (СА). Этот комплекс обеспечивает проведение вычислений, хранение информации, организацию диалога с человеком и управление технологическим оборудованием. Несмотря на широкую номенклатуру, серийно выпускаемые средства ВТ и ПУ не обеспечивают необходимой полноты функций. В статье рассматривается опыт применения серийных средств ВТ и ПУ и разработки СА для комплексной системы автоматизации проектирования, разработки и изготовления изделий в опытном производстве (КАПРИ) [1].

Требования к комплексу аппаратных средств

Распределенность. Интегрированность гибкой машиностроительной системы предполагает оснащение диалоговыми средствами значительного числа рабочих мест (десятки и сотни), большой объем банков данных (сотни и тысячи мегабайт), высокую производительность (миллионы операций в секунду) комплекса аппаратных средств. При создании ИМС следует сравнить возможности концентрации вычислительной мощности в одной или нескольких больших ЭВМ и, напротив, распределения этой мощности в большом числе мини- и микроЭВМ.

Автоматизированные рабочие места КАС должны обслуживать конструкторов, технологов, операторов, административно-управленческий персонал и другие категории рабочих и служащих. Обслуживаемые подразделения имеют, как правило, различный режим работы, различное административное подчинение и несут различную ответственность за качество, сохранность и своевременность выработки информации. В этих условиях распределенная структура КАС предпочтительна.

В пользу распределенной структуры свидетельствуют также тенденции быстрого развития микросредств ВТ, необходимость обеспечения живучести системы и ее гибкости в отношении количественного и качественного развития.

Доступность. Аппаратура ИМС должна быть доступной не только для приобретения или изготовления, но и в отношении организации обслуживания и развития программного обеспечения. Для обеспечения доступности в широком смысле аппаратура КАС должна:

базироваться на серийно выпускаемых средствах ВТ и ПУ;

быть надежной, простой в изготовлении и обслуживании;

быть по возможности унифицированной и программно совместимой.

Развиваемость. Высокие темпы развития ВТ и методов программирования приводят к тому, что автоматизированная система становится морально устаревшей сразу же или вскоре после разработки и внедрения. В особенности это касается ИМС, включающей большое число подсистем. Поэтому способность системы к развитию в процессе эксплуатации следует закладывать на начальных этапах ее создания. Требование развиваемости накладывает отпечаток как на выбор серийных средств ВТ, так и на структурные решения в части специализированной аппаратуры и программного обеспечения.

Выбор базовых средств ВТ

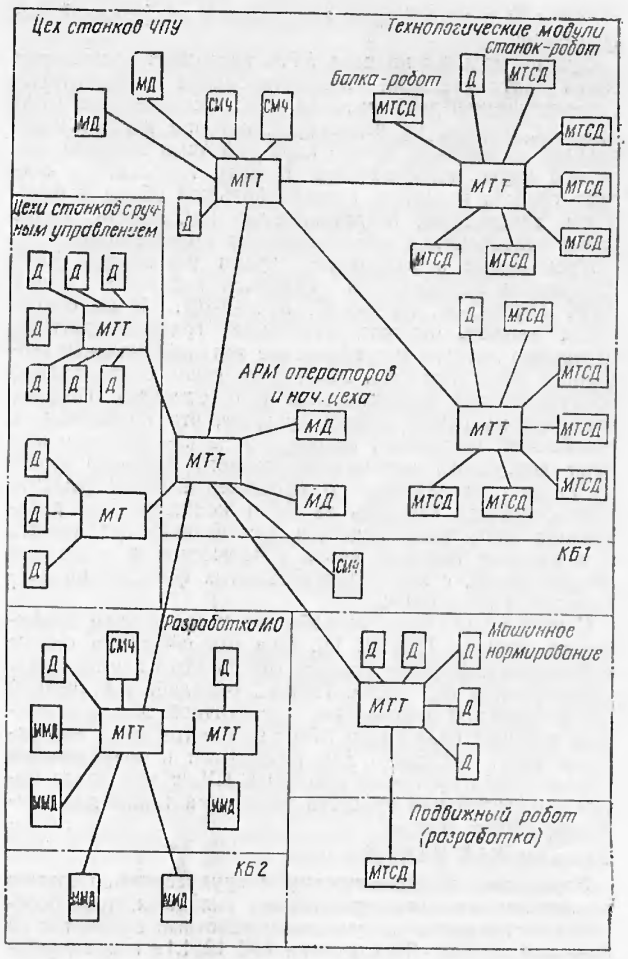
Наиболее полно удовлетворяют перечисленным требованиям мини-ЭВМ, микроЭВМ и средства ПУ, базирующиеся на системе команд PDP-11. Эта система широко распространена. Она привлекательна тем, что представлена как на уровне ЭВМ высокой производительности (мини-ЭВМ СМ4, СМ1420), так и на уровне микроЭВМ. Серийно выпускаются микроЭВМ («Электроника 60», «Электроника МС 1201»), персональные компьютеры (ДВК-2М, БК-0010), микроконтроллеры С5-41 и другие средства ВТ. На этой же системе команд базируется ряд систем программного управления станками. Такая широкая совместимость позволяет унифицировать инструментальные средства для разработки аппаратуры управления, сократить затраты на обслуживание аппаратуры, значительно облегчить разработку программного обеспечения.

В настоящее время в системе КАПРИ эксплуатируются четыре мини-ЭВМ СМ4 (предполагается переход на СМ1420) и около 40 микроЭВМ «Электроника МС 1201.1». Последняя выбрана в качестве базовой для создания средств связи и диалога, а также для управления технологическим оборудованием. Основным диалоговым средством в КАПРИ является алфавитно-цифровой дисплей 15ИЭ-00-013 (в эксплуатируемой системе им оснащено более 40 рабочих мест). К системе подключено 12 станков 16К20Т1 с оперативной системой управления «Электроника НЦ-31», которая хотя и не обладает программной совместимостью с базовыми ЭВМ, но все же построена на том же системном канале обмена информацией. Развитие станочного парка КАПРИ предполагается за счет систем ПУ, программно совместимых с базовыми ЭВМ.

Некоторая часть подсистем КАПРИ функционирует на ЭВМ ЕС1045, что вызвано стремлением использовать ранее разработанные подсистемы планирования и учета, а также емкость дисковой памяти (общим объемом 800М байт).

Локальная сеть

Обмен информацией между компонентами КАС КАПРИ (см. рисунок) ведется через локальную сеть (ЛС), которая состоит из нескольких станций связи (СС), соединенных между собой и с абонентами ЛС. Абонентами ЛС являются мини-ЭВМ СМ4, алфавитно-цифровые дисплеи 15ИЭ-00-013, системы группового диспетчерского управления станками (СГДУ), графические станции ПЕГАС, а также другое оборудование, находящееся на различных стадиях разработки и внедрения. СГДУ осуществляет связь со станками, оснащенными системами управления «Электроника НЦ-31» и загрузочными роботами «Электроника 26».



Фрагмент структуры КАС КАПРИ.

Состав оборудования:
М — микроЭВМ «Электроника МС 1201»; Д — дисплей 15ИЭ-00-013; Т — блок связи «Телекварт»; С — специализированная аппаратура; МТ, МТТ — станции связи и СГДУ; МД, ММД — графические станции ПЕГАС; МТСД — системы управления оборудованием

Все информационные каналы ЛС основаны на последовательной передаче данных по двухпроводным линиям связи («20 мА токовая петля»). Унификация каналов позволила достигнуть высокой степени унификации аппаратуры связи и сравнительно малого ее объема. Показательно, что станции связи и группового диспетчерского управления не отличаются по составу аппаратуры. Обе выполнены на основе микроЭВМ «Электроника МС 1201.1», установленной в крейт «Электроники 60», и двух блоков связи «Телекварт», разработанных в ИАЭ им. И. В. Курчатова. Блок «Телекварт» — это устройство, выполненное с соблюдением требований системного канала микроЭВМ «Электроника 60» и осуществляющее обмен восьмибитовыми байтами по четырем независимым приемопередающим последовательным каналам. Блок выполнен на платах одинарной ширины на основе БИС К1002ХЛ1. Связь СГДУ со станками осуществляется с помощью блоков «Телепульт» [2].

Автоматизированные рабочие места и графические средства ЭВМ

Из четырех мини-ЭВМ СМ4 КАС КАПРИ две работают в составе автоматизированных рабочих мест (АРМ). Каждая из них оснащена устройством преобразования графической информации (УПГИ), графопо-

строителем и устройством кодирования графической информации.

Функциональная полнота АРМ позволила решить ряд задач автоматизации конструирования и подготовки технологической документации. Опыт эксплуатации АРМ проявил, однако, их недостатки, которые делают нереальным обеспечение такого вида рабочими местами широкого круга пользователей. К этим недостаткам следует отнести в первую очередь большой объем и стоимость аппаратуры, недостаточную надежность, малое число одновременно обслуживаемых пользователей.

Проводимые в настоящее время разработки АРМ следующих модификаций являются развитием линии АРМ (АРМ-2-01, АРМ-2-09, АРМ-2-10). В их состав будут входить быстродействующие графопостроители, растровые дисплеи и графические интеллектуальные терминалы типа «Графит». Увеличится число одновременно обслуживаемых пользователей (до четырех). Однако, несмотря на существенный прогресс, эти комплексы, к сожалению, не решают основной задачи — создание широко доступного автоматизированного рабочего места на столе пользователя. В процессе развития КАПРИ предполагается оставить за АРМ коллективного пользования лишь такие функции, как ведение баз данных и получение твердых копий графической и текстовой документации, с переносом остальных функций на персональные микроЭВМ.

С этой целью была разработана персональная графическая станция ПЕГАС [3]. Она выполнена на основе алфавитно-цифрового дисплея 15ИЭ-00-013 и микроЭВМ «Электроника МС 1201». ПЕГАС обладает собственной вычислительной мощностью, достаточной для автономного решения ряда задач ИМС; эксплуатируется как рабочее место технолога для разработки и визуализации управляющих программ станков с ПУ, в том числе путем моделирования процесса резания, а также для конструирования деталей.

Развитие КАС КАПРИ

Управление технологическим оборудованием. Системы управления автоматизированными складами, транспортными системами и загрузочными роботами создаются на базе микроЭВМ «Электроника МС 1201.1» и интерфейсных блоков собственной разработки. Функциональные возможности такого вида систем управления представляются достаточными, а эксплуатационные характеристики — удовлетворительными. Однако с развитием элементной базы может стать целесообразным переход на аппаратные средства большей степени интеграции.

Средства диалога и персональные ЭВМ. Этап разработки на период 1985...1987 гг. требует обеспечения рабочими местами со средствами диалога (в том числе графического) 80...120 конструкторов, технологов и административно-управленческих работников. Большинство абонентов ЛС КАПРИ — алфавитно-цифровые дисплеи, не обладающие собственными вычислительными возможностями. Станции связи ЛС выполняют не только коммуникационные функции, но и обеспечивают первичный диалог, редактирование текстов, подготовку пакетов для запуска прикладных задач на мини-ЭВМ коллективного пользования. С развитием КАС будет продолжен перенос центра тяжести вычислительных процессов на микроЭВМ. Большая часть абонентов-дисплеев должна быть заменена на персональные микроЭВМ. В частности, это будут графические станции ПЕГАС или (что предпочтительнее) серийно выпускаемые средства с аналогичными возможностями.

Банки данных. Необходимый объем информации в банках данных КАПРИ на обозримых этапах развития оценивается значением 6...10Г байт. Серийно выпускаемые сегодня ЭВМ оснащаются устройствами внешней памяти на 1...3 порядка меньшей емкости. Ближе всего по данному параметру стоят ЕС ЭВМ старших моделей. Проводятся работы по подключению к ЛС ЭВМ ЕС1045, одной из целей которых является использование ее накопителей на магнитных дисках для создания банков данных. Однако с точки зрения затрат на приобретение, установку и эксплуатацию может оказаться более приемлемым другой путь: подключение накопителей большой емкости к мини- и микроЭВМ, программное обеспечение (ПО) которых специализировано под управление банками данных. Специализация ПО и перенос вычислительных функций на персональные ЭВМ, связанные с банками через ЛС, создают возможность разгрузить центральные процессоры большой мощности, использование которых монополизируется расчетными задачами большого объема и функциями моделирования.

Телефон для справок: 196-94-05, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система комплексной автоматизации конструирования, проектирования технологии и изготовления изделий в НИИ и КБ / Адамов Е. О., Гнеденко В. Г., Дукарский С. Н. и др. // Станки и инструмент.— 1983.— № 12.— С. 22—24.
2. Ильин Е. П., Ляпунов М. М. Аппаратура дистанционного контроля и управления станками с УЧПУ. // Микропроцессорные средства и системы. См. наст. номер. С. 41.
3. Ляпунов М. М., Беляев Б. И. Персональная графическая станция ПЕГАС // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 3.— С. 43.

Статья поступила 16 сентября 1985 г.

УДК 007.52 : 621.3.049.77.002

М. Н. Кузнецов, Ю. К. Громов, Ю. В. Кумачев, Л. Т. Некрасов, В. А. Плешков

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ И ГИБКИМИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ ЛИНИЯМИ

Эффективное решение задач управления в гибких производственных системах (ГПС) возможно лишь при создании интегрированной многоуровневой системы управления, в состав которой входят автоматические системы управления технологическим оборудованием (АСУТО), гибким производственным модулем (АСУПМ), технологическим процессом (АСУТП), транспортно-складскими системами (АСУТСС), технологической подготовкой производства (АСТПП), предприятием (АСУП), проектными работами (АСУПР), проектированием (САПР), а также системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) [1].

Функции интегрированной системы управления ГПС распределены между отдельными управляющими и вычислительными средствами со своим программным обеспечением, связь между которыми осуществляется системой передачи данных [1—3]. Системы управления первого и второго уровней (управление технологическим оборудованием, производственным модулем, гибкой автоматической линией), решающие большой и сложный комплекс задач управления [4], должны быть построены с учетом следующих основных принципов:

распределение функций управления между отдельными микропроцессорными техническими средствами;

возможность гибкого изменения этих функций;

обеспечение иерархии управления;

организация совместного функционирования технических средств управления с использованием радиальной или магистральной системы передачи данных;

обеспечение единства интерфейсов и протоколов;

стандартизация входных и выходных сигналов устройств связи с объектом (УСО);

обеспечение глубокой диагностики всех технических средств распределенной системы управления и передачи диагностической информации на центральное управляющее устройство или на более высокий уровень управления;

лингвистическое единство — создание специального формализованного языка, обладающего свойствами быстрого и правильного восприятия информации человеком и обеспечивающего безошибочное задание работы техническим средствам управления;

конструктивное единство технических средств распределенной системы управления;

метрологическое обеспечение.

С учетом указанных принципов были разработаны, изготовлены и внедрены в технологическом оборудовании и гибкой автоматической линии комплекс технических средств управления на базе микроЭВМ «Электроника 60М» и «Электроника МС1201.02», блоки управления БУ-3 «Орион-3» и БУ-4 «Орион-4», «Орион-мини», посты управления ПУ-3, ПУ-4 и центральный пост управления ЦП.

Микропроцессорным устройством, позволяющим реализовать большой объем функций управления и построить весьма сложные системы управления, является блок управления **БУ-3 «Орион-3»**, построенный по магистрально-модульному принципу (рис. 1). Магистраль выполнена в соответствии с ГОСТом [5]. В качестве центрального процессора используется микроЭВМ «Электроника 60М» 15ВМ16-007, каркас которой встроен в блок «Орион-3». В каркасе микроЭВМ, кроме центрального процессора (1), размещаются модули постоянного (2) и оперативного (3) запоминающих устройств, устройство управления фотосчитывателем с перфоленты «FS-1501» (4). К магистрали блока управления, являющейся продолжением магистрали МПИ микроЭВМ, подключаются через разъемы устройства связи с объектом УСО: модуль связи МС-5 (7), модули приема (8) и выдачи (9) дискретных сигналов с оптронной развязкой МОО-3 (10), модули приема (11) и выдачи (12) аналоговых сигналов.

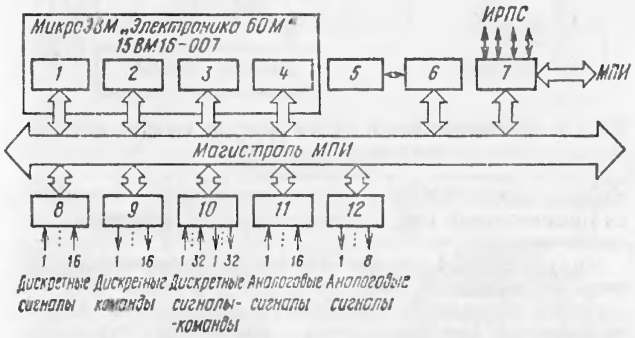


Рис. 1. Структурная схема модульного микропроцессорного блока управления БУ-3 «Орион-3»

Конструктивно модули УСО выполнены в виде функционально законченных устройств, которые размещаются в соответствующих посадочных местах корпуса «Орион-3». Работа в наладочном режиме «Ориона-3» осуществляется с помощью панели управления (5), которая сопрягается с магистралью МПИ через плату управления ПУ-2 (6).

Для построения систем управления технологическим оборудованием, имеющим различное число дискретных и аналоговых датчиков и исполнительных устройств, блоки управления БУ-3 «Орион-3» выпускаются в нескольких вариантах исполнения (см. таблицу).

Функциональные возможности устройства «Орион-3» определяются соответствующим набором модулей приема-выдачи дискретных и аналоговых сигналов и программой управления, размещаемой в ПЗУ, в качестве которого используется плата перепрограммируемого запоминающего устройства «Электроника МС3404.02» с УФ-стиранием информации. Объем ППЗУ 16К шестнадцатиразрядных слов.

Оперативное запоминающее устройство обеспечивает хранение оперативной информации в течение трех суток при отключении питания (за счет питания от аккумуляторов, расположенных в корпусе «Орион-3»). В качестве элементов памяти использованы микросхемы К537РУ2А с организацией 4К×1. Общий объем ОЗУ 4К шестнадцатиразрядных слов.

Линия разрешения прерывания КППР проходит по всем розеткам посадочных мест модулей приема и выдачи сигналов. В случае извлечения или отсутствия какого-либо модуля эта линия проходит на соседнее посадочное место через нормально закрытые контакты реле РЭС-55, расположенного около розетки и получающего питание своей обмотки только при вставленном модуле. Поскольку модуль связи МС-5 и плата управления ПУ-2 являются постоянной частью всех модулей блоков, то их посадочные места реле не имеют.

Блок управления БУ-4 «Орион-4» отличается от БУ-3 «Орион-3» тем, что в нем вместо микроЭВМ «Электроника 60 М» применена одноплатная микроЭВМ «Электроника МС1201.02» и дополнительно введены модули МПА-5 с 6-канальным 14-разрядным аналого-цифровым преобразователем и модуль управления тиристорами МУТ-7. Блок «Орион-мини» содержит в

Характеристики основных вариантов исполнений блока „Орион-3"

Модель	Число дискретных сигналов				Число аналоговых сигналов		Объем ЗУ, слов		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	входных $Д_{вх1}$	$Д_{вх2}$	выходных $Д_{вых1}$	$Д_{вых2}$	входных $А_{вх}$	выходных $А_{вых}$	ОЗУ	РПЗУ		
БУ-3А	—	32		32	16	16				
БУ-3Б	96	—	96	16	32	16				
БУ-3В	96	32	96	—	16	8				
БУ-3Г	32	32	32	16	16	16				
БУ-3Д	—	64	—	48	16	8	8К	8К, 16К	483×580×266	Не более 28,5
БУ-3Е	96	64	96	—	16	8				
БУ-3Ж	160	64	160	—	—	—				
БУ-3И	96	32	96	—	16	16				
БУ-3К	32	32	32	16	16	8				
БУ-3Л	96	32	32	16	16	8				

два раза меньше модулей УСО. Все модули УСО обмениваются с микроЭВМ с помощью стандартных циклов обращения к каналу МПИ [5].

Модуль МОО-3 служит для организации информационной связи микроЭВМ с объектом управления по 32 линиям ввода и 32 линиям вывода дискретных сигналов, гальванически развязанными от канала микроЭВМ. Ввод-вывод информации осуществляется 16-разрядными словами. Все линии ввода-вывода гальванически изолированы друг от друга (рис. 2).

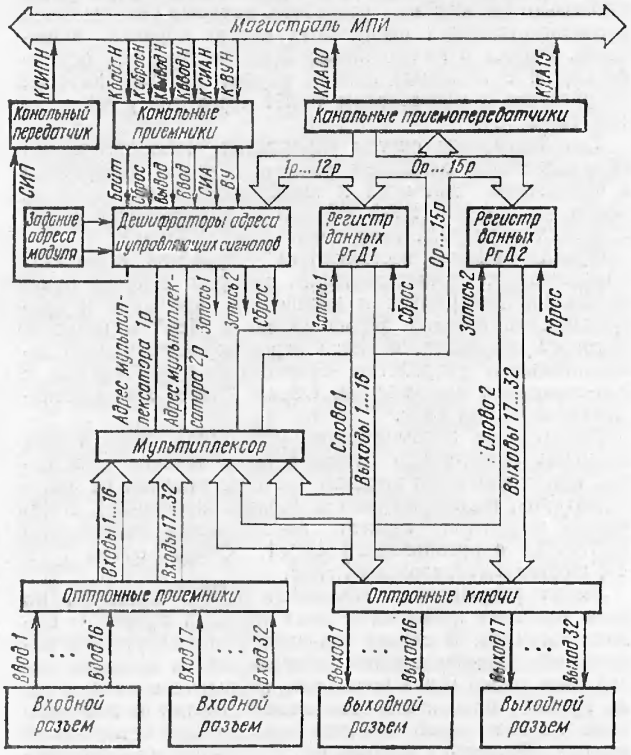


Рис. 2. Функциональная схема модуля обмена оптронного МОО-3

Каждая линия ввода представляет собой приемник на базе оптрона АОТ101АС и имеет по два входа относительно контакта «Общий +»: вход с уровнем 5 В и вход с уровнем 24 В.

Параметры входных сигналов, подаваемых на линии ввода, приведены ниже:

Напряжение «Лог. 1», В	(24±4,8) либо (2,4...5)
Напряжение «Лог. 0», В, не более	3 либо 0,8
Входной ток «Лог. 1», мА, не более	20
Входной ток «Лог. 0», мА, не более	2
Максимальная частота обращения к линиям, кГц, не более	10

Каждая линия вывода данных реализована на базе оптрона АОТ128Б.

Параметры выходных ключей даны ниже.

Максимальный ток нагрузки «Лог. 1» (ключ открыт), мА	30
Максимальное коммутируемое ключом напряжение, В, не более	30
Остаточное напряжение на ключе при токе 25 мА, В, не более	0,4
Максимальный ток нагрузки «Лог. 0» (ключ закрыт), мА	0,1
Максимальная частота переключения при токе 25 мА, кГц, не более	10

Модуль МПД-1 предназначен для ввода в микроЭВМ информации по 32 линиям, причем 16 линий являются инициативными. При этом изменение на каждой линии состояния входных сигналов с «1» на «0» или с «0» на «1» и соответствующей записи разрешения в регистр маски вызывает прерывание программы. Схема оптронного приемника и параметры входных сигналов на каждой линии ввода подобны схеме и параметрам линий ввода модуля МОО-3.

Модуль МВД-1 осуществляет вывод информации из микроЭВМ по 16 линиям (рис. 3). При срабатывании защиты от перегрузки по току на любой линии вывода при соответствующей записи разрешения прерывания в регистр маски модуль обеспечивает прерывание программы микроЭВМ, а в регистр перегрузки записывается позиционный код, соответствующий перегрузке на линии вывода.

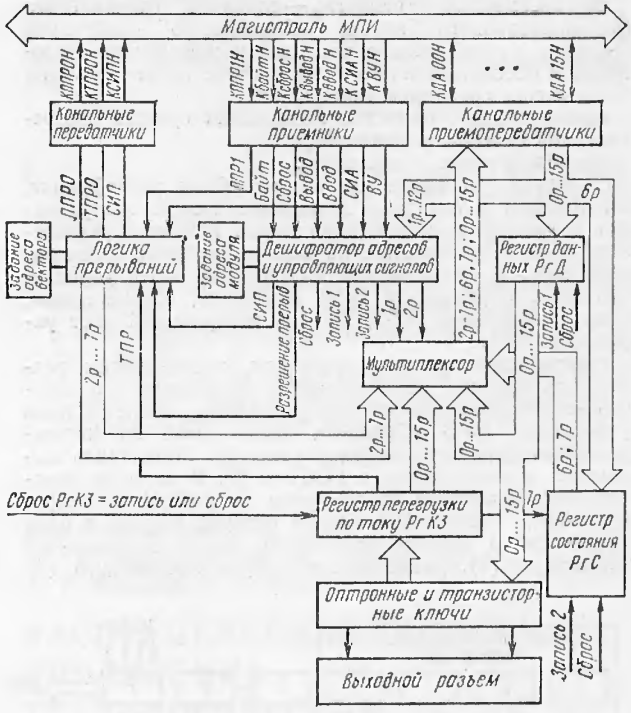


Рис. 3. Функциональная схема модуля выдачи дискретных сигналов МВД-1

Модуль МПА-4 служит для ввода информации объекта управления в микроЭВМ по 16 линиям (рис. 4) сигналов напряжения постоянного тока 0...10 В. Аналого-цифровой преобразователь поразрядного уравновешивания выполнен на базе микросхем КР572ПА2А, КР554СА3А, КР1400708, КР155ИР17.

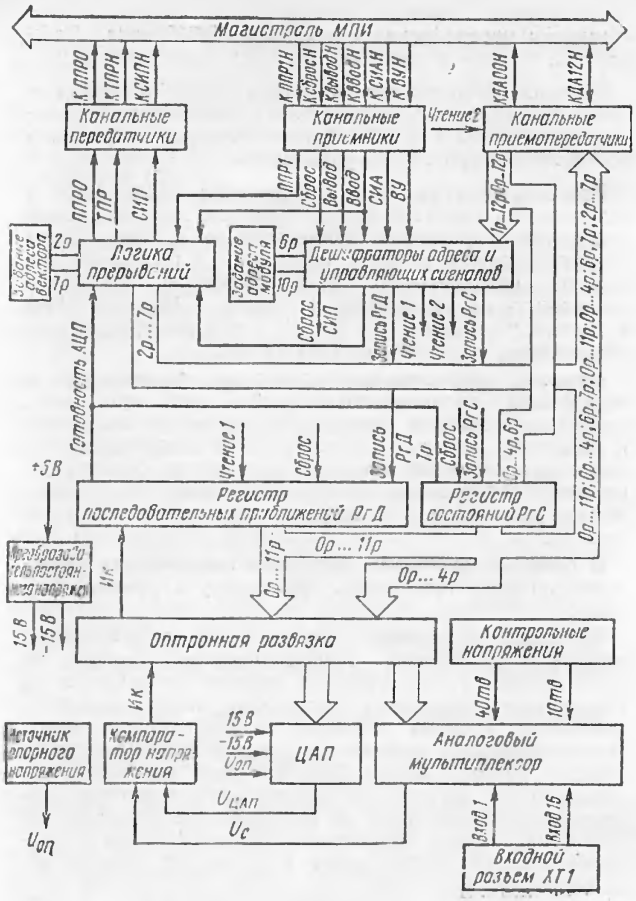
Модуль МПА-4 имеет характеристики:

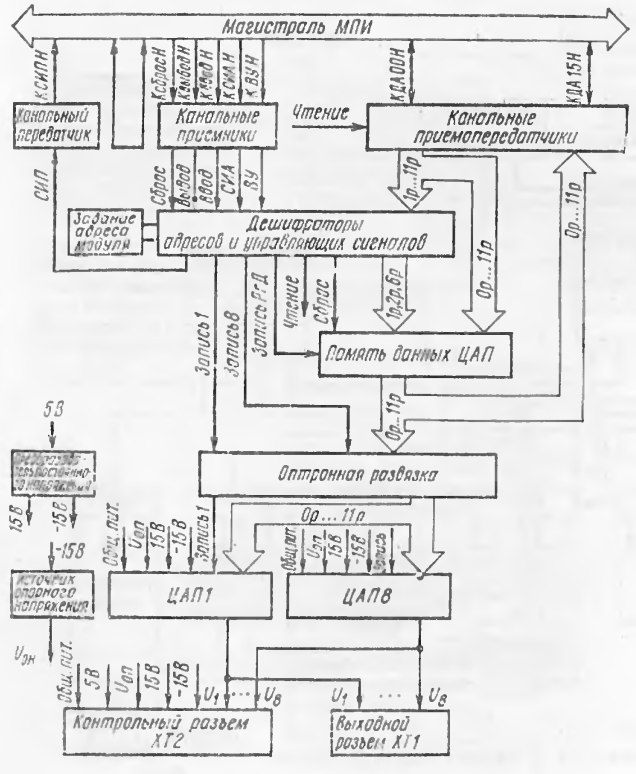
Входное напряжение, В	0...10
Пределы допускаемых значений основной погрешности преобразования, мВ	±5
Входное сопротивление, МОм, не менее	1
Время преобразования, мс, не более	1

После завершения цикла преобразования модуль МПА-4 обеспечивает прерывание программы.

Мультиплексор, кроме каналов подключения к АЦП шестнадцати внешних линий ввода, имеет два внутренних канала для подключения контрольных напряжений, формируемых из опорного напряжения АЦП. Все линии ввода гальванически изолированы от канала ЭВМ с помощью оптронов АОТ101АС.

Модуль МВА-3 обеспечивает вывод информации от микроЭВМ к объекту управления по восьми линиям с помощью сигналов напряжения постоянного тока 0... ...10 В (рис. 5). Модуль состоит из интерфейса с каналом микроЭВМ и восьми 12-разрядных ЦАП (ЦАП1... ...ЦАП8), выполненных на базе микросхем КР572ПА2А, КР140УД08, источника опорного напряжения, использующего в качестве задатчика эталонного напряжения стабилитрон КС191Ф. Каждый ЦАП имеет параметры:





Пределы изменения выходного напряжения, В . . . . . 0...10
Единица младшего разряда, мВ 2,5
Пределы допускаемых значений основной погрешности преобразования, мВ, не более . . . . . ±5
Минимальное сопротивление нагрузки, кОм 1
Максимальная частота обращения к одному ЦАП, кГц 10

Выходные напряжения ЦАП гальванически изолированы от канала микроЭВМ. Это достигается оптронной развязкой по сигналам данных и записи.

Модуль МС-5 осуществляет информационную связь внешних устройств с микроЭВМ по четырем последовательным каналам ИРПС. Второй канал имеет адреса пультового терминала (рис. 6).

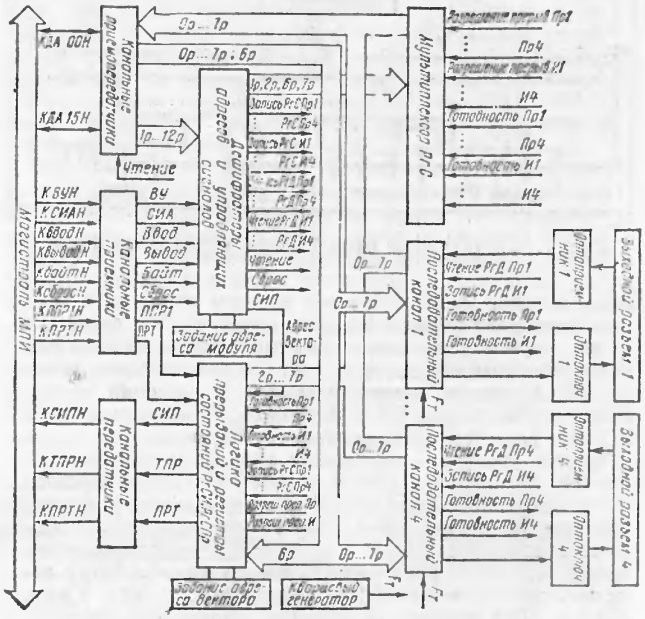


Рис. 6. Функциональная схема модуля связи МС-5

Каждый канал ИРПС реализован на микросхеме К1002ХЛ1 и оптронах АОТ101АС и АОТ128Б. Интерфейс модуля обеспечивает работу каждого последовательного канала с каналом микроЭВМ, а после завершения циклов ввода-вывода данных в каждом из последовательных каналов — прерывание программы. Каждый канал ИРПС имеет следующие характеристики:

Формат передаваемой и принимаемой информации, бит 8
Ток в линии при передаче «Лог. 1», мА . . . . . 15...25
Ток в линии при передаче «Лог. 0», мА, не более 0,1
Скорость вводимой (выводимой) информации, бит/с . . . 9600

Для управления многореакторным технологическим оборудованием на базе БУ-4 «Орион-4» разработан пост управления ПУ-4, состоящий из трех БУ-4 и панелей сигнализации, что позволяет организовать управление по трем независимым каналам.

Объединение микропроцессорных устройств БУ-3 и БУ-4 в единую распределенную систему управления участком или линией осуществляется с помощью поста управления ПУ-3, построенного на основе блока управления БУ-4 с модулями МС-5 и диалогового вычислительного комплекса ДВК-2М. Пост управления ПУ-3 (рис. 7) позволяет организовать связь по каналу ИРПС с числом каналов до 16.

Разработка комплекса устройства управления технологическим оборудованием и передачи данных позво-

Рис. 4. Функциональная схема модуля приема аналоговых сигналов МПА-4

Рис. 5. Функциональная схема модуля выдачи диалоговых сигналов МВА-3

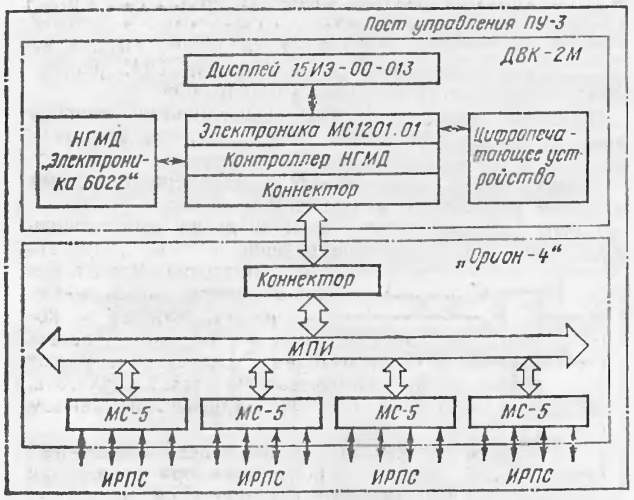


Рис. 7. Структурная схема поста управления ПУ-3

лила создать многоуровневую систему управления гибким производственным модулем (рис. 8). На первом и втором уровнях производится управление технологическим оборудованием, транспортными и накопительными устройствами, манипуляторами. В системах управления используются БУ-3 «Орион-3», БУ-4 «Орион-4», а в более сложном оборудовании — ПУ-4.

Третий уровень — управление гибкой автоматической линией, состоящей в общем случае из технологического оборудования, транспортной и накопительной систем, строится на основе ПУ-3. Программы управления оборудованием, результаты проведения технологических операций, информация о поступивших на обработку изделиях хранятся на гибких магнитных дисках. Связь с БУ-3, БУ-4 и цеховой системой управления производится по каналам ИРПС поста управления ПУ-3. На четвертом уровне используются мини-ЭВМ типа «Электроника 100/25» и центральный пост управления [1].

Высокая гибкость системы управления технологическим оборудованием определяется гибкостью технических средств БУ-3 и БУ-4 и возможностью оперативного изменения программы управления.

Гибкость программного обеспечения заключается в возможности оперативного составления технологической программы управления применительно к конкретному объекту управления. Язык управляющей программы позволяет разрабатывать технологическую программу специалисту по управлению и технологу. Применительно к блокам управления БУ-3 и БУ-4 создано программное обеспечение, состоящее из трех частей:

основной управляющей программы, размещенной в постоянном запоминающем устройстве; программы, предназначенной для привязки управляющей программы к заданному набору модулей БУ-3 и содержащей сведения о конкретных командах и сигналах объекта управления; программы, создаваемой самим пользователем и размещаемой в энергонезависимой оперативной памяти.

В основной программе заложены возможности управления по двум принципам: временно́му и функциональному.

Временно́е управление — последовательное выполнение отдельных фрагментов технологического процесса по циклограмме. Технологический процесс разбивается на совокупность временны́х интервалов, последовательное выполнение которых реализует заданную циклограмму. Последовательное выполнение временны́х интервалов по порядку номеров может быть изменено условными переходами по результатам контрольных процедур (отсутствие подтверждения на срабатывание команды или выход из допуска аналогового сигнала). Цикл управления программы составляет 1 с., отсчет времени ведется по таймеру ЭВМ.

На каждом временно́м интервале могут быть реализованы следующие управляющие функции:

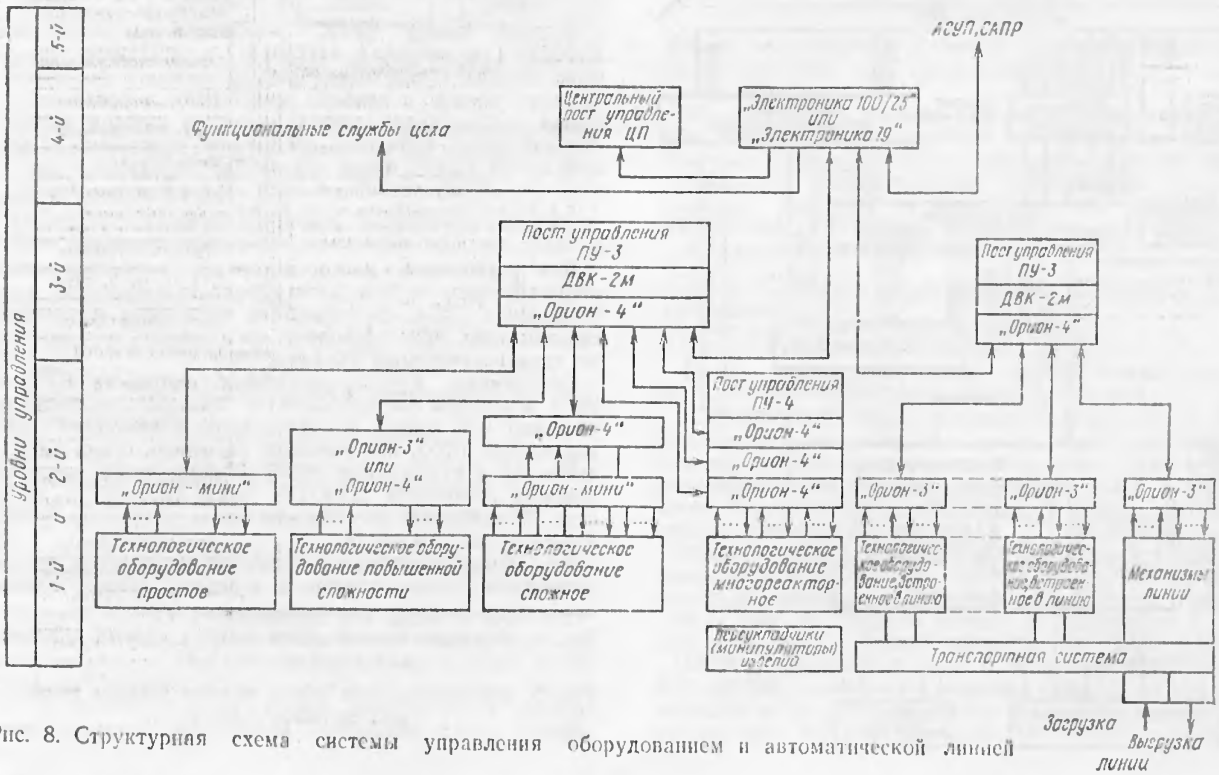


Рис. 8. Структурная схема системы управления оборудованием и автоматической линией

1. Включение определенного набора дискретных команд (до 80) с последующим ежесекундным подтверждением.

2. Выдача заданного числа аналоговых сигналов (также с подтверждением). Каждый сигнал выдается скачком или линейно изменяется в течение интервала.

3. Обеспечение ПИД-регулирования по заданному числу контуров (до 16).

4. Проведение допускового контроля по заданному числу аналоговых сигналов (до 32).

5. Решение «интервального уравнения», которое описывает определенное состояние объекта. По результату его решения происходит заранее запрограммированный переход на любой другой временной интервал или отработка воздействий на данном интервале.

6. Решение «общего уравнения», описывающего общее состояние объекта. Это уравнение начинает решаться сразу после запуска процесса и продолжает решаться в течение последующих интервалов с аналогичными возможностями ветвления.

7. Включение и проверка так называемых дискретных команд с контролем (ДКК). Последние представляют собой пары «дискретная команда-дискретный вход», которые формируются пользователем на стадии привязки. В начале интервала на объект выдается дискретная команда ДКК и через заданное время происходит опрос дискретного входа ДКК, по которому должно придти подтверждение с объекта о включении того или иного устройства. Если подтверждение отсутствует, программа может передать управление на любой заданный интервал.

8. Организация циклов из любой последовательности временных интервалов.

Функциональное управление. Технологический процесс представляется совокупностью логических уравнений, каждое из которых описывает определенное состояние объекта. Система уравнений решается каждую секунду. По результатам решения формируется набор управляющих воздействий. К управляющим воздействиям относятся включение-выключение дискретных команд и запуск заданных последовательностей временных интервалов. Временные интервалы используются в данном случае для создания временных задержек, выдачи на объект аналоговых сигналов, проведения ПИД-регулирования, проведения допускового контроля.

В качестве языка общения используется система иерархических указателей, построенная по принципу меню. Программа позволяет «листать» указатели и экстренно вызывать любой указатель. Примерная система указателей представлена на рис. 9.

Программирование сводится к вводу системы уравнений при функциональном управлении или вводу временных интервалов при временном управлении. Вход в режим программирования осуществляется через меню. При этом на экран выводятся таблицы, каждая из которых связана с одним из возможных управляющих воздействий на заданном интервале. Все сигналы имеют мнемоническую запись. Пользователю остается указать, какие из сигналов должны быть включены на данном интервале.

Управляющая программа обеспечивает наладочный режим, который удобно использовать при проведении наладочных и экспериментальных работ на технологическом оборудовании. В этом случае программа позволяет выдавать на объект заданные дискретные и аналоговые сигналы, используя мнемонические таблицы сигналов.

По ходу выполнения технологического процесса программа накапливает диагностическую информацию о нарушениях этого процесса. Эта информация выводится на экран по требованию обслуживающего персонала. Программа запоминает номер интервала, время, когда произошло нарушение и причину нарушения.

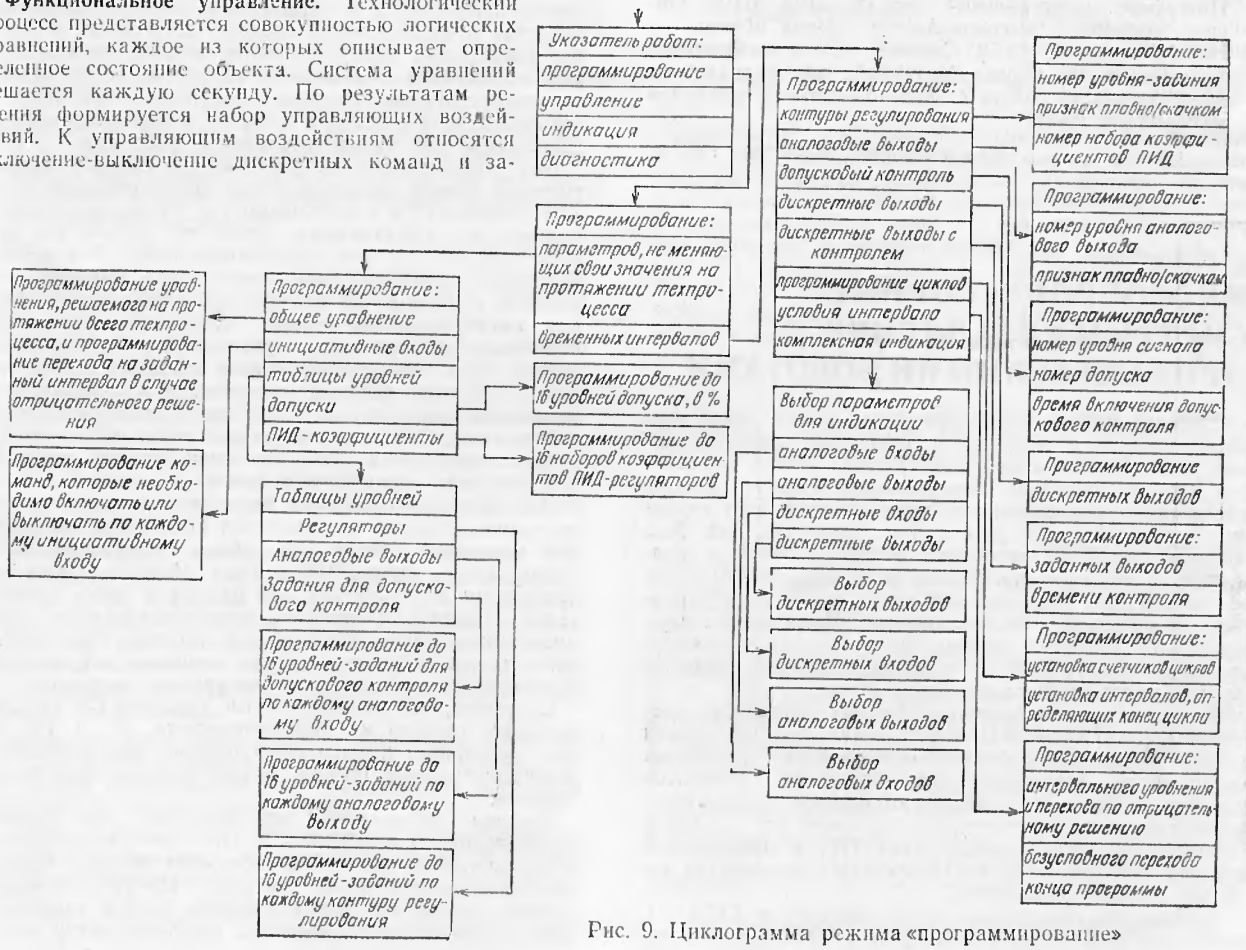


Рис. 9. Циклограмма режима «программирование»

Самодиагностика обеспечивает контроль функционирования при включении питания. Проверяются ПЗУ, процессор, модули БУ-3, ОЗУ (включая энергонезависимое ОЗУ) с введенной в него технологической программой. Технологическая программа проверяется также при смене временных интервалов.

На основе созданных технических средств управления разработаны и внедрены в производство как отдельные единицы технологического оборудования, так и автоматические линии.

Телефон для справок: 535-25-14, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савин А. И., Кузнецов М. Н., Уксусов А. С., Целыпин А. Н. Структура системы управления ГАП // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 4.— С. 62—65.
2. Программное обеспечение коммуникационных процессоров в распределенных вычислительных комплексах / С. В. Волков, М. В. Дудкин, А. Н. Казьмин и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 6.— С. 30—34.
3. Егоров В. А., Коротков В. А. Принципы построения интегрированной системы управления ГПС//Электронная промышленность.—1985.—№ 4—5.— С. 10—13.
4. Кузнецов М. Н., Мухин Б. С., Плешаков В. А. Функции микропроцессорных систем управления специальным технологическим оборудованием // Электронная техника, сер. 7.—1983, вып. 1 (116).— С. 9—11.
5. ГОСТ 26.765.51-86. Системы электронных модулей. Интерфейс магистральный параллельный МПИ. Общие требования к совокупности правил обмена.
6. НМ МПК по ВТ 10-78. Системы малых электронных вычислительных машин. Интерфейс для радиального подключения устройств с последовательной передачей информации ИРПС.

Статья поступила 15 января 1987 г.

УДК 621.865.8—503.57 : 681.5

В. С. Горбачев

МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

Создание гибких производственных систем стало возможно только с появлением надежных, малогабаритных, экономичных и программируемых систем управления производственным оборудованием. Первые системы управления промышленными роботами (СУ ПР) строились на релейных и логических элементах, на базе микропрограммных автоматов и имели очень ограниченные арифметико-логические возможности, средства ввода-вывода и единственный метод подготовки управляющих программ — метод обучения. Интеграция производства потребовала расширения функций и возможностей СУ ПР, что привело к замене микропроцессорами элементов жесткой управляющей логики.

В предлагаемом обзоре зарубежных разработок рассматриваются наблюдаемые тенденции при построении систем управления роботами, оснащаемыми средствами очувствления, адаптации с использованием элементов искусственного интеллекта и автономных методов программирования.

Важнейшим компонентом таких ПР, в значительной степени определяющим их гибкость и совершенство, является система управления.

Специальные исследования, проведенные в США [1], позволили сделать вывод, что уже к 1990 г. все системы управления ПР будут работать под управлением вычислительной и микропроцессорной техники. В табл. 1 приведены прогнозы использования вычислительной техники в системах управления роботов.

Таблица 1

Вычислительные средства в системах управления ПР (в %)

Тип вычислителя в системе управления ПР	Год		
	1983	1990	1995
МикроЭВМ	49	56	59
Мини-ЭМВ	21	23	23
Спецвычислители	1	6	6
Программируемый контроллер	28	15	12
Системы без ЭВМ	1	0	0

Требуемое быстродействие вычислительных средств в СУ ПР определяется большим числом функций и задач, которые возложены на систему управления. К ним относятся: расчет, управление и контроль движений робота и технологического оборудования, обработка и опрос датчиков очувствления и адаптации, синхронизация с работой оборудования производственного модуля, тестирование технических средств, связь с управлением верхнего уровня и т. п.

В настоящее время, несмотря на значительный прогресс элементной базы, снижение энергоемкости, повышение тактовой частоты микропроцессорных элементов, наблюдается потребность в дальнейшем повышении быстродействия вычислительных средств, встроенных в системы управления, ввиду большого объема обрабатываемой информации и сложности решаемых задач. Наиболее рациональным способом повышения эффективного быстродействия считается создание распределенных многопроцессорных систем управления роботами.

При управлении манипуляторами с простой кинематической схемой (декартовой или цилиндрической системой координат) и с небольшим (до 5) числом степеней подвижности управляющее устройство робота, как правило, строится на базе одной микроЭВМ. Она должна выполнять арифметические операции над 16-разрядными словами с аппаратной реализацией умножения и деления, иметь развитые каналы ввода-вывода и систему обработки приоритетных прерываний. Набор команд должен быть достаточно широк и предусматривать различные режимы адресации; необходимо использование различных типов памяти: ПЗУ для хранения операционной системы, ОЗУ для отладочных работ, ОЗУ с сохранением информации при отключении питания для рабочих программ управления роботом.

Для хранения библиотек рабочих программ (систем программирования) используются накопители на кассетной магнитной ленте или гибком магнитном диске. Кроме этого, микроЭВМ должна обладать развитыми средствами ввода-вывода для работы с цифро-аналоговыми и аналого-цифровыми преобразователями, иметь достаточное число каналов для подачи управляющих сигналов на робототехнический комплекс и приема информации со всевозможных дискретных датчиков.

Считается, что вычислительные средства СУ ПР лучше всего строить на МОП-структурах [1, 2], так как они устойчивы к производственным электрическим и электромагнитным шумам, имеют меньшее потребление энергии.

Сегодня наблюдаются две тенденции при создании центральной микроЭВМ СУ ПР. Это использование 16-разрядных микроЭВМ и построение специализированных микропроцессорных средств. Из табл. 2 можно сделать вывод, что для построения систем управления фирмы-изготовители применяют широкий спектр микро-

Таблица 2

Использование вычислительных средств в СУ ПР

Тип системы управления	Фирма (страна)	Тип вычислительных средств	Средства программирования	Дополнительная информация
Intelledex 605	США	8086, 8087	Язык Robot-Basic	—
VAL-II	Unimation (США)	LSI 6502×2	Язык VAL-II	Манипулятор PUMA
SSR-H	Suwa Seikosha (Япония)	Epson HX-200 (ОЗУ-32К байт)	Обучение	—
Farot	Fujitsu (Япония)	Z-80	Обучение	—
MCS-6	Westinghouse (США)	8086	—	—
IRS-600	KUKA (ФРГ)	K 1520	Обучение	Точечная сварка
IDRA-12	SEDA (Италия)	SEDA ULP-12 (16-разрядный)	Обучение	Манипулятор Trallia
ASEA S1 (S2)	ASEA (Швеция)	LSI-11/23	Автономное программирование	IR8-6, IR8-60
RS-1C, RS-3	ЧССР	SM50/40-1 (МНВ 8080)	Обучение	—
IRI	International Robomation Intelligence (США)	MC 68000	Специальный язык, язык Паскаль, Фортран	—
YEWBOT	Япония	MC 68000, MC 6800×7, 8088	Язык YB-Basic	Сборка

процессорной техники. В СУ ПР чаще всего используются микропроцессоры MC 68000, Intel 8086; реже Z 8000 и 9900. Однако следует отметить, что все фирмы борются за завоевание рынка в области промышленной гибкой автоматизации.

Другое направление, связанное с созданием специализированных заказных микропроцессоров, позволяет существенно повысить эффективность систем управления, снизить массо-габаритные характеристики.

Фирма IBM разработала модульную 16-разрядную микроЭВМ Series I с прямой адресацией к 256К байтам и возможностью расширения до 16М байт [2]. Набор команд позволяет оперировать битами, байтами, словами, двойными и учетверенными словами, причем предусмотрено использование 11 методов адресации. В состав 211 команд включены умножение и деление, сравнение чисел с плавающей точкой, программирование ввода-вывода.

Предусмотрено подключение до 256 внешних устройств ввода-вывода, таких как: дисплей, накопители на ленте и диске, принтеры, датчики и т. д. В микроЭВМ реализован гибкий механизм обработки прерываний. Выделено три группы прерываний: обнаруживаемые центральным процессором и связанные с правильностью выполнения функции ЦП; программные прерывания; прерывания ввода-вывода.

Описанная микроЭВМ была использована в системе управления интегрального робототехнического комплекса [14] для исследования работы адаптивных роботов и автономного программирования ПР.

Специализированный 8-разрядный микропроцессор КМОП-структуры (рис. 1), ориентированный на задачи управления оборудованием, и в частности на использование в качестве центрального управляющего устройства для многопроцессорных систем управления промышленными роботами, создан фирмой Motorolla (США) [9]. Этот микропроцессор напоминает однокристальную микроЭВМ. Значительно расширены средства ввода-вывода информации, которые объединены в пять 8-разрядных портов, один (B) из которых отводится под адресацию к внешней памяти или устройствам, второй (C) мультиплексируется для адресов и данных. Третий порт (D) позволяет организовать два последовательных канала: с дуплексным асинхронным вводом-выводом и программируемой скоростью передачи; последовательный ввод-вывод, причем протокол обмена определяется пользователем.

Следующий порт (A) процессора связан с таймером устройства, содержащим 16-разрядный счетчик, схемы предварительной установки, схемы деления частоты и

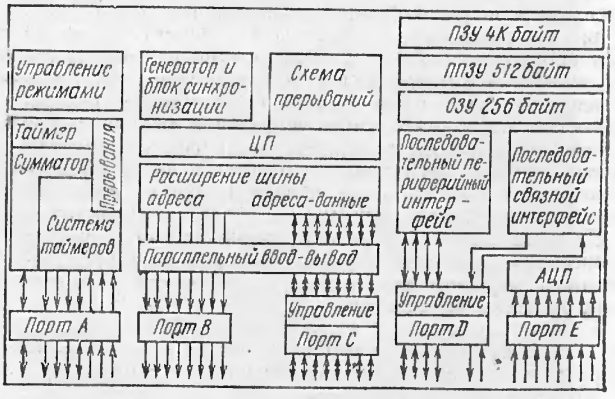


Рис. 1. Структура микропроцессора MC 68HC 11

периодических прерываний, а также ждущий таймер и сумматор импульсов. Эти элементы позволяют реализовывать разнообразные таймерные функции системы, работающей в реальном масштабе времени.

Пятый порт (E) соединен с 8-разрядным мультиплексным аналого-цифровым преобразователем и 16-канальным мультиплексором, которые обеспечивают достаточную точность преобразований.

Система прерываний связана с внутренними источниками, определяющими правильность функционирования центрального процессора (по питанию, заземлению, от генератора тактовых импульсов и т. п.), и с сигналами портов ввода-вывода.

По сравнению с серийным микропроцессором фирмы Motorolla, в МС 68HC 11 введен дополнительный 16-разрядный индексный регистр, позволяющий совместно с расширенной группой команд (17 инструкций) осуществлять эффективную обработку данных.

Описанный микропроцессор был использован в многопроцессорной системе управления подвижным двуруким роботом [13].

Следует также отметить, что многие разработчики СУ ПР ориентируются в качестве центрального вычислительного устройства на микроЭВМ LSI-11/23 фирмы DEC, которая по системе команд аналогична микроЭВМ «Электроника 60», но имеет расширенный объем памяти и большее быстродействие.

Как показали оценки [1], приведенные в табл. 3, относительно простые модели ПР уступят место более сложным 6-степенным манипуляторам с шарнирной кинематической схемой.

Таблица 3

Тенденции изменения сложности манипуляторов ПР (в %)

Особенности манипулятора	Год		
	1983	1990	1995
Четыре и менее СП	35	27	24
Пять СП	31	30	28
Шесть СП	34	41	45
Семь СП	0	2	3
Многорукие	2	10	20

Каждый пятый робот будет иметь две руки или более. Скорости их работы в следующем десятилетии увеличатся в 2...10 раз, в то время как погрешности позиционирования будут уменьшены приблизительно до трети наблюдаемых у современных роботов [2].

При увеличении числа степеней подвижности (СП), переходе к шарнирной кинематической структуре манипулятора, повышении точности и скорости движений для управления роботом требуется использовать не одну, а несколько микроЭВМ. Повышение адаптивных возможностей промышленных роботов связано с необходимостью использования для управления информации от систем технического зрения, датчиков сил и моментов, дальномеров и других средств очувствления. Это обстоятельство также приводит к необходимости использования многопроцессорных систем управления роботами.

Из всего сказанного можно утверждать, что одной из важнейших тенденций в развитии управления промышленными роботами является переход к многопроцессорным системам управления.

В таких случаях, как правило, главный, центральный процессор осуществляет общее управление всей системой, внешними связями, обеспечивает программирование и обучение робота. Кроме этого, выделяется специальный процессор для вычислений различных тригонометрических и математических функций, преобразования координат и расчета траектории с заданными методами интерполяции. На нижнем уровне используются процессоры приводов, которые осуществляют управление движением каждого отдельного двигателя. Наблюдается тенденция наделять нижний уровень все большими «интеллектуальными» способностями, возлагать на него сложные, многопараметрические оптимизационные задачи динамического управления приводом, осуществлять адаптивное управление на исполнительном уровне, решать задачи тестирования и контроля в реальном масштабе времени.

Для обработки сенсорной информации в систему управления, как правило, включают специализированный процессор или даже несколько процессоров, так как для иерархической системы и сенсорная система робота должна иметь иерархическую структуру. На нижних уровнях она передает простейшие виды информации, на более высоких, где планируются действия робота, требуется более сложная информация описания отдельных объектов и внешней среды в целом. Так, например, система технического зрения на нижний уровень должна передавать лишь данные о расстоянии между объектами, а для верхнего уровня управления осуществлять идентификацию объекта, выделение поверхностей, ребер и т. п.

В общем случае для промышленных роботов выделяются интерфейсы: исполнительной системы робота, служащий для приема информации от датчиков обратной связи и выдачи управляющих сигналов на приводы отдельных степеней подвижности; «оператора», обеспечивающий взаимодействие человека с СУ и, как правило, предусматривающий два терминальных устройства (пульт управления с дисплеем и клавиатурой и выносной пульт обучения); ввода-вывода, предназначенный для связи с внешней производственной средой (контакты выключателей, реле, датчики безопасности и т. п.); средств адаптации и очувствления.

Описание промышленных многопроцессорных СУПР

В настоящее время чаще всего используются две архитектуры организации мультипроцессорных устройств управления промышленными роботами. Одна представляет собой иерархическую структуру, приведенную на рис. 2.

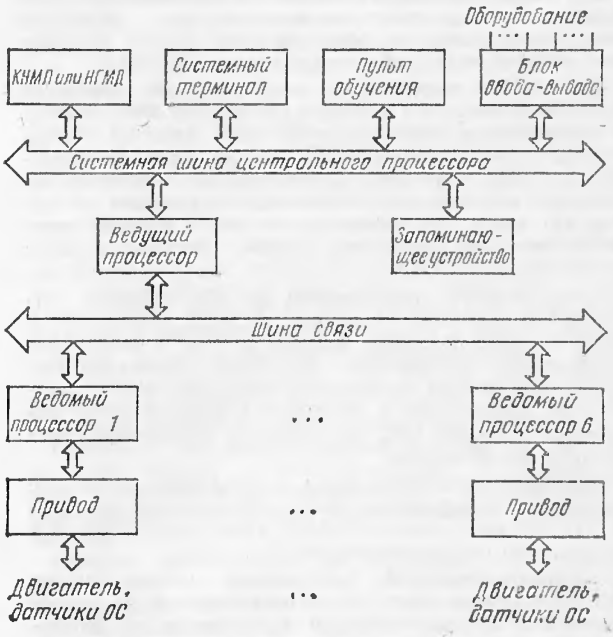


Рис. 2. Обобщенная структура многопроцессорных иерархических устройств управления ПР

УДК 681.3.06+681.322.1

ДИАЛОГОВАЯ СИСТЕМА СБОРА И СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

В. А. Лабунов, Ю. Е. Макушок, В. П. Пархутик, В. И. Шершульский

Значительная часть создаваемого программного обеспечения (ПО) либо переносится с больших ЭВМ, либо адаптируется с существующих зарубежных аналогов. При этом теряется соответствие реальным аппаратным средствам, отсутствует характерное для персональных компьютеров (ПК) удобство использования, социальная направленность программного обеспечения не всегда приемлема. Кажущаяся простота заимствования программных средств оборачивается утратой инициативы и снижением квалификации научно-технических кадров, отставанием в развитии отечественных информационных ресурсов [1].

Необходима разработка ПО серийных советских ПК для решения ряда актуальных задач, в первую очередь сбора и статистического анализа данных. На кафедре «Микроэлектроника» Минского радиотехнического института разработаны интерпретатор языка управления «электронным» экспериментом ЭЛЕКС и интерактивная система статистического анализа данных СТАРТ, предназначенные для управления научным и технологическим оборудованием, сбора, обработки и графического представления данных в различных областях науки (физика, химия, биология, социология и др.), медицине и экономике, на производстве. ЭЛЕКС и СТАРТ не уступают известным зарубежным разработкам [2] при использовании существенно меньших аппаратных ресурсов.

Объем системы — 50К байт, язык реализации — Бейсик и Фокал, минимальные требования к аппаратуре: ОЗУ — 16К байт, телевизор, магнитофон.

Интерпретатор языка управления экспериментом «ЭЛЕКС-86»

Традиционный подход при построении локальных управляющих систем на базе мини- и микроЭВМ основан на использовании программ, написанных на одном из стандартных языков высокого уровня (Паскаль, Бейсик, Си) либо на Ассемблере. Усложнение системы управления приводит к тому, что ее гибкость и спектр возможностей ограничены сложностью и «не наглядностью» ПО. Область приложения таких систем ограничена измерительными и управляющими комплексами с фиксированным набором методик.

Существует широкий круг тестирующих, измерительных и управляющих систем, требующих оперативной адаптации ПО для решения текущих задач как в процессе отладки, так и в период эксплуатации. Для данного класса систем оптимально — создать языковые средства, адекватно и наглядно описывающие объект управления и формирование программ на специализированном языке. Это позволяет упростить разработку, отладку и адаптацию программ, а также привлечь к разработке практического ПО инженеров, технологов и исследователей, владеющих нюансами управляемого процесса, но не являющихся специалистами в области средств сопряжения микроЭВМ и системного программирования.

Использование ПК, имеющих стандартные средства объединения в локальную сеть и оснащенных специализированными языковыми средствами, позволяет разработчику расчленить сложную систему управления на функционально законченные части и отказаться от жесткой стандартизации сигналов и протоколов обмена нижнего уровня (КАМАК и др.).

Интерпретатор ЭЛЕКС-86 предназначен для управления в реальном масштабе времени производственными и технологическими установками ограниченной степени сложности. Программа эксперимента или технологического процесса, написанная на языке ЭЛЕКС,— это последовательность команд, наглядно описывающих элементарные действия, происходящие в объекте управления (например, «включить ток», «переключить образец», «измерить напряжение» и т. д.). Пользователь может

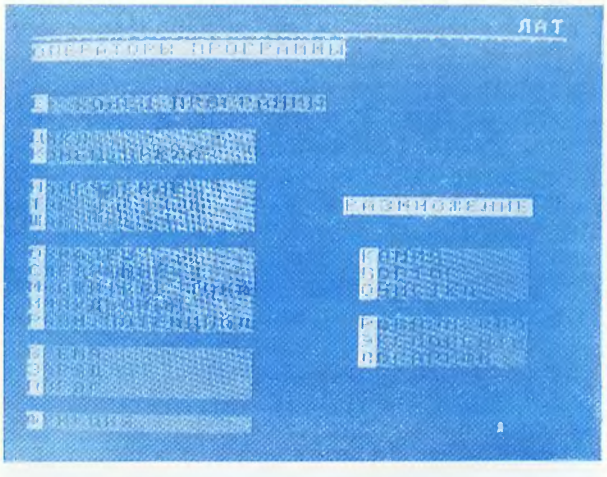


Рис. 1. Операторы программы управления электрохимическими процессами



Рис. 2. Главное меню системы управления электрохимическими процессами

легко изменить количество и содержание операторов и функций. На кафедре «Микроэлектроника» МРТИ применяется версия интерпретатора, ориентированная на управление электрохимическими технологическими и экспериментальными процессами (рис. 1).

Отличительная особенность интерпретатора — возможность одновременного создания и последовательного выполнения серии однотипных программ, различающихся некоторыми параметрами, что позволяет организовать групповую обработку изделий или образцов. Ввод серии программ организован в форме визикалка. Помимо «физических» объектов, ЭЛЕКС управляет программными блоками (в частности, эмулирующими различные устройства).

Программные средства интерпретатора позволяют пользователю применять не только стандартные интерфейсы (ИРПР, ИРПС и др.), но и разрабатывать свои с произвольной логикой обмена. Все коэффициенты, характеризующие аппаратную часть системы, хранятся в файле «Корректор» (формируется сопряженной программой калибровки системы). Это обеспечивает максимальную аппаратную независимость интерпретатора и позволяет калибровать тракты измерительных и управляющих систем программно.

Программы на языке ЭЛЕКС-86 можно хранить на магнитной ленте. Формат выходных данных совпадает с форматом интерактивной системы статистического анализа СТАРТ. Это позволяет оперативно обрабатывать данные, не выходя за рамки системы управления.

Режим работы интерпретатора выбирается из главного меню (рис. 2).

Перед началом исполнения программа (на языке ЭЛЕКС) компилируется в промежуточный код. При этом определяются максимальные значения задаваемых режимов, пределы, на которых должна работать установка, коды, выдаваемые на ЦАП с учетом аппаратурных коэффициентов, вычисляются интервалы времени, значения порогов и т. д. Определяется также общее число измерений (с учетом вложенных циклов) и масштаб осей на графике.

При выполнении программы на экране монитора отображаются параметры исследуемого процесса, время, номер измерения, состояние установки. Текущая экспериментальная кривая выводится точками, а по окончании процесса обводится сплошной линий (рис. 3).

Впоследствии можно однозначно восстановить ход экспериментального процесса (это позволяет отказаться от традиционного «бумажного» способа документирования экспериментов и исключает искажение данных).



Рис. 3. Экспериментальные кривые на экране монитора

Диалоговая система статистического анализа и графического представления данных СТАРТ-85

Анализ использования существующих пакетов статистической обработки [3, 4] показывает, что повышение производительности ЭВМ и изощренности алгоритмов не увеличивает эффективности использования средств статистического анализа. При традиционном подходе отрыв процесса обработки информации от большинства специалистов на производстве или в научном учреждении, ограниченность средств представления результатов приводит к низкой оперативности, искажениям, неизбежным в традиционной многозвенной системе сбора, хранения и учета данных.

Эти недостатки можно устранить, приблизив средства статистической обработки на базе ПК к каждому специалисту, кардинально изменив характер его общения с современными техническими средствами управления, сбора и анализа данных. Современная система статистического анализа данных должна сочетать функциональную полноту с доступностью, простотой и наглядностью использова-

ния, иметь широкие возможности по сбору и хранению информации. Интерактивная модульная и расширяемая система статистического анализа СТАРТ-85 удовлетворяет основным требованиям. Все этапы обработки отображаются в графической форме. Расчет коэффициентов статистических распределений, масштабирование, построение графиков и другие вспомогательные действия производятся полностью автоматически. СТАРТ-85 может работать автономно (на отдельном ПК) и в локальной сети, обмениваясь данными с системами управления на базе интерпретатора ЭЛЕКС.

Система СТАРТ-85 построена по модульному принципу. Модуль **«База данных и графический редактор GRAD»** предназначен для хранения и обработки наборов экспериментальных данных и справочно-учетной информации к ним. Допускает ввод и исключение, слияние и коррекцию наборов данных, сглаживание, дифференцирование и интегрирование, экранное редактирование графической информации (рис. 4).



Рис. 4. Автоматически построенный график данных по электрохимическому анодированию кремния и врезка, иллюстрирующая природу процесса (выполнена в интерактивном режиме)

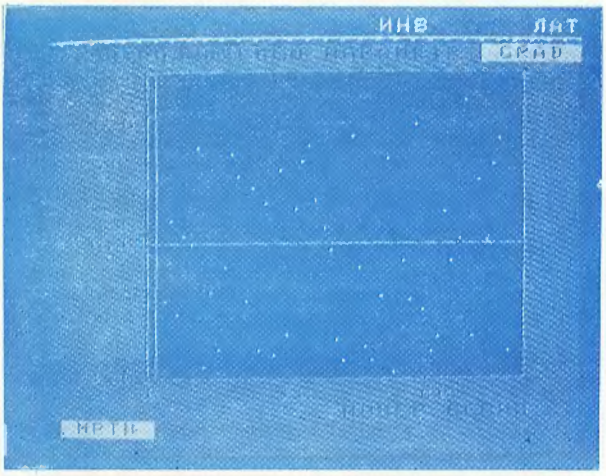


Рис. 5. Зависимость контролируемого параметра от номера партии

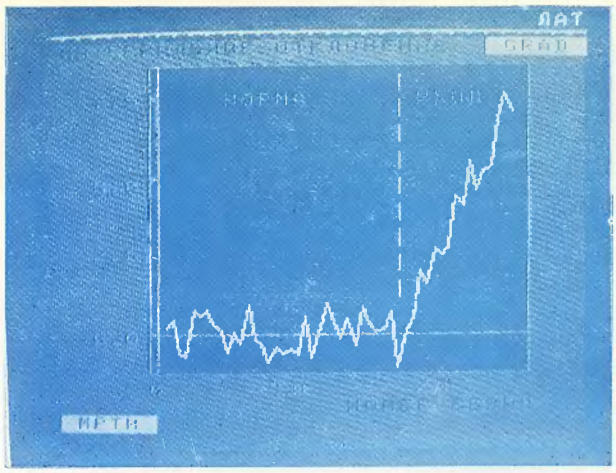


Рис. 6. График интегрального отклонения контролируемого параметра

Рис. 5 и 6 — пример технологического применения системы СТАРТ. Анализируя непосредственно данные по зависимости контролируемого параметра от номера партии (см. рис. 5), невозможно обнаружить его систематический уход. В то же время излом на графике интегрального отклонения (см. рис. 6), вычисленного в GRAD, делает очевидным появление систематического отклонения параметра от среднего. Это важно для служб госприемки.

Модуль **«Дескриптивный анализ DESC»** предназначен для графического отображения и гистографирования многомерных числовых последовательностей, построения точечных и интервальных оценок параметров их распределения, вычисления статистических коэффициентов, построения гистограмм случайной величины (рис. 7).

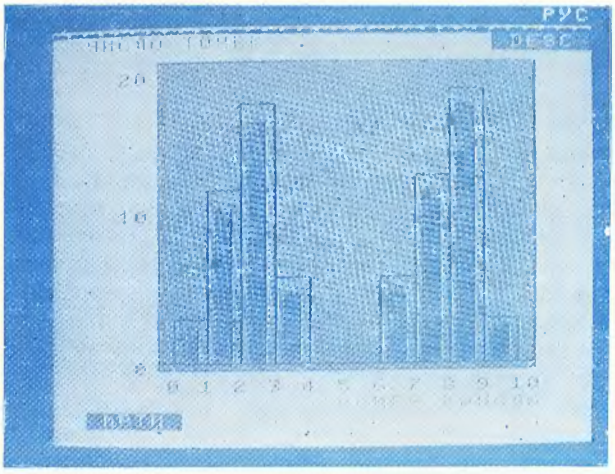


Рис. 7. Гистограммы случайной величины

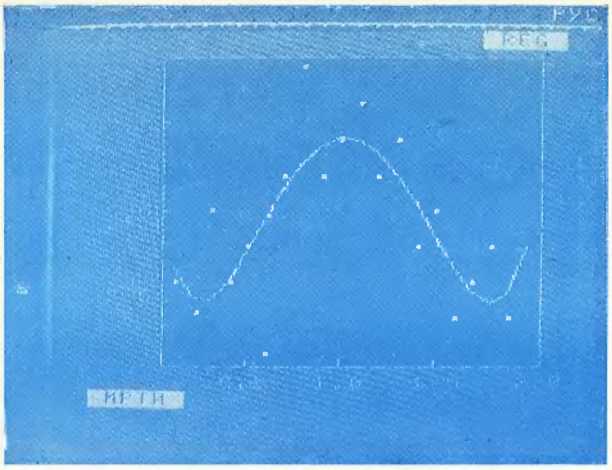


Рис. 8. Полиномиальная аппроксимация экспериментальных данных

Модуль **«Регрессионный анализ REG»** позволяет определить коэффициенты многомерной полиномиальной модели методом наименьших квадратов, выявить и отбросить статистически незначимые члены модели, оценить адекватность и работоспособность модели. Модуль REG проводит полиномиальную аппроксимацию (до 7 порядка включительно) экспериментальных данных (рис. 8).

Модуль **«Статистическое прогнозирование PROG»** позволяет аппроксимировать временно́й ряд одной из стандартных функций роста (линейной, экспоненциальной, Перла-Рида и др.), экстраполировать полученную модель, оценить точность аппроксимации и построить коридор прогноза.

Модуль **«Проверка статистических гипотез HYP»** позволяет сформулировать и проверить значимость гипотез о параметрах случайной величины. Типичное приложение — выявление отличий и сравнение достоинств двух технологических процессов.

Модуль «Планирование эксперимента **PLAN»** предназначен определять оптимальный объем выборок для статистического эксперимента по проверке гипотез и интервальному оцениванию параметров распределений с заданной точностью.

Модуль **«Фурье-анализ FUR»** в диалоговом режиме выявляет периодические закономерности и корреляции во временных рядах, возникающие при конструировании радиотехнических устройств, исследовании биологических процессов, изучении социально-экономических систем. Обработка методами Фурье-анализа улучшает соотношение сигнал/шум и позволяет получить дополнительную информацию о природе и структурных особенностях изучаемых явлений. В подсистеме FUR реализовано быстрое преобразование Фурье, свертка и амплитудно-фазовая фильтрация.

Модуль **«Драйвер графического ввода-вывода PICT»** предназначен для ввода и вывода произвольной графической информации с применением устройств, специально не предназначенных для этих целей (двухкоординатный самописец, кульман и т. д.). Модуль можно использовать для ввода в ЭВМ экспериментальных данных, чертежей, цветных и полутоновых иллюстраций при создании баз графических данных, систем автоматизации проектирования или обработки эксперимента.

Модуль **«Визикалк VIS» позволяет создавать** и редактировать в диалоговом режиме большие массивы таблично-организованной информации, предусматривает арифметические и логические операции со строками и столбцами таблицы, реализующие элементы статистической обработки и реляционного поиска данных. Данные можно вводить-выводить на внешние устройства (магнитофон) в специальном формате, облегчающем их дальнейший анализ.

На кафедре «Микроэлектроника» Минского радиотехнического института практическое использование возможностей системы СТАРТ и интерпретатора ЭЛЕКС положено в основу обучения студентов специальности 0609 и повышения квалификации специалистов электронной техники в области управления экспериментом, статистического анализа и планирования.

Описываемые средства значительно (в 2—4 раза) повысили эффективность труда ученых и инженеров-технологов при анализе результатов исследований по сравнению с традиционной методикой обработки данных на ЕС ЭВМ.

Применение описанных программ позволяет получить существенный экономический эффект от повышения оперативности и достоверности анализа производственной (что важно для госприемки) и научной информации, внедрения современных методов контроля, планирования и управления.

Разработанные программные средства по желанию заказчика могут быть адаптированы к решению конкретных задач и предоставлены ему в рамках договора на передачу научно-технических достижений со всей необходимой документацией.

Адрес для справок и запросов: 220069, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, Минский радиотехнический институт, кафедра «Микроэлектроника». Тел. 39-89-26.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации. М.: Наука, 1984.— 237 с.
2. Филдс С. У. Статистический анализ как предмет учебной программы // Электроника.— 1983.— № 7.— С. 10—12.
3. Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика, 1985.— 487 с.
4. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ с использованием ЭВМ.— М.: Мир, 1982.— 488 с.

Статья поступила 18 ноября 1986 г.

Взаимодействие ЭВМ реализуется по принципу «ведущий — ведомый». Ведущий имеет высший приоритет и может приостановить работу ведомого в определенные моменты времени. Ведомые микроЭВМ реализуют задачи сбора и обработки информации, регулирования и управления степенями подвижности с заданными временными параметрами.

Главный процессор выполняет задачи общего управления, связи, обработки данных, планирования движений, преобразования координат, интерполяции в декартовом пространстве, расшифровки команд, в то время как подчиненные процессоры отвечают за выполнение задач управления движением отдельных степеней подвижности, учета динамических особенностей приводов, за обработку сигналов от датчиков обратной связи, реализацию режимов разгона-торможения и т. п.

Центральная системная шина служит для обмена данными между ведущим процессором и внешними функциональными узлами. Местные шины обеспечивают параллельную работу своих процессоров. Добавлением модулей в данную структуру можно обеспечить большую универсальность системы управления.

Иной подход к реализации мультипроцессорной системы управления представлен на рис. 3. Система управления базируется на нескольких микроЭВМ, связанных общей шиной. Связь дополнительных модулей между собой обеспечивается через общую память, не осуществляющую проверку помещаемой в нее информации. Ни одна из используемых микроЭВМ не связывается с другой непосредственно. Это означает, что в общей памяти содержатся ячейки, присвоенные каждому элементу векторов ввода-вывода каждого модуля иерархии. Запись в любую ячейку памяти может производиться только одним вычислительным модулем, чтение данных из ячейки — всеми модулями.

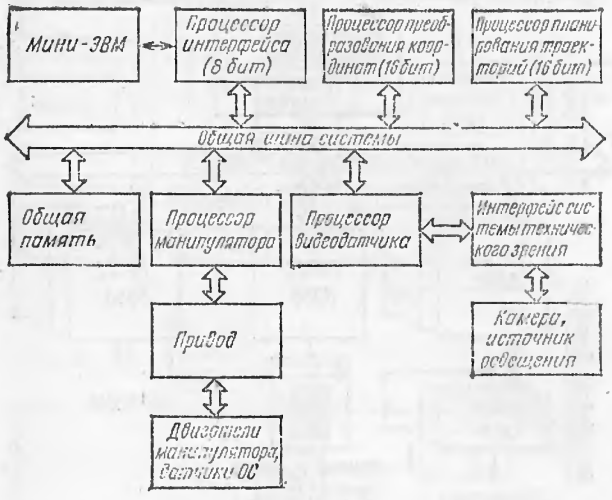


Рис. 3. Многопроцессорная система управления ПР с общей шиной

Работа данной системы строится следующим образом. Время разделяется на интервалы (например, длительностью 28 мс). В начале каждого временно́го интервала вычислительный модуль читает определенный набор входных значений из соответствующих ячеек в общей памяти. Вслед за этим вычисляется множество выходных значений, которые записываются в общую память до истечения 28 мс интервала времени. Любые логические модули, которым требуется более 28 мс на выполнение указанных операций, ожидают следующего синхронизирующего импульса и выводят данные в течение времени записи следующего интервала. Вслед за этим процесс повторяется. Ни один из модулей не использует прерывания. Система связи, построенная на общей памяти, не проводящей проверку вводимых данных (типа «почтовый ящик»), имеет ряд преимуществ и недостатков. Один из недостатков заключается в том, что для передачи данных от одного модуля к другому следует выполнить два перемещения данных. Однако это компенсируется простотой протокола связи. Поскольку модули не связываются друг с другом непосредственно, отпадает необходимость в выполнении процедур по установлению связи. В течение каждого интервала в 28 мс все модули осуществляют чтение из общей памяти и лишь затем получают возможность записывать в нее данные.

Использование передачи данных через общую память обозначает, что добавление любого нового процессора требует лишь определения области этого процессора в общей памяти. Эта информация требуется только модулю, который генерирует данные (чтобы он «знал», куда они должны быть записаны), и модулям, читающим данные (чтобы они «знали», где искать). Никакие другие модули «не знают» и «не реагируют» на местонахождение новых рассматриваемых данных. Таким образом, появляется возможность легко добавлять микроЭВМ, перемещать логические модули из одной микроЭВМ в другую, добавлять новые функции и вводить новые системы датчиков, что будет оказывать лишь незначительное влияние на систему или не будет влиять на нее вообще. Если шина имеет неиспользованные мощности, конфигурация физической структуры системы может быть изменена, причем не потребуется изменения программного обеспечения, находящегося в модулях, не участвующих непосредственно в изменении конфигурации.

Общая память всегда содержит легко получаемую карту текущего состояния системы, дает возможность наблюдать процесс выполнения задачи. Контроль переменных в конце каждого цикла до подачи команды следующего цикла позволяет последовательно решать задачу и наблюдать работу в каждом состоянии.

Близкая по архитектуре, но отличная от рассмотренной многопроцессорная система приведена на рис. 4 [4].

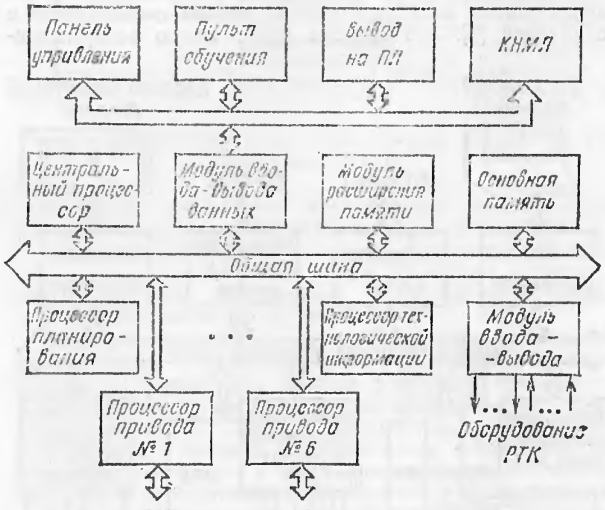


Рис. 4. Многопроцессорная система управления ПР с общей памятью

В блоке центрального процессора заложены функции инициализации, управления прерываниями, управление шиной, переключение рабочих режимов, обработка ошибок и диагностики в реальном масштабе времени. В этом же блоке реализуется общее управление в соответствии с программой пользователя.

Модуль ввода-вывода обеспечивает интерфейсы подключения периферийных устройств системы.

Процессор планирования вырабатывает параметры управления и оптимизации траектории, позволяет рассчитывать точное и грубое позиционирование, управление скоростью, преобразовывать координаты, осуществлять различные виды интерполяции.

Процессор обработки технологической информации обеспечивает анализ информации о состоянии оборудования робототехнического комплекса (РТК), контроль необходимых параметров и режимов работы сварочного оборудования и т. п.

Все модули системы ориентированы на выполнение строго определенных функций, выполняемых независимо друг от друга. Рациональное распределение функций, правильное распараллеливание всех задач управления позволяют максимально использовать общую шину, не приводя к конфликтным ситуациям.

Таким образом, при многопроцессорном управлении роботами можно выделить системы с центральным управляющим процессором и общей памятью. Недостатком первого способа организации управления является то, что обмен информацией возможен только через центральный процессор или с его разрешения. При увеличении числа модулей и объемов информации обмена возникают очереди и конфликтные ситуации, ухудшающие характеристики режима реального времени. Недостаток второго способа — необходимость двойной передачи данных при обмене информацией между модулями через общую память. Однако в случае работы одного из процессоров в режиме реального времени такой способ передачи данных упрощает требования к синхронизации процессов другого процессора.

Рассмотрим подробнее имеющиеся в настоящее время многопроцессорные системы управления различных типов роботов.

Многопроцессорные системы управления промышленными роботами YEWBOT

Система управления робота YEWBOT ориентирована на такие задачи, как сборка, контроль, наладка с использованием широкого спектра данных очувствления и адаптации [3]. Эта система имеет явную распределенную архитектуру, отличается высокой универсальностью, расширяемостью и гибкостью. При проектировании был реализован принцип модульности, позволяющий рассматривать отдельные ресурсы как подсистемы. На рис. 5 приведена архитектура устройства управления роботом.

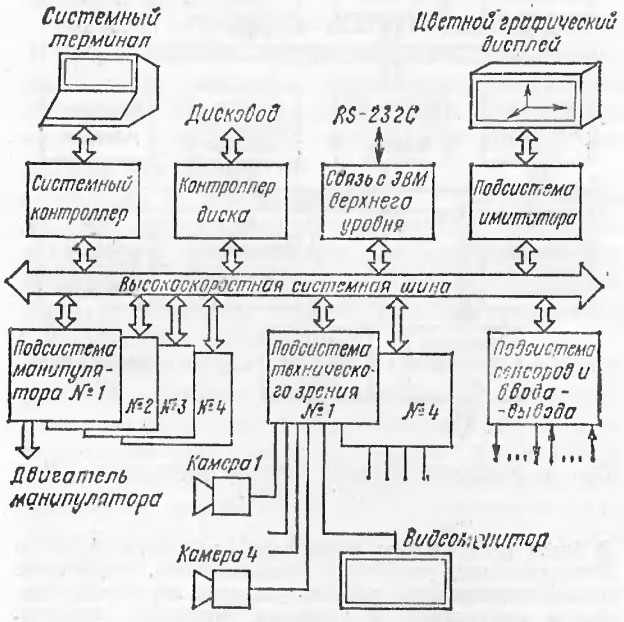


Рис. 5. Архитектура распределенной системы управления роботом

Системный контроллер построен на основе 16-разрядного микропроцессора MC 68000 с достаточной оперативной памятью; он определяет режимы связи с контроллером диска и ЭВМ верхнего уровня. Программа пользователя, написанная на специальном языке высокого уровня, преобразуется в команды для подсистем, которые и обеспечивают реализацию требуемых функций.

Каждая подсистема работает асинхронно, используя распределенную общую память, доступную для всех подсистем.

Подсистема управления манипулятором (рис. 6) состоит из одного подчиненного микропроцессора MC 68000 и до 16 локальных контроллеров на базе микропроцессора Intel 8088. Подчиненный микропроцессор обеспечивает связь с системным контроллером, вычисление законов движений манипулятора, координацию взаимодействий в рамках подсистем. Планирование траекторий осуществляется программно-аппаратными методами с линейной и круговой интерполяцией. На контроллеры приводов каждые 32 мс подаются значения приращений обобщенных координат, которые отслеживаются при отработке с интервалом 1 мс. Все контроллеры имеют соответствующие встроенные средства тестирования и самодиагностики. Всего предусмотрено подключение четырех одновременно работающих подсистем управления манипуляторами.

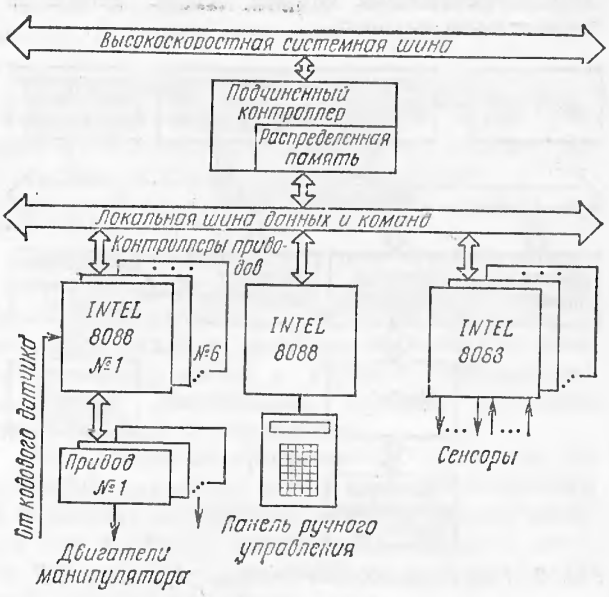


Рис. 6. Архитектура подсистемы управления манипулятором

Подсистема технического зрения построена также на основе микропроцессора MC 68000 и допускает подключение до четырех телевизионных камер и одного видеомонитора. При анализе изображения выделяется более 60 характеристик, которые обрабатываются за 300... ...800 мс, в зависимости от сложности объекта распознавания.

Подсистема сенсоров и ввода-вывода обеспечивает подключение различных типов датчиков, а также выдачу и прием сигналов от оборудования гибкого производства. Подсистема осуществляет предварительный анализ и логическую обработку поступающей информации,

Подсистема имитатора служит для автономной отладки управляющих программ. С ее помощью оператор на экране цветного графического дисплея может контролировать и отлаживать программы, меняя изображение на экране каждые 0,5 с.

Для работы с системой была создана специальная многозадачная операционная система реального времени и высокоуровневый язык YB-BASIC, имеющий более 150 инструкций для управления подсистемами, позволяющий описывать параллельные действия, обработку особых ситуаций и работу с системами координат.

Требования повышенной ремонтоспособности, надежности и компактности системы управления привели разработчиков к идее создания однолатных мультипроцессорных устройств управления многоцелевыми роботами [5]. Такой подход снижает общую стоимость робота, но увеличиваст затраты на ее проектирование. Среднее время ремонта процессорного блока снижается до минут. На рис. 7 приведена структура 8-процессорного вычислительного блока одноплатной системы управления роботом. Шесть 8-разрядных микропроцессорных модулей, реализованных на основе микросхемы МС 6800, управляют шестью двигателями манипулятора. В этот же модуль входят аналого-цифровой преобразователь, датчики давления и обратной связи системы движений. Каждый микропроцессор обеспечивает независимое друг от друга управление степенями подвижности манипулятора. Вся система управляется 16-разрядным микропроцессором МС 68000 в реальном масштабе времени. Предусмотрен специальный 8-разрядный процессор безопасности, который контролирует работу главного процессора и может принимать информацию от датчиков безопасности, установленных в производственной зоне.

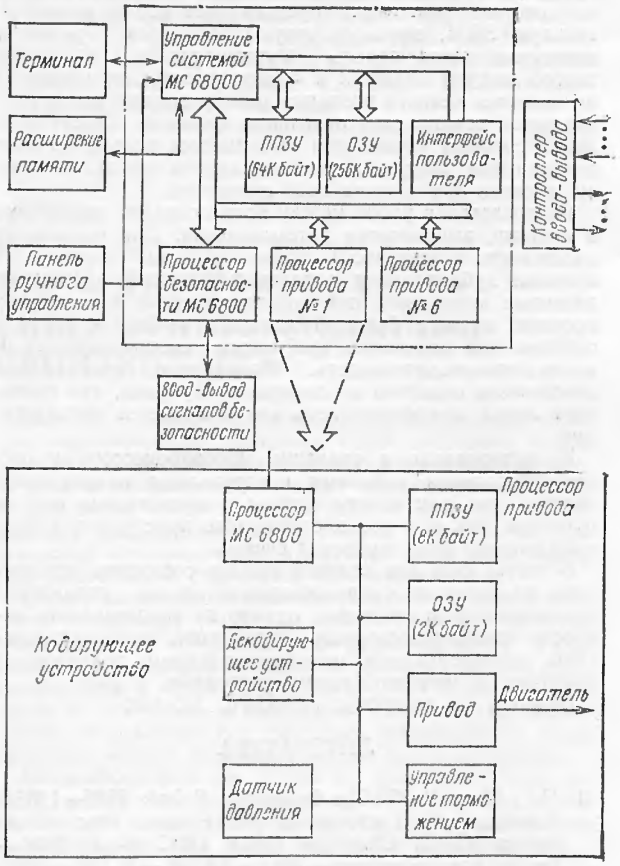


Рис. 7. Одноплатная мультипроцессорная система управления роботом

Связь всех процессоров обеспечивается одиннадцатью системными шинами, и для реализации всех соединений микросхем на одной печатной плате потребовалось шесть слоев, которые проектировались с помощью ЭВМ. Обмен информацией между микропроцессорами организуется через специальные регистры, имеющиеся в процессорах приводов с учетом флагов (симофоров), с использованием приоритетных векторных прерываний.

Для работы с системой создан специальный язык команд, все программное обеспечение разбито на блоки, разработана мультипроцессорная операционная система.

Одним из первых серийных многопроцессорных устройств управления была система VAL, созданная фирмой Unimation (США) в 1978 г., для управления антропоморфным манипулятором типа PUMA. Система отличалась высокими эксплуатационными характеристиками и развитым программным обеспечением с языком автономного программирования. Дальнейшее совершенствование этого устройства управления привело к разработке системы VAL-II (рис. 8).

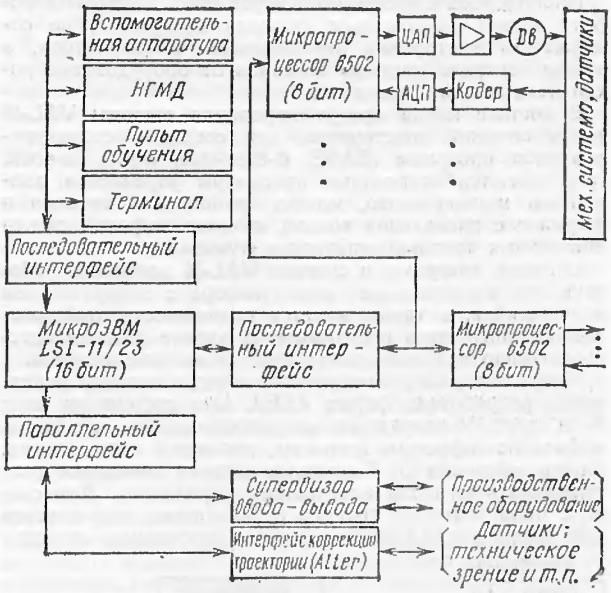


Рис. 8. Архитектура аппаратных средств устройства управления VAL-II

В системе специальная двухзадачная операционная система хранится в ПЗУ (64К байт), а ОЗУ (64К байт) с резервным батарейным питанием отводится под программы пользователя. Накопитель на гибких магнитных дисках (НГМД) обеспечивает двухстороннюю запись информации емкостью до 1М байт.

Интерфейс коррекции траектории Alter (модификатор) построен на базе стандартного интерфейса RS-232C и предусматривает два режима коррекции траектории: в базовой системе координат; в системе координат схвата (инструмента). Первая система координат всегда фиксирована и связана с неподвижным основанием манипулятора, вторая — в каждый момент времени ориентирована в соответствии с положением рабочего органа.

Чтобы скорректировать движения робота в соответствии с текущим состоянием внешней среды и объектов манипулирования в реальном масштабе времени, пользователь должен подсоединить датчики адаптации к интерфейсу Alter. Последний каждые 28 мс передает в микроЭВМ данные о позиционном смещении по трем декартовым координатам в зависимости от выбранного режима работы. Этот интерфейс существенно упрощает сопряжения УУ с программируемыми датчиками (техническое зрение, силомоментные преобразователи и т. п.).

Система VAL-II может осуществлять обмен информацией с ЭВМ верхнего уровня, используя протокол передачи цифровых сообщений фирмы DEC для сетей связи. Физически связь осуществляется через последовательный интерфейс RS-232C с пропускной способностью 9600 бод. Протокол обеспечивает все необходимые процедуры контроля ошибок и автоматической повторной передачи. Частью заголовка каждого посылаемого сообщения являются номера текущего и последующего правильно принятого сообщений, причем в конце информации заголовка передается 2 байта контрольной суммы. При неправильной контрольной сумме сообщение автоматически повторяется.

В операционной системе VAL-II используется режим разделения времени с периодом 28 мс. Примерно половина цикла выделяется на планирование и расчет траектории манипулятора, остальная часть делится между интерфейсами: терминала, ЭВМ высокого уровня, коррекции траекторий, операции контроля и управления приводами.

Параллельно с программой управления движением робота может выполняться фоновая программа, не содержащая инструкций перемещения манипулятора, а также контроль внешних сигналов от оборудования робототехнического комплекса.

В составе языка программирования системы VAL-II предусмотрены конструкции для создания структурированных программ (CASE, if-then-else, while, do-until, for), имеются встроенные процедуры управления движением манипулятора, можно работать с числами в формате с плавающей точкой, имеется широкий спектр встроенных тригонометрических функций.

Отладка программ в системе VAL-II позволяет работать при выключенном манипуляторе с обнаружением всех ошибок, а также имеется возможность отображения каждого шага программы на экране дисплея непосредственно при исполнении программы пользователя.

Новую модульную многопроцессорную систему управления разработала фирма ASEA. Она состоит из двух 8- и двух 16-разрядных микропроцессоров, снабжена алфавитно-цифровым дисплеем, рукояткой управления, блоком обучения [6]. Сенсорные датчики позволяют реализовывать функции адаптивного управления. Для связи с оборудованием гибкого производства используется 100 линий ввода-вывода, имеются встроенные средства

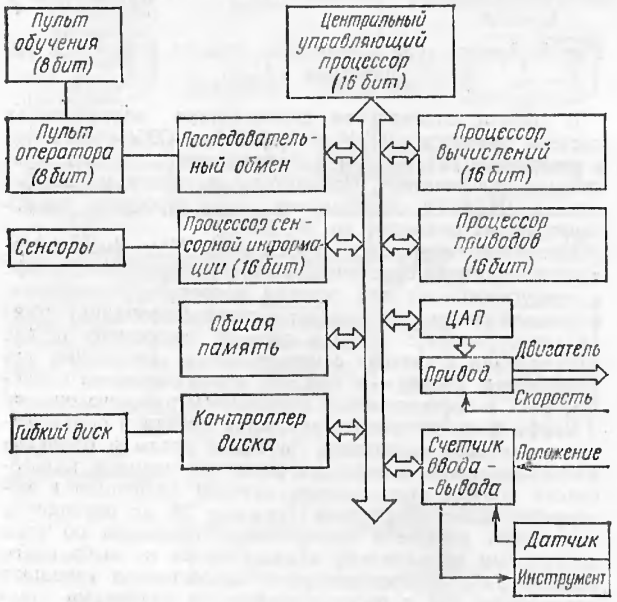


Рис. 9. Архитектура устройства управления сборочным роботом

тестирования каждого микропроцессора, предусмотрено подключение к каждому блоку диагностического модуля, позволяющего быстро обнаруживать неисправность и заменять неисправный блок.

Основные функции управления реализуются 16-разрядными микропроцессорами MC 68000, причем одна определена как основная и ведущая, другая — как ведомая и используется для управления приводами.

Устройство управления сборочным роботом на основе мультипроцессорной вычислительной системы создала фирма Hitachi [7]. Оно допускает перестройку конфигурации в соответствии с особенностями кинематической схемы манипулятора и спецификой выполняемых задач. Архитектура системы приведена на рис. 9. Центральный процессор управляет всей системой, внешними линиями связи, обеспечивает программирование и обучение робота. Процессор вычислений выполняет преобразование координат, интерполяцию и другие расчеты. Процессор приводов управляет движениями робота.

Организация параллельного решения задач поддерживается мультипроцессорной операционной системой с передачей данных между процессорами через общую память системы. Все вычисления по преобразованию координат и интерполяции выполняются в реальном масштабе времени, причем предусмотрена генерация траекторий параболического типа между опорными точками с постоянной скоростью. При использовании видеодатчика коррекция траектории может осуществляться с периодом до 20 мс.

Другой подход к построению систем управления роботами и другим оборудованием гибкого производства предложен фирмой Texas Instrument (США) [8]. Он основан на создании функциональных модулей, каждый из которых фактически представляет собой самостоятельную ЭВМ, взаимодействующую через некоторую коммутационную панель. Функциональным свойством такого модуля является и «однородность», при которой не делается четкого различия между аппаратной и программной реализацией отдельных функций. Конструирование системы управления выполняется только на базе стандартных модулей, обеспечивающих простоту взаимодействия при минимальной стоимости.

Распределение работ между процессорами, входящими в систему, выполняется автоматически. Для повышения надежности и живучести системы в целом используется принцип дублирования отдельных функций, обеспечены развитые механизмы помехозащищенности и самодиагностики, имеется большой диапазон выбора структуры системы для получения требуемого соотношения стоимость / производительность. Прикладное программное обеспечение отделено от системных функций, что позволяет легко модифицировать его в процессе эксплуатации.

Проектирование и создание многопроцессорных систем управления роботами представляют практический интерес, так как многие фирмы и организации как за рубежом, так и у нас в стране уже приступили к промышленному выпуску таких систем.

В статье был дан краткий анализ состояния перспективы развития многопроцессорных систем управления промышленными роботами, однако не затрагивались вопросы многопроцессорного управления роботизированными производствами, интеллектуальными подвижными роботами и многороботными системами.

Справки по телефону: 289-51-75, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Heytler P. G. The Industrial Robot: 1985—1995 // Robotics and Factories of the Future: Proc. of an Intern. Conf., Charlotte (NC), DEC. 4—7, 1984.— Berlin etc.: Springer.—1984.—XXXII.— P. 69—76.
2. Becker H. Modern Control Engineering for Handling Systems // Prog. 2nd Int. Conf. Assem. Autom, Brighton.— 1981, Bedford.— P. 67—76.

3. Kuwahara H., Matsumoto T., Ono Y. Design Concept and Architecture of a Distributed Robot System Using a High-Level Robot Language // Proceedings of the 15th Intern. Symposium on Industrial Robots, 11—13 sept., 1985.— Japan, 1985.— Vol. 1.— P. 707—714.
4. Stute G., Worn H. Mehrprozessor — Steuersystem fur Industrie-roboter // Lehrstuhl Universitäte Stuttgart.—1983.— S. 631—639.
5. Goshhorn L. A. A single-board approach to robotics intelligence // Computer Design.—1982.— November.— P. 193—198.
6. Holmer A. New Generation of Robot Controllers // ASEA Journal.—1982.— Vol. 55, N 6.— P. 139—144.
7. Suqimoto K., Mohri Sh. Assembly Robot // Hitachi Rev.—1983.— Vol. 32, N 5.— P. 223—228.
8. Mercer A., Vincent G. Controllers Build Using Functionto-Function Architecture // Industrial Robot.— 1982.— Vol. 9, N 4.— P. 228—232.
9. Melear Ch. 8-bit CMOSmC is Armed for Industrial Control // Electron. Des. — 1983. — Vol. 31, N 21.— P. 107—113.
10. Gupta P. Multiprocessing Improves Robotic Accuracy and Control // Computer Design.—1982.—November.— P. 169—176.
11. Birney R. E. Processor Architecture Antisipates Future Performance Requirements // Computer Design.—1979.— April.— P. 71—79.
12. Davis H. A. Comparing Architectures of Three 16-bit Microprocessors // Computer Design.—1979.— July.— P. 91—100.
13. Bertino M. Industrial Robots and Their microcomputer Controls // Microprocess. Signal Process. Meas. and Contr., Dordecht, e.a.—1983.— P. 345.
14. Taylor R. H., Grossman D. D. An Integrated Robot System Architecture // Proc. IEEE.—1983.— Vol. 71, N 7.— P. 842—856.

Статья поступила 5 мая 1986 г.

УДК 007.52

Б. Д. Антонюк

МАР — ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Доля промышленного производства в создании валового национального продукта США постоянно сокращается и на рубеже 70-х и 80-х годов составляла 24—25 %, а к середине 80-х годов сократилась до 22 %. В этой связи вопрос интенсификации производства, повышения фондоотдачи и сокращения расходов на производство промышленной продукции и товаров широкого потребления становится особенно важным.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), позволившие в свое время значительно повысить производительность труда за счет оптимизации работы отдельных блоков действующих производств, к концу 60-х — началу 70-х годов исчерпали свой потенциал. В этой связи были начаты поиски новых направлений для снижения себестоимости и сокращения сроков внедрения новых видов продукции.

Автомобилестроители США за прошедшие пять лет этого десятилетия вложили более 53 млрд. дол. в модернизацию своих производств. На 1986 г. запланировано истратить 15,4 млрд, что на 38 % больше, чем в 1984 г. [1]. По техническим параметрам к 1990 г. поставлены следующие стратегические задачи: уменьшить расход топлива до 3—4 л на 100 км пробега, заменить 30—40 % деталей и узлов на изделия из конструкционных пластмасс с заданными свойствами, существенно повысить комфортность салона автомобиля и большую часть функций диагностики и управления передать бортовой ЭВМ.

Так, в рамках объявленного «Дженерал Моторз» проекта «GMT-400» на пяти заводах корпорации, занятых производством грузовых автомобилей, автоматизация всех процессов будет увеличена на 40 %. Три из них в городах Форт Вейне (шт. Индиана), Понтиаке (шт. Мичиган) и Овше (пров. Онтарио, Канада), связанные непосредственно со сборкой машин, уже практически полностью автоматизированы. Ожидаемая стоимость проекта оценивается в 2,6 млрд дол. Всего же число программируемых устройств, установленных к 1990 г. увеличится по сравнению с 1984 г. в 4 раза и составит около 160 тыс. единиц [2].

Старший вице-президент корпорации «Дженерал Моторз» сформулировал стратегию автоматизации производства следующим образом: «В нашу задачу не входит простая замена старого оборудования на новое. Мы создаем новую технологию промышленного производства продукции».

В качестве первого шага было создано специальное отделение «Сатурн Корп.», которое должно построить «завод будущего» стоимостью 55 млрд дол. Такой завод, по мнению многих специалистов, позволит решить главную стратегическую задачу — производить более экономичные автомобили и значительно более дешевые, чем у основных конкурентов — японских автомобилестроителей. Главной задачей проекта «Сатурн» является сокращение времени, затрачиваемого на производство автомобиля с 150...200 до 30...40 ч за счет более полной автоматизации производства, сокращения вспомогательных промежуточных операций, классификации и объединения однородных операций в единые узлы и т. д. По завершении строительства завода с его конвейеров будет сходить 400...500 тыс. малолитражных автомобилей двух моделей «Сатурн» в 2-х и 4-х дверном исполнении. Предполагается также использовать новую форму управления производством, где зарплата каждого работника будет измеряться его реальным вкладом в производство и оцениваться с помощью автоматизированной системы управления использованием рабочего времени каждого.

Преимущества такой системы особенно очевидны при переходе с массового выпуска однородной продукции на выполнение заказов конкретных потребителей.

В рамках проекта «GMT-400» на центральную вычислительную систему, которая будет решать порядка 30 различных задач, включая учет поступающей продукции, учет портфеля заказов, финансовую отчетность, вопросы САПР, возлагаются также функции координации обработки всей производственной информации. К этой системе подключаются вычислительные центры пяти заводов, каждый из которых в свою очередь, имеет распределенные по цехам завода ЭВМ, решающие конкретные задачи производства: штамповка кузовов и кабин грузовиков, покраска, сборка двигателей и наконец сборка грузовиков или автобусов.

Таким образом, создается трехуровневая система, объединенная единой вычислительной сетью, в рамках которой стандартизованы не только методы передачи информации, но и решены вопросы формата данных, начиная от заказа-наряда на сырье и комплектующие детали, получаемые от смежников, и заканчивая учетом выпускаемой готовой продукции и ее отправкой потребителю. В то же время анализ расходов на информационную технологию показал, что они возрастают непропорционально получаемой от производства отдаче. Проведенные специалистами фирмы исследования на основе учета имеющегося на заводах «Дженерал Моторз» станочного парка показали, что затраты на подготовку управляющих программ для СЧПУ 30 различных систем, несовместимых друг с другом, составляли 30...50 % расходов информационных служб заводов [3].

Появление в середине 70-х годов локальных вычислительных сетей (ЛВС) позволило частично решить эту проблему за счет объединения СЧПУ в единые информационные системы. Правда, при этом объединялись командоаппараты только одной фирмы. В результате этого в рамках одного предприятия создавались многочисленные АСУТП, несовместимые друг с другом. Так, например, на предприятиях фирмы «Дженерал Моторз» существовали 12 отдельных типов ЛВС, обслуживающих станки фирмы «Цинциннати Милакрон», «Глиссон Уоркс», «Аллен-Бредли» и др. Каждый тип ЛВС предусматривает свои собственные протоколы связи, систему передачи данных в сети, формат данных и скорость обмена информацией, которая может составлять от нескольких сотен кбит/с до десятков Мбит/с.

Созданный в 1979 году фирмой «Дженерал Моторз» комитет по подготовке предложений по автоматизации производства, в состав которого вошли специалисты различного профиля, рассмотрел все имевшиеся варианты локальных вычислительных сетей и пришел к выводу, что ни один из них не может в полной мере удовлетворить поставленной стратегической задаче.

Такое решение послужило основой для организации группы по определению стратегического пути развития автоматизированных систем управления в рамках всей фирмы и подготовки спецификации протокола связи в рамках такой сети. Предложенный группой проект MAP (Manufacturing Automation Protocol) можно рассматривать как концепцию автоматизации производства и как модель протокола связи для создаваемой системы.

Цели проекта MAP:

создать прототип локальной вычислительной сети для отработки с поставщиками электронного оборудования различных аспектов внедрения протокола MAP;

использовать в протоколе стандарты, разработанные и принятые различными комитетами и организациями;

разработать спецификации для тех уровней протокола, которые еще не определены и не приняты в качестве национального или международного стандартов;

определить предприятия, где можно установить новую систему и обеспечить необходимое содействие в установке, запуске и отладке локальной сети на основе общей концепции проекта.

В подготовке своей спецификации протокола MAP фирма использовала стандарты Международной организации стандартов (ISO), Института инженеров-электриков (IEEE), Американского национального института стандартов (ANSI) и Национального бюро стандартов США (NBS). Так же, как и открытая модель OSI, протокол MAP основан на семиуровневой модели протоколов связи (см. таблицу).

Протоколы открытой семиуровневой модели

ISO	MAP
Прикладной	ISO File Transfer MMFS EIA 1393 ISO CASE Kernel Management/ Directory
Представительный	Отсутствует
Сеансовый	ISO Session Kernel
Транспортный	ISO Transport Model
Сетевой	ISO CLNS
Канальный	IEEE 802.2 LLC Procedures
Физический	IEEE 802.4 Broadband Token Bus

На физическом уровне определяется способ подачи сигнала в передающий провод, устанавливается напряжение сети, тип соединения и частота передачи информации. За основу взят стандарт IEEE 802.4, разработанный для широкополосной сети, использующей в качестве системы передачи данных пакет-«метку». Потребитель может выбрать по своему усмотрению пяти- или десятимегабитный канал связи.

Канальный уровень связи данных устанавливает пятиступенчатую процедуру связи внутри сети. Для проверки ошибок используется уже принятый стандарт IEEE 802.2.

Физический и канальный уровни обеспечивают «прозрачность» связи внутри вычислительной сети между всеми устройствами.

Сетевой уровень определяет порядок связи между различными вычислительными сетями. Например, протоколы этого уровня, где за основу взят стандарт ISO обеспечивают связь сети MAP с сетью TOP (Technical Office Protocol), Ethernet или другими (включая региональные) сетями.

На транспортном уровне связь двух устройств осуществляется независимо от маршрутизации сообщений.

На сеансовом уровне обеспечивается связь между процессами (используется стандарт ISO).

Представительного уровня в модели MAP нет. Его функции выполняются на последнем седьмом уровне.

Прикладной уровень представляет собой интерфейс пользователя с сетью и отвечает не только за обеспечение прикладных процессов и управление их деятельностью, но и за управление работой всей сети.

Протокол MAP является первой реальной попыткой реализации открытой семиуровневой модели ISO.

Он поддержан такими крупными машиностроительными фирмами, как «Форд Моторз», «Крайслер», «Боинг», «Макдонел Дуглас», «Аллен Бредли», ИБМ, что фактически означает признание MAP стандартом для ЛВС промышленного назначения. Этот проект предполагается вводить постепенно в пять этапов.

Этап 1. 80 % ЭВМ, имеющихся на заводах фирмы, выпущены фирмами ИБМ, ДЕК и «Хьюлетт-Паккард». Для объединения ресурсов ЭВМ различных фирм в единую систему они были подсоединены к мини-ЭВМ ИБМ Серии/1, позволявшей осуществить эмуляцию на уровне терминала и протоколов связи. Одновременно была обеспечена программная прозрачность сети на четвертом транспортном уровне модели ISO, что явилось необходимым условием перехода ко второму этапу.

Этап 2. Все ЭВМ объединяются в локальную вычислительную сеть и обеспечивают совместимость на транспортном уровне с сетью, образованной на базе мини-ЭВМ Серии/1. Выход в сеть осуществляется через специальный микропроцессорный адаптер (рис. 1).

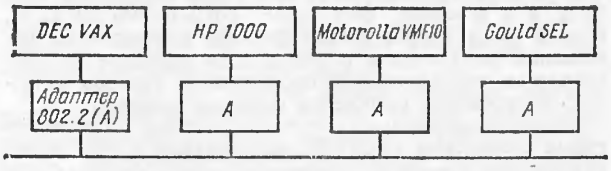


Рис. 1. Схема второго этапа внедрения проекта MAP

Важной особенностью этого этапа является подключение к сети MAP систем, уже объединяющих в отдельные локальные сети командоаппараты, производимые различными фирмами.

Этап 3 предусматривает разработку специального программного обеспечения для осуществления обмена файлами, сообщениями и т. д., что соответствует режиму прозрачности сети на шестом и седьмом уровнях модели ISO.

В ходе **этапа 4** ожидается разработка специальных микропроцессорных плат на основе СБИС, обеспечиваю-

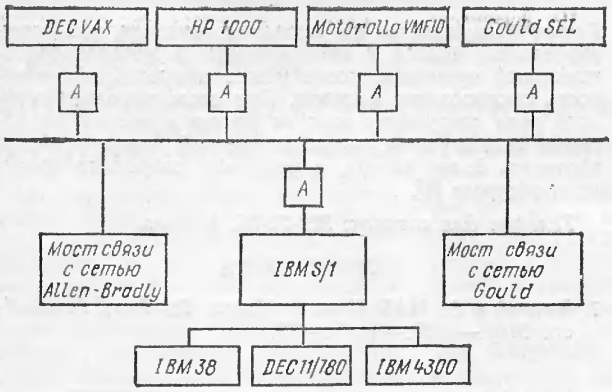


Рис. 2. Схема третьего этапа внедрения проекта MAP

щих режим прозрачности для каждого подключаемого устройства в пределах 1...4 уровней. Достаточно оснастить такими устройствами большинство из станков, поступающих в автомобильную промышленность, и отпадет необходимость в специальных адаптерах связи (рис. 2). Таким образом, комбинация 1, 2 и 4 уровней модели ISO для каждого устройства позволяет производить обмен данными между любыми устройствами. Как можно заметить, мини-ЭВМ Серии/1 теперь является одним из узлов ЛВС, выполняя при этом и ранее возложенные на нее функции сопряжения несовместимых ЭВМ.

К концу 1990 г. компания намечает завершить этап 5 реализации проекта и тогда любое новое приобретенное фирмой оборудование будет подключаться к сети MAP с помощью встроенного микропроцессорного устройства, обеспечивающего прозрачность сети для всех семи уровней модели ISO.

С точки зрения совместимости и зависимости от спецификаций отдельных элементов протокола можно констатировать, что до сих пор ни одной из фирм разработчиков не удалось воспроизвести блок сопряжения различных периферийных устройств с сетью MAP. На диаграмме (рис. 3) отражено изменение (совершенствование) спецификаций протокола MAP во времени (верхняя ломаная) и возможности технологии производства устройств сопряжения с сетью (нижняя ломаная). В настоящее время разработчики успевают отладить выпускаемые устройства только к моменту объявления новой версии протокола и, таким образом, всю работу приходится практически начинать сначала. Переход от протокола MAP 1.0 к протоколу MAP 2.1 предполагает не-

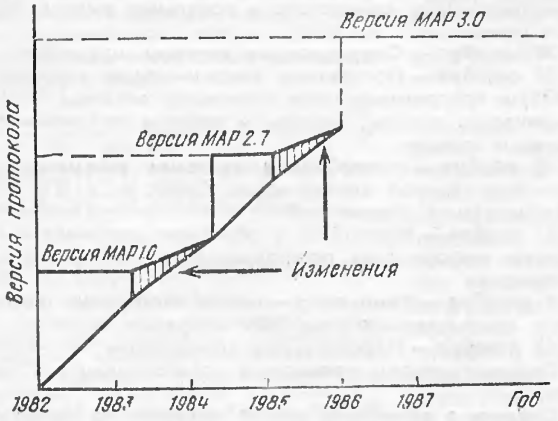


Рис. 3. Спецификации протоколов MAP версии 1, 2, 3 и реакция промышленности на производство адаптеров

которые изменения в программном обеспечении, связанные с внедрением новых типов микропроцессоров, отладкой данной версии протокола при его внедрении на производстве и т. д. (заштрихованные области). Вполне возможно, что переход на следующую версию MAP 3.0 потребует еще каких-нибудь изменений, поэтому работа над производством устройств сопряжения несколько затягивается в ожидании новых спецификаций. Учитывая нежелание многих фирм-производителей электронного оборудования рисковать, «Дженерал Моторз» приняла решение о финансировании этих работ наряду с проводимой модернизацией производства.

Выделение компанией более 40 млрд дол. на реализацию проекта MAP явилось большим стимулом для всех компаний-поставщиков электронного оборудования. На середину 1986 г. в группе пользователей MAP насчитывалось 1700 членов против 60, основавших эту группу в июне 1984 г.

По данным журнала «Systems & Software» к концу 1985 г. было установлено 48 сетей MAP, объединявших около 1180 устройств, а к концу 1986 г. число сетей возросло (без учета систем «Дженерал Моторз») до 157 и объединило около 4708 устройств. К концу 1986 г. 17 заводов фирмы «Дженерал Моторз» были оснащены прототипами сети MAP, а к 1990 г., как уже было сказано выше, все заводы фирмы будут оснащены оборудованием, подсоединенным к сети MAP [4]. Программа проекта MAP рассчитана главным образом на автоматизацию работ непосредственно на производстве. В то же время в рамках любого крупного производства необходимо решать и целый ряд других вопросов, связанных, например, с автоматизацией проектирования, учета и контроля производимой продукции, поступающих на завод деталей и узлов и т. д. В 1985 г. фирма «Боинг компьютер Сервис» объявила о разработке проекта TOP (Technical & Office Protocol). Этот проект так же, как и MAP, основан на принципах открытой семиуровневой системы ISO, но за основу взят другой стандарт физического и канального уровней связи — IEEE 802.3. Данный тип ЛВС также основан на использовании «общей шины» в качестве передающей среды, но принцип передачи данных принципиально отличается от ЛВС MAP. Вместе с тем во время выставки Autofact, проведенной в 1985 г. в США, была продемонстрирована возможность обмена данными между MAP и TOP на уровне передачи файлов между управленческими и промышленными подразделениями завода.

При всем многообразии экономических отношений и специфике отдельных производственных процессов в области информатики на первое место выдвигается вопрос стандартизации обмена информацией. Именно поэтому проект открытой семиуровневой модели протокола связи для вычислительных сетей получил такое широкое распространение во всем мире. В 1985 г. в США был организован специальный консорциум «Corporation for Open Systems (COS), в который вошли крупнейшие электронные фирмы США. Главная задача COS сводится к сравнению уже имеющихся стандартов различных уровней протоколов связи и обеспечению отработки спецификаций и технической документации как руководящих документов для компаний, производящих соответствующие адаптеры.

Число стандартов для 1 и 2 уровней ЛВС (рис. 4) постоянно возрастает. Для небольших объемов передачи данных в пределах управленческой организации вполне достаточно и экономически оправдано использование сети Ethernet с протоколом связи CSMA/CD. Существует также большое число задач, где проверка столкновения сообщений в сети не имеет большого значения. Поэтому были созданы ЛВС, в которых используется только первая часть протокола CSMA. Как видно из рисунка, стандарт протокола CSMA/CD (IEEE 802.3) рассчитан на использование в одноканальных сетях для передачи данных со скоростью 10 Мбит/с. Готовятся и

другие модификации этого протокола, рассчитанные на скорость 1 Мбит/с, а также протокол для многоканальных ЛВС, рассчитанный на 10 Мбит/с.

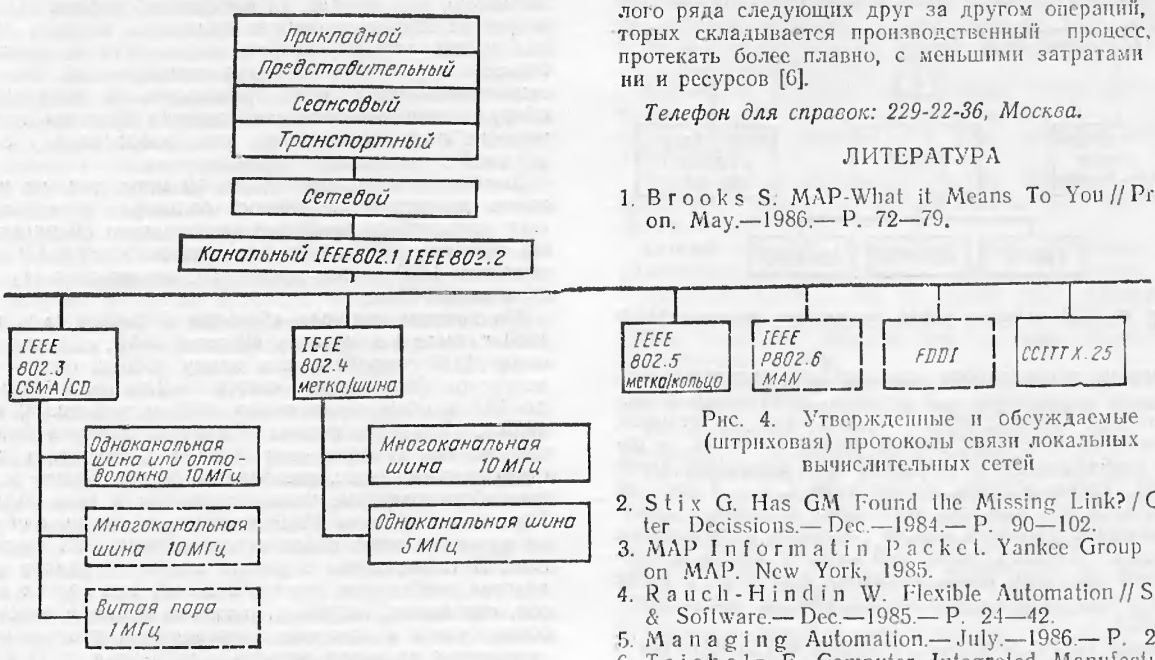


Рис. 4. Утвержденные и обсуждаемые (штриховая) протоколы связи локальных вычислительных сетей

В стадии разработки находятся проекты протоколов для матричной сети связи MAN (Metropolitan Area Network) и для сети, использующей в качестве передающей среды волоконно-оптические кабели FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Фирма «Дженерал Моторз» внедряет технологию MAP на заводе по производству рулевого управления машин в г. Сагиноу (шт. Милуоки), состоящем из 40 производственных ячеек. Весь инструмент, заготовки и комплектующие располагаются на полностью автоматизированном складе. Доставка к производственным ячейкам осуществляется с помощью автоматизированных тележек-роботов. Загрузка-разгрузка и все вспомогательные операции выполняются с помощью 60 роботов. Режим работы каждой ячейки может быть изменен в течение 10 минут. Существенно, что автоматизированный контроль качества производства осуществляется в каждой ячейке. Таким образом, исключается подача бракованной детали для дальнейшей обработки или сборки в других ячейках. Полная интеграция всех автоматизированных процессов (САПР, АСУТП, СЧПУ и т. д.) будет закончена в конце 1987 г.

Преимущества такой системы особенно очевидны при переходе с массового выпуска однородной продукции на выполнение заказов конкретных потребителей. Проведенные в начале 80-х годов исследования производства промышленной продукции в США показали, что в большинстве случаев объем изготовляемых узлов и деталей не превышает 50 единиц [5]. Это означает, что производство должно постоянно перестраиваться на выпуск новой продукции. При этом нужно иметь в виду тот факт, что в будущем возможен повторный заказ на продукцию, выпускаемую сегодня, поэтому вопрос сохранения всей информации, касающейся ее производства в базе данных, является весьма важным. Использование автоматизированной системы позволит не только быстро вызвать требуемую информацию, но и резко сократить время переналадки производственного оборудования. В обычных условиях общее время простоя оборудования достигает 95 %. Правда, в эту цифру входит и время, требуемое на загрузку заготовки, смену инструмента и т. д. Проведенные фирмой «Меткат Ресерч Ассоушиейтс» исследования показали, что интегрированный подход к автоматизации в металлообрабатывающей промышленности может повысить эффективность производства в целом. При этом выполнение целого ряда следующих друг за другом операций, из которых складывается производственный процесс, будет протекать более плавно, с меньшими затратами времени и ресурсов [6].

Телефон для справок: 229-22-36, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brooks S. MAP-What it Means To You // Production. May.—1986.— P. 72—79.
2. Stix G. Has GM Found the Missing Link? / Computer Decissions.— Dec.—1984.— P. 90—102.
3. MAP Informatin Packet. Yankee Group Report on MAP. New York, 1985.
4. Rauch-Hindin W. Flexible Automation // Systems & Software.— Dec.—1985.— P. 24—42.
5. Managing Automation.— July.—1986.— P. 24.
6. Teicholz E. Computer Integrated Manufacturing // Datamation.— March.— 1984.— P. 169.

Статья поступила 28 октября 1986 г.

ИНФОРМАЦИЯ

В 1987 г. журнал проведет в Доме культуры завода им. Владимира Ильича учебный цикл семинаров:

МикроЭВМ и микропроцессоры: основы применения

8 сентября — Обзор основных классов отечественных микропроцессоров и микроЭВМ

15 сентября — Аппаратная структура и программное обеспечение типового микропроцессорного комплекса и устройств связи с объектами автоматизации

22 сентября — Периферийное оборудование микроЭВМ: дисплеи, гибкие диски, электронный «квазидиск», ЦМД-память, клавиатура, печатающие устройства

13 октября — Аппаратно-программная реализация многомашинных комплексов и локальных вычислительных сетей

20 октября — Операционные системы микроЭВМ

27 октября — Постоянные запоминающие устройства (ПЗУ) и программируемые логические матрицы (ПЛМ): физические основы, методы и техника программирования и отладки

10 ноября — МикроЭВМ в системах автоматизации производственной деятельности: САПР, АСУ ТП, ГПС; автоматизация учреждений

24 ноября — МикроЭВМ в обучении: школьная и вузовская информатика, профориентация, повышение квалификации

1 декабря — Компьютер — новый инструмент творчества: компьютерные игры, ЭВМ и музыка

15 декабря — Персональные компьютеры

Лекции-семинары проводятся по вторникам в 12 часов.

Справки о семинарах можно получить по телефону 923-00-19 у методиста Политехнического музея Ермолаевой Татьяны Юрьевны. Абонементы будут продаваться в кассе Политехнического музея (подъезд № 9).

УДК 681.3—181.48

Е. П. Ильин, М. М. Ляпунов

АППАРАТУРА ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ С ОПЕРАТИВНЫМИ УЧПУ

При создании гибких производственных систем (ГПС) возникает задача связи между станочным оборудованием и автоматизированными системами подготовки производства (АСПП) и управления технологическими процессами (АСУТП). Современный программно управляемый станок обычно снабжается оперативным устройством числового программного управления (УЧПУ), построенным на базе микроЭВМ. Широкое распространение получило оперативное УЧПУ «Электроника НЦ-31» [1]. Серийно выпускаемые УЧПУ данного типа не имеют средств связи с АСПП и АСУТП *. Между тем для успешного функционирования ГПС такая связь должна обеспечивать:

передачу управляющей программы в оперативную память УЧПУ;

прием управляющей программы из оперативной памяти УЧПУ;

получение сигналов о завершении фаз обработки для синхронизации с транспортно-загрузочной системой;

имитацию действий оператора на пульте УЧПУ для синхронизации с транспортно-загрузочной системой;

подробное наблюдение за ходом работы станка, включая диагностику аварийных состояний;

подключение датчиков активного контроля;

интерактивный обмен оператора (наладчика) станка с диспетчерской ЭВМ при помощи пульта УЧПУ;

диагностику неисправностей узлов УЧПУ и станка.

Для реализации перечисленных функций был разработан блок дистанционного управления (БДУ) «Телепульт». Он устанавливается в конструктив УЧПУ и соединяется двухпроводной линией с диспетчерской ЭВМ, в качестве которой можно использовать любую ЭВМ со стандартным устройством последовательного обмена.

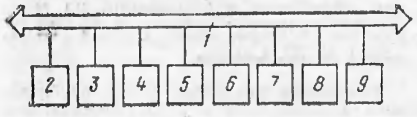


Рис. 1. Структура УЧПУ «Электроника НЦ-31»:

1 — системный канал (магистраль), *2*—процессор, *3* — оперативное запоминающее устройство, *4* — адаптер магистрали и таймер, *5* — пульт, *6* — контроллер электроавтоматики, *7* — контроллер датчиков, *8* — контроллер привода, *9* — кассета внешней памяти

* В работе [2] изложен подход к обеспечению такой связи.

Оперативное УЧПУ «Электроника НЦ-31» имеет магистральную структуру (рис. 1). Оно совместимо электрически и логически (но не конструктивно) с системным каналом микроЭВМ «Электроника 60». В процессе разработки БДУ рассматривались три следующих возможных подхода к реализации связи УЧПУ с диспетчерской ЭВМ.

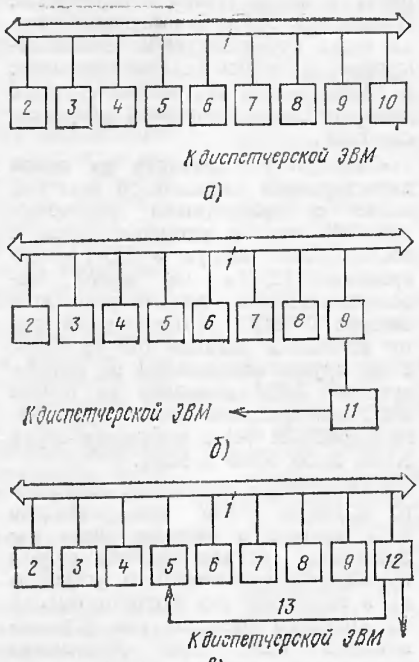


Рис. 2. Варианты реализации связи УЧПУ с диспетчерской ЭВМ:

а — на основе блока связи (10), управляемого процессором УЧПУ; *б* — с использованием прямого доступа к памяти (*11* — блок прямого доступа в кассету внешней памяти УЧПУ, управляемый от диспетчерской ЭВМ); *в* — на основе активного БДУ (*12*)

1. При использовании обычного блока связи, работающего под управлением процессора УЧПУ (рис. 2,*а*), аппаратурные затраты минимальные. Этот метод мог бы обеспечить практически все перечисленные функциональные возможности (диагностика неисправностей — с ограничениями). Именно на этом принципе основана связь с ЭВМ верхнего ранга, рассмотренная в [2]. Однако метод подразумевает существенную доработку внутреннего программного обеспечения (ПО) УЧПУ, заключенного в его постоянной памяти. Процедура перепрограммирования не всегда возможна. Кроме того, разработку нового ПО УЧПУ усложняет тот факт, что через процессор замкнута обратная связь управления приводами, критичная ко всякого рода задержкам, и в результате функции связи могут быть не всегда доступными.

2. На рис. 2,*б* изображена структура с использованием БДУ, работающего под управлением диспетчерской ЭВМ и обеспечивающего чтение и запись слов в кассету внешней памяти УЧПУ. Такая структура не требует перепрограммирования УЧПУ; она была реализована с использованием системы «Диалог-1» [3] и длительное время эксплуатировалась. Очевидный недостаток подхода — ограниченные функциональные возможности: только чтение и запись управляющих программ.

3. Третий подход объединяет достоинства первых двух. Он основан на использовании активного блока дистанционного управления (рис. 2,*в*). Активный БДУ «Телепульт» способен производить операции чтения и записи на магистрали УЧПУ под управлением диспетчерской ЭВМ. Перед проведением операции БДУ производит захват магистрали с использованием арбитра, входящего в состав процессора УЧПУ. Замедление работы процессора из-за дополнительной нагрузки на магистраль не превышает 0,1 % и не сказывается на работе УЧПУ. Сигнал блокировки пульта (*13* на рис. 2,*в*) позволяет использовать пульт УЧПУ для диалога оператора станка с диспетчерской ЭВМ. Благодаря магистральной структуре УЧПУ активному БДУ доступны практически все узлы УЧПУ. В то же время полнота функциональных возможностей достигается без доработок внутреннего ПО — все дополнительное ПО сосредоточено в диспетчерской ЭВМ.

Блок «Телепульт» содержит два вида регистров, доступных для чтения и записи из диспетчерской ЭВМ: операционные и управляющие



Рис. 3. Логическая структура БДУ «Телепульт»

(рис. 3). Все операционные регистры 16-разрядные; их состав и назначение:

регистры адреса (*2*) и данных (*3*) предназначены для проведения операций чтения и записи на магистрали УЧПУ;

регистр имитации клавиатуры (*4*) используется для хранения кода клавиши пульта УЧПУ при дистанционной имитации нажатия на эту клавишу;

шесть регистров — ловушек индикации (*5*) всегда содержат коды, которые процессор УЧПУ стремится передать в шесть регистров индикации пульта (как правило, коды попадают и в ловушки, и в пульт, но пульт может быть заблокирован).

Все три управляющих регистра 4-разрядные. Регистр номера операционного регистра (*8*) используется для выбора одного из операционных регистров при его чтении (записи) из диспетчерской ЭВМ. Регистры команд (*9*) и режима (*10*) предназначены для запуска операций чтения-записи на магистрали УЧПУ (*1*), запуска имитации клавиатуры, ввода-вывода сигналов с датчиков активного контроля и для блокировки пульта. (Заблокированный пульт не реагирует на команды процессора УЧПУ, но доступен для БДУ).

Узел связи (*7*) осуществляет обмен восьмибитовыми байтами с диспетчерской ЭВМ. Узел управления (*6*) реализует описанный ниже протокол обмена.

Обмен между БДУ и диспетчерской ЭВМ осуществляется одиночными байтами. Цикл обмена состоит в приеме от диспетчерской ЭВМ командного байта, обработке его и передаче ответного байта. За один цикл можно прочитать или записать в один из регистров БДУ четыре бита. Управляющие регистры читаются и пишутся за один цикл, операционные — за четыре цикла (для этого каждый операционный регистр разбит на четыре тетрады). Протокол обмена не предусматривает никаких действий, кроме чтения и записи регистров БДУ. Чтение (запись) на магистрали УЧПУ и обмен

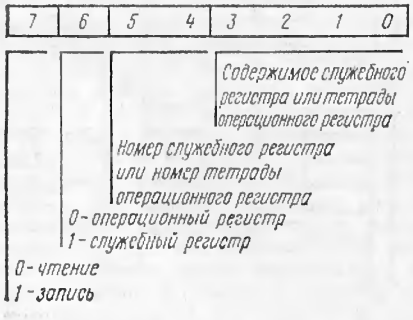


Рис. 4. Формат байта обмена с диспетчерской ЭВМ

с пультом производятся путем установки и проверки кода в соответствующих регистрах БДУ.

Формат командного и ответного байтов одинаков (рис. 4). Разряды 7...4 командного байта определяют тип цикла (чтение или запись) и регистр (тетраду регистра), содержимое которого должно быть прочитано или записано. В ответном байте эти разряды всегда повторяют содержимое командного байта. Исключение составляет ситуация, когда БДУ обнаруживает сбой приема; в этом случае ответный байт содержит нули во всех разрядах. Содержимое разрядов 3...0 командного байта в цикле чтения игнорируется. В ответном байте эти разряды всегда несут прочитанную из соответствующих регистров БДУ информацию; в цикле записи это может служить дополнительной проверкой исправности БДУ.

«Телепульт» выполнен на одной двухсторонней однослойной печатной плате с габаритными размерами 366×220 мм и устанавливается в комплектный корпус УЧПУ «Электроника НЦ-31» на место, зарезервированное для второго процессора УЧПУ. Потребляемый ток от источника питания 5В не более 1 А; другие напряжения не используются. БДУ выполнен на основе БИС асинхронного приемопередатчика К1002ХЛ1 [4] и микросхем серий К155, К158, К559 и К589.

Единственное нарушение заводского монтажа УЧПУ при установке БДУ состоит в разрыве цепи радиального сигнала выборки пульта на плате соединительного устройства и заведении его входа и выхода на контакты разъема, где устанавливается БДУ. Для обеспечения нормальной работы УЧПУ как с «Телепультом», так и без него разрыв блокируется нормально замкнутыми контактами дополнительного реле, устанавливаемого на плате соединительного устройства. При установке БДУ на обмотку реле подается напряжение через перемычку на разъеме, контакты размыкаются и блокировка пульта становится возможной.

Блок дистанционного управления эксплуатируется в составе системы группового диспетчерского управления станками (СГДУ), обслуживающей до шести станков типа 16К20Т1 с УЧПУ «Электроника НЦ-31». СГДУ выполнена на базе микроЭВМ «Электроника МС 1201», алфавитно - цифрового дисплея 15ИЭ-00-013, двух четырехканальных блоков последовательного обмена «Телеквант» и шести блоков «Телепульт». Одним из последовательных каналов СГДУ подключена к локальной сети КАПРИ [5]. В функции СГДУ, в частности, входят:

подготовка, коррекция, передача в станки и прием со станков управляющих программ;

подготовка управляющих программ с использованием подсистем, функционирующих на других ЭВМ, связанных с СГДУ локальной сетью;

накопление объективной статистической информации о работе станков.

«Телепульт» использован также в составе аппаратуры технологического модуля станок-робот, являющегося подсистемой гибкого участка механообработки.

Телефон для справок: 196-94-05, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чичерин Ю. Е. Устройство числового программного управления «Электроника НЦ-31» // Электронная промышленность. — 1979. — Вып. 11, 12.— С. 81—83.
2. Гутис И. С., Лившиц С. Э. Реализация канала связи УЧПУ «Электроника НЦ-31» с ЭВМ верхнего ранга // Вестник машиностроения.— 1985.— № 4.— С. 43—44.
3. Мартынов А. К., Лившиц В. И. Автоматизация мелкосерийного механообрабатывающего производства на базе станков с ЧПУ.— Томск: Томский ун-т, 1984.
4. БИС асинхронного приемопередатчика К1002ХЛ1 / Коган А. Л., Колосовский А. В., Попов Ю. Н., Синекаев В. В. // Электронная промышленность.— 1982. — Вып. 2. — С. 48—51.
5. Адамов Е. О., Иванов В. Г., Ляпунов М. М. Аппаратные средства системы КАПРИ // Микропроцессорные средства и системы.— См. наст. номер.— С. 22, 23.

Статья поступила 8 августа 1985 г.

В редакцию журнала от автора статьи «Микротомография и цифровая обработка изображений на микроЭВМ «Искра 226» («МП» № 1, 1986) А. Ю. Сасова

Уважаемая редакция, прошу опубликовать в дополнение к списку литературы, помещенному после моей статьи, следующие ссылки:

1. Эксперименты по вычислительной микротомографии в РЭМ. — Гостев А. В., Лихарев С. К., Рау Э. И., Савин Д. О., Сасов А. Ю., Соколан С. В., Спивак Г. В. — В кн.: Тез. докл. IV Всесоюз. симп. по растровой электронной микроскопии. — М., 1984.
2. Компьютерная микротомография в РЭМ. — Гостев А. В., Рау Э. И., Сасов А. Ю., Савин Д. О., Спивак Г. В. — В кн.: Материалы VIII Европ. конгр. по электронной микроскопии, Будапешт, 1984.

С уважением А. Ю. Сасов

УДК 681.325.5—181.4

Е. Г. Флейшер

ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ОБМЕНА В УЧПУ С ПОДЧИНЕННЫМИ КОНТРОЛЛЕРАМИ

Введение

В основе построения традиционных систем ЧПУ лежат модель одиночного вычислителя, принципы последовательного выполнения операций, фиксированной логической структуры, конструктивной неоднородности элементов модели. Несмотря на огромные достижения в улучшении таких характеристик, как быстродействие, производительность и надежность систем, их дальнейший рост по-прежнему остается актуальным. Вместе с тем со стороны потребителей систем ЧПУ выдвигаются новые требования, к которым относятся: увеличение вычислительной мощности, обеспечение большей гибкости и наращиваемости, улучшение интерфейсов пользователя, экономия средств при специализации отдельных узлов, повышение надежности и живучести систем за счет введения аппаратурной и программной избыточности, возможность реализации алгоритмов адаптивного управления.

Появление новых задач требует увеличения скорости обработки, которая ограничена уровнем развития элементной базы. Поэтому расширение возможностей систем ЧПУ приходится искать в области улучшения архитектурных решений. Именно на этом пути появились мультипроцессорные УЧПУ. Подобные УЧПУ, отвечающие требованиям модульности и наращиваемости, должны, с одной стороны, обеспечивать хорошее распараллеливание задач с возможностью объединения в отдельные группы, а с другой — обеспечивать возможность быстрого и бесконфликтного доступа от задачи к задаче или от группы к группе [1].

В соответствии с этим универсальность систем ЧПУ, гибкость, способность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям производства при неизменной реализации аппаратной части устройства могут быть достигнуты за счет построения периферийных модулей в виде активных интеллектуальных контроллеров для управления приводами, электроавтоматикой, для обработки информации измерительных преобразователей, диагностики, автоматического введения коррекции для повышения точности, измерения параметров инструмента и других функций, расширяющих технические возможности автоматизированного производства. Данное направление развития систем ЧПУ отвечает, с одной стороны, требованиям потребителей, а с другой — общим тенденциям развития средств вычислительной техники, к которым относится использование модели коллектива вычислителей. В основе такой модели лежат принципы параллельного выполнения большого числа задач, переменной логической структуры, конструктивной однородности элементов модели и связей между ними. В частности, с использованием такой модели можно строить средства управления с производительностью, в десятки и сотни раз большей существующей без изменения технологии элементной базы, с высокой степенью надежности. Таким образом, система, состоящая из типовых интеллектуальных контроллеров (ТИК), может обеспечить решение практически любого набора задач с любыми реальными временными ограничениями.

Рассмотрим один из подходов к организации межпроцессорного обмена в двухуровневой системе ЧПУ, состоящей из центрального вычислителя на базе одноплатной микроЭВМ «Электроника МС 1201.01» и типовых одноплатных интеллектуальных контроллеров, число и состав которых может быть изменен пользователем.

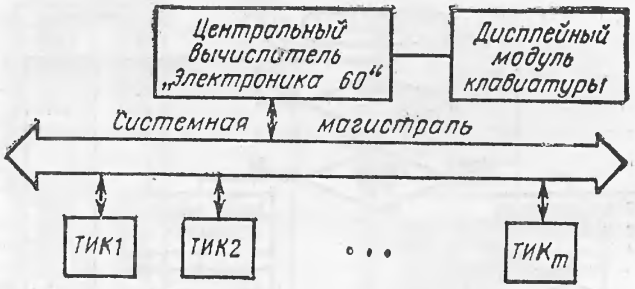


Рис. 1. Структурная схема многопроцессорной системы ЧПУ

В многопроцессорной системе ЧПУ (рис. 1) имеется два уровня иерархии: стратегический — одноплатная микроЭВМ «Электроника МС 1201.01» и тактико-оперативный — подчиненные одноплатные контроллеры с устройствами ввода-вывода (ТИК).

Каждый контроллер подключен к магистрали Q=bus через автомат прямого доступа в память (ПДП) и является внешним устройством по отношению к центральной ЭВМ, в адресном пространстве которой, отведенном под адреса внешних устройств (адреса старше 160000), выделены 257 адресов, определяющих вид запроса к типовому контроллеру (рис. 2). Модуль включает в себя: шинные формирователи (ШФ1), служащие для согласования системной магистрали с типовым модулем; шинные формирователи (ШФ2), обеспечивающие развязку системной магистрали и локальной магистрали контроллеров; регистры страницы (РгС) и фиксации адреса (РгФА); микропрограммный автомат прямого доступа в память (АПДП) контроллера со стороны центрального вычислителя; вычислитель, состоящий из центрального процессора (ЦП), ОЗУ, ППЗУ и внешних устройств контроллера (ВУ), обеспечивающих связь с объектом управления. При необходимости контроллер может быть дополнен блоком радиальных прерываний (БРП), программируемым таймером и т. д. Номера на рисунке соответствуют следующим сигналам:

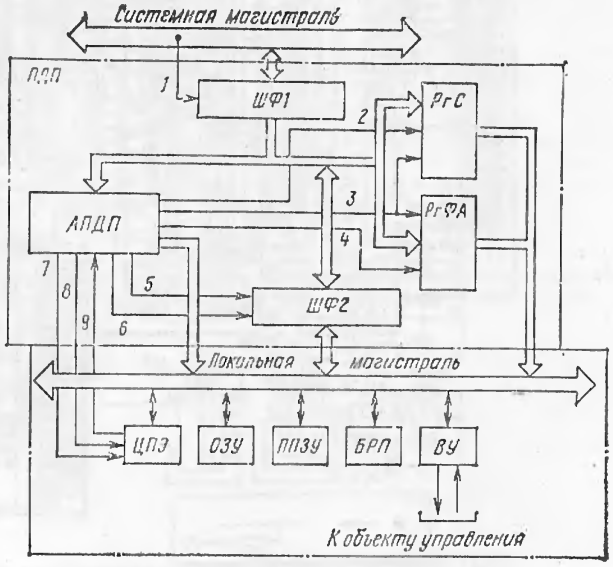


Рис. 2. Структурная схема типового контроллера

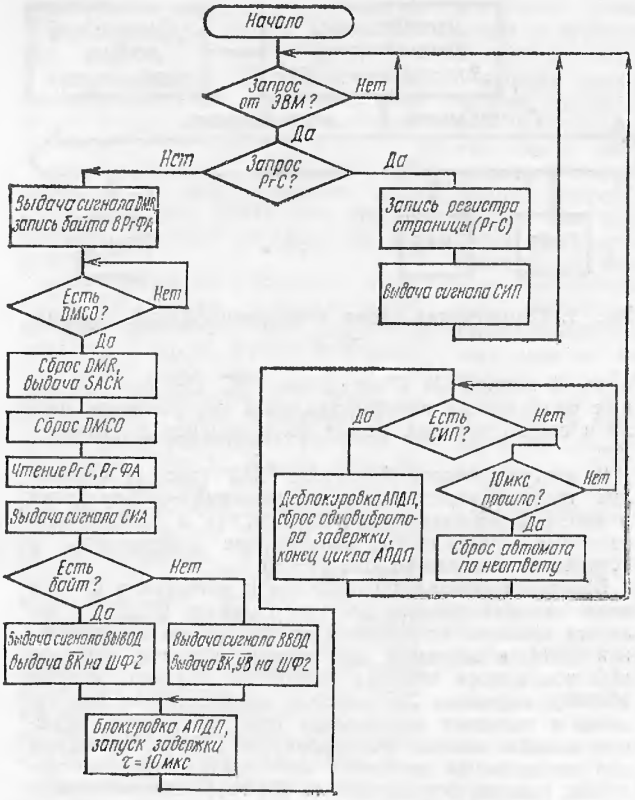


Рис. 3. Алгоритм связи центрального вычислителя с типовым контроллером

1 — сигнал Ввод от центрального вычислителя, *2* — запись регистра страницы, *3* — чтение регистра страницы и фиксации адреса, *4* — запись регистра фиксации адреса, *5* — выборка ШФ2, *6* — управление направлением работы ШФ2, *7* — запрос на захват локальной магистрали, *8* — подтверждение разрешения на захват магистрали, *9* — разрешение на захват магистрали.

В зависимости от вида запроса алгоритм, представленный на рис. 3, включает в себя два режима: записи регистра страницы; работы с памятью или внешними устройствами контроллера. Второму режиму всегда предшествует первый, за исключением тех случаев, когда работа ведется с адресами в рамках одной страницы (при этом работает только второй режим). Регистр страницы АПДП имеет восемь разрядов, обеспечивая возможность обращения к 256 страницам. При минимальной конфигурации типового контроллера разрядность регистра страницы может быть уменьшена. Регистр фиксации адреса АПДП имеет также восемь разрядов, обеспечивая размер страницы в 256 слов.

Типовой интеллектуальный контроллер

Любой типовой одноплатный контроллер, входящий в состав рассматриваемого УЧПУ, состоит из двух функциональных частей: микропроцессорного вычислителя с соответствующей периферией (рис. 4) и автомата прямого доступа в память. Рассмотрим работу этих частей отдельно на примере контроллера управления приводом.

Вычислитель представляет собой одношинную микроЭВМ, состоящую из центрального процессора (DD1), ППЗУ емкостью 4К слов (DD11), ОЗУ емкостью 1К слов (DD12, DD16, DD17, DD19), умощнителя магистрали (DD4...DD7), регистра фиксации адреса (DD9, DD10), дешифратора внешних устройств (DD13, DD14), генератора тактовых импульсов с кварцевой стабилизацией частоты (DD3.1...DD3.3, DD8.2), обеспечивающего общую синхронизацию работы контроллера, схе-

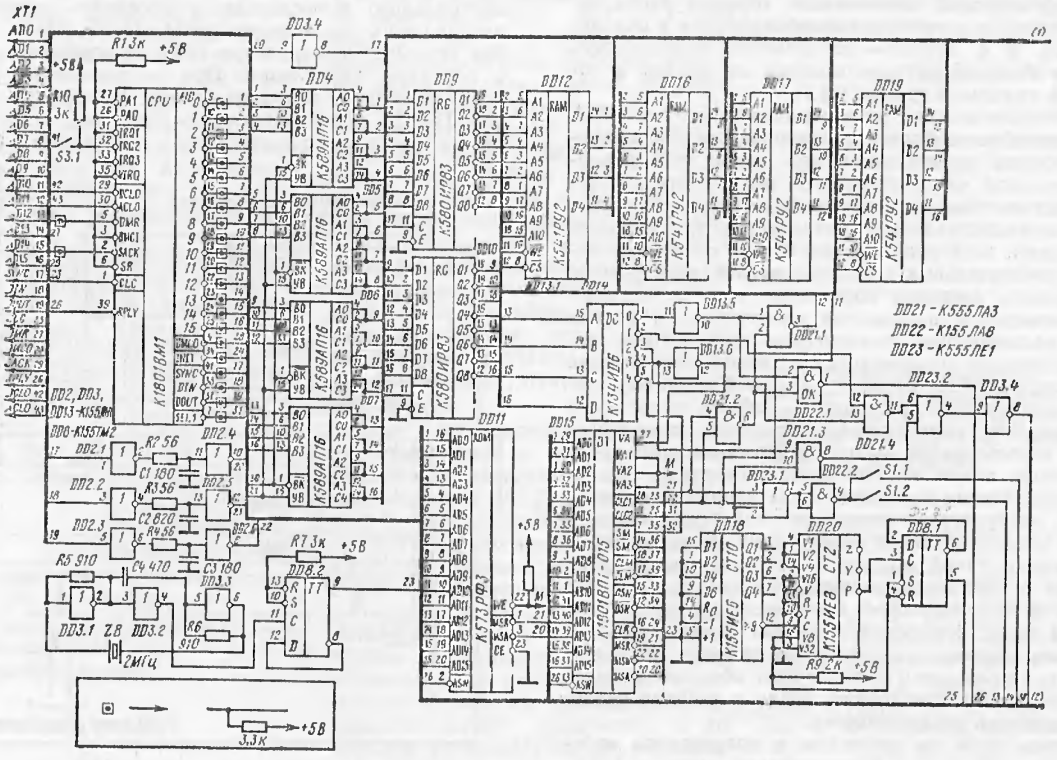
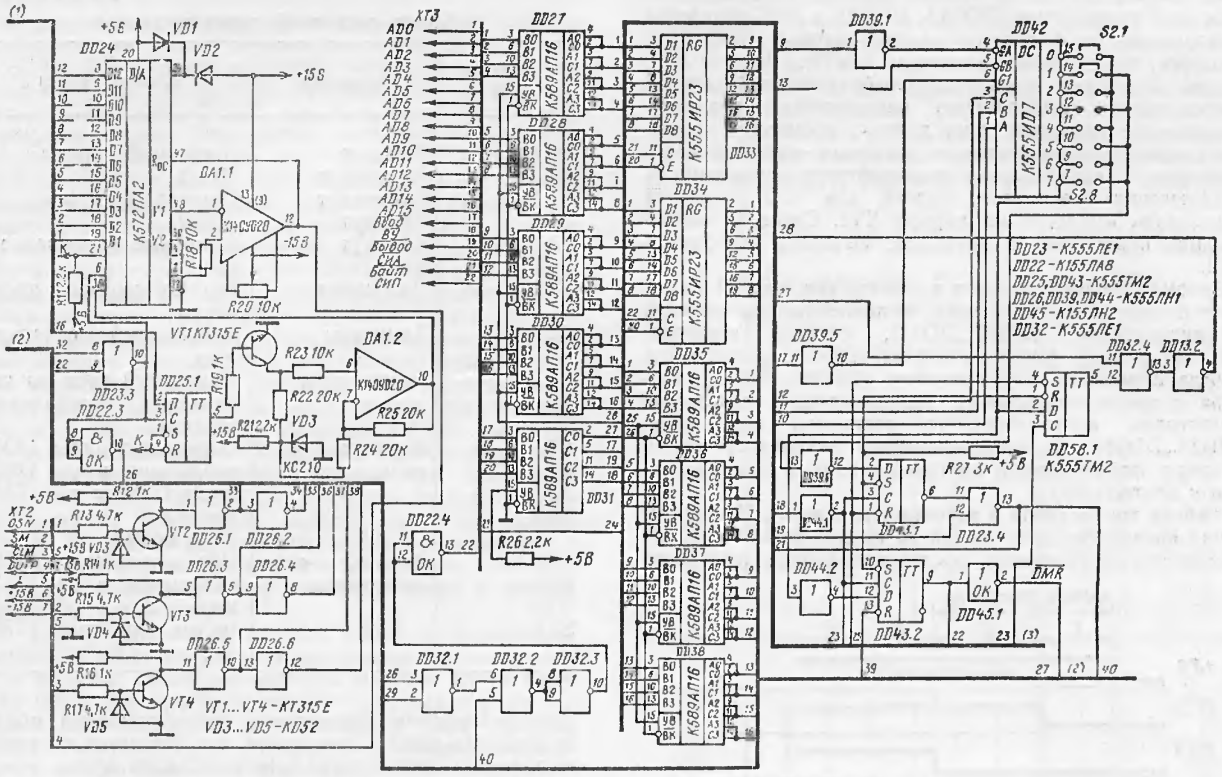


Рис. 4. Схема электрическая принципиальная контроллера управления приводом



Контроллер управления приводом. (Продолжение рис. 4.)

мы таймера (DD57) (рис. 5) для выработки сигнала прерывания, необходимого для работы программ управления приводом, и схемы начального пуска и перезапуска процессора при сбоях питающего напряжения (DD56). В качестве внешних устройств в контроллере используются выходной цифро-аналоговый преобразова-

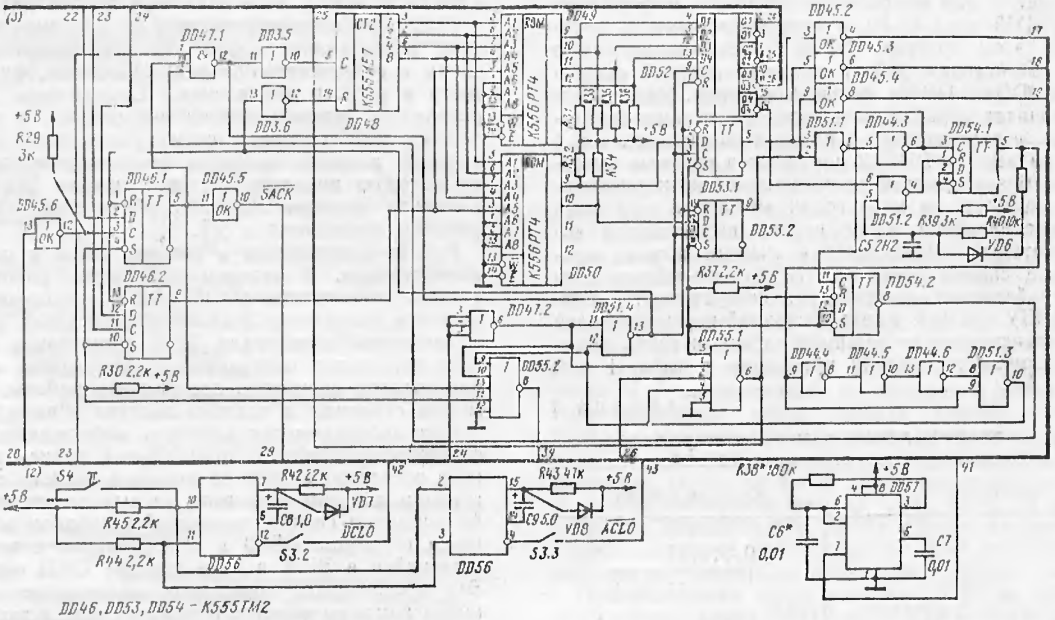


Рис. 5. Схема электрическая принципиальная автомата ПДП

тель (DD24, DA1.1) со схемой задания двухполярного опорного напряжения (DD25.1, DD1.2) и БИС обработки информации от фотоимпульсного датчика (DD15) с входным согласующим каскадом (VT2...VT4, DD26). Число входных и выходных преобразователей определяется числом одновременно работающих координат. Технические характеристики данного процессора позволяют одновременно управлять четырьмя — шестью координатами. В контроллере предусмотрена возможность подключения отладочных средств, для чего локальная магистраль выведена на разъем XT1. Сигналы, связывающие контроллер с приводом, выведены на разъем XT2.

Автомат прямого доступа в память (см. рис. 5) включает в себя входной каскад, выполненный на шинных формирователях (DD27...DD31), регистр страницы (DD33), регистр фиксации адреса (DD34), дешифратор адреса обращения к контроллеру (DD39.5...DD42), «забор» с тремя состояниями, развязывающий локальную магистраль контроллера от системной магистрали (DD35...DD38) и непосредственно микропрограммный автомат, формирующий диаграмму канала при обращении к контроллеру.

Работа контроллера в автономном режиме. При включении питающего напряжения на входах DCLO и ACLO процессора формируется последовательность импульсов

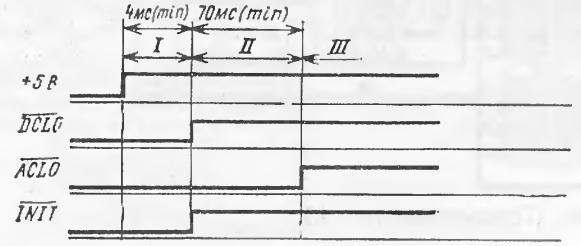


Рис. 6. Диаграмма восстановления питания процессора

в соответствии с диаграммой (рис. 6). Низкий уровень сигнала, появляющийся на выходе INII, — сигнал начального сброса для микросхемы обработки информации датчика (DD15 вход CLR) и микропрограммного автомата. При этом триггер (DD58.1) устанавливается в единицу, обеспечивая работу входных шинных формирователей (DD27...DD30) только на прием. Затем процессор начинает отрабатывать микропрограмму начального пуска, в соответствии с которой на выходах SEL1 и DIN и на выходе DD22.2 появляются сигналы низкого уровня. В зависимости от того, какой из переключателей S1 замкнут, на магистрали возникает стартовый адрес (определяющий адрес первой выполняемой команды), который загружается в счетчик команд процессора при снятии сигнала DIN. В дальнейшем процессор отрабатывает программу в соответствии с прошивкой ППЗУ (DD11). Карта состояний переключателей S1...S3 в зависимости от режимов работы и карта памяти исполнительного модуля приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Карта распределения памяти контроллера

Устройство	Область памяти
ОЗУ	0...1777
ППЗУ	10000...27777
Датчик:	
регистр данных	30000
регистр управления	30200
ЦАП	40000

Таблица 2

Карта состояний переключателей

Переключатель	Состояние	Режим работы
S1.1	Замкнут	Стартовый адрес 20000
S1.2	Разомкнут	
S1.1	Разомкнут	Стартовый адрес 30000
S1.2	Замкнут	
S3.1	Замкнут	Таймерное прерывание 100 Гц
S3.1	Разомкнут	Без таймерного прерывания
S3.2, 3.3	Замкнуты	Автономный начальный пуск
S3.2, 3.3	Разомкнуты	Начальный пуск по инициативе отладочных средств
S2.1	Замкнут один из четырех	Определяет адрес обращения в режиме ПДП в зависимости от номера модуля: 170000
S2.3		172000
S2.5		174000
S2.7		176000
S2.2	Замкнут один из четырех	Определяет адрес обращения в режиме записи регистра страницы: 171000
S2.4		173000
S2.6		175000
S2.8		177000

При автономном перезапуске исполнительного модуля необходимо нажать кнопку S4, что обеспечит повторное выполнение микропрограммы начального пуска.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) преобразует число, представленное в виде «модуль+знак», в аналоговое напряжение. Знак выходного напряжения зависит от знака опорного напряжения, подаваемого на ЦАП. Для этого старший (знаковый) разряд магистрали заведен на триггер DD25.1. На выходе DA1.2 появляется напряжение +10В, если знаковый разряд равен «Лог.0» и —10В, если знаковый разряд равен «Лог.1».

БИС обработки информации от фотоимпульсного датчика представляет собой специализированную микросхему и содержит 16-разрядный счетчик, буферный регистр и регистр управления. Содержимое последнего определяет режимы работы микросхемы, а также виды ошибок. БИС содержит схему учетверения входных импульсов, а также входную противодребезговую схему, на которую подается частота порядка 5 кГц (CLC2) с выхода триггера DD8. Подробное описание этой микросхемы приводится в [3].

Работа контроллера в режиме связи с центральным вычислителем. В автономном режиме работы «забор» с тремя состояниями (DD35...DD38) обеспечивает электрическое разделение локальной магистрали контроллера и системной магистрали. При организации инициативного обращения центрального вычислителя к типовому контроллеру возможны два режима работы: записи регистра страницы и прямого доступа в память.

При необходимости записать информацию в регистр страницы контроллера центральный вычислитель выполняет операцию записи во внешний регистр с соответствующим адресом. При этом на выходе элемента DD23.4 формируется сигнал, являющийся стробом записи в регистр страницы DD33 и одновременно с этим возвращающийся в ЭВМ в виде сигнала СИП через DD22.4. Это обеспечивает нормальное завершение канального цикла команды вывода. В режиме записи регистра страницы работа контроллера не прерывается и он продолжает работать автономно.

При выполнении режима ПДП центральный вычислитель выставляет в адресной части командного цикла адрес запроса прямого доступа к памяти соответствую-

щего контроллера. В старшей части адреса присутствует информация о виде запроса (в данном случае о запросе ПДП), а младшие восемь разрядов определяют адрес в рамках 256 словной страницы. Дешифратор адреса (DD39, DD41, DD42) вырабатывает сигнал идентификации запроса. Этот сигнал поступает на входы D триггера запроса прямого доступа DD43.2 и триггера DD58.1. При появлении сигнала СИА триггер DD43.2 взводится и вырабатывается сигнал DMK (запроса на захват локальной магистрали контроллера), а триггер DD58.1 сбрасывается, обеспечивая двунаправленную работу шинных формирователей DD27...DD30 под управлением сигнала ВВОД центрального вычислителя.

Одновременно записывается младший байт адреса в регистр фиксации адреса DD34; при этом сигнал с выхода триггера запроса ПДП поступает на вход D триггера выработки сигнала подтверждения разрешения на захват магистрали DD46.1. Этот триггер устанавливается в состояние «Лог. 1» сигналом DMCO (разрешения на захват магистрали), который вырабатывает процессор в ответ на пришедший сигнал DMK. После этого на вход SACK процессора поступает сигнал, показывающий, что магистраль занята. До исчезновения сигнала процессор контроллера остается «зажатым», а устройства, подключенные к его магистрали, становятся доступны другому активному устройству, в данном случае центральной ЭВМ.

В момент появления сигнала SACK деблокируется вентиль DD47.1, разрешая прохождение тактовой частоты на вход двоичного счетчика адресов DD48 автомата ПДП. По фронту тактового импульса счетчик изменяет свое состояние, и на выходах ПЗУ (DD49, DD50) устанавливается информация, которая записывается в выходные триггеры DD52, DD53 импульсом, сдвинутым на 90 ° относительно тактового. В зависимости от того, какая операция прямого доступа выполняется («ввод» или «вывод»), триггер обнаружения сигнала БАЙТ (DD46.2) находится в одном из двух состояний: «Лог. 1», если выполняется операция «вывод»; «Лог. 0», если — «ввод». Тем самым осуществляется коммутация частей ПЗУ, обеспечивающих формирование временной диаграммы соответствующего канального цикла (рис. 7). Карта прошивки ПЗУ представлена в табл. 3.

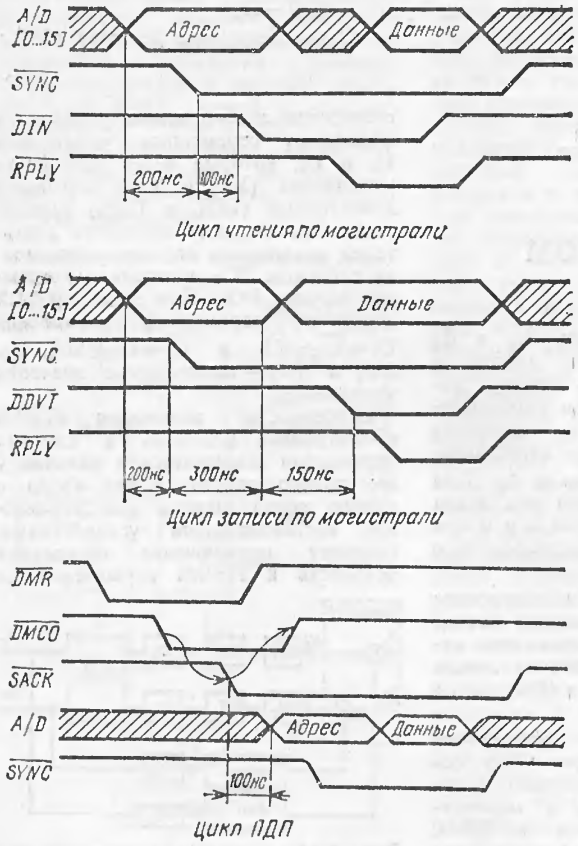


Рис. 7. Диаграммы сигналов магистрали контроллера

Таблица 3

Карта прошивки ПЗУ автомата ПДП

Адрес	Выходы					
	9 (1)*	11 (1)	10 (1)	9 (2)	10 (2)	12 (1)
	Цикл записи					
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	1
4	1	0	0	0	0	1
5	0	1	1	0	0	1
6	0	1	1	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0
	Цикл чтения					
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	1
13	0	1	0	1	0	1
14	0	1	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0

* В скобках указаны номера ПЗУ (ROM1, ROM2, соответственно).

Цикл ПДП начинается с чтения регистров страницы и фиксации адреса, т. е. на магистраль контроллера выставляется 16-разрядный адрес ячейки, к которой идет обращение. После этого последовательно вырабатываются сигнал СИА (выход элемента DD45.2), сигналы управления ШФ2 (выходы *6* и *11* DD52) и сигналы ВВОД или ВЫВОД (выходы элементов DD45.3, DD45.4 соответственно). При появлении одного из двух последних сигналов устанавливается триггер блокировки автомата (DD54.2) и запускается одновибратор 10 мкс задержки DD54.1. Сигнал с выхода триггера блокировки запрещает прохождение импульсов тактовой частоты на вход двоичного счетчика DD48, тем самым автомат переходит в состояние ожидания и находится в этом состоянии до появления сигнала СИП. При появлении этого сигнала триггер блокировки DD54.2 сбрасывается и автомат завершает канальный цикл. В конце цикла автомат возвращается в исходное состояние, сигнал со входа SACK процессора снимается. В случае отсутствия сигнала СИП более 10 мкс одновибратор вырабатывает сигнал сброса автомата в исходное состояние, а центральная ЭВМ переходит к обработке прерывания по зависанию в канале (вектор 4).

Представленная схема автомата ПДП не обеспечивает отработку цикла ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД со стороны центрального вычислителя. Поэтому при программировании обмена с типовым контроллером следует использовать команды с простыми канальными циклами ВВОД или ВЫВОД. Схема одноплатного модуля дает возможность разработчикам наращивать спецмодули в виде подключения дополнительных внешних устройств и

блоков памяти, так как область адресного пространства от 40000 до 177777 оставлена свободной.

При работе типового контроллера в автономном режиме и в составе многопроцессорной системы предусмотрена возможность подключения выносного отладочного пульта с индикацией. Пульт подключается через разъем XT1 и содержит 16 клавиш и 12 цифровых семисегментных светодиодных индикаторов. Для работы с пультом контроллер снабжается программой пультового отладчика, которая обеспечивает следующие функции:

чтение ячейки памяти или внешнего устройства,

чтение-запись ячейки памяти с инкрементом или декрементом адреса,

чтение или запись регистров процессора,

запуск в цикле программы с любого адреса,

прохождение программы в пошаговом режиме с любого адреса,

обработку векторов прерываний,

вывод на индикацию содержимого регистров процессора в восьмеричном или в десятичном виде.

Программа пультового отладчика занимает 1К байт системной памяти контроллера. Очевидно, что при использовании модуля в автономном режиме автомат ПДП на плату может не устанавливаться.

Конструктивно ТИК выполнен на плате размером 240×280 мм (плата микроЭВМ «Электроника МС 1201.01»). Ток потребления от источника +5 В равен 1,8 А, а от источников ±15 В — по 30 мА. В процентном отношении вычислитель модуля занимает примерно 50 % площади платы и по 25 % занимают соответственно периферия и автомат ПДП.

Заключение

Рассмотренный подход является одним из шагов в построении гибких, легко перестраиваемых системы числового программного управления многоцелевого назначения с высокой степенью надежности за счет резервирования управляющих частей системы. При некоторой доработке автомата ПДП появляется возможность, блокировав процессор типового модуля, напрямую работать с его периферией от центрального вычислителя. В этом случае плата контроллера представляет собой для центрального вычислителя обычное пассивное устройство.

Одним из путей дальнейшего развития многопроцессорных УЧПУ является разработка систем с элементами сетевой архитектуры, с возможностью независимого общения типовых контроллеров между собой. В этом случае центральный вычислитель как таковой в системе отсутствует, а сама система состоит из описанных типовых модулей. Отличие заключается в том, что в систему вводится арбитр доступа к магистрали — либо централизованный, либо распределенный. Примечательно, что предлагаемый аппарат ПДП при несложной доработке может работать и в двухстороннем режиме, изменится только прошивка ПЗУ и появится еще несколько триггеров управления. Схема значительно упрощается при использовании в качестве шинных формирователей микросхем К580ВА86 (К580ВА87).

Телефон для справок: 234-00-33, доб. 2-67, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евреинов Э. В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды.— М.: Радио и связь, 1981.— 208 с.
2. Филиппычев С. А., Майдыковский И. В. и др. Применение однокристального микропроцессора К1801ВМ1 в автономных системах сбора и обработки информации // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.— С. 51—57.
3. Комплекс БИС для системы ЧПУ «Электроника НЦ 80-31» / Бородачева А. Е., Бурмистров И. А., Гусев А. Н. и др. // Электронная промышленность.— 1985.— Вып. 7(145).— С. 7—17.

Статья поступила 28 июля 1986 г.

УДК 681.322 : 661.68.012—52

П. А. Обновленский, Е. А. Рудометов, А. Л. Фокин, В. Г. Харазов, Н. В. Капустина

МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА БК-0010» В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ КВАРЦЕВОГО СТЕКЛА

Для автоматизации процесса наплавления блочного кварцевого стекла газопламенным методом может быть использована микроЭВМ «Электроника БК-0010», выполненная на базе микропроцессора К1801ВМ1 [1]. Задачей системы управления является получение блоков кварцевого стекла высокого качества с жестким допуском по наружному диаметру. Специфика процесса исключает возможность непосредственного измерения диаметра блока, поэтому стабилизация диаметра осуществляется с помощью контроля косвенных параметров высоты (h) и диаметра (d) верхней части блока, измеряемых фотоэлектрическими преобразователями. Для этого была построена система моделей, позволяющая с необходимой точностью описывать динамику процесса наплавления. Динамика представлена в виде двух движений: медленного — движения средних переменных фактического состояния $\bar{h}_\Phi$ и $\bar{d}_\Phi$ (h_Φ и d_Φ — фактические высота и диаметр верхней части блока), вычисляемых по формулам скользящего среднего; быстрого — движения приращений Δh_Φ и Δd_Φ относительно средних значений $\bar{h}_\Phi$ и $\bar{d}_\Phi$. Для этих моделей был решен ряд задач оптимальной стабилизации h и d при заданном качестве наплавляемого стекла.

Ниже рассматривается построение аппаратной и программной частей системы управления процессом наплавления блоков кварцевого стекла с применением ПЭВМ «Электроника БК-0010».

Структура системы управления (рис. 1). Значения переменных состояния объекта с помощью фотодатчиков $ФД_1$ и $ФД_2$ и многоканального АЦП вводятся в ЭВМ, сравниваются с их заданными значениями ($h_з$ и $d_з$). МикроЭВМ в соответствии с алгоритмом управления формирует переменные управления U_1 и U_2, которые через устройства управления ($УУ_1$ и $УУ_2$) шаговыми двигателями ($ШД_1$ и $ШД_2$) воздействуют на скорость вращения двигателей механизмов опускания подложки с блоком $РО_2$ и питателя кварцевой крупки $РО_1$. При этом текущие значения переменных управления $U_1 = \bar{U}_1 \pm \Delta U_1$ и $\bar{U}_2 = U_2 \pm \Delta U_2$, где ΔU_1 и ΔU_2 — вычисляемые значения управлений.

Особенность включения ПЭВМ «Электроника БК-0010» в систему управления заключается в наличии у нее только одного порта ввода и одного порта вывода для управления нестандартными устройствами. Поэтому подключение нескольких устройств к ПЭВМ осуществляется

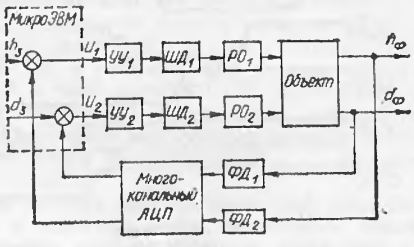


Рис. 1. Структурная схема системы управления

мультиплексированием портов ввода и вывода.

Схема подключения внешних устройств—четырех каналов АЦП, двух устройств управления шаговыми электродвигателями (ШД), блока контроля от таймера (КТ), двух фотоэлектрических датчиков (ФД), двух устройств контроля за шаговыми двигателями (КШД), а также схемы контроля четырех каналов АЦП ($КА_{1,2}$, $КА_{3,4}$) — представлена на рис. 2. Сигнал запуска соответствующего канала АЦП подается установкой в «1» разрядов 8...11 регистра порта вывода ПЭВМ. После приема сигнала готовности выбранного канала АЦП (разряды 8...10 регистра порта ввода) ПЭВМ осуществляет считывание данных, подаваемых с АЦП на разряды 0...7 регистра порта ввода. При этом сигналы с ФД подаются на $АЦП_1$ и $АЦП_2$. Разряды *13, 14* регистра порта вывода являются разрядами выбора соответствующего канала управления шаговыми электродвигателями. Выбор значения сигнала управления осуществляется подачей необходимого числа импульсов на ШД с соответствующего разряда. Реверс электродвигателей задается установкой разряда *12* порта вывода в «1». Поскольку система управления эксплуатируется в условиях наличия электромагнитных помех с возможностью формирования ложных импульсов управления, то для исключения неправильной установки шаговых электродвигателей в систему включен блок КШД, сигнал с которого подается на $АЦП_3$ и $АЦП_4$. Таким образом осуществляется контроль за положением шаговых электродвигателей и соответственно за значением сигнала управления.

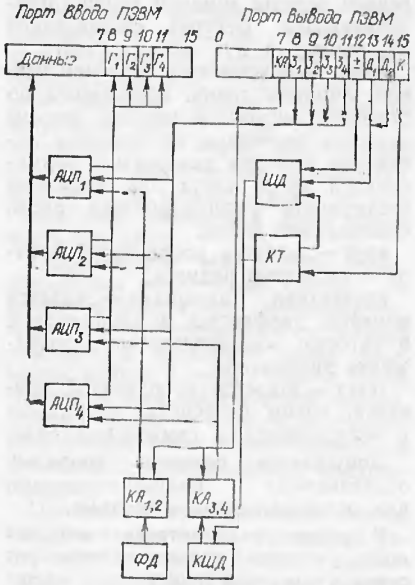


Рис. 2. Схема подключения внешних устройств

Достоверность вводимых данных с $АЦП_1$...$АЦП_4$ повышается многократным обращением к АЦП с последующей фильтрацией и усреднением вводимых данных по каждому каналу, осуществляемых программно ПЭВМ. В системе периодически контролируется работоспособность и линейность каналов АЦП. Данный режим задается установкой разряда *7* порта вывода в «1». К этому разряду подключены управляющие входы схем $КА_{1,2}$ и $КА_{3,4}$, в состав которых входят коммутаторы входов четырех каналов АЦП и генератор пилообразных импульсов. При появлении «1» в разряде *7* входы АЦП отключаются от ФД и КШД и генератор запускается; с выхода генератора пилообразный импульс подается на входы каналов АЦП, считывается по каждому из каналов АЦП и после усреднения сравнивается с эталоном.

Особо следует отметить функцию блока КТ. Поскольку сбои в работе ПЭВМ могут быть зафиксированы по нарушению времени цикла управления, блок КТ исключает зацикливание программы управления. Если в течение заданного времени, равного времени нескольких циклов, нарушается сброс контрольного сигнала, то возникает сигнал тревоги и система автоматически переходит в режим ручного управления. Перезапуск программы производится либо с начала, либо с контрольной точки. Для регламентированного перехода на ручное управление система включает соответствующие средства автоматики: переключатели управления, индикаторы визуального контроля, тактовый генератор, переключатели реверса и т. д.

В конструкции выбранной ПЭВМ нет встроенного таймера. Для этой цели в системе используется внешний генератор (мультивибратор), сигнал с которого подается на линию внешних прерываний [1]. Накопление импульсов и их анализ производятся программно.

Известно, что экономические и технические показатели системы зависят не только от выбора ЭВМ и разработки устройств сопряжения, но и от эффективного, надежного и недорогого ПО системы.

Учитывая инерционность в каналах управления процессом наплавления кварцевого стекла, целесообразно использовать языки высокого уровня с трансляторами интерпретирующего типа, применение которых позволяет сокращать время разработки ПО, а следовательно, и его стоимость в несколько раз относительно использования языков высокого уровня с трансляторами компилирующего типа [2]. Разработка ПО системы управления осуществлялась с применением интерпретатора языка Фокал, входящего в резидентное программное обеспечение ПЭВМ «Электроника БК-0010». Интерпретатор Фокала содержит необходимые средства для программирования процессов, требующих быстрой перестройки сбора данных и управления. Он содержит отладочные средства, что вместе с диалоговым режимом создает максимум удобств для пользователя при подготовке и отладке программ. Достоинство языка Фокал — возможность вывода графической информации, удобство и надежность файлового способа хранения программ и данных на магнитной ленте, наличие стандартных функций управления общей шиной и портами ввода и вывода. Все это позволяет создавать эффективное ПО системы, построенное по модульному принципу. Из этих модулей создано несколько вариантов управляющих программ и разработаны тесты для отладки отдельных аппаратных модулей, входящих в систему управления.

С помощью управляющей программы, работающей в режиме «советчика оператора», была проведена большая серия экспериментов для всестороннего изучения объекта управления. Накопленные данные обрабатывались на ЭВМ ЕС 1033 с использованием пакета научных подпрограмм на языке Фортран для построения математической модели процесса управления. Используя возможность стыковки программ системы ДИАСП с программами на Фортране, совместимость программ на языке Фокал и в системе ДИАСП, моделирование было осуществлено на СМ4. В результате создана эффективная программа системы управления технологическим процессом наплавления блоков кварцевого стекла.

Функциональная схема основного модуля программы управления (рис. 3). После запуска программы начальные данные вводятся либо с клавиатуры (КЛ), либо с магнитной ленты (МЛ). Эти данные определяют как работу алгоритма управления так и конфигурацию аппаратной части системы. Ввод данных с ФД осуществляется в ручном режиме с КЛ или в автоматическом режиме через АЦП. Программа работает под управлением программного таймера или от таймера с внешним генератором.

После ввода начальных данных и установки необходимых программных переменных происходят сброс и запуск аппаратного модуля КТ. Особенностью алгоритма управления является наличие двух основных циклов: цикла «быстрого» алгоритма (БА) с периодом 5...10 мин и цикла «медленного» алгоритма (МА) с периодом 1,5...2 ч, при этом периоды задаются программно. После ввода данных с ФД вычисляются значения необходимых управлений U_1, U_2, выводятся на экран цветного видеоконтрольного устройства (ВКУ) два

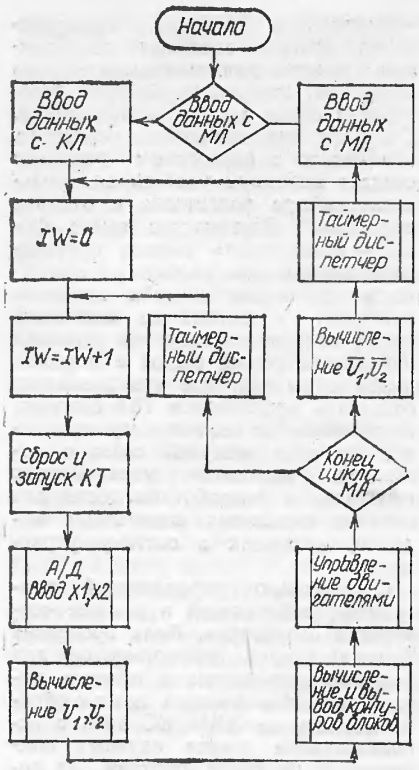


Рис. 3. Функциональная схема основного модуля программы

графических контура: форма фактически наплавленного блока (красный цвет) и форма заданного блока (синий цвет).

После обработки управляющих воздействий U_1 и U_2 анализируется переменная цикла БА. Если наступил очередной цикл МА, вычисляются новые значения $\overline{U_1}$, $\overline{U_2}$ и выводятся накопленные данные на МЛ. После необходимых вычислений управление передается таймерному диспетчеру, который обеспечивает контроль за оставшимся временем цикла БА и передачу управления на программы контроля. Таким образом, использование высокопроизводительной 16-разрядной ПЭВМ позволяет за время одного цикла анализа введенных данных и вычисления необходимого управления не только тестировать многоканальный АЦП и контролировать зацикливание программы управления, но и вводить в управляющую программу ряд контрольных примеров для тестирования процессора и области оперативной памяти, занятой программой, что повышает достоверность работы системы. Одновременно с контрольными функциями анализируется состояние клавишного регистра. В случае нажатия клавиши из заданного набора режимов производится либо переконфигурация системы, либо ввод данных с целью коррекции необходимых переменных, либо на экран выводится символьно-графическая информация о ходе процесса. Эти дополнительные функции (14 режимов) обеспечивает программа клавишного диспетчера, вызываемого таймерным диспетчером (на функциональной схеме не показана).

Применение микроЭВМ «Электроника БК-0010» в системе управления производством кварцевого стекла показало ее высокую надежность и эффективность.

Телефон для справок: 292-35-26, Ленинград.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бытовая персональная микроЭВМ «Электроника БК-0010» / С. М. Косенков, А. Н. Полосин, З. А. Счепицкий и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.— С. 22—25.
2. Chaky M., Davidson G., Lee R. and oth. Process Control BASIC Simplifies Programming // Instruments Control systems.— 1984.— № 1.— P. 51—54.

Статья поступила 19 декабря 1985 г.

УДК 681.3 : 621.3.049.77

Р. П. Алексеева, А. В. Жильцов, Л. Е. Коробова, О. А. Михайлов, М. И. Песков, Ю. Н. Сулицкий

ДВК-2М В ПРОИЗВОДСТВЕ ФОТОШАБЛОНОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Большинство систем автоматического проектирования (САПР) топологии печатных плат (ПП) выдает информацию о спроектированном рисунке в виде команд управления каким-либо технологическим автоматом, изготавливающим фотошаблоны. Более перспективны комплексные системы САПР — АСУТП, в которых САПР топологии ПП взаимодействует с самостоятельной автоматизированной системой управления технологическими процессами изготовления фотошаблонов и выпуска конструкторской документации на слои. Примером такой АСУТП может служить система машинного описания топологии и изготовления фотошаблонов (МОТИФ), реализованная в 1971 г. на ЭВМ «Наири» [1]. В 1978 г. система переведена на ЭВМ «Электроника 100И» и успешно эксплуатируется до сих пор, обеспечивая изготовление фотошаблонов для печатных плат, микросборок и интегральных схем.

В настоящее время закончена разработка программного обеспечения системы МОТИФ для диалогового вычислительного комплекса ДВК-2М. Применение ДВК-2М делает систему более дешевой, простой и надежной в эксплуатации, а использование серийно выпускаемых плат магистрального интерфейса МПП (ОСТ 11.305.903—80) позволяет пользователю построить необходимую аппаратную конфигурацию системы.

Входной язык системы

Язык МОТИФ отличается наглядностью и удобством для чтения, ориентирован на использование в ЭВМ с небольшой памятью. Он служит не только удобной границей между задачами САПР и АСУТП изготовления фотошаблонов, но и обеспечивает возможность простого перевода графического рисунка, спроектированного вручную, в машинное описание рисунка. 15 лет эксплуатации позволили усовершенствовать язык и довести его до уровня стереотипности. Выпущен отраслевой стандарт на язык [2].

Рисунок в языке МОТИФ описывается иерархической структурой фрагментов рисунка. Каждый фрагмент рисунка дается в собственной системе координат. Размещение подчиненного фрагмента в системе координат, стоящего выше по иерархии, указывается координатой начальной точки и кодом разворота (кратного 90°). Весь рисунок тоже называется фрагментом.

Кроме подчиненных фрагментов в состав массива описания фрагмента входят фигуры. В языке используются следующие типы и способы описания фигур:

контур — фигура описывается перечнем вершин ломаной линии (ограничивающей фигуру), составленной из прямых и дуг окружностей;

линия — описывается перечнем вершин ломаной линии, проходящей по середине фигуры, а ширина фигуры задается значением полуширины линии или номером диафрагмы, формирующей пучок света при движении инструмента фотопостроителя вдоль описываемой линии;

круг — задается координатой центра и значением радиуса;

контактная площадка — задается номером диафрагмы и координатой, в которую «впечатывается» изображение диафрагмы;

текст — задается координатой привязки, кодом разворота, масштабом и записывается в символьном виде.

Допускается описание спиралей, образованных полуокружностями или ортогональными отрезками.

В языке предусмотрена возможность указания принадлежности рисунка к тому или иному слою, масштаба увеличения или уменьшения, описания повторяемости элементов

рисунка, размещенных на одинаковом расстоянии (мультипликация), и т. д. В состав языка входят слова, обеспечивающие управление процессом изготовления рисунка на программных автоматах и редактирование рисунка. Таким образом, все взаимодействие оператора с системой осуществляется на языковом уровне однотипно, с удобной и простой мнемоникой.

Программное обеспечение системы

Программы системы решают следующие задачи управления производством фотошаблонов:

кодирование первичного эскиза в исходное описание на языке МОТИФ в случае ручного проектирования топологии;

редактирование исходного описания (в случае, если обнаружены ошибки);

преобразование исходного описания в команды управления технологическими автоматами.

При кодировании информации с эскиза используются кодировщики с ценой единичного шага 0,1 мм. Привязка к координатной сетке с другим шагом (например, шаг сетки 1,25; 2,5 или 5 мм) осуществляется программой расчета координатной сетки. Применение специальной программы позволяет оператору размещать эскиз относительно системы координат кодировщика без точной юстировки, обеспечивать кодирование рисунков с искаженной координатной сеткой (например, в случае кодирования рисунка с синекопий). Программа допускает различные дефекты координатной сетки: растяжение или сжатие, косоугольность, волнообразное изменение шага. Программа позволяет также объединять чертежи, выполненные на нескольких листах.

Программа редактирования дает возможность установить адреса начала и конца произвольного участка описания рисунка. Выделенный участок описания можно вывести на текстовый дисплей для анализа и исправления, а также использовать его для контрольной прорисовки. Этот участок можно удалить из описания или добавить к нему новую часть описания.

Применяются три способа указания адреса выделяемого участка: номером ячейки ОЗУ; иерархическим адресом в соответствии со структурой языка, т. е. указанием имени фрагмента, номера фигуры и номера слова; значением координаты точки, относящейся к одной из вершин, описывающих фигуру (этот способ удобен при редакции с использованием кодировщика).

Программы, преобразующие исходное описание рисунка в команды управления технологическими автоматами, в процессе управления осуществляют необходимую технологическую обработку рисунка. Типичным примером может служить программа управления фотопостроителем (рис. 1), обеспечивающая:

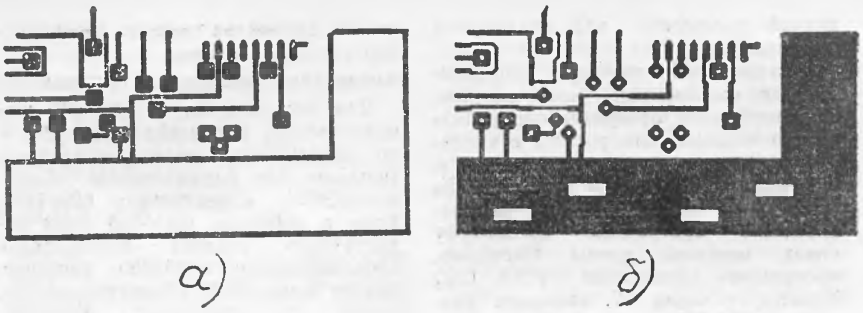


Рис. 1. Фрагмент фотошаблона печатной платы (увеличено в 1,5 раза): *а* — исходный рисунок, *б* — после обработки программами обхода узких мест и закраски контуров

обход узких мест (изменением конфигурации проводников и/или заменой контактных площадок);

закраску широких проводников и экранов (при этом программа вводит технологические прорези);

сдвиг линий, ограничивающих контур платы так, чтобы при обрезке металл контурной линии остался вне поля платы.

Определенные технологические трудности представляет процесс изготовления и юстировки диафрагм, используемых в фотопостроителе для формирования пучка света. Программа, используемая в системе МОТИФ, обеспечивает коррекцию координат так, чтобы компенсировать неточности изготовления и юстировки комплекта диафрагм фотопостроителя.

Другой пример — программа, обеспечивающая выпуск конструкторской документации на топологические слои печатных плат графопостроителем. Программа формирует конфигурацию условных обозначений контактных площадок, осуществляет штриховку контуров, вводит координатную сетку и оформляет периферию чертежа (рамку, штамп, соответствующие надписи).

Программное обеспечение предусматривает выполнение следующих операций:

ввод информации с кодировщика;

ввод и вывод с клавиатуры текстового дисплея;

ввод-вывод описания рисунка на гибкие диски;

ввод-вывод описания рисунка на перфоленту;

вывод рисунка на фотопостроитель;

вывод рисунка на графопостроитель;

изготовление перфоленты для сверлильного станка с ЧПУ (программа оптимизирует порядок обхода отверстий — змейкой);

контрольную прорисовку перфоленты для сверлильного станка.

Модульный принцип организации системы обеспечивает простое подключение программ для выполнения других операций или перечисленных выше операций на других автоматах. Программное обеспечение позволяет одновременно управлять несколькими автоматами.

Длительная эксплуатация системы программ в производственных условиях, неоднократная переделка всего комплекса программ при переводе из одной ЭВМ в другую позволили отобрать оптимальные алгоритмы преобразования графической информации, сделать программы удобными для оператора-пользователя.

Ограничения программного обеспечения системы МОТИФ

Комплекс программ МОТИФ близок по своим возможностям к основным пакетам программ таких систем, как АРМ-Р и КУЛОН 1, и отличается в основном тем, что обеспечивает управление технологическими автоматами по электрическим каналам связи. Все алгоритмические преобразования информации для формирования следующей команды осуществляются в процессе выдачи команд управления, что требует высокой скорости работы программы. ЭВМ должна готовить новую команду управления за время пока автомат отрабатывает предыдущую. Другими словами, время работы программы должно быть соизмеримо с временем работы автомата по изготовлению рисунка.

Отсутствие в микроЭВМ ДВК-2М команд расширенной арифметики (умножения, деления, действий над числами с плавающей запятой) и требование максимальной скорости работы программы обусловили следующие ограничения, связанные в первую очередь с длиной числа:

разрешение или единичный шаг. В программе осуществляются действия только с целыми числами. Значение (величина) единичного шага может быть любым (например, 0,1; 1; 10; 1,25 мкм) и определяется оператором, инструкциями к конк-

ретной программе или стандартом предприятия;

максимальное значение координаты или максимальное поле рисунка. Основной пакет программ предусматривает возможность работы с числами в 20 двоичных разрядах, т. е. максимальным значением 1048575_{10} единичных шагов. Некоторые специальные программы используют числа меньшей длины. Например, программа управления КПА 1200 использует числа 17 двоичных разрядов ($131\,071_{10}$ шагов), что при шаге 10 мкм позволяет описывать рисунок на всем поле координатографа. Для фотопостроителя ЭММА30 используется шаг 10 мкм и одноячеечная координата (16 разрядов), что позволяет описывать рисунок на поле 600×600 мм;

максимальный объем описания рисунка определяется объемом ОЗУ, выделенным для размещения описания; зависит от опыта оператора, сложности рисунка и объема вспомогательных данных для работы программ. Численное значение этого параметра дать трудно. Опыт эксплуатации показывает, что обработка информации для плат размером 200×200 мм проходит без ограничений. Для плат размером более 300×300 мм иногда объема ОЗУ недостаточно. В этих случаях рисунок платы кодируется двумя частями и задача решается за счет увеличения времени работы.

Другие ограничения определяются используемыми технологическими автоматами. Для большинства автоматов рисунок строится только из отрезков прямых, размещенных под любым углом к осям координат, окружностей и дуг окружностей. Число и типы линий и контактных площадок, формируемых набором диафрагм в фотопостроителях, тоже определяются типом применяемого автомата. Опыт эксплуатации фотопостроителей фирмы QUEST типов ЭММА2 и ЭММА30 показывает, что фотошаблоны для любых плат могут быть изготовлены комплектом из 16 диафрагм. Возможность изготовления групп контактных площадок или других часто повторяющихся сложных рисунков заложена в языке МОТИФ (фрагменты рисунка).

Действующее программное обеспечение может управлять кодировщиками серии 2000 фирмы SUMMAGRAPHICS, графопостроителями серии 5000, фотопостроителями ЭММА30 фирмы QUEST, сверлильным автоматом AKF 23SW фирмы SHMOLL, координатографами КПА 1200.

Разработка программ управления аналогичными автоматами других типов требует небольшого времени для программиста, знакомого с программами системы МОТИФ. Для любого нового комплекта технологических автоматов система перестраивается за 3...4 месяца.

Аппаратная реализация системы

Для подключения к ДВК-2М технологических автоматов целесообразно использовать модули последовательного или параллельного обмена микроЭВМ «Электроника 60» [3]. Если в субблоке ДВК-2М мест недостаточно, следует использовать дополнительные субблоки расширения от микроЭВМ «Электроника 60».

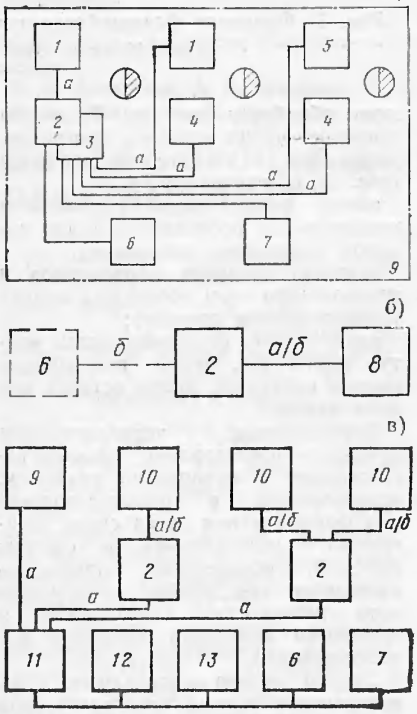


Рис. 2. Редактирующий комплекс (*а*), схема подсоединения фотопостроителя (*б*) и комплекс управления участком фотошаблонов (*в*):

1 — кодировщик графической информации, *2* — ДВК-2М, *3* — субблок расширения, *4* — алфавитно-цифровой дисплей, *5* — графопостроитель, *6* — фотоввод, *7* — перфоратор, *8* — фотопостроитель, *9* — редактирующий комплекс, *10* — технологический автомат, *11* — архивная ЭВМ, *12* — накопитель на дисках, *13* — накопитель на ленте

На рис. 2,*а* приведена схема редактирующего комплекса на базе ДВК-2М. Объем ОЗУ ДВК-2М позволяет организовывать одновременную независимую работу трех операторов (два — на операции кодирования и один — на операциях прорисовки и редактирования описания).

Управление фотопостроителем требует большого объема ОЗУ для размещения вспомогательных массивов. В этом случае к ДВК-2М целесообразно подключить только фотопостроитель и организовать одно рабочее место (рис. 2,*б*). Информацию о рисунке можно передавать транспортом на гибком диске или перфоленте.

На базе нескольких микроЭВМ ДВК-2М можно построить эффективную систему управления участка производства фотошаблонов (рис. 2,*в*). В состав системы вводится «архивная» ЭВМ, т. е. машина с развитой внешней памятью, в которой хранятся используемые программы и все массивы данных, обрабатываемых системой. Вся информация в системе передается не транспортом машинных носителей, а по проводам через «архивную» ЭВМ. Для участков с небольшой производительностью в качестве «архивной» можно использовать ДВК-2М. В общем случае нужна машина с накопителями на жестких дисках, магнитной ленте и с перфораторной станцией.

Организация системы по схеме, показанной на рис. 2,*в*, позволяет исключить из ДВК-2М блок гибких дисков, что обеспечивает более высокую надежность системы. Для реализации такой структуры в ДВК-2М изменяется ПЗУ так, чтобы при включении питания или стартовом пуске ДВК-2М запрашивал программу не из блока гибких дисков, а от «архивной» ЭВМ.

Все программное обеспечение системы МОТИФ разработано на ассемблере без использования операционных систем. Обращение к дисковым накопителям и внешним устройствам осуществляется программами, разработанными в объеме системы.

Таким образом, применение микропроцессорной техники и разработанная система программного обеспечения позволяют строить недорогие и эффективные системы управления графическими автоматами для отдельного пользователя с учетом специфики его работы и для мощных производственных участков и лабораторий.

Телефон для справок: 264-15-67, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система машинного описания топологии и изготовления фотошаблонов ИС / О. А. Михайлов, Н. Е. Беляева, В. М. Ермолаев, Н. П. Немцов // Электронная промышленность.— 1975.— № 6.— С. 12—17.
2. Отраслевой стандарт ОСТ 3—5611—83. Автоматизированная система управления технологическим процессом изготовления фотошаблонов. Входной язык описания топологического рисунка технологических слоев изделий радиоэлектронной аппаратуры.
3. Магистрально - модульные микропроцессорные системы /Б. М. Малашевич, В. Л. Дшхунян, Ю. И. Борщенко и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1984.— № 4.— С. 3—11.

Статья поступила 18 июля 1986 г.

УДК 621.3.049.771.14

А. Г. Алексенко, А. А. Галицын, К. Н. Баландин, С. В. Наратов

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ БИС НА БАЗЕ МИКРОЭВМ ДВК-2М

Разработанная система автоматизированного проектирования (САПР) цифровой аппаратуры на основе БИС ПЛМ К556РТ1 и К556РТ3 позволяет формализовать и автоматизировать процесс проектирования комбинационных и последовательностных узлов цифровых устройств и тем самым снижать на порядок трудоемкость их разработки. Использование микросхем КР556РТ1 и К556РТ3 (табл. 1) в цифровой аппаратуре позволяет повысить надежность аппаратуры, уменьшить ее массу, габаритные размеры, потребляемую мощность.

Области применения БИС ПЛМ К556РТ1 и К556РТ3 определяются

Таблица

Технические характеристики БИС ПЛМ

Параметр	К556РТ1	К556РТ3
Число входных переменных	16	16
Число выходных переменных	8	8
Число термов	48	48
Разрядность регистра состояний	—	6
Элементный базис	ТТЛШ	ТТЛШ
Напряжение питания, В	5	5
Ток потребления, мА	170	170
Задержка переключения, нс	60	60
Входной ток „Лог. 0", мА	—0,25	—0,25
Выходной ток „Лог. 1", мкА	100	100

их структурной организацией. БИС **К556РТ1** — это регулярная матричная логическая схема, преобразующая 16-разрядный входной код в 8-разрядный выходной. Основу микросхемы составляют две матрицы: конъюнкций (сорок восемь 16-входовых элементов И) и дизъюнкций (восемь 48-входовых элементов ИЛИ). Все 48 конъюнктивных элементов подсоединяются плавкими нихромовыми перемычками к любому из восьми элементов ИЛИ матрицы дизъюнкций. На входы каждой конъюнкции через плавкие перемычки подается прямое и инверсное значение любой из 16-входных переменных. Программирование БИС ПЛМ осуществляется пережиганием плавких перемычек на входах конъюнкций и дизъюнкций.

Микросхема К556РТ1 в основном предназначена для выполнения комбинационных функций (преобразование кодов, шифрация и дешифрация). При разработке устройств последовательного типа на основе БИС К556РТ1 необходимо соединить часть выходов ПЛМ через регистр обратной связи (регистр состояний) со входами. Более совершенным устройством для реализации последовательностных функций является БИС **К536РТ3** — программируемый логический контроллер на основе ПЛМ, выполненный на одном кристалле. Помимо элементов, имеющихся в микросхеме К556РТ1, в нее входят 6-разрядный регистр обратной связи (регистр состояний), входы которого соединены с элементами матрицы дизъюнкций, а выходы — со входами матрицы конъюнкций, 8-разрядный выходной регистр, фиксирующий выходные сигналы, а также матрица обращений, обеспечивающая работоспособность БИС ПЛМ в сети нескольких таких БИС.

В методике проектирования цифровых систем на основе БИС ПЛМ цифровое устройство (рис. 1) рассматривается как совокупность двух крупных блоков (автоматов) — операционного (ОА) и управляющего (УА). Автоматы взаимодействуют с источником цифровой информации при помощи информационных ($X_и$, $Y_и$) и управляющих ($X_у$, $Y_у$) сигналов, а между собой при помощи управляющих сигналов ($X_{оу}$, $Y_{оу}$). Операционный автомат выполняет арифметические и логические операции, операции передачи информации и состоит из элементов хранения, перемещения и обработки информации, т. е. из регистров, мультиплексоров, сумматоров, арифметико-логических устройств и т. п. Управляющий автомат при помощи сигналов $Y_{оу}$ управляет выполнением различных операций в ОА. Информацию о результатах этих операций УА получает при помощи сигнала $X_{оу}$. Множества $X_{оу}$ и $X_у$ рассматриваются как единое множество X входных сигналов УА, а множества $Y_{оу}$ и $Y_у$ — как единое множество Y его выходных сигналов.

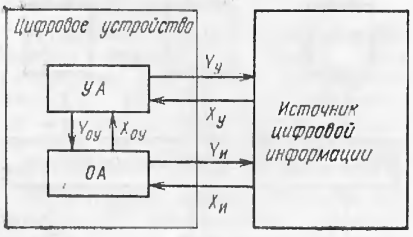


Рис. 1

Разбиение цифровой системы (на любом уровне ее рассмотрения) на две части и выделение централизованного устройства управления позволяет упростить анализ функционирования цифровой системы; создать возможность для формализации проектирования управляющей части цифрового устройства, а также для реализации этого крупного блока в виде БИС; обеспечить сквозной контроль всех этапов проектирования цифровой системы; облегчить контроль работоспособности цифрового устройства.

На микросхемах К556РТ1 и К556РТ3 можно создать управляющий автомат, а также некоторые элементы операционного автомата. В основном же операционный автомат выполнен на стандартных микросхемах. При проектировании цифровых устройств по данной методологии для заданного набора операций разрабатывается структурная схема операционного автомата, т. е. схема соединения операционных элементов. Далее выявляются сигналы для управления работой элементов в операционном устройстве, а также контроля за результатами выполнения операций. Эти сигналы в совокупности являются исходной информацией для разработки управляющего автомата. Работа управляющего автомата описывается графом переходов (рис. 2). Вершины его соответствуют состояниям автомата, а ребра — переходам. В вершинах графа проставляются номера состояний (A_s), а над ребрами — номер перехода (N), набор входных сигналов (X), под воздействием которого происходит переход f, набор выходных сигналов (Y_f), устанавливающийся по окончании перехода, кроме того, указывается тип перехода (S).

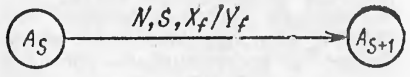


Рис. 2

В управляющем автомате возможны следующие типы переходов: синхронный (S) — переход из одного состояния в другое с поступлением истинного входного набора сигналов по тактовому импульсу, причем поступление нового тактового импульса без изменения входного набора либо при наличии ложного входного набора ведет к сбою в работе УА; асинхронный тактируемый (AST) —

в отличие от синхронного перехода поступление нового тактового импульса без изменения входного набора либо при наличии ложного входного набора сигналов не вызывает изменения состояния автомата и выходного набора сигналов; асинхронный нетактируемый (AS) — переход не требует поступления тактового импульса и происходит по мере готовности входного набора сигналов, причем состояние автомата и выходной набор сигналов не изменяется до поступления следующего истинного входного набора.

По окончании составления графа переходов управляющего автомата разработка цифровой системы завершается. Граф описывается на входном языке САПР, и полученная информация в текстовом виде вводится в систему автоматизации. САПР обеспечивает выполнение всех этапов цикла проектирования в автоматизированном режиме. По указанной во входном языке информации выявляется возможность реализации управляющего автомата на БИС ПЛМ той или иной серии. Состояния автомата формально кодируются в зависимости от выбранной серии БИС ПЛМ и типов переходов проектируемого автомата. При необходимости системой осуществляется генерация таблиц истинности для структуры из нескольких БИС ПЛМ. Полученная таким образом информация (таблицы истинности ПЛМ) является исходной для программирования БИС ПЛМ. Перечисленные этапы процесса проектирования поддерживаются программными модулями САПР.

САПР реализована на базе микроЭВМ ДВК-2М и включает в себя дополнительные технические и программные средства. К техническим относится программатор, выполненный в виде встраиваемой в ДВК-2М интерфейсной платы, обеспечивающей программирование БИС ПЛМ и контроль записанной информации, к программным — программные модули САПР, работающие под управлением операционной системы RT-11: SINT, DEC, COR, FIRE, BURN, READ.

Модуль **SINT** осуществляет: синтаксический контроль текста файла-задания (файл-задание с помощью редактора общего назначения SCREEN создается пользователем САПР на гибком магнитном диске и содержит составленное на входном языке САПР описание графа переходов); вывод на экран дисплея информации о возможностях реализации автомата на БИС К556РТ1 и К556РТ3, а также информации о количестве необходимых для этого микросхем; синтез таблицы истинности управляющего автомата на основании текста файл-задания.

Модуль **DEC** выполняет: кодирование состояний; разбиение при необходимости входной информации по БИС ПЛМ (в графе переходов управляющего автомата может содержаться до 63 входных и 63 выходных переменных, до 400 переходов); вывод на экран дисплея промежуточной информации, позволяющей контролировать процесс проектирования; вывод на экран дисплея и гибкий магнитный диск таблиц истинности ПЛМ (зашивки ПЛМ), а также таблиц, устанавливающих соответствие между обозначениями сигналов управляющего автомата (введенными пользователем на графе переходов) и выводами микросхемы.

Модуль **COR** — это специальный экранный редактор, позволяющий легко и быстро корректировать полученные на гибком магнитном диске таблицы. Можно, в частности, изменить соответствие между обозначениями сигналов автомата (отрабатываемыми в данной БИС ПЛМ) и выводами микросхемы, что облегчит трассировку печатных плат, содержащих БИС ПЛМ.

Модуль **FIRE** осуществляет: контроль целостности всех перемычек программируемой микросхемы; пережигание плавких нихромовых перемычек в соответствии с таблицей истинности и функциональный контроль запрограммированной БИС ПЛМ. При функциональном контроле на входы микросхемы в соответствии с исходным текстом задания подаются входные сигналы, а получаемые при этом выходные сигналы проверяются на соответствие исходному заданию. Тем самым гарантируется отсутствие дефектов в микросхеме и ее функционирование в соответствии с требованиями ТЗ.

Модуль **BURN** — это сервисная программа, позволяющая осуществить допрограммирование отдельных конъюнкций и дизъюнкций БИС ПЛМ.

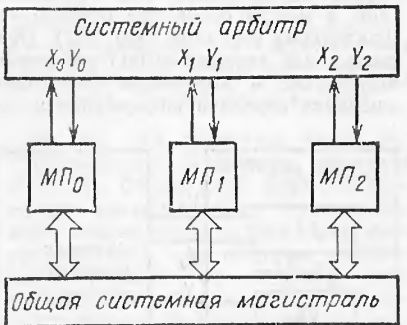


Рис. 3

Модуль **READ** обеспечивает «чтение» запрограммированных микросхем.

Разработка цифровой аппаратуры на основе САПР может быть продемонстрирована на **примере** проектирования арбитра приоритетного управления доступом к системной шине группы микропроцессоров (рис. 3). По мере поступления от микропроцессоров $МП_0$...$МП_2$ сигналов X_0...X_2 запроса на обслуживание данный арбитр обеспечивает выдачу сигналов Y_0...Y_2 разрешения доступа к системной магистрали. При этом предполагается, что приоритетность микропроцессоров $МП_0$...$МП_2$ возрастает в порядке увеличения их номеров; после доступа микропроцессора к системной магистрали он исключается из рассмотрения арбитром.

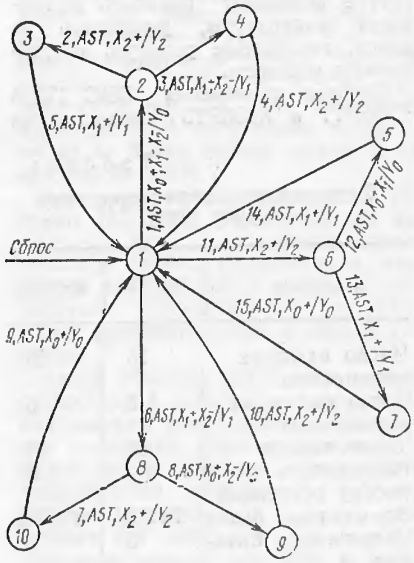


Рис. 4

Граф переходов системного арбитра представлен на рис. 4. Со знаком «+» отмечаются прямые значения входных переменных, со знаком «—» — инверсные. После знака «/» указываются выходные переменные, имеющие после выполнения перехода значение «Лог. 1». Переход 1 на графе переходов соответствует разрешению доступа к магистрали микропроцессора $МП_0$ при отсутствии запросов от $МП_1$ и $МП_2$. Переход 11 соответствует разрешению доступа к магистрали $МП_2$ вне зависимости от запросов $МП_0$, $МП_1$. Переход 6 разрешает доступ $МП_1$ при отсутствии запроса от $МП_2$ и вне зависимости от запроса $МП_0$. Переходы 2, 3, 10, 14 осуществляются при исключенном из рассмотрения микропроцессоре $МП_0$, переходы 12, 13, 5, 9 — при исключенном $МП_2$, переходы 7, 8, 4, 15 — при исключенном $МП_1$.

Граф переходов описан на входном языке САПР (рис. 5). Каждый

Таблица 2

Таблица истинности БИС ПЛМ К556РТ3

Номер терма	Номер строки	Входные переменные	Матрица обращения	Внутренний регистр, исходное состояние	Выходные переменные	Матрица обращения	Внутренний регистр, конечное состояние
		XXXXXXXXXXXXXXXX 0000000001111111 1234567890123456	C	PPPPPP 000000 123456	YYYYYYYY 00000000 12345678	M	TTTTTT 000000 123456
01	014	X1XXXXXXXXXXXXXX	1	000111	001	0	111111
02	013	X1XXXXXXXXXXXXXX	1	000011	001	0	000001
03	005	X1XXXXXXXXXXXXXX	1	000110	001	0	111111
04	006	X10XXXXXXXXXXXXX	1	111111	001	0	000010
05	011	XX1XXXXXXXXXXXXX	1	111111	010	0	000011
06	010	XX1XXXXXXXXXXXXX	1	001000	010	0	111111
07	007	XX1XXXXXXXXXXXXX	1	000010	010	0	000100
08	004	XX1XXXXXXXXXXXXX	1	000101	010	0	111111
09	003	X10XXXXXXXXXXXXX	1	001001	010	0	000101
10	002	XX1XXXXXXXXXXXXX	1	001001	010	0	000110
11	015	1XXXXXXXXXXXXXXX	1	000001	100	0	111111
12	012	10XXXXXXXXXXXXXX	1	000011	100	0	000111
13	009	1XXXXXXXXXXXXXXX	1	000100	100	0	111111
14	008	1X0XXXXXXXXXXXXX	1	000010	100	0	001000
15	001	100XXXXXXXXXXXXX	1	111111	100	0	001001
		XXX 012			YYY 021		
Выводы БИС ПЛМ		0000000022222222 9876543276543210			11111111 78012356		

Примечание. • (точка) — незапрограммированный вывод БИС.

оператор входного языка соответствует одному переходу на графе переходов. Порядковый номер оператора соответствует номеру перехода. Для каждого перехода указываются номер исходного состояния, тип перехода (S, AST, AS) и номер последующего состояния. Далее после знака равенства идет перечисление (через запятую) идентификаторов (введенных разработчиком мнемонических обозначений) входных и выходных переменных. Каждый оператор завершается знаком «;».

```
1.A1-AST-A2=X0+,X1-,X2-/Y0;
2.A2-AST-A3=X2+/Y2;
3.A2-AST-A4=X1+,X2-/Y2;
4.A3-AST-A1=X1+/Y1;
5.A4-AST-A1=X2+/Y2;
6.A1-AST-A8=X1+,X2-/Y1;
7.A8-AST-A9=X0+,X2-/Y0;
8.A8-AST-A10=X2+/Y2;
9.A10-AST-A1=X0+/Y0;
10.A9-AST-A7=X2+/Y2;
11.A1-AST-A6=X2+/Y2;
12.A6-AST-A5=X0+,X1-/Y0;
13.A6-AST-A7=X1+/Y1;
14.A5-AST-A1=X1+/Y1;
15.A7-AST-A1=X0+/Y0;
```

Рис. 5

С помощью редактора общего назначения SCREEN на гибком магнитном диске создается файл-задание. Программным модулем SINT контролируется синтаксис текста файла-задания и выявляется, что автомат может быть реализован на БИС ПЛМ К556РТ3. Модуль DEC кодирует состояние графа переходов и генерирует таблицу истинности БИС ПЛМ (табл. 2).

В таблице над значениями переменных указываются имена, присваиваемые переменным программой, X01...X16, Y01...Y08, под значениями — имена, присваиваемые пользователем, X0...X2, Y0...Y2. Программируется микросхема модулем FIKE.

Приведенный пример наглядно демонстрирует преимущества применения САПР при проектировании цифровых систем. Рассмотренная персональная САПР сокращает сроки разработки цифровой аппаратуры приблизительно на порядок, открывает новые возможности для упрощения трассировки печатных плат. Широкое внедрение предлагаемой системы, несомненно, повысит эффективность и качество разработок.

Телефон для справок: 273-00-13, доб. 31-06, Москва.

Статья поступила 11 октября 1986 г.

Дополнение к статье М. М. Грудинина, А. Ю. Сенченковой «Операционная система в ПЗУ» («МП» № 6, 1986)

На базе системы «Рось» разработана и внедрена в Азербайджанской ССР система программирования на азербайджанском языке, выполненная, как и система «Рось», в ПЗУ.

Подобная система программирования может быть реализована на любом языке народов СССР при наличии соответствующего набора символов у дисплея типа 15ИЭ-00—013 и сотрудничестве разработчиков «Роси» со специалистами союзных республик. Обмен программами возможен на уровне машинных носителей: программа с «русской» машины на «азербайджанской» машине распечатается на азербайджанском языке и наоборот. Такие программно-технические средства найдут широкое применение для обучения основам программирования школьников, студентов и т. д.

УДК 681.322.1—181.4

А. Д. Чернявский, В. И. Шаповалов

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА НЦ 80-20» И НМЛ

В некоторых случаях [1, 2] распределенную обработку информации в вычислительных комплексах на основе автономных ЭВМ проще и экономичнее организовать с обменом данных на машинных носителях. Для увеличения возможностей ДВК предлагается расширить состав периферийных устройств, подключая накопитель на магнитной ленте (НМЛ) типа СМ5300.01 (см. рисунок) к системной магистрали микроЭВМ «Электроника МС 1201.01» [3] через устройство управления магнитными лентами (УУМЛ) 15ВВМЛ-10—001. УУМЛ предназначено для управления двумя НМЛ типа ИЗОТ 5003. Оно обеспечивает выполнение чтения, записи, записи конца файла, записи с расширенным межзонным промежутком, пропуска вперед и назад, перемотки и «нет операции».

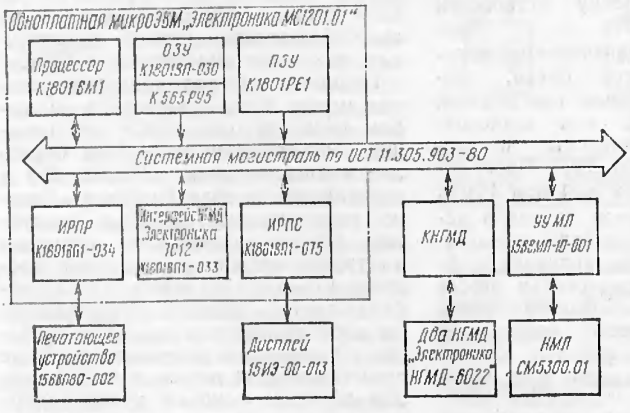
Устройство обменивается данными с системной магистралью для управления и контроля его работы через шесть программно доступных регистров: состояния с адресом 172520, команд с адресом 172522, счета байтов с адресом 172524, текущего адреса с адресом 172526, ввода-вывода с адресом 172530, продольного контроля с адресом 172532.

К каналу микроЭВМ «Электроника МС 1201.01» УУМЛ подключается через соединитель К5, устанавливаемый в позиции В2 или Г2 блока сопряжения ДВК-2М.

В устройстве УУМЛ 15ВВМЛ-10—001 дорабатывается плата И (вывод 5 микросхемы D39 отключается от R5...R11 и соединяется с выводом 2 микросхемы D29). Так согласуется временна́я диаграмма работы УУМЛ (в части формирования сигнала к БАЙТ Н в режиме ПДП) с временно́й диаграммой работы микроЭВМ «Электроника МС 1201.01».

Совместно с 15ВВМЛ-10—001 используется НМЛ типа СМ5300.01 (вместо рекомендуемого ИЗОТ 5003). Поскольку сигналы интерфейсов этих устройств несколько отличаются, требуется обеспечить соответствие сигналов в разъемах. В устройстве СМ5300.01 устанавливаются перемычки L-M, V-U, X-Y, D-C и исключаются перемычки N-L, X-Z, W-U.

АРМ на базе микроЭВМ «Электроника НЦ-80—20» и НМЛ типа СМ5300.01 допускают обмен информацией на магнитных носителях между ДВК и мини-ЭВМ «Электроника 100/25», а также с ЕС ЭВМ. На указанном АРМ можно использовать стандартный драйвер магнитной ленты ОС Рафос, т. е. возможен обмен данными с дискет НГМД «Электроника НЦ-6022» и магнитной лентой.



Структурная схема комплекса

Разработано специальное программное обеспечение перекодирования и переформатирования информации согласно требованиям ОС ЕС и ОС ДВК (Рафос) для **подготовки на АРМ магнитной ленты для ЕС ЭВМ** — создания файла (как правило, с длиной записи 80 байт), который в дальнейшем обрабатывается на ЕС ЭВМ в пакетном режиме.

В информационно-справочных системах для передачи информации с ЕС ЭВМ в ДВК-2М можно использовать магнитную ленту с результатами прямого системного вывода данных на ЕС ЭВМ.

На *первом* этапе информация перекодируется и записывается в файл на дискете НГМД «Электроника НЦ-6022». На *втором* этапе (при просмотре на видеотерминале ДВК-2М) информация редактируется с учетом разницы длины записи выходного системного файла ЕС ЭВМ, например в 128 байт, и длины строки на экране дисплея. Так (программно) отображаются на ДВК-2М в одной строке дисплея любые фрагменты исходной 128-символьной записи с общей длиной 80 символов.

Такое АРМ позволило проводить на предприятии первичную подготовку на ДВК-2М исходной информации в САПР «Рапира», а также в подсистеме АСУ текущего планирования, управления и контроля НИР и ОКР [4] с последующим переносом информации на ЕС ЭВМ через магнитные носители.

Телефон для справок: 531-14-03, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тенденция развития диалоговых вычислительных комплексов. / Кокорин В. С., Кридинер Л. С., Попов А. А., Хохлов М. М. // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 4.— С. 11—15.
2. Громов Г. Р. Профессиональные приложения персональных ЭВМ // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 3.— С. 9—15.
3. Одноплатные микроЭВМ ряда «Электроника МС 1201» / Дшхунян В. Л., Борщенко Ю. И., Отрохов Ю. Л., Шишарин С. А. // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 2.— С. 8—13.
4. Шаповалов В. И. Построение диалоговых комплексов задач АСУ с распределенной обработкой информации // Электронная техника. Сер. Экономика и системы управления.— 1986.— Вып. 4.

Статья поступила 9 декабря 1986 г.

РЖ ВИНИТИ, 1986

1Б289. Архитектура микропроцессора типа CLIPPER. Clipper microprocessor architecture overview. *Neff Laura.* «COMPCON Spring 86'. 31st IEEE Comput. Soc. Int. Conf., San Francisco, Calif., March 3-6, 1986». Washington, D. C., 1986, 191-195 (англ.)

Рассматривается быстродействующий 32-разрядный (МП) микропроцессор типа CLIPPER, разработанный фирмой Fairchild (США). Цикл МП составляет 30 нс, большинство арифметических и логических операций, напр. сложение целых чисел, сравнение и т. п., выполняются за один цикл. По оценкам специалистов фирмы, среднее быстродействие МП для типовых задач составляет 5 млн. операций в 1 с. Система команд МП обеспечивает работу с 8-, 16- и 32-разрядными операндами. В МП реализованы арифметические операции над числами с плавающей запятой в соответствии со стандартом IEEE. МП имеет упрощенную систему команд, в значительной мере основанную на идеях архитектуры ROCS (Reduced Instruction Set Computer), однако введен ряд команд для поддержки операционной системы и упрощения генерации кодов компилятором. МП содержит 3-ступенчатый конвейер команд, обеспечивается поддержка супервизора и привилегированных пользовательских уровней с отдельными регистрами и зонами памяти.

УДК 681.325.5—181.4

В. З. Целуйко, В. Г. Климкович, В. Н. Ратников, И. В. Пеньков

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕРИИ «ГРАНИТ 02»

Процессы штамповки, прессования, порошковой металлургии, сборки, литья под давлением и др. по характеру протекания являются дискретными (цикловыми). Оборудование автоматизированного комплекса (модуля ГАП) работает по многократно повторяющемуся циклу, применяются исполнительные механизмы и датчики дискретного типа (включено-выключено).

Бесконечное разнообразие дискретных технологических процессов требует создания высокоуниверсальных средств управления с возможностью быстрой адаптации к постоянно изменяющимся условиям современного производства.

Как правило, эксплуатирующий и обслуживающий персонал (техники, операторы) не обладают глубокими систематическими знаниями в области вычислительной техники, автоматики, языков программирования. Следовательно, требуется обеспечить максимальное удобство и простоту наладки, эксплуатации, обслуживания, программирования.

Факторы повышенной опасности (присутствие в техпроцессах горячих металлов, химических веществ, тяжелого прессового оборудования и др.) требуют высокой надежности МП-систем, так как неправильное функционирование звена управления может привести к поломкам оборудования и даже к катастрофическим последствиям для персонала. Сильные помехи по цепям питания, агрессивные среды, металлическая пыль и др.— дополнительные тяжелые условия для работы систем.

Качество функционирования технологического оборудования во многом зависит от возможности аппаратных и программных средств системы управления работать в реальном масштабе времени. Система должна иметь большой запас производительности и никоим образом не сдерживать работу оборудования за счет недостаточного быстродействия, медленной реакции на прерывания и т. д.

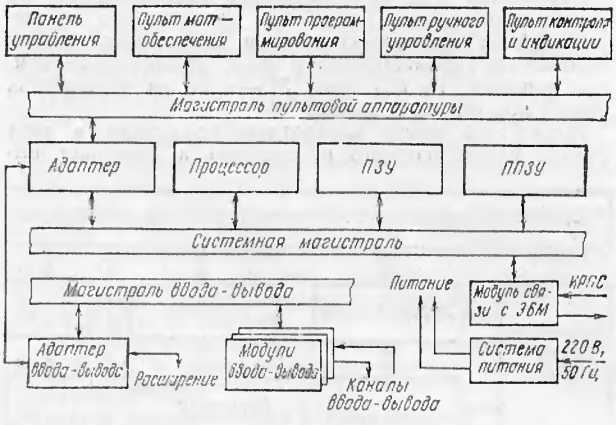


Рис. 1. Структурная схема систем управления «Гранит 02»

С 1983 г. серийно выпускаются МП-системы дискретного управления серии «Гранит 02» (рис. 1). Первоначально предназначенные для управления автоматизированными комплексами литья под давлением, эти системы в дальнейшем применялись как универсальные устройства для управления различными техпроцессами.

Основные технические характеристики системы управления „Гранит 02"

Элементная база	КР580
Количество каналов ввода-вывода	128 (до 256)
Объем ПЗУ (КР556РТ5), К байт	8
Объем памяти пользователя, ППЗУ (КР537РУ3), К байт	4
Время реакции системы на изменение состояния управляемого объема, мс, не более	50
Нагрузочная способность каналов вывода, А	3
Выходные напряжения каналов вывода, В	≅12...48 36...110

Несмотря на появление 16-разрядных микропроцессоров, КР580 предпочтителен во многих разработках, так как имеет достаточное количество программируемых периферийных БИС (позволяет создавать компактные системы с оптимальной архитектурой), а несложная организация самого микропроцессора и его системы команд позволяют быстро его освоить пользователям, ранее не связанным с вычислительной техникой [1]. Наличие инструментальных средств (СМ1800) позволяет добиться высокого качества разработки программного обеспечения [2].

Аппаратная реализация системы

Устройство имеет модульную структуру и состоит из блока микроЭВМ, блока ввода-вывода, пультовой аппаратуры и системы питания.

Ядро системы — м и к р о Э В М, в состав которой входят: модуль процессора, ПЗУ, ППЗУ (модуль памяти пользователя), модуль связи с ЭВМ, адаптер.

Б л о к в в о д а - в ы в о д а состоит из адаптера и модулей ввода-вывода (для усиления сигналов по току, гальванической развязки и электронной защиты выходных токовых ключей от перегрузок и коротких замыканий). Адаптеры предназначены для частичной дешифрации адресов с целью сокращения объема шины и для буферизации сигналов, поскольку блок ввода-вывода выделен в отдельном конструктиве и соединяется с микроЭВМ при помощи кабелей.

К п у л ь т о в о й а п п а р а т у р е относятся панель управления и четыре пульта: программирования (ППР), математического обеспечения (ПМО), ручного управления (ПРУ), контроля и индикации (ПКИ). Пульты подключаются к системе при помощи кабелей и предназначены для ввода и редактирования программы работы технологического оборудования (технологической программы), ремонта, наладки и обслуживания СУ, управления каналами вывода в ручном режиме работы и при наладке технологического оборудования, индикации состояний каналов ввода-вывода в процессе работы.

Система питания обеспечивает СУ рядом стабилизированных напряжений и защищает микроЭВМ от сетевых помех.

Для обеспечения энергонезависимости в качестве ППЗУ используются микросхемы серии КР537РУ3А (КМОП ОЗУ) с подпиткой от батарей, установленных на модуле. Информация надежно защищена от переходных процессов в системе питания. Есть защита и от несанкционированных обращений процессора на запись.

В моменты включения и выключения питания блокируется работа основного элемента — микропроцессора. На фрагменте принципиальной схемы модуля процессора (рис. 2) датчик напряжения с триггером Шмидта выдает сигнал блокировки $\overline{BL}$, если питающее напряжение не в норме (0...4,75 В). При включении системы сигнал $\overline{BL}$ удерживает микропроцессор в состоянии «СБРОС» не менее 100 мс после установления номинального напряжения. При снижении напряжения ниже 4,75 В или при поступлении сигнала сброса — $\overline{RESET}$ с панели управления через регистр К155ТМ8 поступает запирающий сигнал на вход буфера шины управления

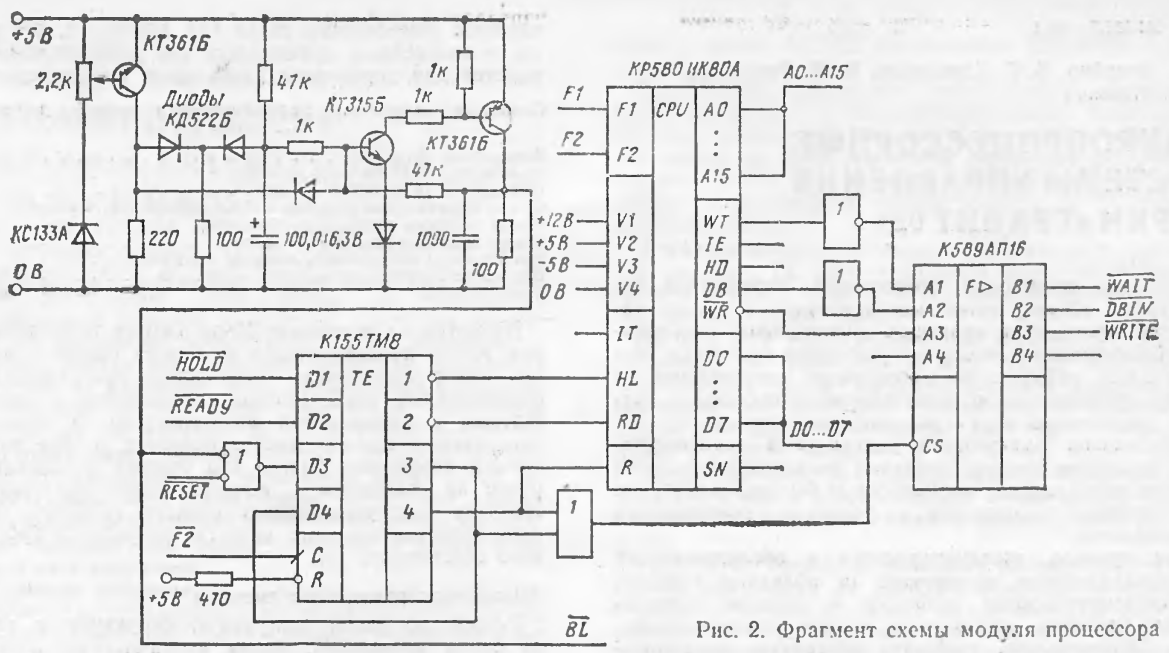


Рис. 2. Фрагмент схемы модуля процессора

(К589АП16), а в следующем такте сигнала поступает сигнал «СБРОС» на вход $\overline{CS}$ микропроцессора. Такая блокировка шины управления перед поступлением сигнала «СБРОС» на микропроцессор предотвращает, например, выдачу ложной информации на каналы вывода.

Каналы ввода опрашиваются программно. Период опроса (каждые 1...50 мс) зависит от сложности программы. С таким же интервалом времени обновляется состояние каналов вывода. Информация на каналах рассматривается двояко: каждый канал можно интерпретировать отдельно, как источник или приемник одноразрядной (битовой) информации, либо группу из 8-ми каналов можно рассматривать как один канал, несущий кодовую информацию в диапазоне 0...255. Таким образом, может быть 16 кодовых каналов по 8 байтов ввода и вывода. Одни и те же каналы могут участвовать в битовых и в байтовых операциях одновременно.

Конструкция системы — блочно-модульная. Модули соединяются объединительными печатными платами, а блоки — при помощи кабелей. Традиционный монтаж «накруткой» отсутствует. Исполнение шкафа системы — пылезащитное.

Большое внимание уделено эргономической проработке изделия. Органы управления и индикации разделены на функциональные группы: управления ходом процесса и питанием системы, выбора режимов работы. Шестиразрядное семисегментное табло на панели управления индицирует счетчик циклов работы, различные диагностические сообщения, отсчитывает время. Кнопки с подсветом как бы совмещают органы индикации с органами управления.

Компромисс между аппаратными и программными средствами

С точки зрения аппаратной реализации оптимальна система управления, способная управлять группой оборудования, объединенной в самостоятельную технологическую единицу — гибкий технологический комплекс (модуль). При этом необходимы асинхронность и параллельность управления в реальном масштабе времени различными исполнительными механизмами. Если возложить задачу управления каждым механизмом на отдельный процессор, то структура СУ окажется в сильной зависимости от состава управляемого комплекса, что снижает универсальность и гибкость системы. В СУ «Гранит 02» управление всеми каналами возложено на один процессор, при этом асинхронность и параллельность управления достигается соответствующим построением ПО. Технологическая программа имеет многосекционную структуру. Каждая секция считается отдельной параллельной задачей. Порядок обработки секций определяется последовательностью их расположения в памяти.

В 1986 г. в СУ «Гранит 02» введен дополнительный процессор — модуль связи с ЭВМ. Отдельный процессор необходим потому, что задача связи (поддержка протокола обмена, контроль ошибок и т. д.) требует достаточно много процессорного времени и не формулируется в принятых терминах технологической программы. Интерфейс между двумя процессорами обеспечивается средствами прямого доступа в память модуля связи и прерывания центрального процессора.

Программное обеспечение

Важнейший этап проектирования микропроцессорных систем управления — разработка программного обеспечения. Если при проектировании аппаратных средств используют унифицированные узлы, отработанные схемные решения, то ПО (рис. 3) — один из труднейших этапов при создании систем.

Монитор имеет аппаратную поддержку в виде пульта математического обеспечения и позволяет выполнить чтение и модификацию содержимого памяти, запуск объектных программ в автоматическом или пошаговом режимах с контролем содержимого памяти

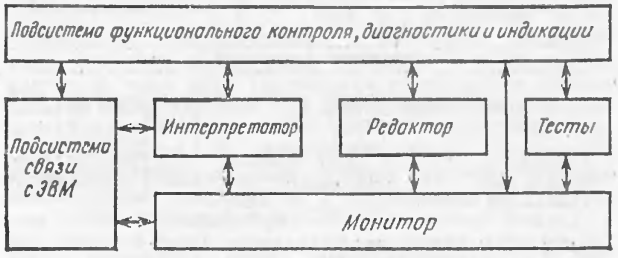


Рис. 3. Структура программного обеспечения

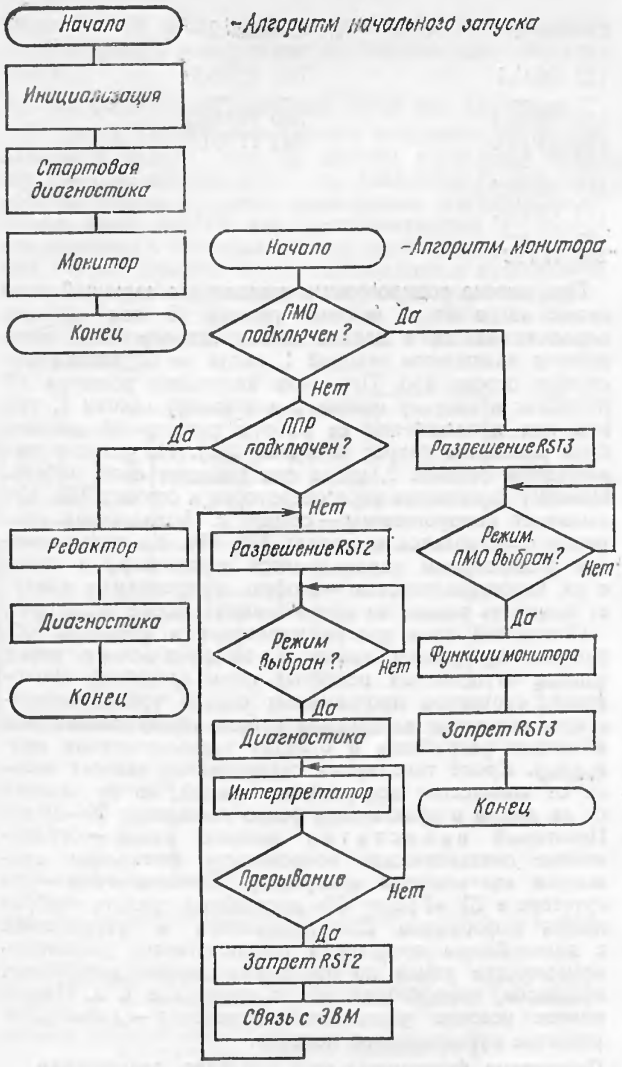


Рис. 4. Блок-схема алгоритма монитора

и регистров ЦП, перемещение содержимого одной области памяти в другую. Монитор — нижний уровень программного обеспечения и выполняет ряд необходимых функций для других уровней (рис. 4).

Подсистема связи с ЭВМ организует информационный обмен СУ по интерфейсу ИРПС с ЭВМ верхнего уровня. Протокол обмена близок к классическим протоколам с решающей обратной связью и ожиданием ответа (РОС—ОЖ). Допускается до пяти перезапросов и повторных передач при возникновении ошибок и сбоев. Информационное обеспечение дает информацию о состоянии практически всех ресурсов СУ. Есть возможность передачи управляющей информации в СУ, а также технологических программ как в одну, так и в другую сторону.

Тесты с пульта матобеспечения проверяют работоспособность и локализуют неисправности в отдельных модулях системы.

Редактор входного языка и интерпретатор

К редактору входного языка и интерпретатору предъявляются особые требования, так как эти компоненты дают возможность программировать работу технологического оборудования на проблемно ориентированном языке. Средства языка позволяют разрабатывать технологическую программу по частям, отлаживая на управляемом объекте отдельные секции. Синтаксические правила языка достаточно просты и доступны для быстрого освоения персоналом, не знакомым с программированием. Для проблемной ориентации редактор входного языка создает программную надстройку над аппаратными средствами микроЭВМ и обеспечивает пользователю доступ к следующим виртуальным средствам системы:

	Количество	Диапазон изменений
Каналы ввода	64	0...1
Каналы вывода	64	0...1
Байты ввода	8	0...255
Байты вывода	8	0...255
Таймеры	16	0,1...25,5 с
Таймеры	16	1...255 с
Счетчики	16	0...255
Однобитовые программируемые регистры (флаги)	64	0...1
Байт-уставка	1	0...255

Таким образом, пользователь СУ при разработке технологической программы оперирует номерами каналов, соответствующими определенным датчикам и исполнительным механизмам, номерами таймеров и конкретными временами выдержек и т. п.

Программа составляется и редактируется с помощью пульта программирования. Операторы входного языка набираются с клавиатуры, а набранная информация отображается на семисегментном табло. При наборе программы синтаксис контролируется автоматически. Оператор может корректировать программу, стирать частично или полностью, делать вставки строк, задавать конкретные значения уставок. Интерпретатор отрабатывает программу в автоматическом, полуавтоматическом или пошаговом режиме и выдает на оборудование необходимые управляющие воздействия.

Принцип программирования

Для разработки технологической программы пользователю, как правило, достаточно иметь таблицу соответствия механизмов каналам СУ и циклограмму (блок-схему алгоритма) работы комплекса оборудования.

Программа может содержать до 999 строк, в каждой из которых располагается один оператор языка. Все операторы делятся на четыре основных типа: Е, Н, П, У («если», «надо», «переход», «управление»).

Оператор типа Е — это опрос какого-либо из ресурсов системы на соответствие определенному состоянию. Например:

- Е016,1 — если канал ввода 16 включен ... («Лог. 1»)
- Е043,0 — если канал ввода 43 выключен ... («Лог. 0»)
- ЕР10,0 — если регистр 10 выключен ...
- ЕС13,0 — если счетчик 13 досчитал (до значения уставки) ...
- ЕТ01,1 — если таймер 01 досчитал (до значения уставки) ...

Оператор типа Н — это выполнение каких-либо действий над ресурсами системы. Например:

- НО30,1 — включение канала вывода 30;
- НС03,1 — инкремент счетчика 03;
- НТ05,1 — запуск таймера 05;
- НБ105 — установка байта-уставки, равного числу 105;
- НР52,0 — выключение регистра 52.

Оператор типа П — переход на определенную строку программы (условный или безусловный). Если перед оператором перехода стоит оператор опроса Е, то переход — условный, если любой другой оператор — то безусловный. Условный переход выполняется в том случае, если не выполняется оператор (операторы) опроса. Это позволяет при программировании пользоваться структурами типа «если-то-иначе».

Операторы типа У передают управление специальным подпрограммам, например: У005 — останов работы технологической программы, У107 — передача по каналу связи с ЭВМ сообщения о режиме работы ТУ.

Существуют два оператора, которые не относятся ни к одному из вышеперечисленных типов. Это — пустой оператор (—0—) и метка начала программной секции („).

При наборе программы с пульта каждый оператор транслируется в двухбайтный выполняемый код. Это сокращает затраты памяти для хранения программы и ускоряет ее обработку интерпретатором. При просмотре программы текст индицируется в символьном виде.

Ниже приведены фрагменты программ для иллюстрации использования операторов.

1. Если канал ввода 20 включен, то включить канал вывода 4, иначе включить канал 3:

```
017 Е020,1
018 П 021
019 Н004,1
020 П 022
021 Н003,1
022 —0—
```

2. Если каналы ввода 6 и 48 включены, то канал вывода 18 включить, регистр 10 отключить:

```
177 Е006,1
178 Е048,1
179 Н018,1
180 НР10,0
```

3. Включить регистр 12, через 5 секунд включить канал 040 и остановить работу программы:

```
300 НР12,1
301 НГ02,1
302 ЕГ02,1
303 Н040,1
304 У 005
```

Конкретные уставки таймеров и счетчиков задаются вне тела программы для удобства ее коррекции, поэтому в последнем примере фигурирует только оператор включения таймера и его опроса. Трехзначное число слева от каждого оператора — номер строки программы.

Технологическая программа содержит до 16 секций (каждая может описывать отдельный, независимый от других процесс). Каждая секция делится на кадры, представляющие собой фрагменты, начинающиеся с опроса каких-либо условий и заканчивающиеся выполнением каких-либо действий над ресурсами системы. Оборудование циклового типа работает по многократно повторяющемуся циклу. Поскольку отдельные механизмы комплекса работают каждый по своему замкнутому циклу, каждая программная секция, описывающая работу отдельного механизма, имеет в конце оператор перехода на свое начало.

Этим обеспечивается циклический характер работы каждого механизма и комплекса оборудования в целом.

Технологическая программа выполняется так.

При запуске программы нажатием кнопки «ПУСК» на панели управления интерпретатор начинает обрабатывать первые кадры всех секций, начиная с первой. Если условия, заданные в начале кадра операторами Е, выполняются, то выполняется исполнительная часть кадра, в противном случае исполнительная часть остается невыполненной, и кадр обрабатывается в следующем цикле сканирования. Время сканирования всех секций не превышает 50 мс, а реальное время выполнения каждой секции равно времени работы в цикле соответствующего механизма. Так достигается асинхронность и параллельность управления. При необходимости определенным образом синхронизировать выполнение секций, применяются однобитовые флаговые регистры и сигналы внешних датчиков. Можно, например, организовать параллельно-последовательную обработку секций, а следовательно, и работу механизмов, когда условием начала работы одних секций будет окончание работы других. Ниже приведен пример вызова подпрограммы. Секция 1 — вызывающая, секция 2 используется в качестве подпрограммы.

```
Секция 1                Секция 2
121 ,,,                 300 ,,,
122 Е001,1              301 ЕР10,1
 —   —                   —   —
150 НР10,1              340 НР10,0
151 ЕР10,0              341 П 301
 —   —
170 НР10,1
171 ЕР10,0
 —   —
200 П 122
```

При вызове подпрограммы выполнение секции 2 начнется, когда будет включен регистр 10, так как его опрос находится в начале секции (строка 301). Этот регистр включается секцией 1, когда ее обработка достигнет строки 150. При этом включение регистра 10 приводит к запуску секции 2 и останову секции 1, так как для продолжения ее работы регистр 10 должен быть выключен (опрос в строке 151). Но регистр выключается секцией 2, когда она закончит свою работу. Поэтому фактически пара операторов в строках 150, 151 вызывает подпрограммы — секции 2. Аналогичная операция производится в строках 170, 171. На использование подпрограмм накладывается ограничение в связи с их нерекурсивностью — любую подпрограмму следует вызывать только из одной секции (любое число раз).

Описанный язык программирования и принципы обработки программы имеют **преимущество** перед языком ступенчатых релейных схем (релейной символики): структура программных секций точно соответствует структуре алгоритмов работы оборудования (это облегчает разработку и отладку технологических программ). Кроме того, время сканирования зависит только от количества программных секций, но не зависит от их длины и практически редко превышает 20—30 мс. Некоторый **недостаток** данного языка — ограниченные синтаксические возможности (несколько снижается «читаемость» программ). Причина тому — отсутствие в СУ «Гранит 02» дисплейных средств отображения информации. Для применения в устройствах с дисплейными средствами предполагается расширить возможности языка по программированию дискретных процессов, многокоординатного привода и т. д. Непременное условие успешного применения — дальнейшее развитие русскоязычной нотации.

Подсистема функционального контроля, диагностики и индикации

Данная подсистема — это комплекс программ для инициализации, проверки состояния, контроля полноты ресурсов и правильности функционирования системы. Сразу после включения питания контролируется состояние ПЗУ, ППЗУ, блока ввода-вывода, модуля связи и т. д. При возникновении каких-либо отклонений от нормального состояния системы на индикационное табло панели управления выводится соответствующее сообщение и дальнейшее включение режима работы блокируется (во избежание аварии предотвращается работа неисправной МП-системы с комплексом оборудования). Например, сообщение «ППЗУ» выводится на табло при отсутствии в системе модуля памяти пользователя, его неисправности или при неисправности системы защиты технологической программы. В этом же модуле проверяется по контрольным суммам содержимое — технологическая программа. При обнаружении искажений программы и невозможности ее автоматического восстановления на табло выводится сообщение «СБ ПРГ» (сбой программы).

При выполнении технологической программы важна динамическая диагностика объекта управления. Поскольку алгоритм работы комплекса оборудования строго определен, и технологическая программа — это отображение алгоритма в операторах языка, то можно заранее однозначно определить состояние оборудования, которое должно быть на любом шаге программы. Это

позволяет во время работы комплекса автоматически контролировать исправность технологического оборудования.

Автоматизированный комплекс литья под давлением

В состав автоматизированного комплекса литья под давлением входят (рис. 5): система управления «Гранит 02—03», машина литья под давлением 711Б08, устройство обдува и смазки пресс-формы, магнитодинамический насос МДН-6 для электромагнитной дозировки алюминиевых и цинковых сплавов, манипулятор МАК-1М для снятия отливок, ванна охлаждения с устройством контроля полноты удаления отливки из разъема пресс-формы, пресс П-16 для обрубки литников и облоя, установка термостатирования УТ-2, тара для готовой продукции.

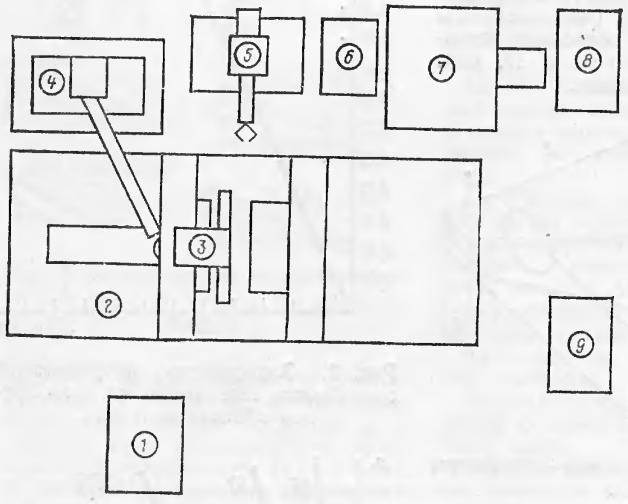


Рис. 5. Автоматизированный комплекс литья под давлением:

1 — система управления «Гранит 02—03»; 2 — машина литья под давлением 711Б08; 3 — устройство обдува и смазки пресс-формы; 4 — магнитно-динамический насос МДН-6; 5 — манипулятор МАК-1М; 6 — ванна охлаждения с устройством контроля полноты удаления отливки; 7 — пресс обрубной П16; 8 — тара; 9 — установка термостатирования УТ-2.

Технологический процесс включает в себя разогрев пресс-формы и поддержание температуры в течение работы; закрытие предохранительных щитков, обдув и смазку пресс-формы; закрытие щитков, смазку пресс-плунжера, заливку металла; прессование; кристаллизацию отливки; открытие предохранительных щитков и пресс-формы, снятие отливки; укладку отливки в ванну охлаждения с одновременным контролем полноты удаления отливки из разъема пресс-формы; укладку отливки в штамп пресса, обрубка литников и облоя; укладку готовой продукции в тару.

Технологическая программа комплекса имеет объем 948 строк и состоит из пяти параллельных секций. На рис. 6 в качестве примера приведен фрагмент одной секции — программы работы пресса П-16. Если в составе комплекса временно отсутствует какое-либо устройство (например в результате поломки), то комплекс может работать с неполным составом оборудования (переналадка занимает несколько минут).

Средний годовой экономический эффект от внедрения комплекса автоматизации техпроцесса литья под давлением составляет 75 тыс. руб. Системы используются также в гибких производственных модулях порошковой металлургии, робото-технологических комплексах сборки магнитоэлектрических приборов и контурных катушек, в комплексах штамповки, литья пластмассовых изделий и в других видах производств.

```
**********************************************************
*   АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ  3Х  *
*        С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ "ГРАНИТ 02-03".          *
*     ПРОГРАММНАЯ СЕКЦИЯ РАБОТЫ ПРЕССА ОБРУБНОГО П-16.   *
**********************************************************

СТРОКА    МНЕМОКОД        КОММЕНТАРИЙ

881       ,,,             ;НАЧАЛО СЕКЦИИ
882       ЕР64,1          ;
883       ЕР27,1          ;УСЛОВИЯ НАЧАЛА РАБОТЫ ПРЕССА
884       НО35,1          ;ВОЗВРАТ ПЛИТЫ
885       ЕР20,1          ;МАНИПУЛЯТОР-В КОМПЛЕКСЕ?
886       П 949
887       ЕО33,0          ;\
888       ЕО34,1          ; )ПРЕСС В ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ?
889       ЕО35,1          ;/
890       НО35,0          ;ВЫКЛЮЧИТЬ  ВОЗВРАТ ПЛИТЫ
891       ЕО36,0          ;ЛОТОК НЕ В  ПРЕССЕ?
892       ЕО37,1          ;ДВЕРЬ ЗАБЛОКИРОВАНА?
893       НР39,1          ;ФЛАГ-ПРЕСС В  ИСХОДНОМ СОСТОЯНИИ
894       ЕР60,1          ;ПРЕСС В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ?
895       П 905
896       ЕР02,0          ;ПОШАГОВЫЙ РЕЖИМ
897       П 899
898       ЕО38,1          ;ОТЛИВКА В  ШТАМПЕ?
899       НО39,1          ;ИНДИКАЦИЯ-ПРЕСС В ИСХОДНОМ
900       ЕО48,0          ;\
901       Н100,0          ; \ ЕСТЬ КОМАНДА
902       ЕО48,1          ; /  "ЦИКЛ ПРЕССА"?
903       Н100,0          ;/
904       П 908
905       НО39,1          ;ИНДИКАЦИЯ-ПРЕСС В ИСХОДНОМ
906       ЕР47,1
907       НР47,0          ;ВЫКЛ. ФЛАГ "ОТЛИВКА В ШТАМПЕ"
908       НР46,1          ;ЗАПРЕТ МАНИПУЛЯТОРУ НА ВВОД РУКИ
909       НО33,1          ;ПЛИТА-ВНИЗ (ОБРУБКА)
910       НО34,1
911       ЕО35,0          ;\
912       НО39,0          ; )ИНД. И ФЛАГ "ПРЕСС НЕ В ИСХОДНОМ"
913       НР39,0          ;/
```

Рис. 6. Программная секция работы пресса обрубного П-16

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексенко А. Г., Галицын А. А., Иванников А. Д. Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах.— М.: Радио и связь, 1984.
2. Мясников В. А. и др. Микропроцессоры: системы программирования и отладки.— М.: Энергоатомиздат, 1985.

Статья поступила 25 декабря 1985 г.

В. П. Кротов, С. В. Смирнов, Н. И. Крутиков, А. Ю. Холоимов

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ УСТАНОВКАМИ

Базовая ТВ-установка разработана для визуального контроля пространственно распределенных процессов. Она имеет большое количество ТВ-камер и пультов управления, расположенных на расстояниях до 10 км друг от друга. Управляющая информация между приборами передается по двухпроводной линии связи. МП-система управления установкой обеспечивает задание структуры, ручной режим, работу по программе, контроль функционирования приборов в системе. Она реализована в виде звездообразной сети микроконтроллеров на базе МПК БИС КР580 с резидентным ПО (около 60К байт).

При проектировании выделены многоуровневое сетевое и прикладное ПО, проведена декомпозиция ПО на параллельные процессы с синхронизацией и взаимодействием с помощью механизма передачи сообщений. Работа выполнена с применением систем отладки СО-04, языков ПЛ/М и ассемблер, а также исполнительной ОС РВ, аналогичной RMX/80.

Адрес для справок: 173003, Новгород, ул. Ленинградская, 26, кв. 62, Холоимову А. Ю.; тел. 7-34-84.

УДК 681.32

И. Т. Гусев, К. С. Зайцев, И. В. Бережинский, А. А. Баталин, Д. А. Кац

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

При переходе в промышленности к безлюдному и малолюдному режиму функционирования гибких производственных модулей (ГПМ) требуется включение в состав ГПМ различных средств диагностики технологического оборудования, в частности автоматических систем контроля исправности режущего инструмента (РИ) на станках с ЧПУ.

До недавнего времени эта задача решалась на основе устройств с «жесткой» логикой и использования «контактных» методов контроля, например по нагрузке привода шпинделя, наличию вибраций, по касанию с применением измерительных головок, а также по времени работы каждого РИ с учетом его норматива стойкости.

Перспективным путем решения задачи контроля РИ является применение микропроцессорной техники и телевизионных камер на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС).

В этом направлении МИФИ совместно с ЭНИМС разработана экспериментальная диагностическая система (рис. 1). В качестве устройства приема и обработки видеоинформации используется автономная микроЭВМ «Электроника 60М». Это позволяет подключать к каналу ЭВМ до восьми телекамер для наблюдения за работой нескольких станков. Диагностическая система с телекамерой может быть реализована совместно с системой управления станком. Ориентировочный объем памяти, необходимый, например, для реализации функции контроля за поломками режущего инструмента на станках с магазином в 36...40 инструментов, составляет 3К байт ПЗУ для хранения программ обработки видеоинформации и расчетов и 1К байт ОЗУ для записи данных.

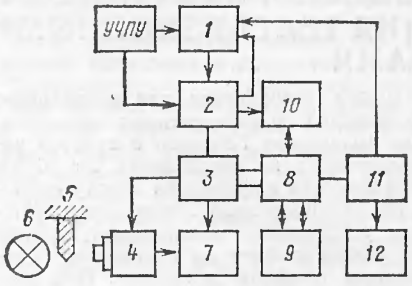


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического контроля исправности режущего инструмента:

1 — автоматика станка, *2* — модуль связи УЧПУ с устройством контроля, *3* — устройство ввода видеоинформации (интерфейс), *4* — телекамера, *5* — объект контроля, *6* — осветитель, *7* — видеоконтрольное устройство, *8* — процессор микроЭВМ «Электроника 60М» *9* — программа обработки видеоинформации, *10* — программа управления работой устройства, *11* — блок принятия решения о состоянии объекта, *12* — блок сигнализации

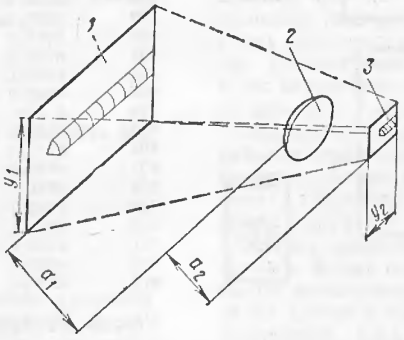


Рис. 2. Конструктивные параметры СТЗ:

1 — поле зрения объекта контроля (y_1), *2* — оптическая система (f), *3* — область проекции изображения (y_2), a_1 — расстояние от объекта до центра оптической системы, a_2 — расстояние от центра оптической системы до матрицы ПЗС

Телевизионная камера состоит из оптической системы, матрицы ПЗС и схем управления работой ПЗС. В качестве оптической системы используются стандартные объективы. Конструктивные параметры телекамеры зависят от требований по разрешающей способности измерения и условий установки ее на станок. Порядок проектирования при этом следующий:

определяются размеры поля зрения объекта контроля (рис. 2);

определяется разрешающая способность телекамеры ε для заданного y_1 (рис. 3);

выбирается фокусное расстояние объектива исходя из условия обеспечения минимально возможного расстояния телекамеры до объекта контроля (рис. 4);

определяется расстояние от оптического центра объектива до матрицы ПЗС по формуле $a_2 = a_1 f/(a_1 - f)$.

Приведенные на графиках рис. 3, 4 зависимости определены для матрицы ПЗС с размером области проекции изображения 3,9×4,8 мм.

Таким образом, гибкая конструктивная настройка системы технического зрения (СТЗ) на конкретные условия контроля и простота конфигурации технических средств (при общей стоимости около 600 руб.) обеспечивают возможность встраивания системы контроля РИ практически на любой многоцелевой станок с ЧПУ фрезерно-сверлильно-расточной группы.

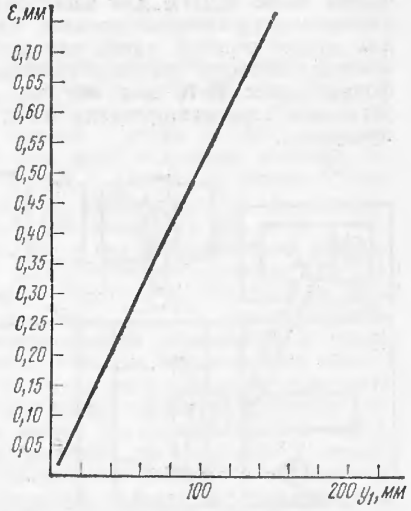


Рис. 3. Зависимость разрешающей способности телекамеры от поля зрения объекта контроля

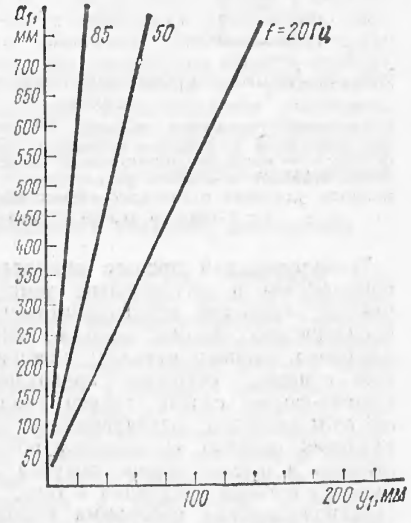


Рис. 4. Зависимость расстояния от объекта до центра оптической системы от поля зрения объекта контроля для разных частот

Существенное значение при построении СТЗ занимает разработка программного обеспечения (ПО), которое в значительной степени определяет возможности СТЗ при контроле исправности режущего инструмента (рис. 5). Классификация отказов и точность определения небольших дефектов геометрии РИ при

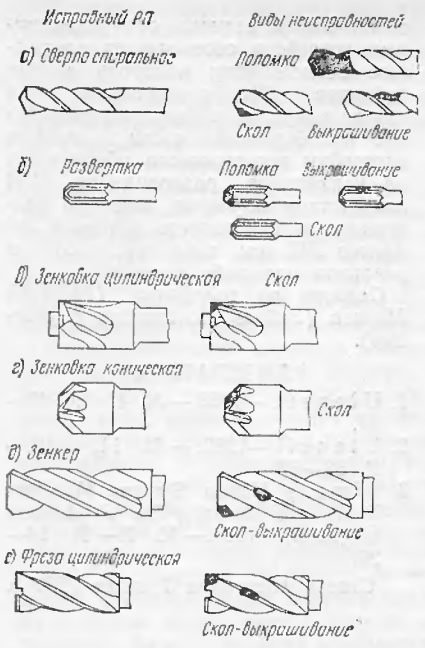


Рис. 5. Номенклатура контролируемого режущего инструмента и виды дефектов

заданном времени обработки данных определяются как характеристиками технических средств СТЗ, так и, в большей мере, возможностями проблемно-ориентированного ПО системы. В ПО системы контроля исправности РИ входят программы обучения и классификации изображений.

Алгоритм обучения системы состоит из ряда модулей, каждый из которых формирует информацию, необходимую для распознавания конкретной разновидности РИ. Учитывая, что в производственных условиях предполагается эксплуатация СТЗ пользователем, не являющимся специалистом по вычислительной технике и программированию, общение его с системой в режиме обучения сведено до минимально возможного набора действий: запуск программы с указанного адреса; установка в позицию контроля очередного режущего инструмента; набор на клавиатуре устройства ЧПУ номера позиций РИ в инструментальном магазине (ИМ) и кода разновидности РИ (например, спиральному сверлу присвоен код «1», зенкеру — «2» и т. д.).

В результате обучения формируется информационная модель, представляемая в ОЗУ микроЭВМ в виде управляющей таблицы обучения (УТО), интерпретируемой алгоритмами классификации в режиме контроля РИ. УТО имеет размеры $9 \times N$ ($N \leqslant 144$, где N — емкость инструментального магазина) и занимает не более 3К слов памяти ОЗУ. Каждая позиция ИМ описывается одной строкой УТО, включающей следующую информацию (в скобках указан соответствующий столбец УТО): номер позиции РИ в ИМ (1), код разновидности РИ (2), значение вылета РИ (3), наружный диаметр (4), малый диаметр конуса заборной или режущей части (5), шаг винтовой линии или длина контролируемого участка заборной части (6), длина конуса заборной части (7), эталонное значение признака (8), длина контролируемого участка калибрующей части (9). При этом из девяти требуемых параметров два первых задаются оператором в режиме диалога с микроЭВМ, а остальные вычисляются автоматически в соответствующих программных модулях. Процессорное время обучения для одного экземпляра РИ составляет 1...4 с.

Среди признаков, характеризующих изображения РИ, эффективных в смысле минимизации вероятности ошибки классификации, исследовались:

I — значение проекции изображения на ось вращения РИ (ось X);

C_Δ — координата центра тяжести сегмента изображения, протяженность которого Δl равна математическому ожиданию продольного размера скола (выкрашивания) Δx;

S_Δ — площадь сегмента изображения с $\Delta l = \Delta x$;

$S_{T/2}$ — площадь сегмента изображения с $\Delta l = T/2$, где T — шаг винтовой линии;

dS_Δ — разность площадей соседних сегментов изображения, каждый из которых имеет $\Delta l = \Delta x$.

По результатам исследований произведена классификация РИ по наиболее эффективным признакам для контроля исправности РИ (таблица). При этом под разрешающей способностью контроля понимается минимальное относительное значение дефекта (скола режущих зубьев, выкрашивания калибрующей части или поломки), распознаваемое при заданных условиях (уровне шумов ξ, значении наружного диаметра в точках растра d, вероятности ошибки классификации p).

В режиме контроля осуществляются отвод РИ из зоны резания в специальную позицию контроля и периодический осмотр РИ при медленном его вращении. Классификация аномалий на РИ каждый раз инициируется по команде УЧПУ «Контроль РИ», содержащей и некоторую вспомогательную информацию, в частности код позиции контролируемого РИ в инструментальном магазине. Код позиции является «ключом», по которому осуществляются доступ к сформированным при обучении данным о типе РИ, эталонном значении признака и т. д. и выбор соответствующего программного модуля контроля.

Алгоритм классификации аномалий на РИ имеет многоуровневую структуру. На каждом уровне последовательно решается задача распознавания двух классов состояний РИ. Первому (верхнему) уровню соответствует элементарный распознаватель типа поломка — неполомка, второму — скол — нескол, третьему — выкрашивание — невыкрашивание. В узлах классификационного дерева решение принимается в пользу наличия геометрической аномалии РИ, если расхождение между эталонным и вычисленным значениями признаков превышает некоторое пороговое значение:

$$|\delta - \delta_0| > \Delta\delta, \quad \Delta\delta = \Delta\delta(R, d, k),$$

где δ, δ_0 — признак, вычисленный по входному изображению, и эталонный признак; $\Delta\delta$ — порог распознавания; R — разрешающая способность контроля аномалий; d — диаметр РИ в точках растра; k — отношение математического ожидания продольного значения дефекта к диаметру.

Таблица

Результирующая таблица признаков изображений РИ

Признак δ	Тип режущего инструмента	Вид аномалии	Разрешающая способность контроля (при $\xi=0{,}02$, $d=20$, $p=0{,}1$), %	Пороговые значения признака $\Delta\delta$
I	Все типы	Поломка	2,8	0,5dR
C_Δ	Сверло спиральное, зенкер, фреза с четным числом зубьев	Скол, выкрашивание	2	0,25dR
S_Δ	Развертка, зенковка, расточная оправка, фреза торцевая, дисковая	То же	1,9	$0{,}5kd^2R$
dS_Δ	Метчик	То же	2,5	$0{,}5kd^2R$
$S_{T/2}$	Зенкер с нечетным числом зубьев	То же	2,8	$0{,}5kd^2R$

Значение $\Delta\delta$ может автоматически вычисляться по соответствующим формулам (см. таблицу), если априорно известны все условия функционирования СТЗ, например уровень шумов, вероятность ошибки классификации. Дополнительно к «жесткому» варианту формирования порога классификации есть возможность переопределения в режиме общения пользователя с микроЭВМ некоторых программно заданных параметров, влияющих на выбор порога, например, разрешающей способности контроля.

Эффективность контроля исправности РИ на базе СТЗ и микропроцессорной техники имеет многосторонний характер и может быть рассмотрена в следующих аспектах:

снижение брака деталей вследствие возможности реагирования на довольно малые дефекты РИ типа скол режущих зубьев и выкрашивания калибрующей части и предсказания более «серьезных», необратимых аварийных ситуаций, например поломки РИ и станка;

увеличение вероятности правильной классификации неисправности РИ до 90 % при разрешающей способности распознавания аномалий не больше 3 % (при уровне шумов не выше 10 % и диаметре РИ не менее 20 точек растра); для сравнения отметим, что устройство контроля РИ фирмы Fanuc (Япония) позволяет зафиксировать 60...70 % случаев поломки инструментов на многоцелевых станках;

увеличение времени безаварийной работы ГПМ на 10 % вследствие сокращения простоев технологического оборудования, связанных с неисправностями РИ;

обеспечение малолюдного, а в перспективе (при полной автоматизации других видов контроля ГПМ) и безлюдного режимов обслуживания ГПМ.

Таким образом, разработанная микропроцессорная система диагностики РИ в отличие от традиционных устройств обеспечивает следующие возможности: контроль малых дефектов РИ радиального типа (скол режущих зубьев, выкрашивание калибрующей части); гибкую настройку программного обеспечения на конкретную разновидность РИ посредством обучения; высокую разрешающую способность контроля дефектов РИ (см. таблицу); работу в реальном масштабе времени.

Справки по телефону: 114-95-20, Москва (Зайцев Константин Сергеевич).

ЛИТЕРАТУРА

1. Utensil.—1983.— № 4.— P. 43—47.
2. Utensil.—1983.— № 11, 12.— P. 53—57.
3. Simple Vision System Monitors Tools and Swarf // The Production Engineer.— 1984.— № 2.— P. 24—25.

Статья поступила 7 июня 1986 г.

УДК 681.3–0.25.181

М. В. Руцков

ВИДЕОПРОЦЕССОР БИНАРНЫХ СИГНАЛОВ

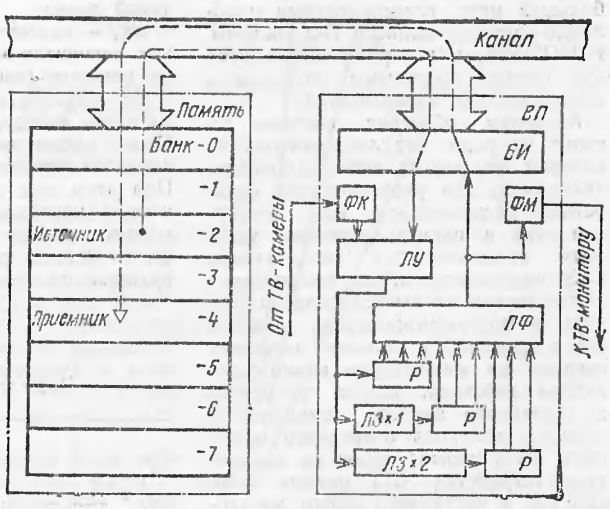
Современная робототехника ставит перед разработчиками вычислительных средств сложную задачу: создать аппаратуру для видеоанализа, соизмеримую по стоимости и массо-габаритным характеристикам с универсальными микропроцессорными системами при одновременном увеличении производительности более чем в 10^3 раз.

Реальным путем решения данной проблемы является переход к использованию специализированных аппаратных средств, ориентированных на выполнение конкретных функций с максимальным быстродействием. Практика показывает, что при одинаковом уровне сложности спецустройства превышают по скорости универсальные микроЭВМ более чем в 10^3 раз.

Наглядным подтверждением данного подхода может служить экспериментальный видеопроцессор (ВП) бинарных сигналов. Устройство предназначено для работы в составе микроЭВМ «Электроника 60» (и ей подобных); выполнено на стандартной полуплате и содержит 56 ИС малой и средней степени интеграции. Видеопроцессор параллельно осуществляет следующие функции: ввод бинарного изображения с ТВ-камеры в формате 256×256 элементов; побитные логические операции между элементами вводимого кадра и кадра, расположенного в памяти микроЭВМ; локальную фильтрацию изображения окном 3×3 элемента; вывод бинарного изображения на экран ТВ-монитора в формате 256×256 элементов.

Несмотря на то, что устройство реализовано исключительно на ИС серий К155 и К555, оно функционирует в реальном масштабе времени — обработка выполняется в темпе поступления данных с ТВ-камеры (частота кадров 50 Гц, скорость ввода элементов изображения до 8 Мбит/с). Таким образом достигается производительность, равная 8 млн. операций сверток с окном 3×3 в секунду, которая примерно в 10^4 раз выше, чем при аналогичной обработке на программном уровне в микроЭВМ «Электроника 60».

Видеопроцессор (см. рисунок) содержит следующие узлы: блок интерфейса (БИ), формирователи сигналов от ТВ-камеры (ФК) и ТВ-монитора (ФМ), логическое устройство (ЛУ), память фильтра (ПФ), сдвигающие регистры (Р), линии задержки на одну и две телевизионные строки (ЛЗ×1, ЛЗ×2).



Структура видеопроцессора

Устройство работает со стандартным видеосигналом, поступающим с ТВ-камеры в формирователь ФК. В нем происходит выделение строчных и кадровых синхроимпульсов, а также бинарное квантование видеосигнала. Квантование осуществляется с помощью аналогового компаратора (КР597СА2), который сравнивает текущую амплитуду видеосигнала с пороговым уровнем, задаваемым 8-разрядным цифро-аналоговым преобразователем (КР572ПА1, часть разрядов не используется). Регулируемый порог позволяет значительно расширить функции видеопроцессора. В частности, можно реализовать: работу устройства в адаптивном режиме, формирование многоградационных изображений и др.

Видеопроцессор выполняет действия над массивами — кадрами бинарного изображения форматом 256×256 элементов. В структуре устройства можно выделить два основных операционных блока: логическое устройство и фильтр (совокупность регистров, линий задержки и памяти фильтра). Указанные блоки работают параллельно в конвейерном режиме.

Логическое устройство выполняет операции побитной обработки между одноименными бинарными элементами кадров, первый из которых поступает с ТВ-камеры, а второй считывается из внутренней памяти микроЭВМ. С помощью кода операции можно задать любую из шестнадцати логических функций от двух переменных. Данные обрабатываются последовательно в темпе поступления квантованного видеосигнала с компаратора.

Последовательный сигнал с выхода логического устройства поступает в блок фильтра. Последний выполняет функцию локальной фильтрации, т. е. формируется новый кадр, каждый элемент которого вырабатывается по значениям определенной группы элементов исходного изображения. В данном случае группа задается с помощью квадратного окна 3×3. Центр окна соответствует координате формируемого элемента.

Благодаря линиям задержки на одну и две строки изображения, а также регистрам (сдвигающим каждую строку на величину от одного до трех элементов) все девять бит информации, ограниченных окном, поступают на адресные входы памяти фильтра одновременно. Всего может быть 2^9 входных комбинаций, поэтому память фильтра содержит соответствующее число однобитных ячеек, в каждую из которых записан заранее вычисленный результат фильтрации. Локальная фильтрация осуществляется с помощью табличного способа вычисления функций. Фактически может быть задан любой тип фильтра (2^{512}). Линии задержки и память фильтра реализованы на ИС ОЗУ статического типа К155РУ7.

С выхода фильтра информация выдается на экран ТВ-монитора, а также записывается во внутреннюю память микроЭВМ.

Таким образом, видеопроцессор является функционально законченным устройством, которое самостоятельно работает с памятью микроЭВМ, осуществляя ввод операнда, обработку и вывод результата. Это позволяет вводить изображения с ТВ-камеры в прямом виде, в инверсном, с маскированием и суммированием; ввод с фильтрацией; обработку и вывод записанных ранее изображений; итеративную фильтрацию изображений и т. д.

Высокая производительность позволяет видеопроцессору функционировать в реальном масштабе времени (время обработки кадра — 20 мс). Например, съемку движущихся объектов можно наблюдать на экране ТВ-монитора в оконтуренном виде (для этого необходимо задать соответствующую функцию локальной фильтрации).

Видеопроцессор работает в режиме прямого доступа в память (ПДП). В каждой видимой строке растра по срезу строчного синхроимпульса выставляется требование ПДП и через время, равное задержке предоставления доступа, происходит захват системной шины микроЭВМ. Через шину проходят два потока данных (чтения операнда и записи результата) с суммарной интенсивностью 2 Мбайт/с. Все адресные и интерфейсные операции, а также параллельно-последовательные преобразования над данными выполняются в блоке интерфейса. Захват шины заканчивается в конце видимой части строки. При этом появляются паузы в интервалах строчного и кадрового гашения, в течение которых процессор микроЭВМ может функционировать (в том числе и проводить регенерацию памяти). В итоге его производительность снижается до 40 % от номинальной, но этого вполне достаточно для программной поддержки видеопроцессора.

Устройство управляется через командные регистры, адреса которых находятся в зоне внешних устройств микроЭВМ. По адресу 163000 (здесь и далее адреса даны в восьмеричной системе) располагается регистр кода операции и режима работы фильтра. Разряды D0...D3 регистра задают функцию логического устройства, 2-разрядное поле (разряды D6, D7) выбирает один из четырех запрограммированных типов фильтра, поскольку память фильтра расширена до 2К бит. Эта возможность предусмотрена для оперативного переключения с одного вида локальной фильтрации на другие, поскольку на перегрузку фильтра затрачивается сравнительно много времени (512 операций побитовой записи). Фильтрация осуществляется при условии активного состояния разряда D8=1, в противном случае информация с выхода логического устройства проходит через фильтр без изменений.

Регистр, расположенный по адресу 163002, соединен с цифро-аналоговым преобразователем и служит для хранения порога компарации видеосигнала. Код порога загружается в разряды D0...D7.

При формате обрабатываемых бинарных изображений 256×256 элементов объем памяти составляет 8К байт (один банк памяти микроЭВМ). Номер банка-источника операнда загружается в соответствующий регистр (адрес 163004) в разряды D0...D2. В этом же регистре расположен бит разрешения работы видеопроцессора (разряд D3). Устройство становится активным при D3=1. Работа видеопроцессора запрещается путем блокировки режима ПДП (D3=0). При этом вывод на экран ТВ-монитора прекращается, а процессор начинает работать с максимальной производительностью (без остановок).

Аналогичный регистр (адрес 163006) служит для задания номера банка-приемника результата (разряды D0...D2). Разряд D3 этого регистра предназначен для разрешения записи результата (запись разрешена при D3=1).

Поскольку видеопроцессор работает с кадрами изображения в реальном масштабе времени, то смена управляющих параметров должна производиться в интервалах кадрового гашения. Для этих целей в устройстве предусмотрена возможность чтения состояния сигнала кадрового гашения, программный опрос которого производится по любому из адресов 163000...163006 в разряде D15. Это позволяет синхронизировать работу процесора микроЭВМ и видеопроцессора.

Для загрузки памяти фильтра в зоне внешних устройств выделено 512 адресов (162000...162777, адресация байтовая). При этом номер фильтра задается так же, как и в режиме активной работы (адрес 163000, разряды D6, D7). Запись и чтение производятся через разряд D0. Такая возможность предусмотрена для удобства отладки устройства и работы с ним при проведении исследований. В видеопроцессорах целевого назначения можно использовать более оптимальный вариант загрузки или обойтись без данного режима, применяя в качестве памяти фильтра постоянное запоминающее устройство.

Макет видеопроцессора успешно прошел испытания и показал высокую эффективность при решении задач видеоанализа. Особый интерес представляет использование данного устройства в производстве, например, в поточных автоматизированных линиях, где требуется принятие решения в реальном масштабе времени.

Телефон для справок: 146-02-75 (с 14.00 до 17.00), Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кауфе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой.— М.: Мир, 1985.
2. Центральный процессор М2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 3.852.ТО.1979.

Статья поступила 28 ноября 1986 г.

УДК 681.772.7.049.771.14

А. Г. Хоботов, В. М. Плеханов, В. В. Крылов

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА БАЗЕ СЕРИЙНОЙ МИКРОЭВМ

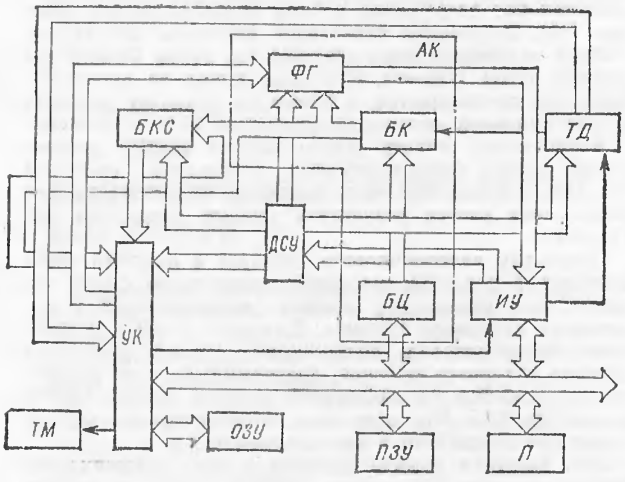
Система технического зрения — одна из важнейших составных частей робототехнических производственных комплексов и систем [1—3]. Она представляет собой совокупность телевизионных датчиков, систем кодирования, хранения и обработки информации, а также программного обеспечения, т. е. алгоритмов программ и обработки изображений.

Структура системы

Настоящая система разрабатывалась с учетом применения максимального числа серийных блоков. В качестве базовой микроЭВМ для обработки изображений использована «Электроника 60М». Возможности данной системы существенно шире в отличие от аналогичных систем (см., например, [4]).

Основными функциональными звеньями системы технического зрения (рис. 1) являются: адаптивный квантователь амплитуды видеосигнала, звено кодирования и хранения видеосигнала, система управления и обработки информации.

а)



б)

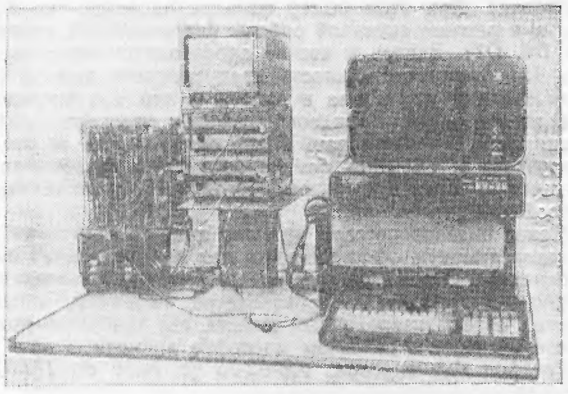


Рис. 1. Структурная схема системы технического зрения (*а*) и общий вид ее (*б*):

АК — адаптивный квантователь амплитуды видеосигнала, ФГ — формирователь гистограмм, ТД — телевизионный датчик (ПЗС-камера), БК — блок квантования амплитуды видеосигнала, БЦ — блок цифро-аналоговых преобразователей, ИУ — интерфейс управления, ДСУ — дешифратор сигналов управления, БКС — блок кодирования сигналов, УК — управляющий контроллер, ТМ — телевизионный монитор, ОЗУ — оперативное запоминающее устройство (для хранения изображения), ПЗУ — постоянное запоминающее устройство, П — процессор (ЭВМ «Электроника 60М»)

Адаптивный квантователь амплитуды видеосигнала состоит из параллельного АЦП, содержащего 16 компараторов, опорные уровни на которых формируются с помощью ЦАП (стандартная плата 15 КА-60/4-009) под управлением процессора, шифратора, преобразующего выходные сигналы компараторов в 4-разрядный двоичный код, и формирователя гистограмм (рис. 2). Последний формирует гистограмму распределения амплитуды сигнала на кадре. Код с выхода блока квантования амплитуды сигнала через коммутатор адресной шины и схему стробирования (схема стробирования служит для выборочного подсчета гистограмм) попадает на адресные шины ЗУПВ. Данные по адресу считываются в инкрементный регистр, с выхода которого увеличенный на единицу код записывается в ЗУПВ по тому же адресу.

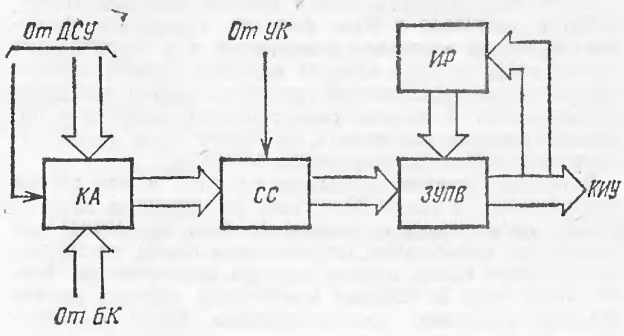


Рис. 2. Структурная схема формирователя гистограмм:

КА — коммутатор адреса, СС — система стробирования, ЗУПВ — запоминающее устройство с произвольной выборкой, ИР — инкрементный регистр

В режиме чтения гистограммы адрес, формируемый в дешифраторе сигналов управления (ДСУ), поступает на адресные шины ЗУПВ, данные с выхода которого считываются на регистр ввода ИУ.

Система кодирования и хранения информации состоит из управляющего контроллера (УК), ОЗУ и блока кодирования сигналов (БКС). Последний (рис. 3) служит для программирования функции преобразования видеосигнала в цифровой код. В режиме записи функции преобразования адрес с дешифратора сигналов управления поступает на адресные шины ЗУПВ, а данные — на информационный вход ЗУ. Происходит последовательная запись значений функции кодирования во

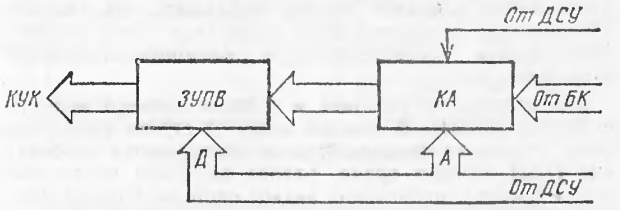


Рис. 3. Структурная схема блока кодирования сигналов

все ячейки ЗУПВ. В режиме кодирования сигналов код с блока компараторов через коммутатор адреса поступает на адресные шины ЗУПВ, после чего с выхода ЗУПВ снимается в соответствии с записанной функцией кодирования.

Управляющий контроллер формирует управляющие сигналы, необходимые для работы системы, а именно для обеспечения записи изображения в ОЗУ, воспроизведения записанного изображения на экране телемонитора и коммутации ОЗУ к каналу микроЭВМ.

Режим работы управляющего контроллера задается через дешифратор управляющих сигналов интерфейса ЭВМ. В режиме записи изображения происходят отключение ОЗУ от канала ЭВМ, считывание маски формирования гистограмм, поступающей на схему стробирования формирователя гистограммы, считывание данных о видеосигнале с блока кодирования сигнала и запись их в ОЗУ. Синхронизация в этом режиме осуществляется от тактового генератора телевизионного датчика (ТД) либо от внутреннего тактового генератора контроллера в телевизионном стандарте частоты. По окончании формирования гистограммы распределения амплитуды сигнала или окончании формирования изображения в ОЗУ контроллер вырабатывает сигнал окончания операции, поступающий на 15-й разряд регистра состояния интерфейса.

Следующая функция контроллера осуществляет программный выбор участка фотомишени датчика, с которого записывается информация в ОЗУ в формате 128×××128×4 бит. Если датчик имеет разрешение по полю больше 128×128 точек, возможна запись изображения в масштабе 1:2, 1:3, 1:4 через 1, 2, 3 элемента и через 1, 2, 3 строки соответственно (это позволяет работать с датчиками, имеющими пространственное разрешение до 1024×1024) либо с выбранного участка фотомишени в заданном масштабе. Координаты выбранного участка фотомишени задаются с точностью 1/16 формата датчика. Последней функцией управляющего контроллера является управление режимом отображения информации. Возможны два режима отображения: обратный доступ из ОЗУ и отображение информации с выхода блока компараторов в телевизионном стандарте частоты.

Оперативное запоминающее устройство выполнено на плате 15У30-4-003 емкостью 4К 16-разрядных слов. Каждая точка изображения представляется четырьмя битами, причем в первой четверти адресного пространства ОЗУ формируется информация первого разряда, во второй — второго и т. д. Подобный формат записи существенно сокращает время, необходимое для анализа изображения, так как при соответствующем задании функции кодирования позволяют реализовывать эффективные с точки зрения сокращения времени алгоритмы обработки изображений.

Системы управления и обработки состоят из процессора (микроЭВМ «Электроника 60М-М2»), ПЗУ (15УЗПП—8К×16), интерфейса (15 КС-180-032) и дешифратора сигналов управления. ДСУ обеспечивает передачу управляющих сигналов с интерфейса микроЭВМ ко всем блокам системы технического зрения. Дополнительно к описанным функциям ДСУ формирует 4-разрядный двоичный код для управления тактовой частотой телевизионного датчика и временем накопления заряда для датчиков, выполненных на основе приборов с зарядовой связью.

Технические возможности системы

Реализация кодирующего звена системы в виде описанного адаптивного квантователя позволяет реализовывать оптимальный, в информационном смысле, адаптивный алгоритм кодирования сигналов. Основная идея его заключается в задании уровней квантования сигнала с помощью ЦАП по квантилям функции распределения сигнала на кадре, оценка которой формируется блоком формирования гистограмм. Алгоритм адаптации представляет собой итеративную процедуру, которая за несколько просмотров кадра формирует значения кодов, определяющих уровни квантования.

Критерием останова алгоритма служит достижение энтропии кодированного сигнала заданной величины. Алгоритм достаточно просто реализуется на макроассемблере серийной микроЭВМ и не требует реализации использования команд с плавающей точкой. (Листинг программы расчета квантилей гистограммы на макроассемблере микроЭВМ «Электроника 60М» приведен в приложении.)

ПРИЛОЖЕНИЕ

```
;*********************************************
;*    ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ УРОВНЕЙ КВАНТОВАНИЯ    *
;*      АМПЛИТУДЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА          *
;*          МАКРОАССЕМБЛЕР О.С. RT11               *
;*********************************************

.GLOBL CALQ,CALM,BUFG,BUFLO,F,BUFLN,START

LG      =       20

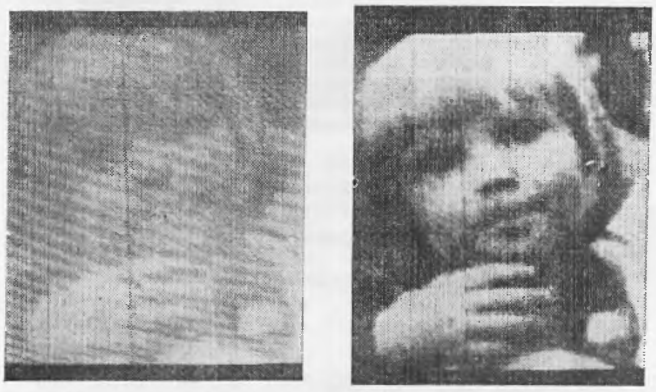
.MACRO CALQ     A1,A2,A3,A4
JSR     %5,CLQ          ;ВЫЧИСЛЕНИЕ УРОВНЕЙ КВАНТОВАНИЯ
A1                      ;АМПЛИТУДЫ СИГНАЛА
A2
A3
A4
.ENDM

.MACRO  CALM    A1,A2,A3
JSR     %5,CLM          ;ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНЕГО
A1
A2
A3
.ENDM

START:  CALM    BUFG,LG,F
        CALQ    BUFG,BUFLO,BUFLN,LG
        HALT

CLM:    MOV     (%5)+,%2
        MOV     (%5)+,%4
        CLR     %1
        CLR     %0
1$:     ADD     (%2)+,%1
        ADC     %0
        SOB     %4,1$
        DIV     -2(%5),%0
        MOV     %0,@(%5)+
        RTS     %5
CLQ:    MOV     (%5)+,%2
        MOV     (%5)+,%3
        MOV     (%5)+,%4
        MOV     (%5)+,%1
        CLR     %0
1$:     MOV     %1,-(%6)
        MOV     %5,-(%6)
        CLR     %5
        ADD     F,%0
2$:     ADD     (%2)+,%5
        TST     (%3)+
        CMP     %5,%0
        BLO     2$
        MOV     %0,-(%6)
        MOV     %4,-(%6)
        MOV     -4(%3),@%4
        MOV     -2(%3),%4
        MOV     -4(%3),%3
        SUB     %3,%4
        SUB     -2(%2),%5
        SUB     %5,%0
        MUL     %4,%0
        DIV     -2(%2),%0
        MOV     (%6)+,%4
        ADD     %0,(%4)+
        MOV     (%6)+,%0
        MOV     (%6)+,%5
        MOV     (%6)+,%1
        MOV     -6(%5),%3
        MOV     -10(%5),%2
        SOB     %1,1$
        RTS     %5
F:      0               ;СРЕДНЕЕ
BUFG:   .BLKW   LG      ;МАССИВ ЗНАЧЕНИЙ ГИСТОГРАММЫ
BUFLO:  .BLKW   LG      ;МАССИВ ИСХОДНЫХ УРОВНЕЙ КВАНТОВАНИЯ
BUFLN:  .BLKW   LG      ;МАССИВ ВЫХОДНЫХ УРОВНЕЙ КВАНТОВАНИЯ
.END
```

Основываясь на информационных оценках квантования сигнала по уровню, полученных в [6], и предельной оценке энтропии сигнала на выходе системы кодирования, достаточно просто получить соотношения, позволяющие оценить такие параметры данной системы технического зрения, как разрядность ЦАП и число компараторов, исходя из динамического диапазона датчика



а) б)

Рис. 4. Изображение, полученное при равномерной шкале квантования (*а*) и при квантильном преобразовании шкалы квантования (*б*)

и допустимых потерь информации на кодирование сигналов при условии квантования амплитуды сигнала по приведенному алгоритму.

Квантильный алгоритм кодирования амплитуды сигнала позволяет значительно увеличивать информационную «емкость» закодированного изображения. Иллюстрацией работы алгоритма является приведенная на рис. 4 фотография двух последовательных кадров изображения.

Телефон для справок: 65-88-22, Горький.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дежеймс, Бартон. Быстродействующий анализатор телевизионных изображений, выполненный на одной плате // Электроника.— 1981.— № 8.— С. 105—106.
2. Sprow E. E. Robot vision Adds Flexibility to Finising // Tooling & Production.—1984.— April.— P. 70—72.
3. Schaeter D. H. Spatially Parallel Architectures for Industrial Robot vision // Proceedings of CVPR'83 IEEE computer Society Conference on Computer Vision and Patten Recognising. Waschingtion D.— 1983.— P. 19—23, June.— P. 542—545.
4. Doerr A. R. I. Industrial Vision Application // Proceedings of the 2nd International Conference on Robot vision and sensory controls. November 2—4.— Stuttgart.—1982.— P. 47—51.
5. Вудс Р. Э., Гонсалес Р. С. Цифровые методы улучшения изображений в реальном времени // ТИИЭР.—1981.— Т. 65, № 5.— С. 176—190.
6. Кавалеров Г. И., Мандельштам С. М. Введение в информационную теорию измерений.— М.: Энергия, 1974.— С. 119—135.

Статья поступила 11 октября 1986 г.

УДК 681.772.7.049.771.14

В. И. Матвеенко, Ю. Г. Староверов

ПОЛУТОНОВАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Системы технического зрения (СТЗ) на основе микроЭВМ получили широкое распространение в автоматизации производственных процессов. С помощью микроЭВМ осуществляется вторичная обработка данных. Для первичного преобразования видеоинформации используются телевизионная камера и устройство ввода видеоинформации.

Условия производства наряду с традиционными требованиями по быстродействию и высокой точности измерений предъявляют к СТЗ дополнительные требования по надежности, габаритам и удобству в обслуживании. Большинство созданных в нашей стране СТЗ основаны на микроЭВМ «Электроника 60» в качестве устройства вторичной обработки и отличаются типом применяемой телевизионной камеры и устройством ввода видеоинформации (УВВИ). На устройство ввода видеоинформации обычно возлагаются функции предварительной обработки, кодирования, запоминания изображения и сопряжения с микроЭВМ, и его аппаратурная реализация во многом определяет характеристики всей СТЗ в целом.

В рассматриваемой СТЗ может использоваться любая ЭВМ с магистралью МПИ. Основной блок системы — УВВИ (рис. 1) предназначен для ввода в промежуточное ОЗУ одного полукадра изображения в темпе телевизионной развертки, хранения и произвольной выборки видеоинформации, а также вывода на видеоконтрольное устройство (ВКУ) результатов обработки.



Рис. 1. Структурная схема системы технического зрения

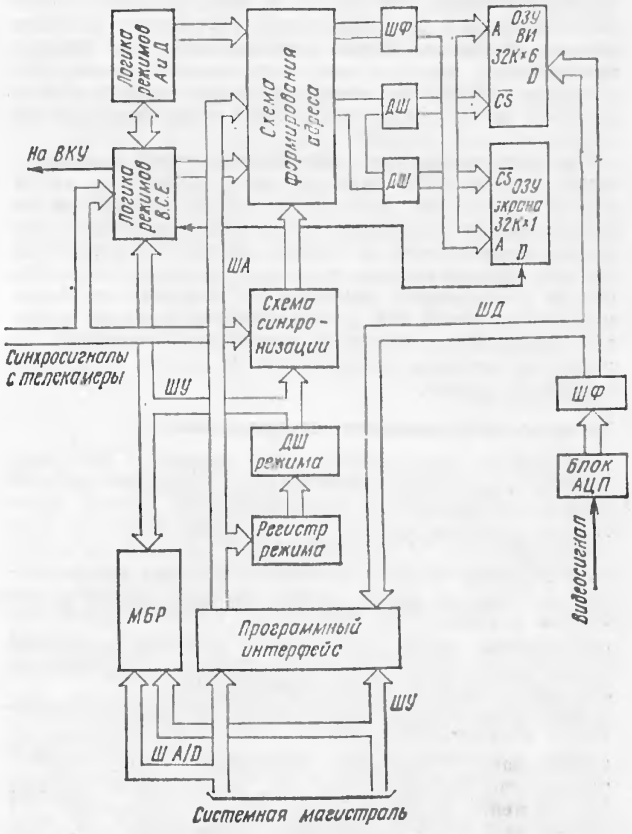


Рис. 2. Функциональная схема устройства ввода видеоинформации

Основные характеристики УВВИ

Время ввода полукадра изображения, мс	20
Применяемая телекамера	На основе среднеформатной ПЗС-матрицы типа К1200ЦМ1 с дискретностью 288×232
Число градаций яркости обрабатываемого видеосигнала	64
Конструктивное исполнение	Полная плата «Электроники 60» 240×280×12 мм

Функциональная схема УВВИ представлена на рис. 2. Блок АЦП выполнен на быстродействующем АЦП К1107ПВ1, с выхода которого снимается 6-разрядный цифровой код видеосигнала. Через шинные формирователи он поступает на шину данных устройства. Оперативное запоминающее устройство видеоинформации (ВИ) статического типа имеет емкость, достаточную для записи одного полукадра изображения. Каждой ячейке матрицы ПЗС соответствует свой физический адрес ОЗУ ВИ. Такая организация ОЗУ ВИ обеспечивает безадресный ввод видеоинформации. Со стороны процессора ОЗУ ВИ доступно только по чтению. Однобитовое ОЗУ экрана служит для хранения результатов геометрической (топологической) обработки формы наблюдаемого объекта и для вывода этой информации на экран ВКУ. Для ЦП ОЗУ экрана доступно по чтению и записи. На выходе ВКУ формируется стандартный телевизионный сигнал, что дает возможность использовать в качестве графического дисплея ВКУ или любой телевизор. Оба ОЗУ имеют структуру, моделирующую расположение строк телевизионного растра, что позволяет легко адресоваться к любой точке изображения, располагая номер выбранной строки в старшем байте адресного слова, а номер элемента в строке — в младшем байте.

Схема формирования адреса состоит из адресных счетчиков и логики управления ими. Адрес в счетчиках может выставляться ЦП (выборка с произвольным доступом) или последовательно наращиваться при вводе и выводе ВИ. Две схемы логики режимов активируют управляющие сигналы для схемы формирования адреса с целью реализации режима, код которого через регистр режима передан из ЦП. Схема синхронизации предназначена для синхронизации работы счетчиков в процессе ввода-вывода по управляющим сигналам с телекамеры: строчный гасящий (СГ), кадровый гасящий (КГ) и полукадровый Н импульсы.

В многорежимном буферном регистре (МБР) хранится адрес ОЗУ ВИ, по которому было записано последнее обращение. Это удобно для программной работы с УВВИ. Шина данных МБР соединена непосредственно с системной магистралью.

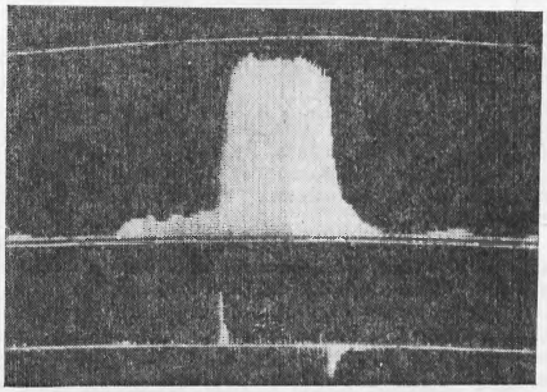
Программный интерфейс обеспечивает обмен между УВВИ и ЦП через следующие регистры: РС — регистр состояния, РА — регистр адреса, РД ВИ — регистр данных ОЗУ ВИ, РДЭ — регистр данных ОЗУ экрана, РЗ — регистр загрузки, РЧЗ — регистр чтения-записи, РВ — регистр вывода видеоинформации на ВКУ. Обращаясь через эти регистры к УВВИ, ЦП может инициализировать несколько режимов работы: А — загрузка ОЗУ ВИ и обнуление ОЗУ экрана, В — чтение информации из ОЗУ ВИ, С — чтение (запись) информации из ОЗУ экрана, Д — вывод информации из ОЗУ экрана на ВКУ, Е — ожидание (инициализируется при включении питания).

Режим А включается обращением к РЗ. При этом в РС устанавливается бит «занято». УВВИ не реагирует на обращения до окончания загрузки ОЗУ ВИ. В этом режиме тактовая частота поступает на телекамеру, обеспечивая синхронное с поступлением видеосигнала стробирование АЦП и наращивание счетчика адреса. Одновременно происходит обнуление ОЗУ экрана.

Режимы В и С инициализируются обращением к регистру РЧЗ. В этих режимах регистры РА, РД ВИ и РДЭ доступны по чтению и записи (кроме РД ВИ).

Режим Д включается при обращении к РВ; вывод на ВКУ блокируется при обращении к РЧЗ, а также канальным сигналом RESET. Устройство ввода предоставляет потребителю широкие возможности программирования, так как в ОЗУ ВИ хранится вся информация, содержащаяся в полукадре изображения. При однократном обращении к РЗ ближайший полукадр записывается в ОЗУ ВИ и сохраняется там до следующего ввода. Информацию в ОЗУ экрана с одновременным ее отображением на ВКУ можно изменять неограниченное число раз. Недостатком является необходимость косвенной адресации: для извлечения информации при первом обращении ЦП к каналу требуется записать адрес выбранной точки в РА, а при втором обращении — считать информацию из РД ВИ или РДЭ. В настоящее время программное обеспечение СТЗ включает программы предварительной обработки (фильтрация, сегментация, оконтуривание и т. д.) для бинарного и полутонового изображения. Система может применяться для оснащения адаптивных роботов, автоматизации научных исследований, контроля, отладки алгоритмов обработки видеоинформации. Система эксплуатируется на заводе ВТУЗе при ЗИЛе более года.

а)



б)

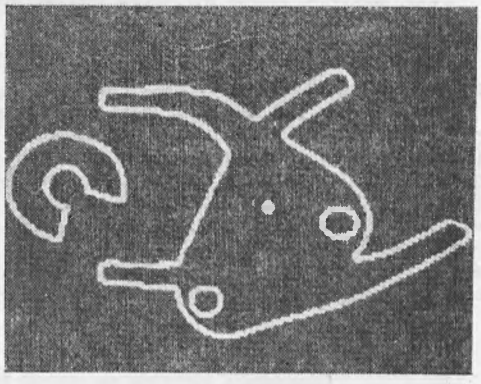


Рис. 3. Изображение оцифрованного сигнала, полученное на ВКУ:

а) две полоски разной яркости; *б)* контурное изображение двух рычагов

Для иллюстрации дискретности обрабатываемого изображения и возможностей ВКУ как графического дисплея на рис. 3 показаны распределение функции яркости по строке (рис. 3, а) (две полоски бумаги — темная и светлая на черном фоне) и контурное изображение двух рычагов (рис. 3, б).

Справки по адресу: 109068, Москва, Автозаводская ул., 16, завод ВТУЗ при ЗИЛе, каф. «Автоматика и средства автоматизации». Тел. 277-28-39.

Статья поступила 28 мая 1986 г.

УДК 681.32

Ю. П. Страшун

СРЕДСТВА СВЯЗИ МИКРОЭВМ СЕМЕЙСТВА СМ 1800 С ОБЪЕКТОМ

Развитие управляющих вычислительных комплексов (УВК) [1], измерительно-вычислительных комплексов и систем (ИВК, ИВС) [2, 3], управляющих вычислительных телекомплексов (УВТК) [4] в направлении построения их на основе иерархических, децентрализованных структур заставляет существенно расширить рамки технических средств связи с объектом (ТССО). В настоящее время ТССО должны не только вводить-выводить информацию, но и предварительно ее обрабатывать и передавать данные на расстояние.

Массовое внедрение микропроцессорных вычислительных комплексов (ВК) выдвигает на первый план проблемы стандартизации технических средств, интерфейсов, развития принципов функционально-модульной архитектуры (ФМА) и рекурсивности построения ВК [5—7]. На основе принципов ФМА могут быть построены децентрализованные ТССО, в которых ввод-вывод аналоговых и дискретных сигналов, обработку и передачу данных можно совмещать. Рекурсивное построение многоуровневых ТССО позволяет по определенному правилу собрать из технических средств нижнего уровня верхний уровень.

Единство функционально-модульного построения, рекурсивности и стандартизации технических средств связи с объектом отразилось в эволюции ТССО микроЭВМ семейства СМ1800: модулей (блоков), устройств (подсистем) и базовых структур (терминалов связи с объектом). В работе [8] дана общая характеристика модулей ТССО микроЭВМ СМ1800: СМ1803, СМ1804, СМ1810, СМ1814. Ниже подробно рассматриваются существующие ТССО СМ1800 (табл. 1) и анализируются перспективы их развития.

Основные группы модулей (блоков) ТССО в составе микроЭВМ семейства СМ1800 упомянуты в табл. 1.

Отметим, что ряд организаций-разработчиков наряду с Институтом электронных управляющих машин (ИНЭУМ) разработал и продолжает разрабатывать модули ТССО, выходящие на внутрисистемный интерфейс СМ1800 И41. Эти модули решают задачи контактной коммутации входных аналоговых сигналов, ввода-вывода частотных сигналов, нормализации сигналов пьезо- и тензодатчиков, связи с приборным интерфейсом по ГОСТ 26.003-80, вывода аналоговых сигналов на осциллографический индикатор и графопостроитель, ввода дискретных сигналов переменного тока и т. д.

Основным при разработке модуля ввода аналоговых сигналов СМ1800.9201 (табл. 1) было обеспечить высокую точность аналого-цифрового преобразования входных сигналов напряжения постоянного тока в двоичный код, ввод его в микроЭВМ семейства СМ1800, а также помехозащищенность при относительно невысоком быстродействии. Благодаря интегрирующему АЦП коэффициент подавления помех нормального вида модуля достигает не менее 70 дБ на частоте (50±1) Гц, а необходимость применения индивидуальных крупногабаритных RC-фильтров для фильтрации помех нормального вида исключена. В интегрирующем АЦП используется принцип двухтактного интегрирования с весовой функцией 1—3—3—1, позволяющий без подстройки фазы и длительности первого периода интегрирования под сеть получить подавление нечетных гармоник частоты сети на 40 дБ большее, чем при обычном двойном интегрировании.

Технические характеристики модуля СМ1800.9201

Количество входных каналов	16
Диапазон изменения входных сигналов, В	—5...5
Разрядность цифрового кода	13 двоичных разрядов плюс один знаковый
Время преобразования, мс, не более	100
Основная относительная погрешность преобразования, с/д	0,2/0,15
Коэффициент подавления помехи общего вида на частотах от 0 до 50 Гц, дБ, не менее	60
Коэффициент подавления помехи нормального вида на частоте (50±1) Гц, дБ, не менее	70
Допустимое напряжение между общими цепями аналоговой и цифровой частей, В	100
Количество блоков элементов	2 (на платах типа Е2)

Входной аналоговый сигнал, пройдя аналоговый коммутатор и буферный усилитель, поступает на интегратор, конденсатор которого заряжается до напряжения, пропорционального входному напряжению. Далее входное напряжение отключается от буферного усилителя, а опорное напряжение противоположной полярности подключается к нему и разряжает конденсатор интегратора. При достижении выходным напряжением интегратора значения, равного 0, останавливается счетчик, заполнявшийся в процессе разряда интегратора. Число импульсов, накопленное в счетчике, представляет собой результат преобразования. Модуль СМ1800.9201 подключается кабелем к кроссовому монтажному блоку микроЭВМ СМ1800.

Модуль ввода аналоговых сигналов СМ1800.9204 пред-

Таблица 1

Основные группы модулей (блоков) ТССО в составе микроЭВМ семейства СМ1800

Модули (блоки) ввода аналоговых сигналов и аналогового сравнения	Модули вывода аналоговых сигналов	Модули изолированного электропитания	Модули ввода дискретных сигналов	Модули вывода дискретных сигналов
СМ1800.9201 СМ1800.9204 СМ1800.9211.01 СМ1800.9211.04 СМ1800.8517 СМ1800.8518 СМ9306 СМ9307 СМ1800.9203	СМ1800.9202	СМ1800.0302 СМ1800.0303	СМ1300.9301 СМ1800.9302 СМ1900.9304	СМ1800.9303 СМ1800.9701 СМ1800.9702

назначен для преобразования входных сигналов напряжения постоянного тока в двоичный код и ввода его в микроЭВМ семейства СМ1800. Модуль разработан для достижения относительно высокого быстродействия при ординарных требованиях к точности и помехозащищенности измерительного тракта.

Технические характеристики модуля СМ1800.9204

Количество входных каналов:	
с общим проводом в модификациях СМ1800.9204 и СМ1800.9204.01	32
с несимметричным входом в модификациях СМ1800.9204.02 и СМ1800.9204.03	1
Диапазоны изменения входных сигналов (переключение программное), В	−5...5 −2,5...2,5
Время преобразования, мкс, не более	80
Основная приведенная погрешность преобразования, %, не более	±0,25 на диапазоне ±5В, ±0,40 на диапазоне ±2,5В
Разрядность выходного кода, включая знак	12
Допустимое напряжение между общими цепями аналоговой и цифровой частей, В	100
Коэффициент подавления помехи общего вида на частотах от 0 до 50 Гц, дБ, не менее	60
Количество блоков элементов	2 или 1 (на платах типа Е2)

Модуль СМ1800.9204 подавляет помехи нормального вида только при совместном применении его с модулем нормализации аналоговых сигналов СМ1800.9211.01 (СМ1800.9211.04). Последние в общем случае преобразуют сигналы датчиков постоянного тока в сигналы напряжения постоянного тока, подавляют помехи нормального вида и ограничивают выходное напряжение до заданного уровня при превышении входным напряжением значения +24 В.

Технические характеристики модуля СМ1800.9211.01

Диапазоны входных сигналов	±5 В (СМ1800.9211.01) ±5 мА (СМ1800.9211.02) 0...±5 мА ±20 мА (СМ1800.9211.03) 0...+20 мА 4...+20 мА
Диапазоны выходных сигналов, В	±5 В (СМ1800.9211.01) ±2,5 (СМ1800.9211.02) 0...+2,5 ±2,5 (СМ1800.9211.03) 0...+2,5 0,5...+2,5
Количество каналов с общим проводом	8
Основная допускаемая приведенная погрешность преобразования, %, не более	±0,1
Коэффициент подавления помехи нормального вида частотой (50±1), Гц, дБ, не менее	45
Постоянная времени, мс, не более	160
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е1)

Технические характеристики модуля СМ1800.9211.04

Диапазоны входных сигналов	±5 В (СМ1800.9211.04) ±5 мА (СМ1800.9211.05) 0...+5 мА ±20 мА (СМ1800.9211.06) 0...+20 мА +4...+20 мА
Диапазоны выходных сигналов, В	±5 (СМ1800.9211.04) ±2,5 (СМ1800.9211.05) 0...+2,5 ±2,5 (СМ1800.9211.06) 0...+2,5 +0,5...+2,5
Количество изолированных каналов	8
Основная допускаемая приведенная погрешность преобразования входного сигнала, %, не более	±0,1
Коэффициент подавления помехи нормального вида частотой (50±1) Гц, дБ, не менее	45
Постоянная времени, мс, не более	160
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е1)

Относительно высокое быстродействие модуля СМ1800.9204 достигнуто благодаря применению в нем АЦП поразрядного уравновешивания (рис. 1).

Он включает в себя КАС, рассчитанный на подключение 32 однопроводных входных напряжений Ux_0—Ux_{31},

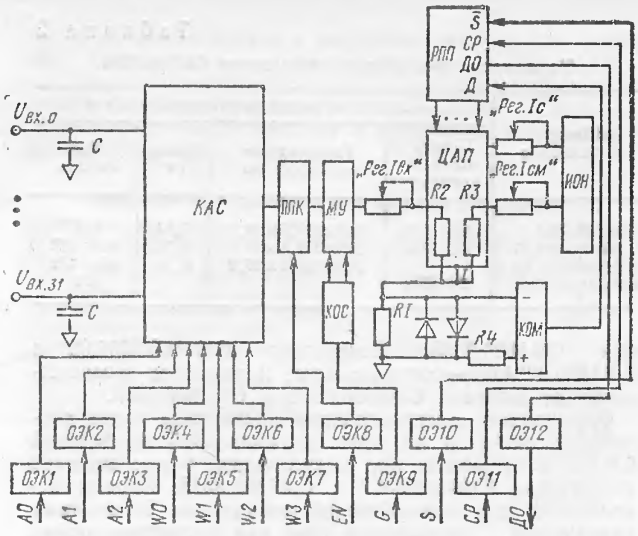


Рис. 1. Функциональная схема измерительной части модуля СМ1800.9204

масштабирующий усилитель (МУ) со схемой последовательно-параллельного ключа на входе (ППК) и ключами в цепи обратной связи (КОС), а также АЦП, реализованный на базе ЦАП, компаратора (КОМ), источника опорного напряжения (ИОН) и регистра последовательного приближения (РПП).

Для гальванической развязки измерительной части модуля используются оптоэлектронные ключи (ОЭК).

Благодаря ППК установившийся на выходе КАС аналоговый сигнал поступает на вход МУ. Открытию входа последнего предшествует установка требуемого коэффициента усиления МУ с помощью КОС (на базе МОП-ключей), задающих два коэффициента усиления: 1 и 2. Включением требуемого коэффициента усиления управляет сигнал «G».

Установив сигнал на выходе МУ с заданной точностью, можно начать аналого-цифровое преобразование по сигналу «S», поступающему из логической части модуля. Повысить быстродействие АЦП можно, сравнивая токи, а не напряжения. Сигнал напряжения с выхода МУ трансформируется в ток с помощью резистора R2, входящего в состав интегрального ЦАП. Ток на суммирующем резисторе R1 (на входе КОМ) регулируется с помощью потенциометра «Рег. $I_{вх}$». Возможность преобразования двуполярных аналоговых сигналов в АЦП обеспечивается током смещения $I_{см}$, задаваемым опорным напряжением на выходе ИОН и резистором R3, входящим в состав интегрального ЦАП. Ток смещения плавно регулируется потенциометром «Рег. $I_{см}$». В сравнении токов на входе КОМ участвует ток на выходе ЦАП «I». Величина тока «I» плавно регулируется с помощью потенциометра «Рег. $I_с$».

Сигналы ограничиваются по амплитуде на входе компаратора с помощью встречновключенных диодов Шотки. РПП — логический узел АЦП, задающий интервалы сравнения входного тока «$I_{вх}$», с токами «I» и «$I_{см}$», а также принимающий и выдающий сопроводительные и кодовые сигналы. Последовательность синхроимпульсов (250 кГц) поступает на вход синхроимпульсов СР в РПП. КОМ связан с РПП по входу Д. Последовательный двоичный код с АЦП поступает по выходу ДО РПП.

Модуль ввода аналоговых сигналов СМ1800.9204 имеет четыре исполнения (табл. 2), из которых СМ1800.9204 и СМ1800.9204.01 имеют собственный 32-канальный однопроводный коммутатор аналоговых сигналов и питаются соответственно от модуля аналогового питания СМ1800.0302 или модуля изолированного электропита-

Таблица 2

Характеристики исполнений модуля СМ1800.9204

Шифр исполнения	Составные части исполнений модуля			
	Шифр блоков элементов	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Тип кабеля
СМ1800.9204	БЭ 9756,	246×237,5×17,2	0,54	844
СМ1800.9204.01	БЭ 9757	246×237,5×16	0,32	844, 872
СМ1800.9204.02		246×237,5×17,2	0,54	870, 871
СМ1800.9204.03	БЭ 9756			871

ния СМ1800.0303. Исполнения СМ1800.9204.02 и СМ1800.9204.03 — одноканальные и питаются соответственно от модулей СМ1800.0302 и СМ1800.0303.

Формировать многоканальные подсистемы ввода аналоговых сигналов на базе одноканальных исполнений СМ1800.9204 можно при подключении к ним модулей коммутации СМ1800.8517 и СМ1800.8518. Первый используется для однополюсной коммутации 64 входных напряжений постоянного тока при отсутствии помех общего вида и позволяет организовывать подсистему (256 каналов), включающую в себя до четырех модулей СМ1800.8517 и одноканальное исполнение СМ1800.9204. В первой ступени коммутатора содержится восемь 8-канальных ИМС, выполняющих однополюсную коммутацию. Вторая ступень выполняет двухполюсную коммутацию выходных сигналов 1-й ступени, группируя 64 канала в 4 группы по 16 каналов в каждой. Модуль с помощью кабеля подключается к кроссовому монтажному блоку СМ1800.

Технические характеристики модуля СМ1800.8517

Количество входных однополюсных каналов	64
Диапазон коммутируемого входного напряжения постоянного тока, В	—5...5
Время переключения каналов на уровне 0,9, мкс, не более	1
Основная допускаемая приведенная погрешность коммутации входного напряжения при максимальном токе нагрузки, %, не более	±0,05
Сопротивление включенного канала, Ом, не более	900
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е2)

Модуль СМ1800.8518 предназначен для двухполюсной коммутации 16 входных напряжений постоянного тока при наличии помех общего вида амплитудой до 20 В и позволяет организовывать помехозащищенную подсистему ввода аналоговых сигналов (до 128 каналов), включающую в себя модуль СМ1800.8518 (до 8 шт.), и одноканальное исполнение СМ1800.9204. СМ1800.8518 также построен по двухступенчатой схеме и так же подключается, как СМ1800.8517.

Технические характеристики модуля СМ1800.8518

Количество входных двухполюсных каналов	16
Диапазон коммутируемого входного напряжения постоянного тока, В	—5...5
Время переключения канала на уровне 0,999, мкс, не более	100
Основная допускаемая приведенная погрешность коммутации входного напряжения при максимальном токе нагрузки, %, не более	0,05
Сопротивление включенного канала, Ом	800
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е2)

С помощью модуля компараторов уровня СМ1800.9203 можно сравнивать в аналоговой форме входные напряжения постоянного тока с программируемым уровнем напряжения уставки и передавать результаты сравнения в СМ1800. На один из входов БИС компаратора подается программируемое напряжение уставки, а на другой — входное напряжение от датчиков. Гальваническая развязка на оптронах допускает напряжение помех общего вида до 100 В. Сравнение в аналоговой форме повышает достоверность результата сравнения и позволяет использовать модуль СМ1800.9203 в блоках вызывного контроля микропроцессорных ВК.

Технические характеристики модуля СМ1800.9203

Количество входных каналов	8
Диапазон изменения входных сигналов, В	—5...+5
Разрядность цифрового кода уставки	10+1 (знаковый)
Время преобразования, мкс, не более	15
Относительная погрешность сравнения по напряжению, с/d	0,2/0,15
Количество блоков элементов	2 (на платах типа Е2)

Вновь разработанные блоки ввода аналоговых сигналов СМ9306 и формирования поправки СМ9307 преобразуют сигналы напряжения постоянного тока и электрического сопротивления в 12-разрядный двоичный код (с переходом от компенсационных проводов к медным и преобразованием температуры свободных концов термоэлектрических преобразователей в сигнал электрического сопротивления).

Модуль СМ9307 применяется всегда совместно с СМ9306 в составе микропроцессорных ВК на базе СМ1800 и СМ1810. Функционально СМ9306, СМ9307 — блоки, а не модули, так как первый содержит 5 блоков элементов на платах типа Е2, встраиваемых в ВК, и 4 кабеля для связи с кроссовым блоком, а второй — выносной конструктивно законченный блок.

Одна из основных целей разработки СМ9306 — высокая помехозащищенность измерительного тракта ввода сигналов низкого уровня от помех общего вида (до 400 В) как между проводами заземления отдельных каналов, так и между «землями» источников сигналов и ВК, а также от помех нормального вида. Точность преобразования сигналов низкого уровня повышена (с возможностью перестройки диапазона измерения напряжения постоянного тока с малой дискретностью).

Технические характеристики блока СМ9306

Количество каналов	16
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, мВ (с возможностью перестройки нижнего предела измерения и диапазона измерения напряжения постоянного тока в пределах, соответственно, от 0...124 мВ и 8...124 мВ)	16...48
Дискретность перестройки диапазонов измерения, мВ	4
Время одновременного по всем каналам преобразования сигналов термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей, мс	40
Время установления при скачкообразном изменении входного сигнала от 0 до 100% или наоборот, мс, не более	80
Предел допускаемого значения основной приведенной погрешности преобразования входных сигналов, %, не более	±0,4
Разрядность параллельного кода результата преобразования	12
Коэффициент подавления помехи общего вида переменного тока частотой (50±1) Гц и амплитудой до 400 В, дБ, не менее	120
Коэффициент подавления помехи общего вида постоянного тока величиной до 400 В, дБ, не менее	100
Коэффициент подавления помехи нормального вида переменного тока частотой 50 Гц и амплитудой до 50 % диапазона изменения входного сигнала, дБ, не менее	50
Ток питания термопреобразователей сопротивления и реохордов с внутренним сопротивлением до 320 Ом, мА	0,5; 1,0; 2,0 (по выбору)

Блок содержит 5 БЭ на платах Е2.

К входным цепям СМ9306 подключаются в любых сочетаниях термопреобразователи сопротивления (ТПС), реохорды (РХ), датчики напряжения (ДН) и термоэлектрические преобразователи (ТП). Линия связи блока с каждым ТП или ДН — 2-проводная, а с каждым ТПС или РХ — 4-проводная.

В состав СМ9306 входят до четырех блоков элементов БЭ 9913, каждый из которых содержит 4 гальванически разделенных преобразователя входных величин (напряжения низкого уровня или изменения сопротивления) в унифицированный частотный сигнал,

общий для четырех каналов преобразователь питания (ПП), мультиплексор выходных сигналов преобразователей, а также один блок элементов БЭ 9914.

Блок представляет собой 16-канальный параллельный преобразователь частотных сигналов в двоичный код с устройством управления и привязки к интерфейсу И41. ПП в БЭ 9913 синхронизирован от внешнего тактового генератора (25 кГц). Для преобразования сопротивления датчика в напряжение используется дополнительный источник опорного тока (изменяется с помощью соответствующей распайки перемычек в резисторной матрице).

Основной узел БЭ 9914—16-канальный цифровой интегратор (ЦИ) (по существу, специализированное вычислительное устройство), преобразующий в коды значения частот последовательностей импульсов на его входах. Несмотря на режим разделения времени между каналами частотные сигналы преобразуются в код за период интегрирования 40 мс параллельно по всем каналам. Информация на вход цифрового интегратора поступает с выхода узла ввода частотных сигналов, одна из основных функций которого — выдача в ЦИ определенной последовательности команд для инкрементирования кодов, хранящихся в памяти ЦИ. Многоканальный ЦИ включает в себя сумматор, ОЗУ, регистр для хранения первого операнда и ПЗУ для формирования кодов приращений (второго операнда). Веса счетных импульсов определяются видом используемой при интегрировании весовой функции (в ЦИ используется весовая функция 1—3—3—1). При этом подавляются сетевые помехи нормального вида (60 дБ) при расстройке частоты сети (±2 %).

Блок поправки СМ9307 при соединении компенсационных и медных проводов преобразует температуру свободных концов ТП (5 ... 50 °С) в напряжение постоянного тока. Градиент температуры между свободными концами ТП и термопреобразователем сопротивления не превышает 0,05 °С. В кожухе блока поправки имеется пассивный термостат. Компенсационные провода, удлиняющие свободные концы ТП, вводятся в блок СМ9307 и подключаются к контактам «под винт». Схема формирования поправки питается постоянным током (до 2 мА), обеспечиваемым источником постоянного тока того блока элементов 9913 в составе СМ9306 (соединен с блоком поправки), который предназначен для преобразования в код выходного напряжения этой схемы.

Номинальная статическая характеристика преобразования блока поправки выражается формулой $U = I(R + 0{,}14)$, где U — выходное напряжение блока поправки (мВ); R — сопротивление термопреобразователя сопротивления с номинальной статической характеристикой преобразования 50М по ГОСТ 6651—78 (Ом); I — ток питания блока поправки (мА).

Технические характеристики модуля СМ9307

Количество подключаемых термоэлектрических преобразователей	16
Величина тока питания схемы формирования поправки, мА	2,0
Основная погрешность, °С	±0,6
Диапазон рабочих температур, °С	5...50
Габаритные размеры блока, мм	134×258×215

Блоки СМ9306 и СМ9307 наилучшим образом удовлетворяют требованиям многоканальных помехоустойчивых системе сбора информации от инерционных датчиков температуры при наличии сетевых помех большой величины. Однако применение в системах автоматизации современных малоинерционных датчиков с постоянной времени 0,05 ... 0,5 с делает перспективной разработку блоков ввода сигналов низкого уровня, содержащих АЦП последовательного приближения.

Аналоговые выходные сигналы для цепей управления, контроля тенденции развития процесса формируются в модуле вывода аналоговых сигналов СМ1800.9202. 10-разрядный двоичный код, поступающий побайтно по шинам И41, преобразуется в постоянное напряжение (или ток). Аналоговая часть модуля включает в себя ЦАП, выходной усилитель-преобразователь соответствующего канала, источник опорного напряжения. Модуль СМ1800.9202 связан кабелем с кроссовым монтажным блоком СМ1800.

Технические характеристики модуля СМ1800.9202

Количество выходных каналов	4
Число разрядов преобразуемого входного двоичного кода	10
Сопротивление нагрузки, кОм:	
по выходам напряжения, не менее	2
по токовым выходам, не более	2
Время преобразования, мкс	10
Основная приведенная погрешность преобразования, %, не более:	
по току	±0,3
по напряжению	±0,2
Диапазоны выходных сигналов:	
по напряжению, В	0...+10
по току, мА	0...5
Количество блоков элементов	2 (на платах типа Е2)

Гальваническая развязка на уровне 100 В в модулях ввода-вывода аналоговых сигналов электрически прочна благодаря использованию оптронов в их управляющих цепях и питанию этих модулей от источников изолированного электропитания: **модуля линейного источника питания СМ1800.0302 и модуля импульсного источника питания СМ1800.0303.**

Назначение модуля СМ1800.0302 — питание внешних цепей модулей ввода-вывода аналоговой информации с гальванической развязкой.

Технические характеристики модуля СМ1800.0302

Выходные напряжения, В	+5±0,1; +15±0,3; −15±0,3; +24±0,5
Токи нагрузки, А, соответственно	0,3; 0,16; 0,16; 0,05
Пульсации выходного напряжения (двойная амплитуда), %	0,5; 0,5; 0,5; 0,5
Номинальное значение входного однофазного напряжения модуля, В	220
Потребляемая мощность от сети переменного тока, ВА, не более	70
Емкость между входом и выходами одного из каналов, а также между выходами первого и второго каналов, пФ	200
Габаритные размеры модуля, мм	180×128×252

Назначение модуля СМ1800.0303 — питание цепей модуля ввода аналоговых сигналов СМ1800.9204 и модуля нормализации СМ1800.9211.

Технические характеристики модуля СМ1800.0303

Выходные напряжения, В	+5±0,1; +15±0,3; −15±0,3
Токи нагрузки, А	0,3; 0,1; 0,1
Пульсации выходного напряжения (двойная амплитуда), %	0,75; 0,25; 0,25
Номинальные значения входных постоянных напряжений модуля, В	+12, −12
Потребляемый ток, А, не более	0,6
Емкость между входной и выходной цепями, пФ, не более	100
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е2)

Модуль СМ1800.0303 использует импульсный принцип построения, имеет меньшие по сравнению с СМ1800.0302 габаритные размеры и может быть установлен в блоке микроЭВМ. Модуль СМ1800.0302 устанавливается только в кроссовом монтажном блоке и имеет два независимых канала с гальванической развязкой выходов друг от друга и относительно входа. Каждый канал модуля обеспечивает выдачу стабилизированных питающих напряжений, защиту модуля от токовых перегрузок, защиту нагрузки от перенапряжений. Особенность модуля СМ1800.0303 — снижение тока утечки за счет помещения первичных и вторичных обмоток трансформатора на разные сердечники, связанные меж-

ду собой одним витком. С этой же целью входная и выходная цепи модуля помещены в самостоятельные экраны. Благодаря упомянутым мерам емкость между входной и выходной цепями у СМ1800.0303 не более 100 пФ (в два раза меньше, чем у модуля СМ1800.0302). Отметим, что модуль СМ1800.0303 имеет один канал питания с гальванической развязкой трех выходных уровней питания относительно входа.

Пассивный ввод в микроЭВМ семейства СМ1800 дискретных и число-импульсных сигналов с гальванической развязкой, обеспечивающей правильность функционирования при наличии помехи общего вида с амплитудой до 100 В, осуществляется модулями СМ1800.9301, СМ1800.9302 и СМ1800.9304. Функции, выполняемые модулем ввода дискретных сигналов СМ1800.9301: преобразование сигналов любой полярности, поступающих от дискретных датчиков, в положительную, оптоизоляция «земли» датчика от «земли» модуля, выдача информации о текущем состоянии восьми датчиков при обращении процессора микроЭВМ к порту ввода байта, выдача информации о текущем состоянии любого из восьми датчиков при обращении процессора микроЭВМ к порту ввода бита или запоминание состояния датчиков в определенный момент времени (фиксация) для последующего программного ввода при обращении процессора к порту ввода байта или порту ввода бита. Адреса портов ввода-вывода модуля определяются распайкой перемычек на колодках наборного поля.

Модуль настраивается на различные диапазоны нормирующими резисторами и кабелем подключается к кроссовой колодке.

Технические характеристики модуля СМ1800.9301

Количество каналов дискретного ввода	8
Режим работы	Ввод байта, побитный ввод, фиксация
Уровни входных сигналов, В:	
1) уровень «Лог. 0»	0...1,2; 0...2,4; 0...4,8; 0...9,6
2) уровень «Лог. 1»	4,8...7,2; 9,6...14,4; 19,2...28,8; 38,5...57,6
Максимальная амплитуда помехи общего вида, В	100
Время задержки входного сигнала, мс, не более	10
Количество блоков элементов	1 (на плате типа Е2)

Отличие модуля ввода дискретных сигналов СМ1800.9302 от СМ1800.9301 — большее в два раза число входных каналов и нефункционирование в режиме фиксации.

Модуль ввода число-импульсных сигналов СМ1800.9304 позволяет принимать, накапливать и вводить информацию от датчиков число-импульсных сигналов. В функции, выполняемые модулем, помимо преобразования полярности входных сигналов и оптоизоляции земель датчиков и модуля, подсчет количества входных импульсов по каждому из каналов ввода. По инициативе процессора опрос СМ1800.9304 производится в любое время счета входных импульсов. При опросе по инициативе модуля программа находится в ожидании прерывания (происходит при переполнении одного из счетчиков). Состояние любого из счетчиков запоминается в любой момент времени в выходном регистре по команде процессора (фиксация). Изменение состояния счетчиков не отражается на состоянии выходного регистра до снятия фиксации по команде процессора.

Особенность работы СМ1800.9304 в режиме 16-разрядного счетчика в том, что по инициативе процессора опрос производится только в состоянии фиксации. На различные диапазоны модуль настраивается нормирующими резисторами; к кроссовой колодке он подключается кабелем.

Технические характеристики модуля СМ1800.9304

Количество каналов ввода	2
Уровни входных сигналов, В:	
1) уровень «Лог. 0»	0...1,2; 0...2,4; 0...4,8; 0...9,6
2) уровень «Лог. 1»	4,8...7,2; 9,6...14,4; 19,2...28,8; 38,4...57,6
Максимальная амплитуда помехи общего вида, В	100
Максимальная частота счета, кГц	20
Минимальная длительность импульсов или пауз между импульсами, мкс	20
Разрядность счетчиков, дв. разрядов	8
Количество блоков элементов в модуле	1 (на плате типа Е2)

Модули вывода дискретных сигналов в микроЭВМ семейства СМ1800 представлены **модулем вывода дискретных сигналов СМ1800.9303**, а также **модулями вывода дискретных сигналов повышенной мощности СМ1800.9701 и управления цепями переменного тока повышенной мощности СМ1800.9702.** Последние обеспечивают выходную мощность, необходимую для управления исполнительными механизмами. Модуль СМ1800.9303 выдает сигналы двухпозиционного управления и содержит один порт вывода, предназначенный для приема 8-разрядного управляющего кода. «Лог. 1» в каждом разряде кода включает соответствующую выходную цепь (открывает выходной транзистор), «Лог. 0» закрывает выходной транзистор. Буфер данных в модуле служит для запоминания информации, поступающей с линий данных при обращении процессора к модулю. Сигналы с выхода буфера данных проходят цепи гальванической развязки. Модуль СМ1800.9303 подключается к кроссовой колодке кабелем.

Технические характеристики модуля СМ1800.9303

Количество выходных каналов	8
Напряжение коммутации, В	До 48
Максимальный коммутируемый ток, А	0,2
Максимальное напряжение между «землей» модуля и цепью «-V пит.», В	100
Количество блоков элементов в модуле	1 (на плате типа Е2)

Коммутация исполнительных цепей постоянного тока с уровнями тока нагрузки до 3 А при наличии помех общего вида величиной до 100 В может быть обеспечена подключением к выходу модуля СМ1800.9303 модуля СМ1800.9701. Последний имеет 4 независимых канала с гальванической развязкой управляющих и коммутируемых цепей и с электронным ключом на базе мощного транзистора. Выходная схема каждого канала имеет электронную защиту по току. Включение каждого канала индицируется светодиодом, расположенным на лицевой стороне СМ1800.9701. Модуль СМ1800.9701 устанавливается в кроссовый каркас.

Технические характеристики модуля СМ1800.9701

Количество каналов	4
Максимально допустимый коммутируемый ток, А	3,0
Коммутируемое напряжение, В	— (24±4,8)
Ток утечки закрытого канала, мА, не более	2
Остаточное напряжение открытого канала, В, не более	2,4
Максимальная частота коммутации, Гц	100
Допустимая амплитуда помехи общего вида, В	100
Габаритные размеры модуля, мм	127,5×216×40

Для коммутации исполнительных цепей переменного тока с током коммутации до 3 А можно использовать модуль управления цепями переменного тока СМ1800.9702. Как и СМ1800.9701, он имеет 4 независимых канала с гальванической развязкой цепей. Каждый его канал содержит узел гальванической развязки и электронный ключ, выполненный на симметричном тиристоре. Модуль СМ1800.9702 устанавливается в кроссовый каркас.

Технические характеристики модуля СМ1800.9702

Количество каналов	4
Диапазон значений коммутируемого напряжения с частотой (50±1) Гц, эффективное значение, В	24...242
Максимальное значение коммутируемого тока, А	3,0
Ток утечки закрытого канала, мА, не более	10
Падение напряжения на коммутирующем элементе, В, не более	2
Допустимая амплитуда помехи общего вида, В	350
Габаритные размеры модуля, мм	127,5×216×40

В состав современных ТССО для расширения их системотехнических возможностей целесообразно включать средства отображения и передачи данных на расстояние. Эти устройства развиваются за счет включения в их состав элементов вычислительной техники [9, 10] и кратко рассматриваются только в контексте анализа базовых структур (терминалов связи с объектом).

Функциональная единица ТССО в составе семейства микроЭВМ 1800, комплексируемая на базе модулей СМ1800.9204, СМ1800.8517, СМ1800.8518, СМ1800.9211.01, СМ1800.9211.04, СМ1800.0302, СМ1800.0303 в соответствии с рекомендациями по компоновке [11],—**это подсистема ввода аналоговых сигналов среднего уровня** [12]. Имеется 10 ее разновидностей (табл. 3). Подсистемы 1 и 2 реализуются соответственно на базе исполнений СМ1800.9204.03 или СМ1800.9204.04 и модуля изолированного электропитания СМ1800.0302 или СМ1800.0303, отличаясь максимальным быстродействием при высокой помехозащищенности от помех общего вида. Подсистемы 3, 4 строятся на базе исполнений СМ1800.9204.01 или СМ1800.9204.02 и соответствующего модуля изолированного электропитания. Упомянутые подсистемы уступают подсистемам 1, 2 по точности на диапазоне ±2,5 В и по частоте сканирования (обращения к одному и тому же каналу). Подсистемы 5, 6 отличаются соответственно от подсистем 3, 4 наличием в их составе модулей СМ1800.9211.01 (до 4 шт.). Это обеспечивает подавление помехи нормального вида, но снижает допустимую частоту сканирования. Подсистема 7 выполняется на базе модуля СМ1800.9204.02, модулей СМ1800.8517 (до 4 шт.), СМ1800.9211.01 (до 32 шт.) и модуля СМ1800.0302. Упомянутая подсистема отличается от ранее рассмотренных возможностью изменения количества каналов от 64 до 256 с дискретностью 64. В отличие от подсистемы 7 подсистема 8 использует модуль СМ1800.0303 для питания СМ1800.9204.03 через бидульные связи и системные источники (+12 и —12 В) СМ1800 для питания модулей СМ1800.9211.01. Последняя подсистема позволяет сэкономить дефицитное место в кроссовом блоке при некотором ухудшении метрологических характеристик и уменьшении максимальной емкости подсистемы за счет ограниченной нагрузочной способности источника питания —12 В. Подсистема 9 формируется на базе исполнения модуля СМ1800.9204.02, модулей СМ1800.8518 (до 8 шт.), СМ1800.9211.04 (до 16 шт.) и модуля СМ1800.0302. В отличие от подсистем 7, 8 она может работать при наличии помех общего вида. Емкость подсистемы 9 может изменяться от 16 до 128 каналов с дискретностью 16. Подсистема 10 в отличие от подсистемы 9 питается от модуля СМ1800.9303. Это в некоторой степени ухудшает ее метрологические характеристики. Таким образом, **подсистемы 1 ... 6 можно рекомендовать для применения в АСНИ, а подсистемы 5 ... 10 — в АСУ ТП.**

При выборе той или иной подсистемы следует учитывать требования к месту заземления датчиков. Подсистемы 1, 2, 5 и 10 в этом отношении универсальны: любой из датчиков, подключенных к ним, может быть заземлен или в микроЭВМ (в кроссовом блоке) или на объекте. При применении подсистем 3 ... 6 все датчики должны быть заземлены в одной точке: или на объекте, или в микроЭВМ. Подсистемы 7, 8 рассчитаны на заземление датчиков в микроЭВМ.

К терминалам связи с объектом семейства микроЭВМ СМ1800 можно отнести **локальные базовые структуры СМ1803.02 и СМ1803.03** [11]. В их состав помимо базового комплекса СМ1803, модулей ОЗУ, ПЗУ, таймера, связи с ИРПС, устройств внешней памяти на ГМД, печати, видеотерминала, устройства ввода-вывода перфоленточного, пульта контроля и управления входят модули СМ1800.9301.01, СМ1800.9302.01, СМ1800.9303.01, СМ1800.9304.01, СМ1800.9201.01, СМ1800.9202.01, СМ1800.9203.01, СМ1800.0302, а также блок расширения СМ1800.0105.01 и комплект монтажный кроссовый СМ1800.0106.03. Структуры модулей СМ1803.02 и СМ1803.03 практически идентичны, за исключением наличия в модели СМ1803.03 устройства перфоленточного и его отсутствия в модели СМ1803.02. Кроссировка входных сигналов в СМ1803.02 и СМ1803.03 производится с помощью монтажного кроссового комплекса СМ1800.0106.03 (позволяет разместить 14 кроссовых колодок, модули изолированного электропитания СМ1800.0302, кроссовые модули СМ1800.9211, СМ1800.7201, СМ1800.7202 и т. п.). Модуль СМ1800.0302 занимает 4 кроссовых места. Сочетание числа кроссовых колодок и модулей СМ1800.0302 в пределах кроссового каркаса произвольное. Каркас кроссовый имеет исполнения, отличающиеся количеством колодок, число их определяется составом устанавливае-

Таблица 3

Технические характеристики подсистем ввода аналоговых сигналов среднего уровня

Номер подсистемы	Количество каналов	Диапазон входных сигналов	Основная приведенная погрешность, %	Время преобразования входного сигнала, мкс	Частота сканирования, Гц	Уровень помехи общего вида, В	Коэффициент подавления помехи общего вида, дБ	Коэффициент подавления помехи нормального вида, дБ
1,2	1	±5 В ±2,5 В	±0,25 ±0,4	80	1700	100	60	—
3,4	32	±5 В ±2,5 В	±0,25 ±0,4	85	850	100	60	—
5,6	32	±5 В ±5 мА, ±20 мА	±0,25 ±0,4	85	4	100	80	45
7	64...256	±5 В ±5 мА, ±20 мА	±0,25 ±0,4	85	4	—	—	45
8	64...256	±5 В ±5 мА, ±20 мА	±0,4 ±0,6	85	4	—	—	45
9	16...128	±5 В ±5 мА, ±20 мА	±0,25 ±0,4	260	4	20	80	45
10	16...128	±5 В ±5 мА, ±20 мА	±0,4 ±0,6	260	4	20	80	45

мых в него модулей, числом и способом подключения модулей ТССО к объекту. Монтажный кроссовый комплект СМ1800.0106.03 — встраиваемый. Включение модулей ТССО в другие исполнения СМ1803 производится по спецификации заказчика.

Развитие терминалов связи микроЭВМ семейства СМ1800 с объектом шло в направлении перехода от локальных структур к структурам, которые могут быть удалены от головной ЭВМ. На базе комплексов СМ1804 [13] можно создать локальные промышленные сети. Ряд исполнений этих комплексов функционирует в условиях воздействия пыли по группе 1Р5Х ГОСТ 14254—80, вибраций с амплитудой до 0,13 мм в поддиапазоне частот 0 ... 45 Гц и температуры окружающей среды 5 ... 40 °С.

Радиальное удаление комплексов СМ1804.01 и СМ1804.02 по отношению к головной микроЭВМ реализуется модулем связи с телетайпом СМ1800.8504. Информация в головную микроЭВМ передается (до 7 км) со скоростью 50 ... 200 бод на основе преобразования уровней сигналов логических схем ТТЛ в однополярные токовые посылки с номинальным током 40 мА. Исполнения СМ1804.03 и СМ1804.04 обеспечивают дистанционную (3 ... 10 км) передачу данных (600 ... 19 200 бод). Это достигается благодаря применению магистрального канала передачи данных типа «многоточка», построенного на основе модуля сопряжения с модемом СМ1800.8501 и одноплатного модема 600/19200 [5]. Всего таким образом к головной микроЭВМ можно дистанционно подключить до 4 комплексов СМ1804. При этом выход в линию связи осуществляется по стыку С1-ФЛ (ОСТ 4.208.002), а в канал связи — по стыку С2 (ГОСТ 18145—81). Отметим, что при комплексировании СМ1804 средства отображения данных относятся от объекта (до 500 м) и функционируют при нормальных условиях окружающей среды. Модуль сопряжения с модемом передает данные (50 ... 19 200 бод) в синхронном и асинхронном режимах и работает с модемами по стыку С2. Для включения ТССО в состав вновь разработанных микроЭВМ семейства СМ1800—СМ1810 и СМ1814 используются соответствующие блоки расширения. Кроссовыми модулями СМ1810 комплектуются на основе использования монтажного кроссового комплекта, имеющего 8 исполнений (с числом колодок от 2 до 8). Подсистема ввода аналоговых сигналов среднего уровня реализуется при использовании блоков расширения СМ1800.0105.02 и СМ1800.0105.03.

Локальные промышленные сети в рамках ВК на базе СМ1810, СМ1814 формируются на основе использования кабельного магистрального канала связи типа «многоточка», обеспечивающего передачу (до 3 км) данных (31, 25 ... 1000К бод), при применении модуля сопряжения СМ1800 с интерфейсом линейной последовательной связи СМ1800.4506. Модуль сопряжения работает в синхронном режиме, полудуплексом; сопрягается с микроЭВМ по интерфейсу И41 в режиме прямого доступа к памяти. К магистрали можно подключить до 64 станций.

Развитие ТССО микроЭВМ и микропроцессорных систем, и в частности микроЭВМ семейства СМ1800, идет в направлении разработки локальных интеллектуальных терминалов связи и приближаемых к объекту. Их модули, блоки, устройства, подсистемы построены на основе принципов ФМА. В частности, средства ввода-вывода дискретных сигналов приобретают функционально-модульную архитектуру за счет построения их на базе интеллектуальных цифровых контроллеров (ИЦК), промышленных цифровых процессоров (ПЦП) и т. п. ФМА средств ввода-вывода аналоговых сигналов улучшает их метрологические характеристики, повышает эффективность использования (интерпретации) дискретных эквивалентов мгновенных значений аналоговых сигналов, поступающих с датчиков непрерывных величин. Устройства дискретного ввода-вывода функционально-модульной архитектуры на базе ИЦК и ПЦП могут генерировать сигналы прерывания к головной микроЭВМ, если требуется взаимодействие с другими процессами или устройствами. При этом системная производительность повышается за счет разгрузки других головных процессоров шины и минимизации числа пересылок данных по системной шине.

Пример устройства ФМА — вновь разработанное в рамках семейства микроЭВМ СМ1800 микропроцессорное устройство дискретного ввода-вывода СМ1810.9308 (рис. 2). В центральном процессорном устройстве (ЦПУ) используется однокристальная микроЭВМ.

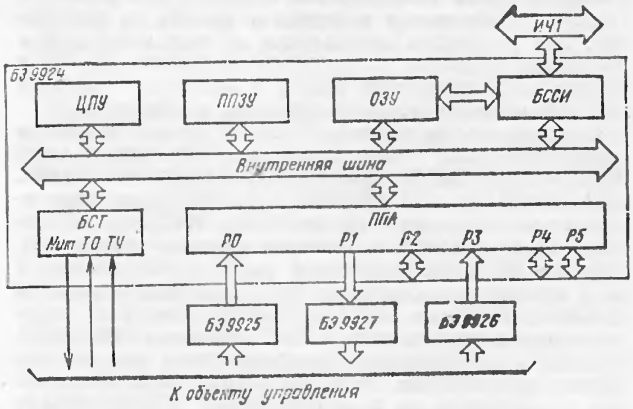


Рис. 2. Структурная схема устройства СМ1810.9308

ОЗУ (2К байт) предназначено для хранения данных и промежуточных результатов вычислений, но может быть использовано и как память программ. Часть ОЗУ (16 байт) выделена для обмена информацией с системным интерфейсом и представляет собой двухпортовую память, равно доступную со стороны ЦПУ и БССИ. Последний, в свою очередь, обеспечивает одно- и двухбайтный обмен информацией между двухпортовой частью ОЗУ и интерфейсом И41 и другие функции сопряжения. Блок счетчиков-таймеров БСТ обеспечивает два независимых канала ввода на базе счетчиков (таймеров) и один канал вывода (на базе счетчика).

Периферийный параллельный интерфейс ППА на двух БИС КР580ИК55 имеет шесть 8-разрядных портов ввода-вывода. Режимы работы портов ППА должны быть заданы в программе пользователя. К шести портам ввода-вывода ППА или к входам-выходам БСТ подключаются кроссовые блоки элементов: БЭ 9925 (ввод восьми сигналов датчиков напряжения), БЭ 9926 (ввод восьми сигналов датчиков типа «сухой контакт») и БЭ 9927 (вывод восьми дискретных сигналов). В кроссовых модулях имеется гальваническая развязка на оптопарах с максимальным напряжением изоляции 500 В.

СМ1810.9308 имеет следующие основные характеристики: число исполнений — 6 (состав исполнений зависит от одно- или многофункциональности вводимых или выводимых сигналов, а также от их конкретного вида и числа); максимальное число программируемых каналов ввода-вывода дискретных сигналов в каждом из исполнений — 48; режимы работы: пассивный вывод, инициативный ввод, пассивный вывод; возможность организации двух 16-разрядных каналов число-импульсного ввода (с максимальной частотой счета 60 кГц) и одного 16-разрядного канала число-импульсного вывода с максимальной частотой 20 кГц или широтно-импульсного вывода (0,1 ... 20 с); максимальное коммутируемое напряжение — 28,8 В при токе 0,2 А; число диапазонов ввода сигналов по напряжению — 3 (6, 12 и 24 В). Устройство СМ1810.9308 в локальных терминалах связи с объектом существенно сэкономит машинное время головной микроЭВМ, расходуемое на операции ввода-вывода дискретных сигналов.

В работе [14] показано, что удаляемые терминалы связи с объектом будут использовать архитектурные, а также схемо- и системотехнические концепции построения промышленных программируемых контроллеров (ППК). Основные трудности сопряжены со встраиванием ППК в первичные измерительные преобразователи (ПИП) и исполнительные механизмы. К важнейшим задачам относятся стандартизация способов присоединения ППК к ПИП, исполнительным механизмам и верхним уровням иерархических систем, а также разработка единого ПО для всей системы, включая контроллеры.

Решить проблемы встраивания могут адаптеры конфигурации интерфейса [15], которые на одном кристалле содержат ЦАП, АЦП, фильтры, усилители, компарирующие узлы, фиксаторы сигналов, источники тока, коммутирующие элементы и т. п.

Эффективность использования промышленных программируемых контроллеров в распределенных АСУ ТП возрастает, если повысить точность (достоверность) функционирования измерительного тракта ППК, т. е. снизить погрешность измерения средств ввода аналоговых сигналов и расширить функции узлов самодиагностики (передача информации о доверительном интервале и доверительной вероятности результатов измерений, об обнаружении ошибки и т. д.).

Телефон для справок: 455-55-91, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. МикроЭВМ СМ1800. Архитектура, программирование, применение / Гиглавый А. В., Кабанов Н. Д., Прохоров Н. Л., Шкамарда А. Н.— М.: Финансы и статистика, 1984.— 135 с.
2. Измерительно-вычислительные комплексы для научных исследований / Хрущев С. Н., Парцевский С. С., Покудов В. Н., Мячев А. А. // Обзорная информация. Сер. ТС-2.— М.: ЦНИИТЭИ приборостроения.— 1980.— Вып. 2.— 43 с.
3. Виноградов В. И. Информационно-вычислительные системы. Распределенные модульные системы автоматизации.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— 336 с.
4. Пшеничников А. М. Использование управляющих вычислительных телекомплексов (УВТК) в распределенных АСУ ТП // ПСУ.— 1982.— № 4.— С. 1—5.
5. Шкамарда А. Н. Принципы организации структуры и перспективы развития микроЭВМ СМ-1800.— В кн.: Сборник научных трудов ИНЭУМ.— М.: ИНЭУМ, 1984, вып. 105.— С. 5—12.
6. Шкамарда А. Н. Метод описания и оценки структур микроЭВМ функционально-модульной архитектуры // УСиМ.— 1986.— № 5.— С. 13—18.
7. Страшун Ю. П. Системные проблемы ввода аналоговых сигналов в вычислительные комплексы.— В кн.: Сборник научных трудов ИНЭУМ «Вопросы проектирования и диагностики вычислительных устройств и комплексов».— М.: ИНЭУМ, 1986, С. 140—147.
8. Шкамарда А. Н. Шестнадцатиразрядные микроЭВМ семейства СМ1800 // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 5.— С. 6—10.
9. Бобков Г. М., Громова М. А., Калита В. В., Нарских И. В., Нифонтов Ю. В. Средства отображения информации семейства СМ1800.— В кн.: Модели микроЭВМ семейства СМ1800. Технические средства, программное обеспечение и вопросы применения. Сер. ТС-12.— М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1986, вып. 5, С. 6.
10. Гревцев В. В. Средства телеобработки данных семейства СМ1800.—Там же, С. 5, 6.
11. Система малых ЭВМ. Комплекс управляющий вычислительный СМ1800. Руководство по применению, Каталог.— М.: Внешторгиздат, 1985.— 76 с.
12. Сергеев Л. А., Страшун Ю. П., Ходонович Р. Л. Результаты разработки технических средств ввода аналоговых сигналов среднего уровня в микроЭВМ СМ1800.— В кн.: Сборник Научных трудов ИНЭУМ.— М.: ИНЭУМ, 1984, вып. 105, С. 19—23.
13. Ефимов М. И. Управляющие вычислительные комплексы для промышленного применения.— В кн.: Модели микроЭВМ семейства СМ1800. Технические средства, программное обеспечение и вопросы применения. Сер. ТС-12.— М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1986, вып. 5, С. 7.
14. Кабанов Н. Д., Моросанов И. С., Страшун Ю. П. Некоторые вопросы построения промышленных программируемых контроллеров на базе однокристальных ЭВМ.— В кн.: Сборник научных трудов ИНЭУМ.— М.: ИНЭУМ, 1984, вып. 105, С. 59—71.
15. Интерфейс для средств сбора и обмена информацией системы контроля и управления технологическим процессом: экспресс-информация ВИНИТИ. Сер. Контрольно-измерительная техника.— 1983.— № 22.— С. 1—5.

Статья поступила 11 ноября 1986 г.

УДК 681.325.5

А. С. Гаврилов, Л. А. Тюленева

МИКРОКОНТРОЛЛЕР НА ОСНОВЕ ОМП К1801ВМ1 И БИС СЕРИИ К588

Специализированный микроконтроллер построен на основе однокристального МП К1801ВМ1 и МПК БИС серии К588 [1, 2]. В ПЗУ микроконтроллера записана отладочная программа-монитор. Проектирование и реализация микроконтроллера для разработчиков было одной из задач при создании локальной информационно-вычислительной сети. Микроконтроллер планируется использовать в качестве базового элемента сетевых станций локальной сети.

В качестве элементной базы микроконтроллера выбраны интегральные микросхемы КМДП-технологии микропроцессорного комплекта серии К588 [3]. Функциональный состав комплекта позволяет создавать микроконтроллеры, ориентированные на применение в автономных условиях с жесткими ограничениями на потребляемую мощность [3]. Однако микропрограммная реализация системы команд микроЭВМ «Электроника 60» в многочисленных специализированных ПЗУ серии К588 занимает весьма значительную площадь печатной платы. Создание микроконтроллера при жестких ограничениях на габариты и массу заставляет минимизировать ядро системы — микропроцессор. Одно из решений — приме-

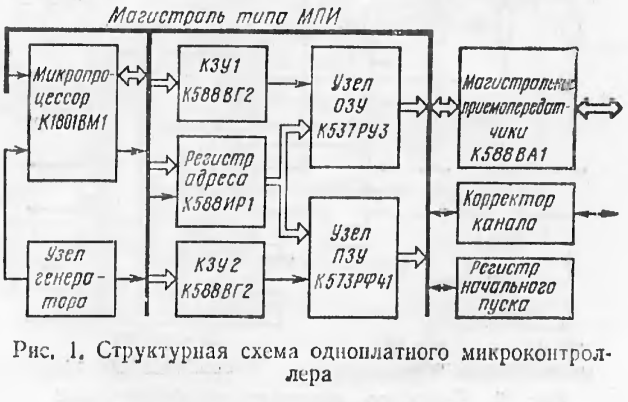


Рис. 1. Структурная схема одноплатного микроконтроллера

нение однокристального 16-разрядного микропроцессора К1801ВМ1 [1, 2]. Основные характеристики МП К1801ВМ1 хорошо согласуются с характеристиками БИС серии К588 [2, 3].

Схемы обрамления ОМП К1801ВМ1 (рис. 1) выполнены в соответствии с рекомендациями работы [2].

Технические характеристики

Быстродействие при выполнении команд типа сложение:	
регистровый метод адресации, тыс. операций/с	180
косвенно-регистровый метод адресации, тыс. операций/с	70
Частота синхронизации МП, МГц	2,5
Емкость ПЗУ, К байт	8
Емкость ОЗУ, К байт	8
Используемый канал	ОСТ 11.305.903—80, за исключением циклов «Радиальное прерывание» и «Прямой доступ к памяти»
Питающее напряжение, В	+5
Размер печатной платы, мм	235×160
Масса, г, не более	200
Мощность потребления, Вт, не более	1,5

Канал позволяет подключать дополнительные внешние устройства и наращивать объемы ОЗУ и ПЗУ, т. е. существенно расширять функциональные возможности микроконтроллера.

В состав микроконтроллера входят микропроцессор, узел ОЗУ, узел ПЗУ, узел генератора тактовых синхроимпульсов, узел канальных приемопередатчиков.

Узел ОЗУ построен на основе БИС КМДП-памяти К537РУ3 и схемы управления ОЗУ К588ВГ2. Наличие в БИС К588ВГ2 независимых времязадающих цепей для организации циклов «Чтение» и «Запись» позволяет выполнять обращение к ОЗУ с максимальным быстродействием. Регистры адреса ОЗУ и ПЗУ выполнены на основе БИС К588ИР1.

Узел ПЗУ выполнен на основе ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием К573РФ41 (42) и КЗУ2К588ВГ2.

В схеме генератора синхроимпульсов (рис. 2) делитель частоты реализован на ИС К555ИЕ7. Начальная установка ИС позволяет с помощью входных резисторов R1 ... R4 задавать любой коэффициент пересчета, что дает возможность использовать кварцевый резонатор в диапазоне 2 ... 10 МГц. Помимо МП генератор может синхронизировать другие блоки, подключаемые к каналу микроконтроллера.

В качестве канальных приемопередатчиков объединенной шины адрес-данные используются БИС К588ВА1 с током нагрузки при передаче уровня «Лог. 0» до 8 мА [3]. Передатчики управляющих сигналов — микросхемы К561ПУ4.

Во встраиваемых системах с жестким ПО программное обеспечение может быть размещено в программи-

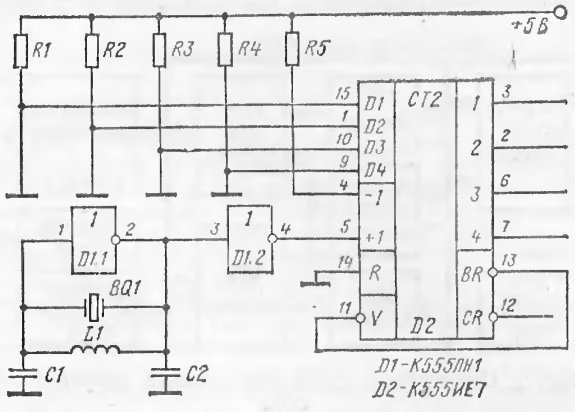


Рис. 2. Генератор тактовых синхроимпульсов

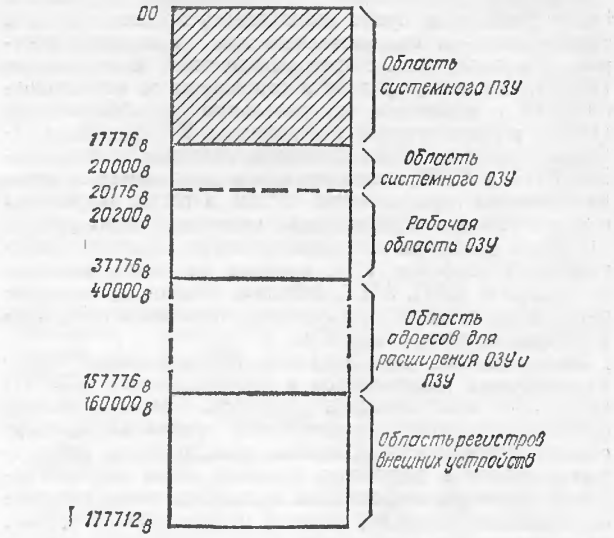


Рис. 3. Распределение адресного пространства микроконтроллера

руемом ПЗУ, причем более рациональным будет размещение с нулевого адреса. При таком распределении адресного пространства (рис. 3) отпадают проблемы реализации аппаратных средств загрузки ПО, появляются бо́льшая надежность и возможность обработки сбоев по питанию. В системном ОЗУ размещаются таблицы параметров, обеспечивающие необходимую гибкость ПО.

Разработчики отказались от использования команд ОМП К1801ВМ1 «Шаг» (код. 016) и «Пуск» (код. 012). Функции, для которых предназначены эти команды, необходимы только в отладочном режиме и могут быть реализованы программно (отпадает необходимость аппаратной реализации и поддержки области системных ячеек [2]).

Не используется также стандартный способ перевода микропроцессора из режима «Работа» в режим «Останов», требующий обязательного наличия адресов ПЗУ $160002—160004_8$ [2]. Для отладки программных и аппаратных средств выход из режима микропроцессора «Работа» может быть выполнен генерированием прерывания по вектору 270_8 (вход ОМП IRQ3).

В режиме отладки микроконтроллера разработанная авторами статьи программа-монитор (размещается в ПЗУ) выполняет обработку прерываний по векторам, в том числе по вектору 270_8; исполняет программы, записанные в ОЗУ, в обычном и пошаговом режимах; индицирует содержимое ячеек ОЗУ и регистров общего назначения, изменяет их содержимое; диагностирует состояние ПЗУ; тестирует ОЗУ и консольное устройство; обеспечивает переход из программ пользователя в программу-монитор с возможностью последующего продолжения работы программы пользователя.

Выполнение команд монитора задается нажатием соответствующей клавиши на клавиатуре консоли.

Набор команд, выполняемых программой-монитором

M — причина останова
G — пуск программы
P — продолжить
S — шаговый режим
H — вывод этого текста
R0...R7 — регистры общего назначения
PS — слово состояния процессора
/ — открыть ячейку
^ — открыть предыдущую ячейку
@ — переход по адресу
TM — тест ОЗУ
TC — тест консоли
@

Для удобства пользователей сохранены названия команд, функционально совпадающих с командами микропрограммы микроЭВМ «Электроника 60».

В случае прерывания по вектору 270_8 монитор сохраняет регистры общего назначения в области системного ОЗУ и переходит в состояние ожидания ввода с консоли.

По команде «G» («Пуск программы») монитор заполняет регистры общего назначения содержимым системного ОЗУ, обнуляет слово состояния микропроцессора и записывает стартовый адрес программы в счетчик команд.

Команда «S» («Шаговый режим исполнения программы») выполняется с использованием Т-бита слова состояния микропроцессора. Перед записью очередного адреса программы пользователя в счетчик команд в слове состояния устанавливается Т-бит. Таким образом, после выполнения одной команды происходит прерывание по вектору 14_8. Подпрограмма обработки этого прерывания сбрасывает Т-бит и передает управление монитору.

Программа-монитор предоставляет пользователю набор простейших отладочных средств (это существенно ускоряет и облегчает отладку пользовательского программного обеспечения).

Благодаря малым габаритам, высокому быстродействию, экономичности микроконтроллер можно использовать для выполнения самых различных функций управления или обработки данных в среде автоматизированных систем массового обслуживания.

Телефон для справок: 46-07-91, Новосибирск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппычев С. А., Майдыковский И. В., Борщенко Ю. И., Зубов Ю. В. Применение однокристального микропроцессора К1801ВМ1 в автономных системах сбора и обработки информации // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.— С. 51—57.
2. ОСТ 11.348.918—83. Микросхемы интегральные. Серия К1801. Руководство по применению.
3. Мальцев П. П., Харько В. В. Особенности структуры центральных процессоров на основе БИС серий К588, К589, К1804 // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 2.— С. 23.

Статья поступила 29 сентября 1985 г.

УДК 681.323

Ф. С. Мамедов, В. Г. Васильев

СОПРЯЖЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ИНТЕГРАЛЬНОГО АЦП К1107ПВ1 С МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ

Для контроля в реальном масштабе времени быстроизменяющихся процессов требуется максимальная скорость аналого-цифрового преобразования и ввода информации в микропроцессорную систему. Когда собственно преобразование в ряде случаев не занимает много времени, на скорость ввода результатов преобразований в МП-систему сильно влияет степень сложности программного обслуживания АЦП.

В работах [1, 2] для сопряжения АЦП с микропроцессорами необходимо специальное программное обслуживание АЦП (запуск и ожидание готовности на основе программной задержки, по сигналам от программируемого таймера, через систему прерываний и т. п.). Это реализуется при помощи регулярного выполнения определенного набора команд, образующих подпрограмму обслуживания АЦП. Значительно сократить программные и, следовательно, временные затраты можно, максимально упростив программное обслуживание. Это достигается при сопряжении АЦП серии К1107 с микропроцессорными контроллерами (для случаев, когда стоимость не важна, а АЦП К1107ПВ1 имеется под рукой).

На рис. 1 показана схема сопряжения АЦП К1107ПВ1 с широко распространенным контроллером программируемым универсальным (КПУ) «Электроника МС 2702» на основе МПК БИС КР580. Кроме высокого быстродействия ($F_{такт}$ = 20 МГц) преимущество этого 6-разрядного интегрального АЦП — наличие выходного регистра хранения информации, представленной ТТЛ-уровнями. Это выгодно отличает рассматриваемый АЦП от аналогичных. Наличие выходного регистра, а также стробирование компараторов АЦП устраняет необходимость считывания неустановившихся значений выходного кода и необходимость во внешних схемах выборки и хранения информации. Поэтому для решения задач с высоким быстродействием при приемлемой точности (погрешность преобразования АЦП равна ±0,8 %) микросхема К1107ПВ1 наиболее целесообразна.

Входной сигнал (0...—2,048 В) подается на вход АЦП через повторитель на операционном усилителе А1. Схема на основе операционного усилителя А2 — источник опорного на-

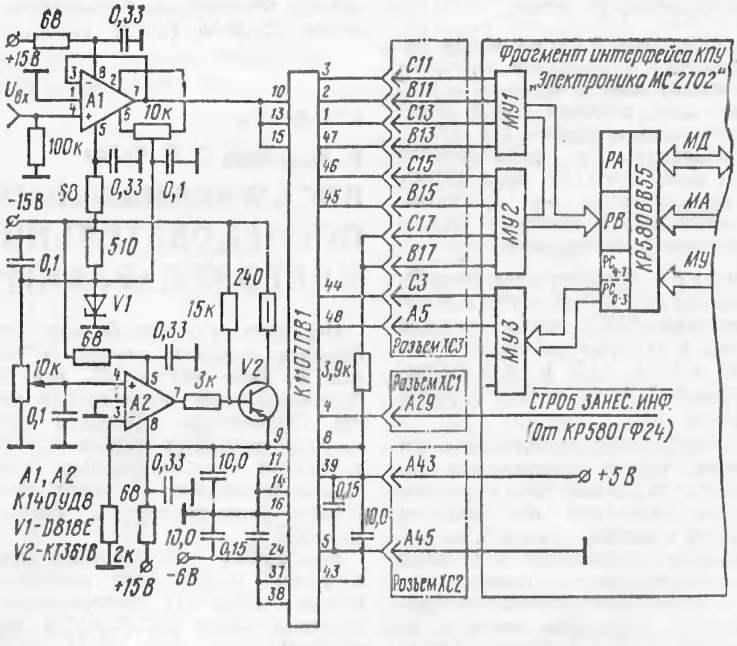


Рис. 1. Схема сопряжения АЦП К1107ПВ1 и контроллера «Электроника МС 2702»

пряжения $E_{оп} = -2{,}048$ В. Выходы АЦП подключены к разъему ХС3 КПУ. Выходной код АЦП через разъем ХС3, магистральные усилители МУ1 и МУ2 поступает на порт ввода РВ адаптера параллельного ввода-вывода КР580ВВ55 КПУ. Для исключения влияния импульсных помех, которые могут поступать по шинам «цифровая земля» и «+5 В», «аналоговая» и «цифровая» земли АЦП соединены между собой только на клеммах источников питания +5 и −6 В.

Каждое преобразование осуществляется при нарастающем фронте сигнала СТРОБ ЗАНЕС. ИНФ. (вырабатывается генератором тактовых сигналов КР580ГФ24 контроллера в начале каждого машинного цикла любой исполняемой команды). При исполнении команды IN трижды (соответственно количеству машинных циклов) стробируется АЦП. Однако, учитывая результат преобразования (соответствующий стробированию предыдущим сигналом СТРОБ ЗАНЕС. ИНФ.), при исполнении команды IN на вход КПУ передается результат измерения, полученный во втором машинном цикле М2 команды IN [3].

Микросхема К1107ПВ1 позволяет получать результаты преобразований в одном из четырех видов: в прямом двоичном коде, обратном двоичном коде, прямом коде с дополнением до 2, обратном коде с дополнением до 2. Для обеспечения программного выбора типа выходного кода выводы 44 и 48 АЦП через магистральный усилитель МУ3 соединены с разрядами PC_0 и PC_1 порта РС, запрограммированного на вывод.

Для приведенной схемы время разового опроса и занесения информации в ячейку ОЗУ — не более 10 мкс. Однако при решении ряда задач многоточечного контроля, где требуется предварительное формирование массива данных в ОЗУ, цикл опроса АЦП увеличивается из-за программной организации и контроля состояния счетчика ячеек массива.

Пример — подпрограмма (рис. 2), управляющая 512 последовательными опросами АЦП через каждые 21,5 мкс и записью результатов измерений в ОЗУ КПУ в виде массива, начальный адрес которого равен 2200 Н.

Внеся небольшие схемотехнические изменения, можно организовать обращение к АЦП для ввода результатов преобразований по аналогии обращения к ячейке памяти. При необходимости проведения некоторых арифметико-логических преобразований это значительно сэкономит программные и временные ресурсы на вспомогательных межрегистровых пересылках.

```
;  ---------- ЗАГОЛОВОК ----------
;            АССЕМБЛЕР  ДОС 1800
;  ************************************************
;  * SUBR - ПОДПРОГРАММА ОПРОСОВ АЦП И ЗАПИСИ РЕЗУЛЬТАТОВ *
;  * ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ОЗУ В ВИДЕ МАССИВА           *
;  ************************************************
;
;  ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ РЕГИСТРЫ: A,F,H,L
;
;  ---------- ПОДПРОГРАММА ----------

SUBR:   MVI   A,8A      ;ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА
        OUT   F7        ;РАБОТЫ АДАПТЕРА
        MVI   A,03      ;ЗАДАНИЕ ТИПА ВЫХОДНОГО КОДА
        OUT   F6        ;АЦП ЧЕРЕЗ ПОРТ ВЫВОДА РС
        LXI   H,2200    ;ЗАГРУЗКА НАЧАЛЬНОГО АДРЕСА
                        ;МАССИВА В ПАРУ H,L
COUNT:  IN    F5        ;ОПРОС АЦП
        MOV   M,A       ;ПЕРЕСЫЛКА РЕЗУЛЬТАТА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
                        ;В ОЗУ ПО АДРЕСУ (H,L)
        MVI   A,24      ;
        CMP   H         ;СРАВНЕНИЕ ТЕКУЩЕГО АДРЕСА ЯЧЕЙКИ
                        ;МАССИВА С ЕГО КОНЕЧНЫМ АДРЕСОМ 2400Н
        INX   H         ;ПОДГОТОВКА АДРЕСА СЛЕДУЮЩЕЙ ЯЧЕЙКИ
                        ;МАССИВА
        JNZ   COUNT     ;ТЕКУЩИЙ АДРЕС ЯЧЕЙКИ МАССИВА РАВЕН
                        ;2400Н? НЕТ-ПОВТОРИТЬ ОПРОС АЦП
        RET
```

Рис. 2. Подпрограмма опросов АЦП и записи результатов преобразований в ОЗУ в виде массива

Рассмотренное сопряжение АЦП К1107ПВ1 с КПУ «Электроника МС 2702» практически без изменений можно использовать в многопроцессорных системах обработки данных, где один и тот же АЦП — источник информации для нескольких параллельно работающих контроллеров (с одинаковым или разным быстродействием). Применение в качестве такого АЦП ИС К1107ПВ1 снимает вопрос обеспечения необходимой скорости преобразования.

Адрес для справок: 370132, Баку, ул. Молодежная, д. 126, кв. 24. Мамедову Фахраддину Садыг оглы. Телефон 25-38-86 (после 19.00).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Н. Т., Измайлова Л. З., Тургиев Э. А. Организация АЦП в микропроцессорной системе // ПСУ.— 1984.— № 10.— С. 18—20.
2. Крылов Е. Т., Крылова Е. Э., Медведева Л. П. Быстродействующий аналого-цифровой преобразователь для микропроцессорных систем // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.— С. 75—77.
3. Горбунов Л. П., Панфилов Д. И., Преснухин Д. Л. Микропроцессоры. Основы построения микроЭВМ.— М.: Высшая школа, 1984.— 144 с.

Статья поступила 19 июня 1986 г.

УДК 681.327.8

Р. М. Аюпов, С. Д. Чабан

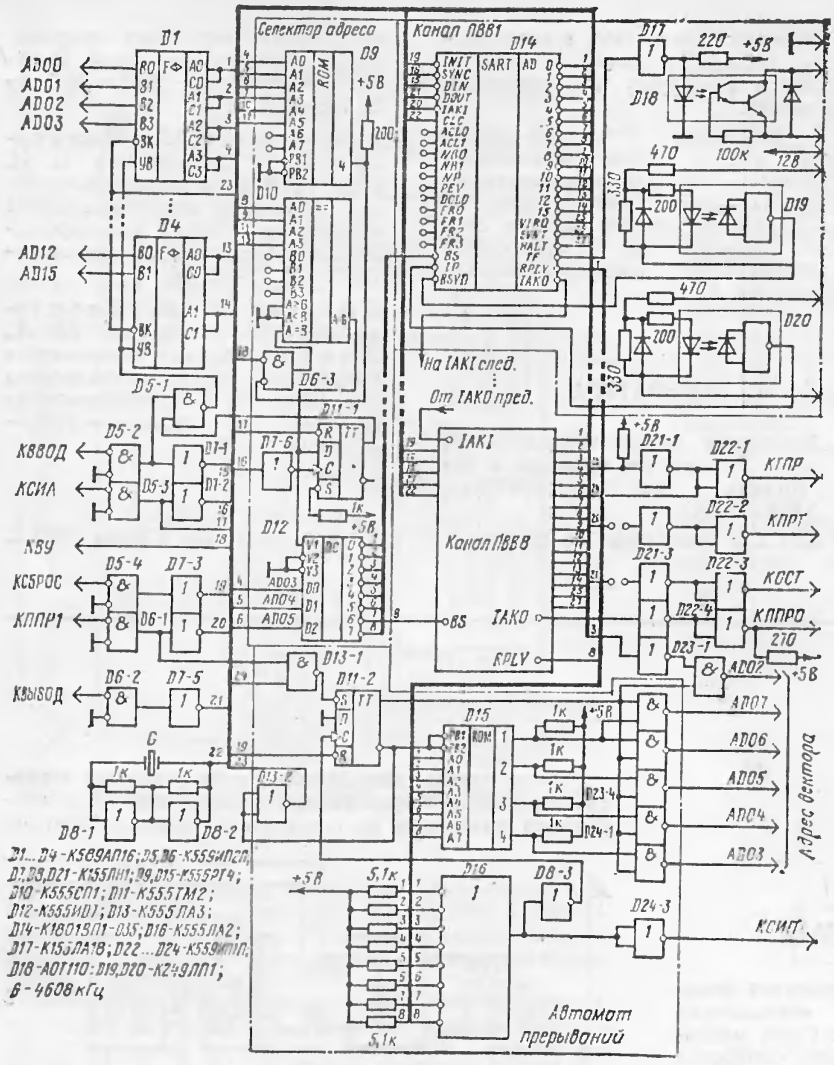
ВОСЬМИКАНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ОБМЕНА ДЛЯ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

Очевидно, что чем большее число внешних устройств связано с системой на базе микроЭВМ, тем шире функциональные возможности системы. Подключить большое число внешних устройств можно, используя в системе многоканальные модули последовательного ввода-вывода (ПВВ), выполненные в стандарте микроЭВМ.

МикроЭВМ «Электроника 60» с внешним устройством связывается модулем ПВВ [1], выполненным на печатной плате 252×296×12 мм и имеющим всего один канал последовательного обмена.

Модули ПВВ [2, 3], выполненные на печатной плате вдвое меньших размеров, имеют по четыре канала последовательного обмена. При необходимости связи с 5...8-ю внешними устройствами требуются две такие платы.

Описываемый модуль ПВВ имеет восемь каналов последовательного обмена и выполнен на печатной плате 252×143×12 мм в стандарте микроЭВМ «Электроника 60». Модуль (см. рисунок) предназначен для обмена информацией между микроЭВМ типа «Электроника 60М» и восемью внешними устройствами по



Принципиальная электрическая схема 8-канального модуля последовательного ввода-вывода для микроЭВМ «Электроника 60»

Таблица

Содержимое ПЗУ К556РТ4 (D15) автомата прерываний

Номер вывода ПЗУ												Адреса векторов прерываний	
Адрес								Данные					
A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	1	2	3	4		
05	06	07	04	03	02	01	15	12	11	10	09	приемника	передатчика
1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	300	304
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	310	314
1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	320	324
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	330	334
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	340	344
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	350	354
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	360	364
1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	060	064

Примечание. По всем остальным адресам на всех выходах — „Лог. 0".

гальванически развязанным последовательным каналам асинхронного приема-передачи.

В состав модуля входят каналы последовательного ввода-вывода ПВВ1...ПВВ8; селектор адреса (СА); автомат прерываний; шинные формирователи (ШФ).

Каждый из последовательных каналов построен на основе микросхемы асинхронного приемопередатчика К1801ВП1—035 (D14) аналогично описанным в [4]. Особенность применения этих микросхем ПВВ в предлагаемом модуле: регистры каждой из микросхем выбираются по адресу, состоящему из разрядов 01 и 02, по сигналу $\overline{BS}$, который подается на входы BS микросхемы ПВВ с дешифратора (D12).

Пользователь выбирает необходимую ему область адресов работы платы ПВВ с помощью селектора адреса, ПЗУ (D9) и набора перемычек.

В циклах ВВОД, ВЫВОД, ВВОД—ПАУЗА—ВЫВОД протокола обмена микроЭВМ «Электроника 60» обращение к регистрам микросхем ПВВ осуществляется так: к регистру состояния приемника по адресу 1XXXN0, к буферному регистру приемника — 1XXXN2, к регистру состояния передатчика — 1XXXN4, к буферному регистру передатчика — 1XXXN6, где разряды XXX определяются СА, а номер микросхемы ПВВ (№==0, 1....7) дешифратором (D12).

Микросхемы ПВВ преобразуют параллельную информацию в последовательную (и наоборот) и асинхронно передают и принимают информацию по последовательному каналу, гальванически развязанному с платой ПВВ оптронами (D18...D20).

Автомат прерываний срабатывает, если шестой и седьмой разряды регистра состояния приемника или передатчика любой из микросхем ПВВ установлены в «Лог. 1», и выдает адрес вектора прерывания (зашитого в ПЗУ (D15)) в канал микроЭВМ (см. таблицу).

Технические характеристики

Число последовательных каналов 8
Тактовая частота, кГц 4608
Напряжение питания, В . . . . . +5
Ток потребления, А, не более 2,5

Каждый последовательный канал обеспечивает скорость обмена 50... 9600 бод, прием и выдачу посылки в форматах 7 или 8 информационных бит, формирование одного стартового и двух стоповых бит, формирование и контроль бита паритета (четности или нечетности), а также работу без бита паритета. Скорость обмена, формат посылки, работу с битом паритета или без него определяет пользователь, задавая с помощью перемычек комбинации уровней на входы FR0...FR3; NB0, NB1; NP, PEV микросхем К1801ВП1—035.

При использовании более быстродействующего оптрона, чем АОТ110 (D18), можно увеличить скорость обмена.

Плата имеет 8 выходных разъемов типа МР4—14.

Модуль можно использовать в составе систем на базе микроЭВМ типа «Электроника 60» в качестве универсального асинхронного приемопередатчика.

Описанный модуль ПВВ разработан для использования в системе управления технологическими процессами (совместно с инфракрасными приемопередатчиками) при беспроводной связи с движущимся объектом.

Модуль значительно упростил систему и повысил ее надежность, так как позволил исключить лишнюю монтажную панель (это, в свою очередь, уменьшило длину монтажных проводов и нагрузку для канальных сигналов).

В описанной схеме 8-канального модуля ПВВ микросхемы К1801ВП1—035 можно заменить на К1801ВП1—065, сохранив схему и все параметры модуля. В этом случае вывод 08 микросхемы К1801ВП1—065 следует оставить свободным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство последовательного обмена. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 3.858.047 ТО.
2. Плата ввода-вывода со средством обеспечения механизма прерываний в системах на основе Q-шины // Электроника.— 1982.— № 11.— С. 108—109.
3. Тихоненко В. П., Политыкин Б. М., Созинов В. Н. и др. Устройство последовательного обмена для микроЭВМ «Электроника 60» // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 1.— С. 10.
4. Дшхуняи В. Л., Борщенко Ю. И., Отрохов Ю. Л., Шишарин С. А. Одноплатные микроЭВМ ряда «Электроника МС 1201» // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 2.— С. 8—13.

Статья поступила 6 июня 1986 г.

ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 681.327

А. С. Баранов, Е. М. Островский

ИНТЕРФЕЙС МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Один из способов увеличения быстродействия измерительных систем — распределение их «интеллекта» применением встроенных в измерительные блоки микроЭВМ для первичной обработки информации, обработки команд центральной ЭВМ, а также автокалибровки прибора.

При использовании встроенной микроЭВМ скорость передачи информации по интерфейсу «центральная ЭВМ — измерительный прибор» не должна ограничивать быстродействие системы. Интерфейс должен содержать сигналы взаимодействия двух процессоров и может быть реализован на основе одного из модулей микроЭВМ «Электроника 60», обеспечивающих обмен по последовательному и параллельному каналу. Аналогичные периферийные БИС есть и в МПК серии КР580.

В измерительных приборах (например, блоках стимулирующих воздействий (БСВ) для контроля цифровых схем) центральная ЭВМ должна загрузить в ОЗУ этих приборов значительные объемы информации (до 100К байт): тестовые воздействия (тест-векторы) и служебную информацию, определяющую исходные режимы работы БСВ (временные задержки и т. п.). Упомянутые интерфейсы ограничат быстродействие системы, и канал «ЭВМ-прибор» окажется «критическим путем», определяющим производительность.

Один из способов реализации быстродействующего канала связи — применение двупортовых ЗУ в качестве «почтового ящика» для обмена информацией между процессорами [1, 2]. Интерфейс такого типа применен при сопряжении микроЭВМ «Электроника 60» с БСВ. Интерфейсный модуль блока состоит из УС — узла сопряжения (рис. 1) и ДПЗУ — узла двупортового ЗУ (рис. 2).

Регистр адреса, дешифратор адреса устройств ввода-вывода (УВВ), буфер данных и схема обработки прерывания выполнены по стандартной схеме сопряжения

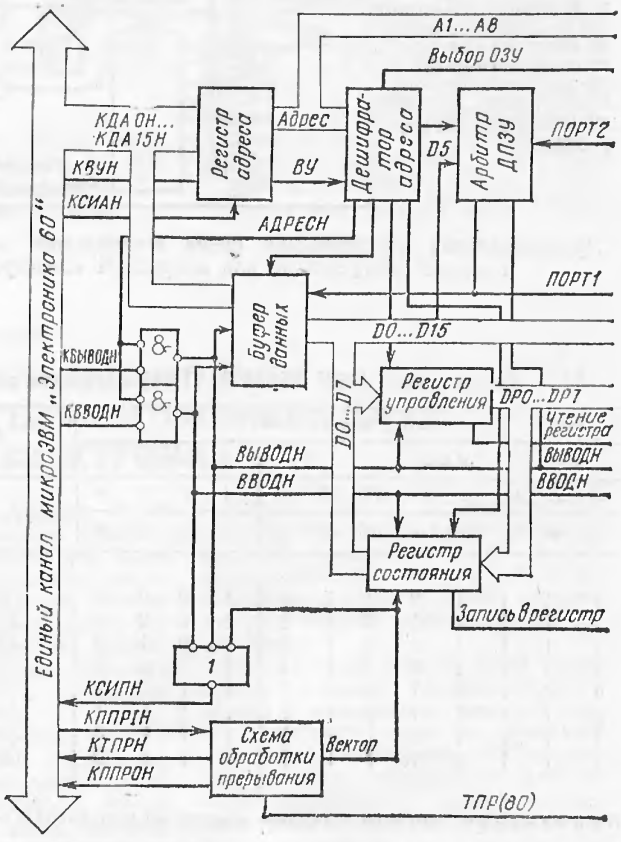


Рис. 1. Функциональная схема узла сопряжения

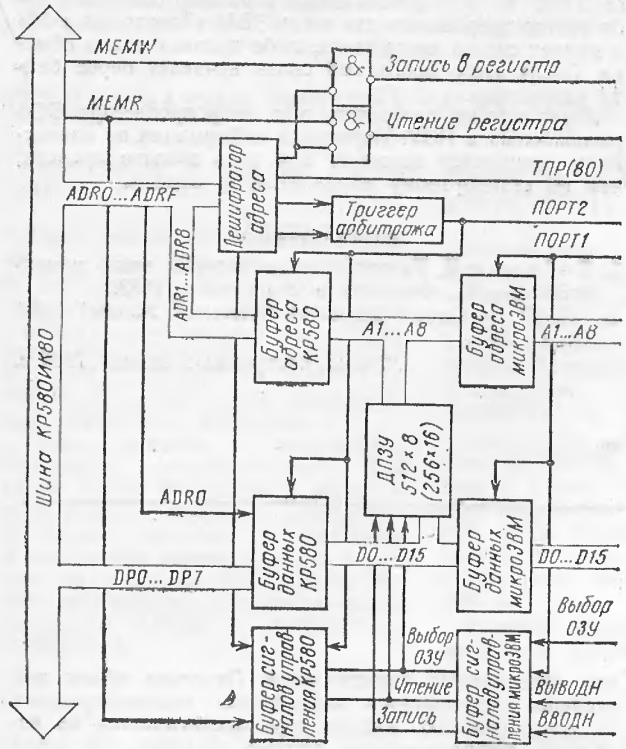


Рис. 2. Функциональная схема двупортового ОЗУ

УВВ с единым каналом микроЭВМ «Электроника 60». Регистрами адреса служат БИС КР580ИР83, а буферами данных — КР580ВА87. Регистр управления передает команды микропроцессору, регистр состояния — информацию о состоянии БСВ.

Арбитр ДПЗУ представляет собой триггер, вырабатывающий сигнал ПОРТ1. По этому сигналу доступ к ДПЗУ разрешен со стороны микроЭВМ «Электроника 60».

Триггер арбитража ДПЗУ по команде микропроцессора выдает сигнал ПОРТ2, разрешающий доступ микропроцессора к запоминающему устройству и блокирующий выдачу сигнала ПОРТ1. Таким образом, когда микропроцессор читает информацию из ДПЗУ, микроЭВМ не может получить доступ к нему. Сигналы ПОРТ1 и ПОРТ2 управляют трехстабильными буферами КР580ВА86 и К155ЛП11, подключая ЭВМ или микропроцессор к ДПЗУ.

Со стороны микроЭВМ «Электроника 60» двупортовое ЗУ загружается 16-разрядными словами (т. е. для нее организация ЗУ — 256×16 слов).

Микропроцессор считывает информацию по байтам. Четным адресам микропроцессора соответствует младший байт слова, а нечетным — старший. Прочитав информационный блок, микропроцессор записывает байт состояния в регистр состояния узла сопряжения. ЭВМ, обратившись к регистру состояния, может получить информацию о том, что ей следует записать новый блок в ДПЗУ. Микропроцессор может также записать для «Электроники 60» 8-битный вектор прерывания в регистр состояния и подать сигнал прерывания ТПР (80). Обмен информацией возможен по прерыванию и с помощью программируемого опроса.

Общий алгоритм обмена с БСВ — установить режим загрузки, загрузить управляющую информацию для БСВ в ДПЗУ, передать управление БСВ, прочитать результат работы БСВ. Приведенный алгоритм реализуется программным обеспечением микроЭВМ «Электроника 60». МикроЭВМ и микропроцессор БСВ обмениваются информационными блоками длиной 512 байт (256×16 слов) двух типов: с заголовком и без заголовка.

Признак передачи блока представляет обнуленный первый бит байта управления. Если второй бит байта управления равен «Лог. 0», то у блока есть заголовок, а если он равен «Лог. 1» — то у блока нет заголовка. Если 3-й бит байта управления равен «Лог. 0», то обмен окончен, а если он равен «Лог. 1», то обмен продолжается.

В первом байте заголовка содержится информация о назначении блока. Эта же информация служит для программы БСВ кодом функции, которую требуется выполнить. Кроме первого байта, в заголовке содержится информация о количестве передаваемых блоков, контрольная сумма и другая специальная служебная информация.

Общая длина заголовка 16 слов (кроме него, в блоке еще 240 слов). По заголовку микропроцессор БСВ определяет функцию для исполнения. Если же в цикле обращения передан блок без заголовка, то микропроцессор БСВ будет выполнять функцию, установленную микроЭВМ «Электроника 60» при предыдущем обращении.

Работой БСВ управляет программа на ассемблере (рис. 3) микропроцессора КР580ИК80.

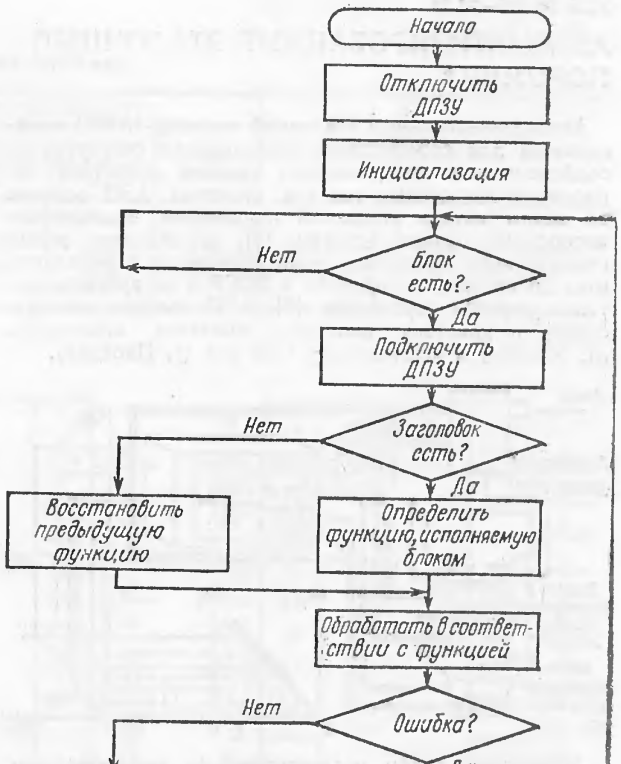


Рис. 3. Блок-схема программы обработки информационного блока

В начале работы устройства с БСВ (например, тестера) двупортовое ОЗУ отключается от БСВ (тем самым разрешается работа двупортового ОЗУ с микроЭВМ «Электроника 60»). После этого все периферийные устройства БСВ инициализируются и программа начинает опрос байта управления. После записи информационного блока в двупортовое ОЗУ (ДПЗУ) проверяется наличие в нем заголовка. Обнаружив заголовок, программа извлекает из него код исполняемой функции и переходит на подпрограмму ее обработки.

Обрабатывая информационный блок, микропроцессор подсчитывает его контрольную сумму и сравнивает ее значение с приведенным в заголовке. Обнаружив ошибку, микропроцессор сигнализирует об этом микроЭВМ «Электроника 60» и останавливает подпрограмму обработки заданной функции.

Закончив обработку блока, микропроцессор отключает ДПЗУ от БСВ и выставляет в регистр состояния либо вектор прерывания для микроЭВМ «Электроника 60» и выдает сигнал прерывания, либо признак конца обмена. После этого программа снова начинает опрос байта управления.

Управляющая программа для микропроцессора БСВ расположена в ПЗУ. Пересылка информации по описанному интерфейсу занимает в 3 раза меньше времени, чем по стандартному параллельному каналу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейцман К. Распределенные системы мини- и микроЭВМ.— М.: Финансы и статистика, 1983.
2. ICE-80 In Circuit Emulator Reference. Manual Intel Corp., 1975.

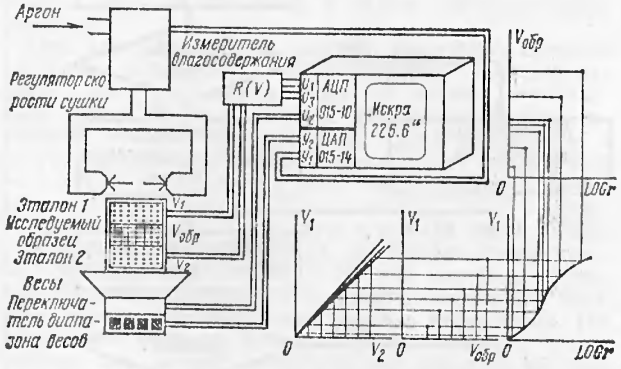
Статья поступила 5 апреля 1986 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 681.326—541.20

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭТАЛОННЫЙ ПОРОМЕР *

Автоматизированный эталонный поромер (АЭП) предназначен для комплексного исследования структурных, сорбционных и поверхностных свойств различных пористых и дисперсных тел (см. рисунок). АЭП основан на новом методе эталонной порометрии, защищенном авторскими свидетельствами [1], и обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с используемым до настоящего времени в СССР и за рубежом методом ртутной порометрии [2]. АЭП получил высокую оценку и удостоен дипломов выставок «Наука-83» (г. Москва) и «Научприбор СЭВ-84» (г. Пловдив).



Управление ходом исследования (и контроль) осуществляется с помощью входящих в состав ПП ЭВМ «Искра 226.6» [3] 10-разрядного АЦП (32 канала, 200 поддиапазонов, обеспечивающих оптимальный режим измерения) и 10-разрядного ЦАП с диапазоном ±5 В. Общий объем смоченных пор образца и эталонов определяется взвешиванием. Отдельно объем пор эталонов определяется измерителем влагосодержания по сопротивлению. Радиус пор рассчитывается по известным порометрическим кривым эталонов. На экран дисплея в реальном режиме времени в символьно-графическом виде выводится информация о текущих значениях измеряемых величин, результатах экспресс-обработки экспериментальных данных, состоянии системы управления блоками АЭП.

В диапазоне радиусов пор $10^{-9}...2\cdot10^{-4}$ м без разрушения образца определяются нормированное интегральное и дифференциальное распределение объема пор по радиусам, дифференциальная характеристика распределения поверхности пор по радиусам, интегральная и дифференциальная характеристики распределения жидкости по ее энергиям связи с материалом образца и др.

В АЭП нуждаются самые различные области народного хозяйства, где применяются пористые тела: электротехническая (химические источники тока), химическая и нефтехимическая промышленность (катализаторы, адсорбенты), геология и нефтедобыча (нефтегазоносные породы), область охраны окружающей среды (фильтры, мембраны), металлургическая (порошковая металлургия), фармацевтическая промышленность (таблетированные лекарства), сельское хозяйство (мелиорация почв). Уже сегодня метод эталонной порометрии применяется более чем в 16 министерствах.

АЭП разработан в Институте электрохимии им. А. Н. Фрумкина АН СССР (телефон для справок: 232-25-87, Москва).

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы эталонной порометрии и возможные области их применения в электрохимии / Вольфкович Ю. М., Багоцкий В. С., Сосенкин В. Е., Школьников Е. И. // Электрохимия.— 1980.— 16.— С. 1620.
2. Плаченов Т. Г. Ртутные порометры.— Л.: Изд-во ЛТИ, 1957.
3. Профессиональные персональные ЭВМ «Искра 226» / Абрамович С. Н., Бойко В. В., Бутрин Б. П. и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 2.— С. 29.

* В. Е. Казаринов, Ю. М. Вольфкович, М. Я. Кац, В. Н. Алексеев, В. Е. Сосенкин, Е. И. Школьников, Б. А. Гольдберг, В. В. Кушнев, В. В. Елкин, Н. А. Блинов, Ю. И. Харкац, Н. С. Хозяинова, В. В. Кульбачевский, Б. Ф. Воробьев, А. В. Шлепаков, М. Д. Леви

ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ПЗУ СЕРИИ КР556

(Продолжение. Начало см. в № 1, 1987 г.)

Рассматриваются основные технические характеристики, статические и динамические параметры, временные диаграммы и принцип работы однократно программируемых ПЗУ серии КР556, (КР556РТ5, КР556РТ17, КР556РТ12, КР556РТ13, КР556РТ14, КР556РТ15), проводится сравнительный анализ этих микросхем.

Общие сведения о микросхемах однократно программируемых ПЗУ серии КР556 приведены в предыдущем выпуске журнала «Микропроцессорные средства и системы». В следующем номере журнала в разделе «Справочная информация» будет дана методика программирования микросхем КР556РТ5, КР556РТ11.., КР556РТ18.

Микросхемы КР556РТ5 и КР556РТ17

Микросхемы КР556РТ5 и КР556РТ17 представляют собой однократно программируемые ПЗУ емкостью 4096 бита с организацией 512 8-разрядных слова. Микросхемы КР556РТ5 имеют выход с открытым коллектором, а микросхемы КР556РТ17 — с тремя состояниями.

Технические характеристики микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17 приведены в табл. 1. Условное графическое обозначение микросхем дано на рис. 1—3. Назначение выводов показано в табл. 2, электрическая структурная схема приведена на рис. 4.

Матрица запоминающих элементов микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17 имеет 64 строки и 64 столбца. Выбор одной из 64 строк осуществляет входной дешифратор, на который подается код адреса A3...A8. Выбранная строка (64 столбца) содержит восемь 8-разрядных слов. Выбор одного из этих слов осуществляется селекторами CL0...CL7, управляемыми выходным дешифратором. Последний формирует управляющие сигналы в соответствии с кодом, подаваемым на адресные входы A0...A2.

Считанное 8-разрядное слово через усилители У0...У7 поступает на выводы DO0...DO7. Управление усилителями считывания осуществляется схемой разрешения выборки при поступлении на ее входы CS1...CS4 (выбор микросхемы) кода (1100). Наличие четырех сигналов CS упро-

Таблица 1

Технические характеристики

Условное обозначение микросхемы	Функциональное соответствие	Основные технические характеристики				Корпус	Номер ТУ
		Информационная емкость, бит, и организация, слов × разрядов	Время выборки, нс	Ток потребления, мА	Тип выхода		
КР556РТ5	3604	4К (512 × 8)	70	190	ОК	239.24-2	348.322-05ТУ
КР556РТ17	3624А	4К (512 × 8)	50	175	ТС	239.24-2	348.322-17ТУ

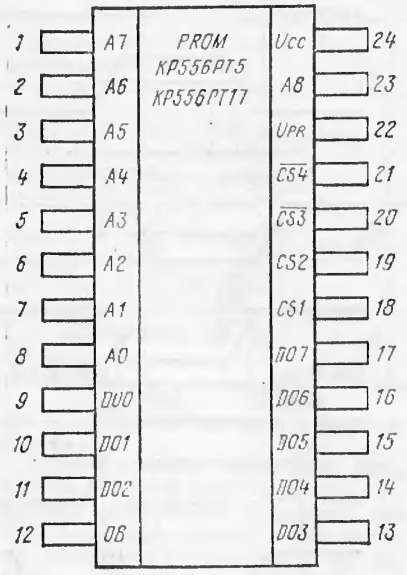


Рис. 1. Условное графическое обозначение микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17

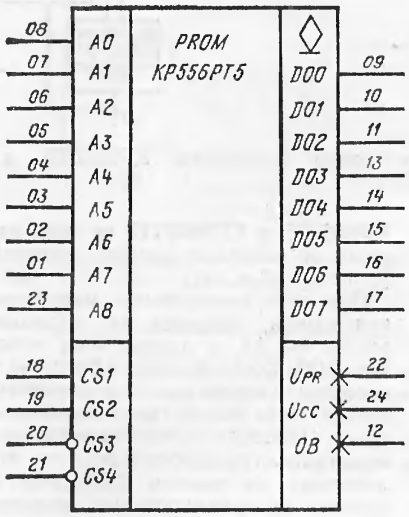


Рис. 2. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ5 с функциональным расположением выводов

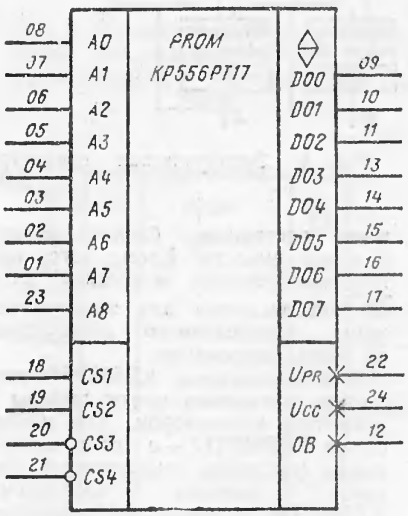


Рис. 3. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ17 с функциональным расположением выводов

Таблица 2

Назначение выводов микросхем КР556РТ5, КР556РТ17

Вывод	Назначение
1 ... 8	Адресные входы A7 ... A0
9 ... 11	Выходы DO0 ... DO2
12	Общий 0В
13 ... 17	Выходы DO3 ...DO7
18, 19	Входы выбора микросхемы $\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$
20, 21	Входы выбора микросхемы $\overline{CS3}$, $\overline{CS4}$
22	Напряжение программировани U_{PR}
23	Адресный вход A8
24	Напряжение источника питания 5 В

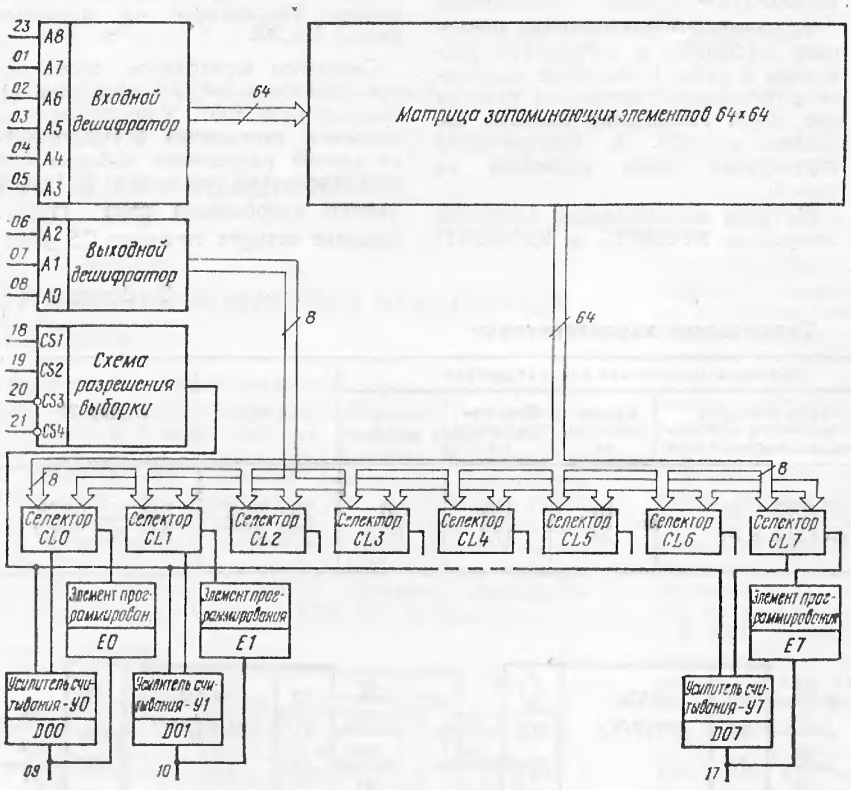


Рис. 4. Электрическая структурная схема микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17

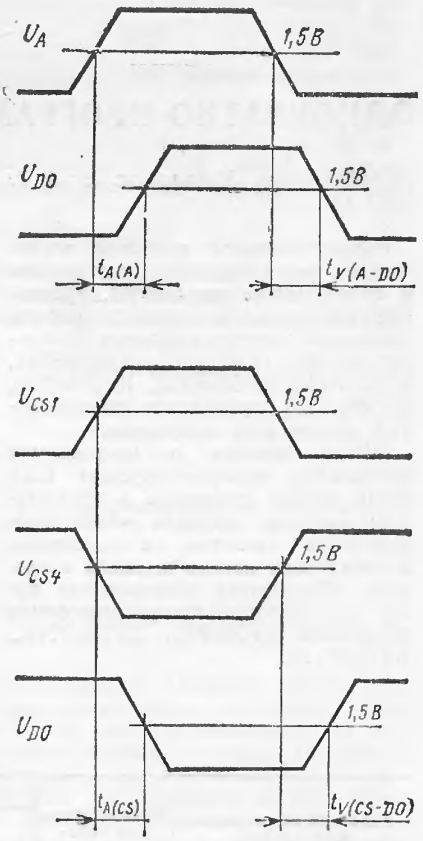


Рис. 5. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ5

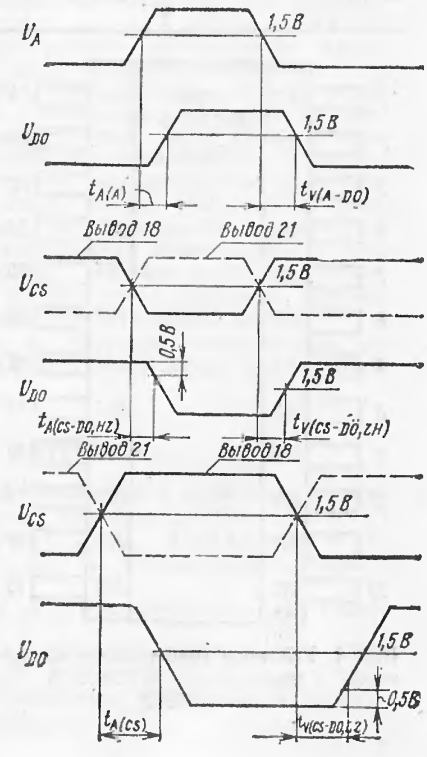


Рис. 6. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ17

щает построение блоков памяти большой емкости. Кроме того, при программировании микросхем вход $\overline{CS4}$ используется для задания режима, определяемого инструкцией по программированию.

Для микросхемы КР556РТ5 усилители считывания имеют выходы с открытым коллектором, для микросхемы КР556РТ17 — с тремя состояниями (состояние «выключено»). Перевод выходов микросхемы КР556РТ17 в состояние «выключено» осуществляется при подаче на входы CS1...CS4 любого кода, отличного от 1100.

В исходном состоянии (до программирования) в микросхемах КР556РТ5 и КР556РТ17 по всем адресам и разрядам записан высокий уровень («Лог. 1»).

При программировании микросхем код адреса подается на адресные входы A0...A8, а данные — на выводы DO0...DO7. Запись «Лог. 0» в соответствующие разряды осуществляется через элементы программирования (E0...E7) путем пережигания перемычек. Параметры сигналов, подаваемых на выводы DO0...DO7 в режиме программирования, оговоре-

Таблица 3

Таблица истинности

Входы				Выходы DO0 . . . DO7		Режим работы
CS1	CS2	CS3	CS4	КР556РТ5	КР556РТ17	
1	1	0	0	0/1	0/1	Считывание
Любая комбинация, не совпадающая с предыдущей				1	Z	Хранение

Таблица 4

Основные электрические параметры

Параметр, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения
		КР556РТ5	КР556РТ17	
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	U_{DOL}	0,5	0,5	U_{CC}=4,75 В U_{IL}=0,8 В U_{IH}=2,0 В I_{DOL}=15 мА
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	U_{DOH}	—	2,4	U_{CC}=4,75 В U_{IL}=0,8 В U_{IH}=2,0 В I_{DOH}=—2,0 мА
Входной ток низкого уровня, мА, не менее	I_{IL}	—0,25	—0,25	U_{CC}=5,25 В U_{IL}=0,5 В (КР556РТ5) U_{IL}=0,45 В (КР556РТ17)
Входной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{IH}	40	40	U_{CC}=5,25 В $U_{IH(CS)}$=4.0 В (КР556РТ5) $U_{IH(A)}$=5,25 В (КР556РТ5, КР556РТ17)
Выходной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{DOH}	100	—	U_{CC}=5,25 В U_{DOH}=5,25 В
Выходной ток низкого уровня в состоянии «выключено», мкА, не менее	I_{OZL}	—	—100	U_{CC}=5,25 В U_{DOL}=0,5 В
Выходной ток высокого уровня в состоянии «выключено», мкА, не более	I_{OZH}	—	100	U_{CC}=5,25 В U_{DOH}=5,25 В
Ток потребления, мА, не более	I_{CC}	190	175	U_{CC}=5,25 В

ны в инструкции по программированию *.

Принцип работы микросхем поясняется таблицей истинности (табл. 3). Таблица истинности приведена для положительной логики, в ней указаны напряжения, подаваемые на выводы микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17 при различных режимах работы. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхем приведены на рис. 5, 6. Основные электрические параметры показаны в табл. 4, временные параметры — в табл. 5.

* Методика программирования микросхем типа КР556РТ5 описана в журнале «Микропроцессорные средства и системы». — 1985.—№ 3.—С. 75.

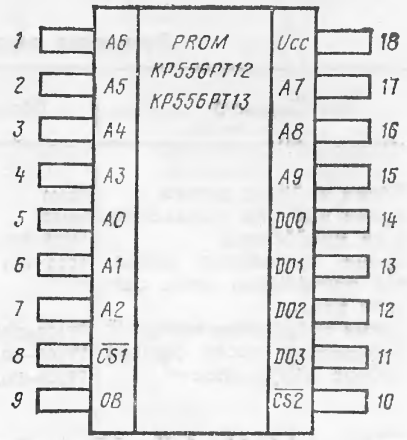


Рис. 7. Условное графическое обозначение микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13

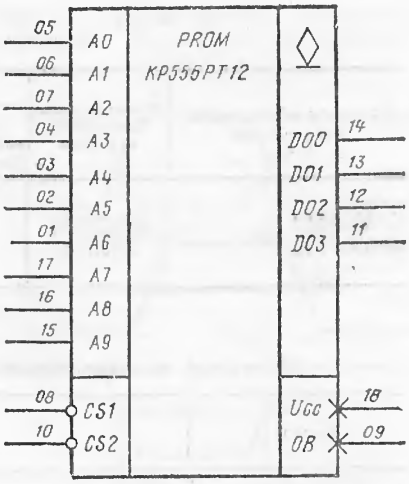


Рис. 8. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ12 с функциональным расположением выводов

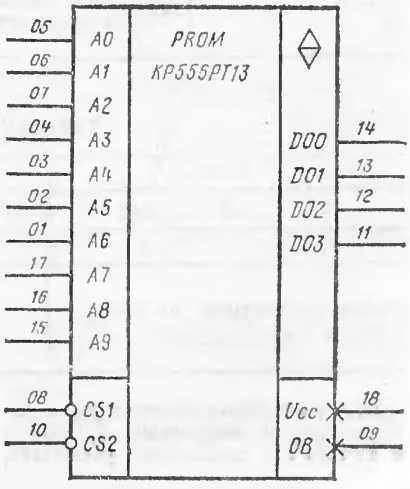


Рис. 9. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ13 с функциональным расположением выводов

Таблица 5

Временные параметры микросхем

Параметр	Обозначение	Норма, нс, не более		Примечание
		КР556РТ5	КР556РТ17	
Время выборки адреса	$t_{A(A)}$	70	50	1
Время выборки сигнала выбора микросхемы	$t_{A(CS)}$	30	30	1
	$t_{A(CS-DO,\ HZ)}$	—	30	2
Время сохранения выходной информации после сигнала адреса	$t_{V(A-DO)}$	70	50	1
Время сохранения выходной информации после сигнала выбора микросхемы	$t_{V(CS-DO)}$	30	—	1
	$t_{V(CS-DO,\ LZ)}$	—	30	1
	$t_{V(CS-DO,\ ZH)}$	—	30	2

Примечания. 1. U_{cc}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L1}=300 Ом; R_{L2}=620 Ом; сопротивление нагрузки R_{L1} включается между выводом 24 и проверяемым выходом (выводы 9...11, 13...17), сопротивление нагрузки R_{L2} и емкость C_L — между проверяемым выходом (выводы 9...11, 13...17) и выводом 12. 2. U_{cc}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L2}=1000 Ом.

При разработке аппаратуры с использованием микросхем КР556РТ5 и КР556РТ17 необходимо учитывать, что вывод 22 должен быть присоединен к выводу 24 или оставаться свободным.

Микросхемы КР556РТ12 и КР556РТ13

ПЗУ КР556РТ12 и КР556РТ13 имеют емкость 4096 бита и организацию 1024 4-разрядных слова. Технические характеристики микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13 приведены в табл. 6. Условное графическое обозначение микросхем дано на рис. 7—9. Назначение выводов показано в табл. 7. Электрическая структурная схема приведена на рис. 10.

Матрица запоминающих элементов микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13 содержит 64 строки в 64 столбцах.

Выбор одной из 64 строк осуществляет входной дешифратор, на который подается код адреса А4...А9. Выбранная строка (64 столбца) содержит шестнадцать 4-разрядных слов. Выбор одного из этих слов осуществляется селекторами С1.0... С1.3, управляемыми выходным дешифратором. Дешифратор формирует управляющие сигналы в соответствии с кодом, подаваемым на адресные входы А0...А3.

Считанное 4-разрядное слово через усилители считывания У0...У3 поступает на выводы DO0....DO3. Управление усилителями считывания осуществляется схемой разрешения выборки при поступлении на ее входы CS1 и CS2 (выбор микросхемы) напряжения низкого уровня (код 00). Наличие двух сигналов CS упрощает построение блоков памяти большой емкости.

Для микросхем КР556РТ12 усилители считывания имеют выходы с открытым коллектором, для микросхем КР556РТ13 — с тремя состояниями (состояние «выключено»). Перевод выходов микросхемы КР556РТ13 в состояние «выключено» осуществляется при подаче на входы CS1, CS2 любого кода, отличного от 00.

В исходном состоянии (до программирования) в микросхемах КР556РТ12 и КР556РТ13 по всем адресам и разрядам записан низкий уровень («Лог. 0»).

При программировании микросхем код адреса подается на адресные входы А4...А9, а данные — на выводы DO0...DO3. Запись «Лог. 1» в

Таблица 6

Технические характеристики

Условное обозначение микросхемы	Функциональное соответствие	Основные технические характеристики				Корпус	Номер ТУ
		Информационная емкость, бит, и организация, слов × разрядов	Время выборки, нс	Ток потребления, мА	Тип выхода		
КР556РТ12	N82S136	4К (1К × 4)	60	140	ОК	2104.18-5	348.322-12ТУ
КР556РТ13	N82S137	4К (1К × 4)	60	140	ТС	2104.18-5	348.322-13ТУ

Таблица 7

Назначение выводов микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13

Вывод	Назначение
1 ... 4	Адресные входы А6 ... А3
5 ... 7	Адресные входы А0 ... А2
8	Вход выбора микросхемы $\overline{CS1}$
9	Общий 0В
10	Вход выбора микросхемы $\overline{CS2}$
11 ... 14	Выходы DO3 ... DO0
15 ... 17	Адресные входы А9 ... А7
18	Напряжение источника питания 5 В

Таблица 8

Таблица истинности

Входы		Выходы DO0 ... DO3		Режим работы
CS1	CS2	КР556РТ12	КР556РТ13	
0	0	0/1	0/1	Считывание
Любая комбинация, не совпадающая с предыдущей		1	Z	Хранение

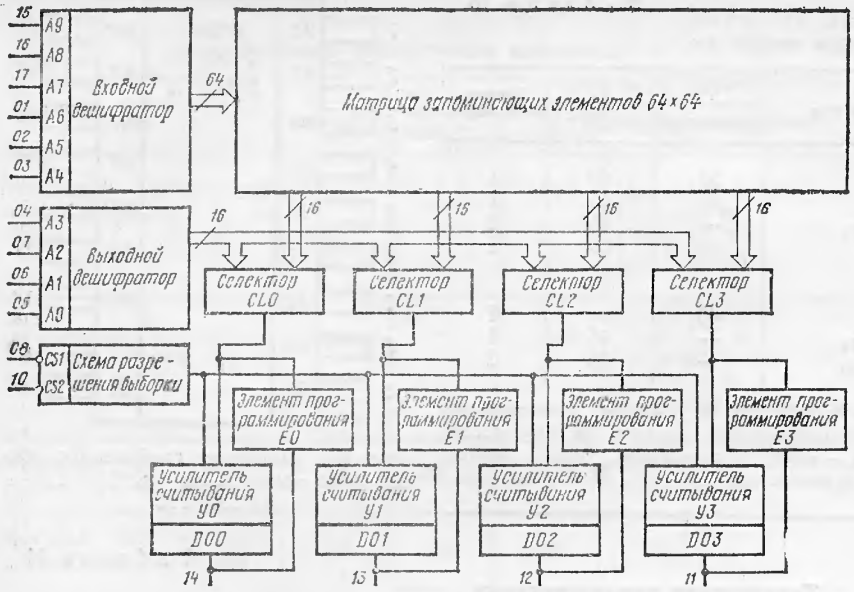


Рис. 10. Электрическая структурная схема микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13

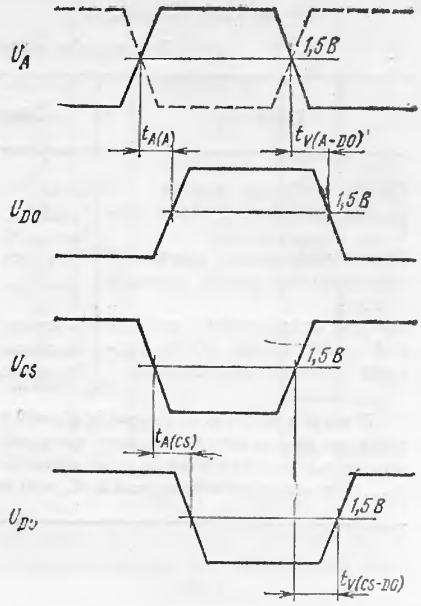


Рис. 11. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ12

Таблица 9

Основные электрические параметры

Параметр, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения
		КР556РТ12	КР556РТ13	
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	U_{DOL}	0,5	0,5	U_{CC} = 4,75 В U_{IL} = 0,8 В U_{IH} = 2,0 В I_{DOL} = 16 мА
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	U_{DOH}	—	2,4	U_{CC} = 4,75 В U_{IL} = 0,8 В U_{IH} = 2,0 В I_{DOH} = —2,0 мА
Входной ток низкого уровня, мА, не менее	I_{IL}	—0,25	—0,25	U_{CC} = 5,25 В U_{IL} = 0,45 В
Входной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{IH}	40	40	U_{CC} = 5,25 В U_{IH} = 5,25 В
Выходной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{DOH}	100	—	U_{CC} = 5,25 В U_{DOH} = 5,25 В
Выходной ток низкого уровня в состоянии «выключено», мкА, не менее	I_{OZL}	—	—100	U_{CC} = 5,25 В U_{DOL} = 0,5 В $U_{IH(CS)}$ = 2,0 В
Выходной ток высокого уровня в состоянии «выключено», мкА, не более	I_{OZH}	—	100	U_{CC} = 5,25 В U_{DOH} = 5,25 В $U_{IH(CS)}$ = 2,0 В
Ток потребления, мА, не более	I_{CC}	140	140	U_{CC} = 5,25 В

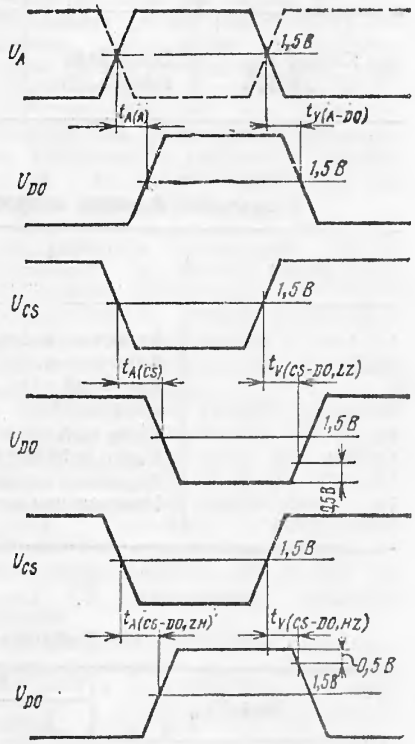


Рис. 12. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ13

соответствующие разряды осуществляется через элементы программирования (E0...E3) путем пережигания перемычек. Параметры сигналов, подаваемых на выводы DO0...DO3 в режиме программирования, оговорены в инструкции по программированию.

Принцип работы микросхем поясняется таблицей истинности (табл. 8).

Таблица 10

Временные параметры микросхем

Параметр	Обозначение	Норма, нс, не более		Примечание
		КР556РТ12	КР556РТ13	
Время выборки адреса	$t_{A(A)}$	60	60	1
Время выборки сигнала выбора микросхемы	$t_{A(CS)}$	45	45	1
	$t_{A(CS-DO,\ ZH)}$	—	45	2
Время сохранения выходной информации после сигнала адреса	$t_{V(A-DO)}$	60	60	1
Время сохранения выходной информации после сигнала выбора микросхемы	$t_{V(CS-DO)}$	45	—	1
	$t_{V(CS-DO,\ LZ)}$	—	45	1
	$t_{V(CS-DO,\ HZ)}$	—	45	2

Примечания. 1. U_{CC}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L1}=300 Ом; R_{L2}=620 Ом; сопротивление нагрузки R_{L1} включается между выводом 18 и проверяемым выходом (выводы 11...14) сопротивление нагрузки R_{L2} и емкость C_L — между проверяемым выходом (выводы 11...14) и выводом 9. 2. U_{CC}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L2}=1000 Ом.

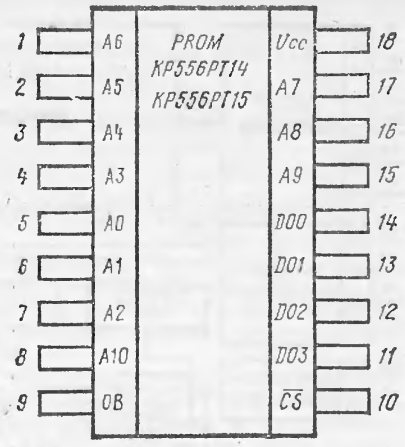


Рис. 13. Условное графическое обозначение микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15

Таблица 11

Технические характеристики

Условное обозначение микросхемы	Функциональное соответствие	Основные технические характеристики				Корпус	Номер ТУ
		Информационная емкость, бит, и организация, слов × разрядов	Время выборки, нс	Ток потребления, мА	Тип выхода		
КР556РТ14	DM87S184	8К (2К × 4)	60	140	ОК	2104.18-5	348.322-14ТУ
КР556РТ15	DM87S185	8К (2К × 4)	60	140	ТС	2104.18-5	348.322-15ТУ

Таблица 12

Назначение выводов микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15

Вывод	Назначение
1 ... 4	Адресные входы A6 ... A3
5 ... 7	Адресные входы A0 ... A2
8	Адресный вход A10
9	Общий 0В
10	Вход выбора микросхемы $\overline{CS}$
11 ... 14	Выходы DO3 ...DO0
15 ... 17	Адресные входы A9 ... A7
18	Напряжение источника питания 5 В

Таблица 13

Таблица истинности

Вход CS	Выходы DO0 ... DO3		Режим работы
	КР556РТ14	КР556РТ15	
0	0/1	0/1	Считывание
1	1	Z	Хранение

Таблица истинности приведена для положительной логики; в ней указаны напряжения, подаваемые на выводы микросхем КР556РТ12 и КР556РТ13 при различных режимах работы. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхем приведены на рис. 11, 12. Основные электрические параметры показаны в табл. 9, временные параметры — в табл. 10.

Микросхемы КР556РТ14 и КР556РТ15

Микросхемы КР556РТ14 и КР556РТ15 имеют емкость 8192 бита и организацию 2048 4-разрядных слова.

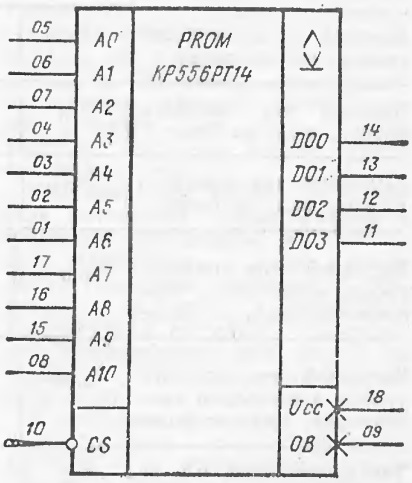


Рис. 14. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ14 с функциональным расположением выводов

Таблица 14

Основные электрические параметры

Параметр, единица измерения	Обозначение	Норма		Режим измерения
		КР556РТ14	КР556РТ15	
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	U_{DOL}	0,5	0,5	U_{CC}=4,75 В U_{IL}=0,8 В U_{IH}=2,0 В I_{DOL}=16 мА
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	U_{DOH}	—	2,4	U_{CC}=4,75 В U_{IL}=0,8 В U_{IH}=2,0 В I_{DOL}=2,0 мА
Входной ток низкого уровня, мА, не менее	I_{IL}	—0,25	—0,25	U_{CC}=5,25 В U_{IL}=0,45 В
Входной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{IH}	40	40	U_{CC}=5,25 В U_{IH}=5,5 В
Выходной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{DOH}	100	—	U_{CC}=5,25 В U_{DOH}=5,25 В
Выходной ток низкого уровня в состоянии «выключено», мкА, не менее	I_{OZL}	—	—100	U_{CC}=5,25 В U_{DOL}=0,5 В
Выходной ток высокого уровня в состоянии «выключено», мкА, не более	I_{OZH}	—	100	U_{CC}=5,25 В U_{DOH}=5,25 В
Ток потребления, мА, не более	I_{CC}	140	140	U_{CC}=5,25 В

Таблица 15

Временные параметры микросхем

Параметр	Обозначение	Норма, нс, не более		Примечание
		КР556РТ14	КР556РТ15	
Время выборки адреса	$t_{A(A)}$	60	60	1
Время выборки сигнала выбора микросхемы	$t_{A(CS)}$	45	45	1
	$t_{A(CS-DO,\ ZH)}$	—	45	2
Время сохранения выходной информации после сигнала адреса	$t_{V(A-DO)}$	60	60	1
Время сохранения выходной информации после сигнала выбора микросхемы	$t_{V(CS-DO)}$	45	—	1
	$t_{V(CS-DO,\ LZ)}$	—	45	1
	$t_{V(CS-DO,\ HZ)}$	—	45	2

Примечания. 1. U_{CC}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L1}=300 Ом; R_{L2}=620 Ом; сопротивление нагрузки R_{L1} включается между выводом 18 и проверяемым выходом (выводы 11...14) сопротивление нагрузки R_{L2} и емкость C_L — между проверяемым выходом (выводы 11...14) и выводом 9. 2. U_{CC}=5 В; C_L=30 пФ; R_{L2}=1000 Ом.

Технические характеристики микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15 приведены в табл. 11. Условное графическое обозначение микросхем дано на рис. 13—15. Назначение выводов показано в табл. 12. Электрическая структурная схема приведена на рис. 16.

Матрица запоминающих элементов микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15

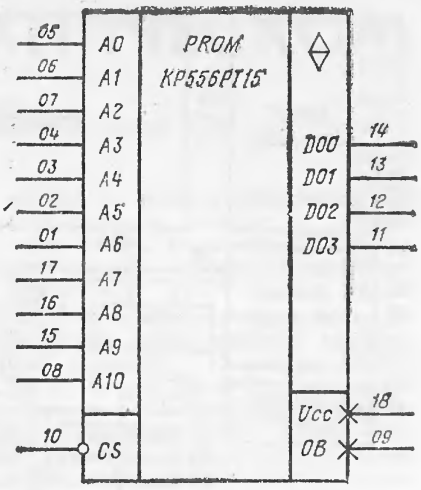


Рис. 15. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ15 с функциональным расположением выводов

содержит 128 строк в 64 столбцах.

Выбор одной из 128 строк осуществляет входной дешифратор, на который подается код адреса А4...А10. Выбранная строка (64 столбца) содержит шестнадцать 4-разрядных слов. Выбор одного из этих слов осуществляется селекторами CL0... CL3, управляемыми выходным дешифратором. Дешифратор формирует управляющие сигналы в соответствии с кодом, подаваемым на адресные входы А0...А3.

Считанное 4-разрядное слово через усилители считывания У0...У3 поступает на выводы DO0...DO3. Управление усилителями считывания осуществляется схемой разрешения выборки при поступлении на ее вход $\overline{CS}$ (выбор микросхемы) напряжения низкого уровня.

Для микросхем КР556РТ14 усилители считывания имеют выходы с открытым коллектором, для микросхем КР556РТ15 — с тремя состояниями (состояние «выключено»). Перевод выходов микросхемы КР556РТ15 в состояние «выключено» осуществляется при подаче на вход $\overline{CS}$ напряжения высокого уровня.

В исходном состоянии (до программирования) в микросхемах КР556РТ14 и КР556РТ15 по всем адресам и разрядам записан низкий уровень («Лог. 0»).

При программировании микросхем код адреса подается на адресные входы А4...А10, а данные — на выводы DO0...DO3. Запись «Лог. 1» в соответствующие разряды осуществляется через элементы программирования (Е0...Е3) путем пережигания перемычек. Параметры сигналов, подаваемых на выводы DO0...DO3 в режиме программирования, оговорены в инструкции по программированию.

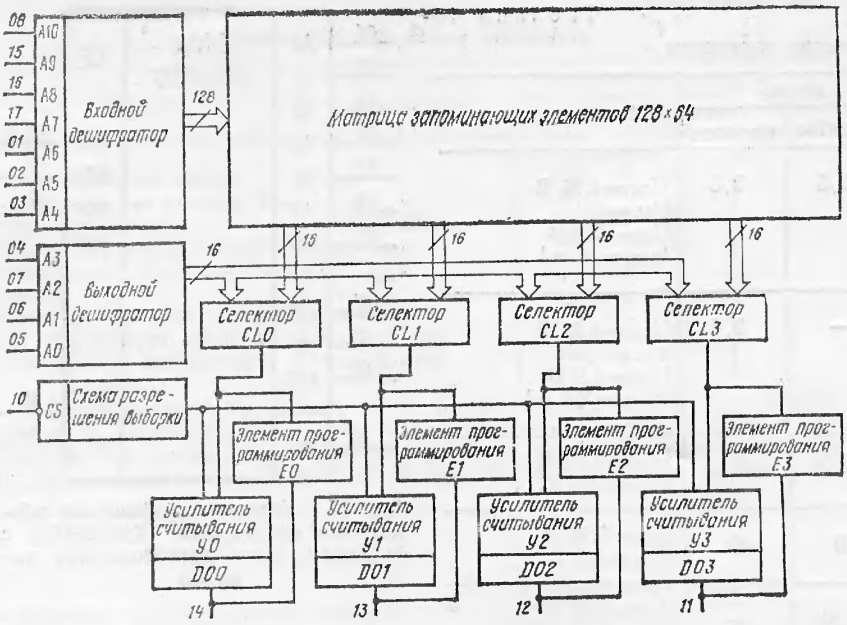


Рис. 16. Электрическая структурная схема микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15

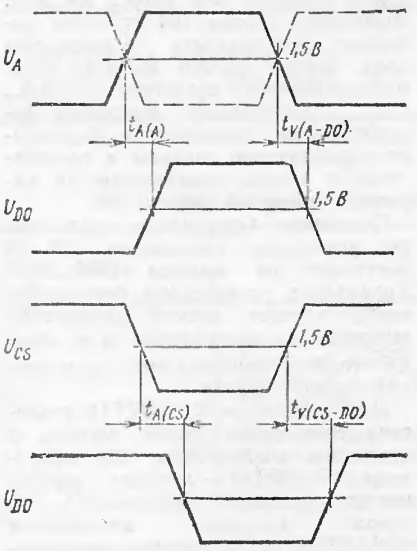


Рис. 17. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ14

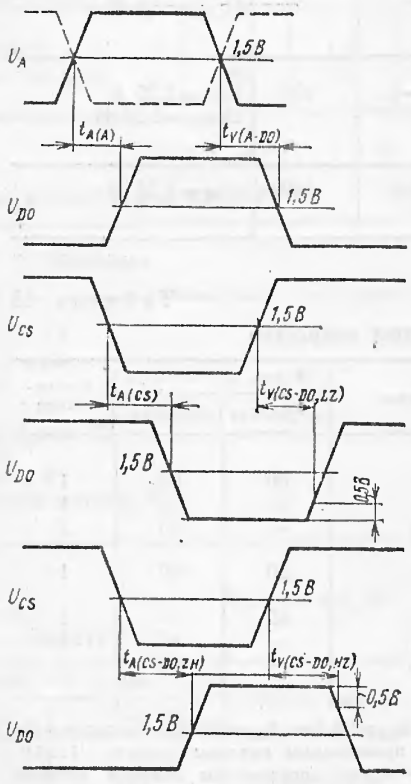


Рис. 18. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ15

Принцип работы микросхем поясняется таблицей истинности (табл. 13). Таблица истинности приведена для положительной логики, в ней указаны напряжения, подаваемые на выводы микросхем КР556РТ14 и КР556РТ15 при различных режимах работы. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхем приведены на рис. 17 и 18. Основные электрические параметры показаны в табл. 14, временные параметры — в табл. 15.

Подготовила Воробьева Н. Н. (телефон для справок 536-57-55).

Статья поступила 20 января 1987 г.

МИКРО

В новом учебном году проведены уже несколько семинаров из цикла «МикроЭВМ: основы применения...» О семинаре по персональным компьютерам газета «Московский комсомолец» писала 10 сентября 1986 г.: «... у девятого подъезда Политехнического музея выстроилась небывалая очередь. В вестибюль проникнуть было и вовсе нелегко — такое собралось множество людей... В Большом зале Политехнического музея вчера не было ни одного свободного места, и даже «галерка» — балкон — заполнена до отказа. Кто-то устроился в проходе, кто-то записывает, сидя прямо на ступеньках...».

На очередном семинаре этого цикла **«Школьная информатика: второй звонок»** 14 октября выступил акад. А. П. Ершов. Он проанализировал состояние дел в школьной информатике, назвал проблемы второго года школьной компьютеризации и (отвечая на многочисленные записки) пути их решения.

Одна из проблем — **разнотипность школьных компьютеров**: ДВК, «Электроника БК 0010», «Агат», дисплейные классы при ВЦ.

Языковая разнородность школьных ЭВМ (система «Школьница» с языками РАПИРА и РОБИК для «Агата», Фокал и Бейсик для ДВК и «Электроники БК 0010») усложняет обмен достижениями, так как методические новинки, созданные для одних языков, трудно транслировать на другие.

Были названы многие коллективы, десятилетиями разрабатывающие вопросы применения ЭВМ в школьном процессе. К сожалению, до сих пор различные пакеты прикладных программ для обучения не только школьной информатике, но и общеобразовательным предметам не сведены в единое целое в каком-либо центре. Он подчеркнул, что «Информатику-9 и -10» необходимо дополнить практикумами для сопряжения общетеоретической базы, заложенной в пособиях, с конкретными условиями внедрения ВТ в школу (машинный и безмашинный варианты, дисплейные классы при ВЦ).

На многочисленные разноречивые отклики об учебном пособии «Основы информатики и вычислительной техники» А. П. Ершов ответил, что если в пробном учебном пособии хоть какая-то образовательная проблема и была решена, то это скорее отбор и объем материала, а не способ его подачи, улучшение которого требует существенно большего опыта, которым располагают как учителя, так и авторы книги. Поэтому нет ничего удивительного в том, что пособие не удовлетворяет многих. Нужно только не шарахаться в крайности в оценках, а терпеливо

ПРОЦЕССОРЫ В ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ

искать продуктивную линию работы в классе, тем более, что общие методологические положения, положенные в основу учебника, себя в целом оправдывают.

На семинаре Л. Ф. Викентьев, О. А. Козлов и А. В. Костров (тел. 39-15-70, г. Пермь) предложили систему автоматического преобразования алгоритмов, представленных на несколько расширенной версии школьного языка, в алгоритмы на базовых языках программирования высокого уровня (ПЛ/1, Бейсик, Паскаль, Фортран и др.). Использование этой системы позволит школьникам приобрести практические навыки будущего пользователя ЕС ЭВМ и увеличить загрузку ЕС ЭВМ (по оценкам ЦСУ, эти машины загружены в среднем по 4 часа в сутки — «Аргументы и факты», 1986, № 24).

Начальник управления информатики и электронной вычислительной техники Министерства просвещения СССР А. Ю. Уваров рассказал о выпуске журнала «Информатика и образование» и о конкурсе на учебник по информатике и вычислительной технике (появление учебника ожидается к 1988 г.— после проведения конкурса).

Д. В. Варсонофьев, А. Г. Дымченко и А. Г. Кушниренко (тел. 139-39-57, 139-17-86, по понедельникам с 11 до 15 ч) рассказали о новом варианте Е-практикума. Первоначально он был разработан для ЭВМ СМ-4, ДВК-2 и «Ямаха», в настоящее время реализован на ПЭВМ «Электроника БК 0010» механико-математическим факультетом МГУ и НСК АН СССР. Объем кода Е-практикума 24К байт, максимальный размер программы — 80 строк, максимальное число переменных и элементов массивов — 350, скорость выполнения — в 1,5 раза выше, чем в Фокале.

А. Г. Леонов (мехмат МГУ, тел. 139-17-86, по понедельникам с 11 до 15 ч) охарактеризовал новые компоненты операционной системы MSX-DOS для ПЭВМ «Ямаха»: интегрированная программная среда «Микромир-86», а также редакторы файлов и диска на физическом уровне. Разработана и сетевая версия «Микромир-86/у» для базовых классов с одним дисководом на учительской машине. Система «Микромир-86» состоит из файлового монитора и встроенного в него редактора текстов с текстовым процессором. Файловый монитор — надстройка над файловой системой MSX—DOS, использует собственный удобный формат оглавления и позволяет работать с файлами в непосредственном режиме — не набирая ни команд ОС, ни имен файлов. Объем системы 31К байт.

Председатель семинаров — **Г. Р. Громов**
Научный руководитель семинаров — **акад. А. П. Ершов**

М. Л. Гуткин (тел. 238-40-66, Москва) предложил понятие «компьютерной грамотности» расширить, т. е. обучать «информационной грамоте»: «Информатика — это наука, изучающая взаимодействие с информацией». Задача предложенного им примерного состава курса ОИ и ВТ (102 ч) — объяснить школьнику, что «информация — это национальный ресурс» (по Г. Р. Громову) и научить школьника пользоваться существующими методами обработки информации с максимальной эффективностью. Кроме методики решения задач на ЭВМ (постановки задачи, выбор алгоритма, программирование, отладка, тестирование, выполнение программ), школьники должны знать элементы программирования на языках высокого уровня и использовать готовые пакеты прикладных программ (базы данных, электронные таблицы, редакторы текстов).

Н. А. Садовская (тел. 35-64-89, Новосибирск) рассказала о методических основах обучения ОИ и ВТ в дисплейных классах при ВЦ СО АН СССР и о результатах тестирования учеников в начале, в процессе и по окончании обучения в школе. Наилучшие результаты показали ученики, для которых изучение ОИ и ВТ сочеталось с трудовым обучением по специальности оператор-программист.

Несколько сообщений были посвящены другим вариантам машинного обучения. Л. И. Земцова (тел. 468-93-37, Москва) и А. Г. Луканкин рассказали о практикумах для изучающих курс ОИ и ВТ в средних общеобразовательных школах, имеющих кабинеты ВТ на базе ДВК, и раздали свои методические разработки. А. И. Бояринов (тел. 559-66-89, Москва) охарактеризовал и продемонстрировал операционную систему «Школа-86» для микроЭВМ «Электроника Д3-28», В. В. Васильев (тел. 228-21-38, Москва) поделился опытом преподавания в компьютерном классе на базе ПЭВМ «Агат», а Е. П. Смирнов (тел. 214-88-35, Москва) рассказал о преподавании информатики школьникам младших классов.

После сообщения А. Г. Кушниренко о системе переподготовки учителей и методистов по школьной информатике на мехмате МГУ С. И. Берестижевский, (г. Запорожье, а/я 1995), Т. В. Колосова и А. Е. Самойлов описали экспертную систему на базе ПЭВМ «Ямаха», в диалоге с которой учитель, сообщив о возникшей на уроке учебно-педагогической ситуации, получает от системы совет о том, какое нужно выбрать действие для управления процессом обучения.

Семинар **«Компьютер в вузе: качественно новый учебный процесс»** был проведен 11 ноября 1986 г. О. А. Козлов (33-20-39, Пермь), говоря о необходимости непрерывного «компьютерного образования от изучения алгоритмического языка в 9-м классе средней школы до дипломного проектирования, завершающего обучение в технических вузах, предложил для «начинающих» компьютерное образование в вузе в первую очередь преподавать основные принципы алгоритмизации.

Л. Ф. Викентьев (тел. 33-20-39, Пермь) рассказал о курсе программирования в системе подготовки инженера, состоящем из Е-практикума и разработанного авторами языка персональных вычислений, ориентированного на ЕС ЭВМ.

А. Г. Кушниренко и Г. В. Лебедев (тел. 139-17-86, 139-39-57, по понедельникам с 11 до 15 ч) рассказали о новом начальном курсе программирования на механико-математическом факультете МГУ, а О. Н. Мартыненко и С. И. Берестижевский — о курсе «Информатика для студентов нематематических специальностей» в Запорожском государственном университете.

В. Н. Соколов и А. В. Кондрашов (тел. 139-17-86, 139-39-57) продемонстрировали возможности использования в вузах, школах, на ФПК систем на основе АПЛ — диалогового языка высокого уровня. АПЛ-системы применимы для научно-технических расчетов и для реализации диалоговых и информационно-справочных систем.

Ю. В. Котов и Л. В. Арциховская (тел. 155-08-55, Москва) показали комплекс учебно-демонстрационных программ по курсам машинной графики, начертательной и прикладной геометрии для ПЭВМ «Электроника БК 0010». В комплекс входят подпрограммы отображения двумерных и трехмерных преобразований координат, программы графического диалога и решения задач аналитической геометрии на пересечение поверхностей, демонстрационные программы по типу «машфильмов» ознакомительного характера, поясняющие работу с учебными программами.

Обзор подготовил ученый секретарь семинаров **С. С. Матвеев**

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 681.3.06

В. Л. Динес, В. А. Мартюхин

КАДРОВЫЙ РЕДАКТОР ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ КТС ЛИУС-2 С ДИСПЛЕЕМ РИН-609

Редактор текста [1], используемый в составе программного резидентного обеспечения КТС ЛИУС-2, ориентирован на технические особенности ТВ-приемника и символьной клавиатуры. Разработанный редактор (объем 4,5К байт) ориентирован на дисплей РИН-609 [2] и позволяет выполнять кадровую обработку текстов. Сопряжение РИН-609 с КТС ЛИУС-2 реализовано в виде дополнительного ТЭЗа (платы), близкого по технической реализации к описанному в работе [3].

Редактирование текстовой информации осуществляется в режимах кадровой и строковой обработки текста, находящегося в ОЗУ, кадровой обработки текста с перфоленты, вспомогательных операций. Вход в редактор происходит с помощью директив, состоящих из двух букв. Обмен информацией с внешними устройствами (считыватель, перфоратор и АЦПУ) ведется посредством автономных программ-драйверов. После ввода загрузочного модуля и запуска его командами монитора с символьной клавиатуры дальнейшая работа с редактором идет только с клавиатуры РИН-609.

Особенность редактора заключается в независимом кадровом последовательном редактировании текста на перфоленте, не влияющем на редактирование текста в ОЗУ.

Набор директив редактора позволяет организовать ввод и вывод текста на перфоленте, кадровый ввод и редактирование текста, нумерацию строк текста, редактирование и поиск по определенному признаку, построчное редактирование. Имеется дополнительная возможность для распечатки текстов:

поиск по всему тексту заданной последовательности символов (осуществляется специальной директивой настройки);

бесформатный и форматный вывод всех строк текста, где произошло совпадение, на РИН-609 или АЦПУ (формат задается в директиве настройки).

Директивы для вспомогательных операций обеспечивают дублирование перфоленты, объединение информации с перфолент, распечатку всей перфоленты с нумерацией и без нумерации на АЦПУ.

В настоящее время редактор ориентируется на использование с дисплеями ВТА-2000, накопителями на магнитной ленте и гибкими магнитными дисками.

За справками обращаться в ВЦ Рубежанского филиала Ворошиловградского машиностроительного института (телефон 5-21-71, 7-30-12). 349870, Ворошиловградская обл., г. Рубежное, ул. Ленина, 31, Филиал ВМИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Редактор текста КТС ЛИУС-2 // Руководство оператора, 1980.
2. Техническое описание к дисплею РИН-609, 1977.
3. Гуртовцев А. Л., Гурчик М. Е., Древов А. Н. Сопряжение микроЭВМ «Электроника К1-10» с дисплеем РИН-609 // Приборы и техника эксперимента.— 1983.— № 5.— С. 77—79.

Сообщение поступило 27 октября 1986 г.

УДК 681.3.068

П. А. Власов, В. В. Матвеев, М. А. Ягупов

МИКРОПРОЛОГ С ГРАФИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Предлагается версия микроПролога, являющаяся аналогом версии, описанной в [1]. Дополнительно она позволяет работать с русскими символами и платой графики [2]. Язык реализован в виде интерпретатора на компьютере ДВК, оснащенном этой платой. Интерпретатор работает под управлением операционной системы RT-11 версий 4 и 5. Загрузочный модуль интерпретатора с графикой занимает 47 блоков на дискете, а интерпретатор без графики — 43 блока. Тексты сообщений об ошибках размещаются в отдельном файле в 32 блока, на дискете.

Интерпретатор обеспечивает:

диалоговый режим работы с пользователем;

ввод данных с терминала или из файла на внешнем носителе (НГМД-6022, ИЗОТ-370 и т. д.);

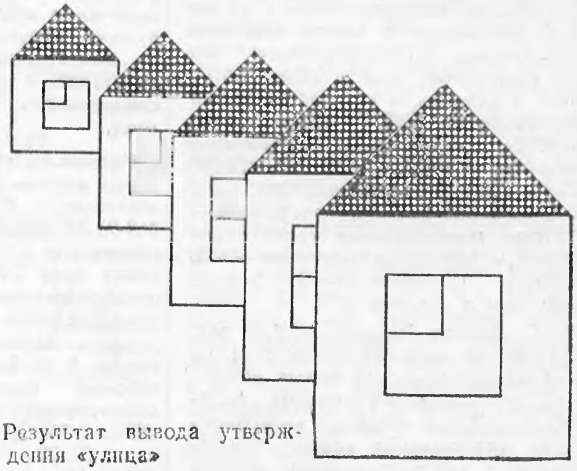
вывод результатов работы на терминал или на внешний носитель;

работу с базой данных, содержащей не более 1024 объектов;

работу с целочисленной арифметикой в диапазоне 0 ... 16384;

работу с графическими примитивами (очистка экрана; установка маркера; перемещение относительно точки установки; прорисовка точки в текущей позиции; прорисовка вектора; заполнение области, ограниченной ломаной; масштабирование).

Иллюстрацией возможностей применения графических примитивов является результат выполнения предложения «улица» (см. рисунок), полученный Пролог программой из четырех утверждений. Специальным примитивом выполнена копия изображения с экрана на АЦПУ УВВПЧ.30.004.



Результат вывода утверждения «улица»

Данная версия языка микроПролог прошла апробирование на кафедре «Вычислительная математика» МИЭТ. Дальнейшее развитие языка идет по пути увеличения числа встроенных примитивов для работы с текстами и графикой, разработки компилятора для микроЭВМ.

Телефон для справок: 534-30-11, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clocksin W. E., Mellish C. S. Programining in Prolog.— Springer — Verlag, 1981.— P. 297.
2. Безобразов В. С., Димов В. А., Мякотин А. В. и др. Контроллер графического дисплея // Микропроцессорные средства и системы.— 1986. № 3.

Сообщение поступило 3 ноября 1986 г.

РЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ

УДК 681.3.06

Беляков Б. Н., Зюляркин Д. Д., Подвальный А. М., Чернышев В. А. **Производительные силы и производственные отношения в сфере производства программного продукта**//Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 3.

На основе аналогии с промышленным производством и изобретательством рассматриваются производительные силы и производственные отношения в сфере производства программного продукта.

УДК 681.326

Перспективные однокристальные ЭВМ / М. Г. Весноватов, Г. В. Карацюба, В. В. Павлов и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 7.

В краткой форме дано описание двух однокристальных ЭВМ — программируемого цифрового процессора обработки аналоговых сигналов и трех модификаций 8-разрядных микроЭВМ серии К1816ВЕ51.

УДК 681.3.06

Подольский Л. И., Лясковский А. П. **Система программирования Quasic-2 для микроЭВМ** // Микропроцессорные средства и системы.—1987.— № 2.— С. 9.

Рассматривается система программирования для микроЭВМ «Электроника 60». Система обеспечивает работу с языком программирования высокого уровня, обладающим машинно-ориентированными возможностями. Имеет следующие свойства: простой пользовательский интерфейс, высокая скорость выполнения готовых программ, нетребовательность к конфигурации ЭВМ.

УДК 007.52:621.3.049.77.002

Распределенные системы управления технологическим оборудованием и гибкими автоматическими линиями / М. Н. Кузнецов, Ю. К. Громов, Ю. В. Кумачев и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 24.

Рассмотрен комплекс устройств управления и передачи данных, позволяющий создать многоуровневую систему управления гибким производственным модулем. Основу комплекса составляют блоки управления «Орион-3» и «Орион-4» на базе микроЭВМ «Электроника 60» и диалогового вычислительного комплекса ДВК-2М.

УДК 621.86.5.8—503.57:681.5

Горбачев В. С. **Многопроцессорные системы управления промышленными роботами** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 30.

Рассмотрены вопросы использования микропроцессоров в устройствах управления промышленных роботов, анализируются возможности распространенных серийных микропроцессоров и перспективы создания специализированных кристаллов для задач управления. Проведен сравнительный анализ архитектур мультипроцессорных устройств управления ПР, описаны наиболее современные промышленные устройства.

УДК 681.3:621.3.049.77

Алексеева Р. П., Жильцов А. В., Коробова Л. Е., Михайлов О. А., Песков М. И., Сулицкий Ю. Н. **Применение ПЭВМ в производстве фотошаблонов печатных плат** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 50.

Изложены технологические возможности пакета программ ПЭВМ ДВК-2М управления операциями кодирования графической информации, редактирования и изготовления фотошаблонов изделий радиоэлектронной аппаратуры. Применение данного пакета эффективно и рентабельно для лабораторного и промышленного производства фотошаблонов.

UDC 681.3.06

Belyakov B. N., Zulyarkin D. D., Podvalny A. M., Chernyshev V. A. **Productive forces and relations of production in the software industry** // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 3.

Productive forces and relations of production in software development industry is studied using analogy to conventional industrial production process.

UDC 681.326

Advanced single-chip microcomputers / M. G. Vesnovatov, G. V. Karatzuba, V. V. Pavlov et al. // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 7.

A brief presentation of two single-chip microcomputers for analogue signal processing and three versions of 8-bit microcomputers of K1816BE51 family is given.

UDC 681.3.06

Podolsky L. I., Lyaskovsky A. P. **Quasic-2 — Program Development System for Microcomputers** // Microprocessor Devices and System.—1987.— N 2.— P. 9.

Program development system for PDP-11 type microcomputers is considered. The system provides a programing language with machine-oriented facilities. Its main features are: easy user inter face, high execution speed of compiled programms, moderate hardware requirements.

UDC 007.52:621.3.049.77.002

Distributed Control Systems for Technological Units and Flexible Manufacturing Lines / M. N.Kuznetsov, Yu. K. Gromov, Yu. V. Kumachov et al // Microprocessor devices and systems.—1987. N 2. P. 24.

Authors describe a set of data communication and control units designed for multilevel control system of flexible manufacturing module "OREON 3" and "OREON 4" programmable controllers incorporating ELECTRONICA-60 or DVK-2H microcomputers are used as basic components of the control system.

UDC 621.865.8-503.57:681.5

Gorbachev V. S. **Multiprocessor control systems for industrial robots.** // Microprocessor devices and systems.— 1987.— N 2.— P. 30.

The survey covers various problems of microprocessor applications in control systems of industrial robots, and gives the analysis of performance of currently available microprocessors and the prospects of custom-made control ships design. The comparative examination of multiprocessor controllers architecture and description of most advanced robot controllers of industrial production origin is also included.

UDC 681.3:621.3.049.77

Alekseeva R. P., Zhiltsov A. V., Korobova L. E., Michailov O. A., Peskov M. I., Sulitsky Yu. N. **Personal computer application for PCB photo-mask production.** // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 50.

Technological features of CAD software kit designed for graphic information coding, editing and printed-circuit board photo-mask production are displayed. The CAD software runs on DVK-2M microcomputer and is effective and rentable for both laboratory use and mass production of masks for PCBs.

УДК 681.325.5-181.4

Целуйко В. З., Климкович В. Г., Ратников В. Н., Пеньков И. В. **Микропроцессорные системы управления серии «Гранит 02»** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 57.

Рассмотрены аппаратная реализация, структура программного обеспечения и принципы программирования серийно выпускаемых систем управления серии «Гранит 02», предназначенных для автоматизации различных технологических процессов.

UDC 681.325.5-181.4

Tselujko V. Z., Klimkovich V. G., Ratnikov V. N., Pen'kov I. V. **GRANIT 02 family of microprocessor control systems.** // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 57.

Hardware implementation, sofwarte structure and programming principles of GRANIT 02 industrial control systems are shown. The systems are designed for automation of various technologic processes.

УДК 681.32

Гусев И. Т., Зайцев К. С., Баталин А. А., Бережинский И. В., Кац Д. А. **Система технического зрения для контроля режущего инструмента на станках с ЧПУ** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2. С. 62.

Рассматривается техническое и программное обеспечение систем автоматизации контроля исправности режущих инструментов осн симметричной группы. Приводятся сравнительные характеристики разрабатываемой системы с подобными системами за рубежом.

UDC 681.32

Gusev I. T., Zaitsev K. S., Batalin A. A., Berezhinsky I. V. **Technical imaging system for cut tools quality monitoring in machine-tools with digital programmed control.** // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 62.

Hardware and software support of the imaging system used for quality monitoring of axially-symmetric cut tools is shown. The system features are also compared with that of similar foreign-made ones.

УДК 681.772.7.049.771.14

Матвеенко В. И., Староверов Ю. Г. **Полутоновая система технического зрения** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 68.

Описывается архитектура и принцип работы полутоновой системы технического зрения, реализованной на микроЭВМ «Электроника 60». Система позволяет вводить один полукадр изображения дискретностью 288×232 за 20 мс. Число градаций яркости — 64. Обработка изображения производится программно.

UDC 681.772.7.049.771.14

Matvteenko V. I., Staroverov Yu G. **Halftone technical imaging system** // Microprocessor devices and systems.— 1987.— N 2.— P. 68.

Operation principles and architecture of the half-tone technical imaging system based on LSI-11 compatible microcomputer are described. The digitizer reads 288×232 pixels with 64 quantization levels at rate of 20 ms per frame. Image processing is performed by software means.

УДК 681.32

Страшун Ю. П. **Средства связи микро-ЭВМ семейства СМ1800 с объектом** / / Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 70.

Даются функциональные и технические характеристики модулей устройств связи микроЭВМ семейства СМ1800 с объектом.

UDC 681.32

Strashun Yu. P. **Measurement and control modules for CM1800 microcomputer family.** // Microprocessor devices and systems.—1987. N 2.— P. 70.

A review of measurement and control modules with corresponding technical specifications is given. All modules are designed for CM1800 microcomputer family.

УДК 681.325.5

Гаврилов А. С., Тюленева Л. А. **Микроконтроллер на основе ОМП К1801ВМ1 и БИС серии К588** // Микропроцессорные средства и системы.—1987.— № 2.— С. 77.

Приведены функциональные, технические характеристики и специфические особенности аппаратно-программной реализации микроконтроллера на основе однокристального МП К1801ВМ1 и интерфейсных БИС серии К588.

UDC 681.325.5

Gavrilov A. S., Tyuleneva L. A. **Microcontroller incorporating K1801BM1 CPU and K588 family LSI's** // Microprocessor devices and systems.— 1987.— N 2.— P. 77.

Technical features, performance data and some details of hardware/software implementation of microcontroller built with 1801BM1 central processor unit and peripheral LSI-s of K588 CMOS family are given.

УДК 681.323

Мамедов Ф. С., Васильев В. Г. **Сопряжение быстродействующего интегрального АЦП К1107ПВ1 с микропроцессорными контроллерами** // Микропроцессорные средства и системы.— 1987.— № 2.— С. 79.

Описан способ сопряжения быстродействующего интегрального АЦП К1107ПВ1 с микропроцессорными контроллерами на примере КПУ «Электроника МС 2702», при котором для максимального увеличения скорости ввода результатов преобразований в микроЭВМ программное обслуживание АЦП удается свести до минимума.

UDC 681.323

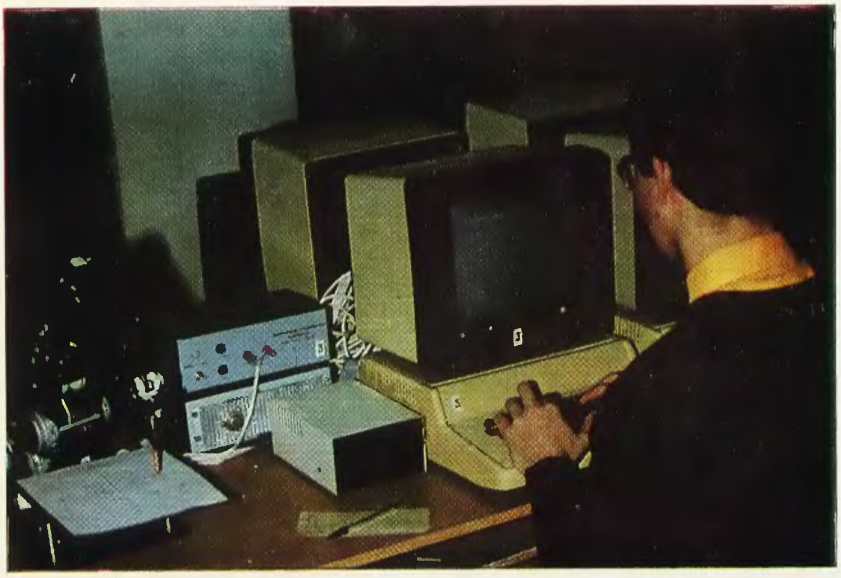
Mamedov F. S., Vasilyev V. G. **K1107B1 high-speed monolitic ADC interfacting to microprocessor controllers.** // Microprocessor devices and systems.—1987.— N 2.— P. 79.

A method of high-speed ADC interfacing to microcontroller is presented. Maximum sampling rate of the ADC is acheived by reducing corresponding software support to a minimum. The implementation of the method is given for "Electronica MC2702" microprocessor controller.

ЛАБОРАТОРИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ







В Московском станкоинструментальном институте на кафедре «Промышленные роботы и робототехнические системы» осуществляется подготовка и переподготовка инженерных кадров по одному из приоритетных направлений развития научно-технического прогресса — робототехники.

В лабораториях кафедры установлено современное оборудование с микропроцессорным управлением, на котором проводятся занятия по теории автоматического управления, основам электроники и микропроцессорной техники, электромеханическим приводам, управляющим микропроцессорным устройствам роботов, системам автоматизированного проектирования и по устройствам управления промышленными роботами.

Наряду с подготовкой молодых специалистов в институте работает факультет переподготовки инженерных кадров в области робототехники, а также факультет повышения квалификации преподавателей в этом направлении.

На снимке вверху изображен класс по изучению систем управления роботами с использованием специальных учебных мини-роботов и персональных ЭВМ.

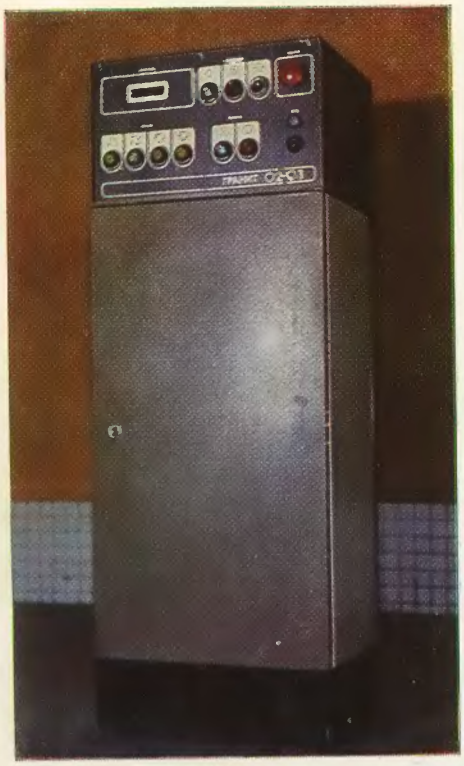
На среднем снимке представлен экспериментальный макет гибкого производственного участка с двумя роботами, конвейером и поворотным столом.

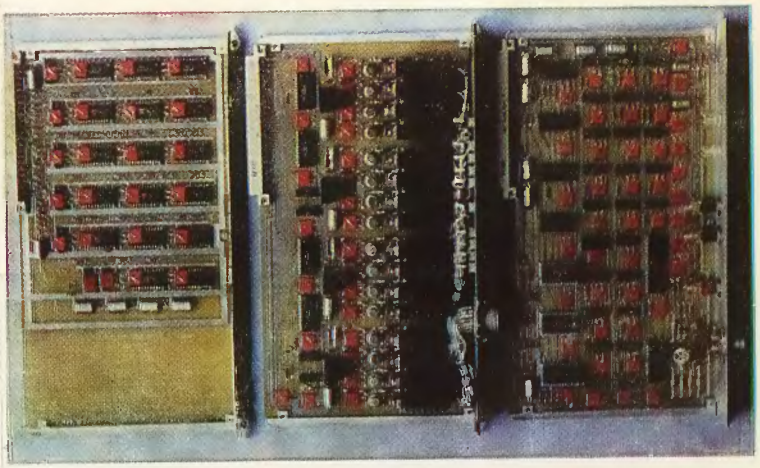
Нижний снимок иллюстрирует проведение лабораторной работы по контурному управлению роботами.

1р. 10к.

Индекс 70588

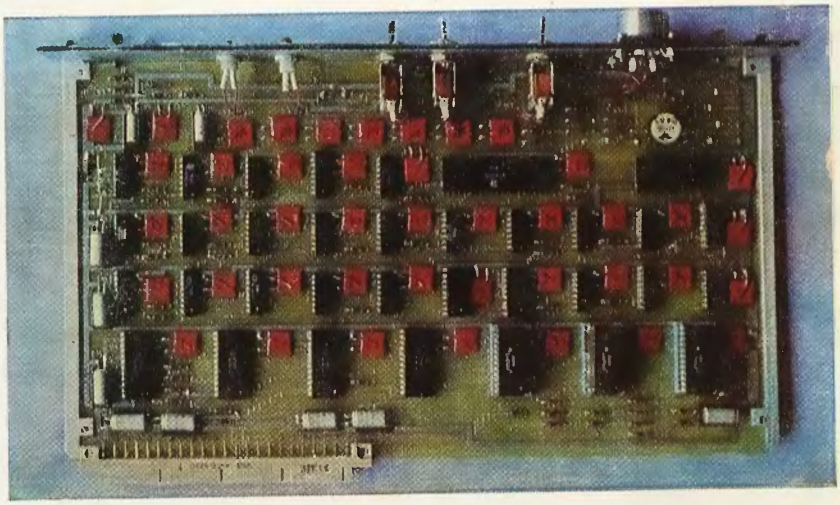
МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ · Москва · 1987 | 2





МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕРИИ «ГРАНИТ 02»

Микропроцессорная система управления «Гранит 02»



Модули системы управления