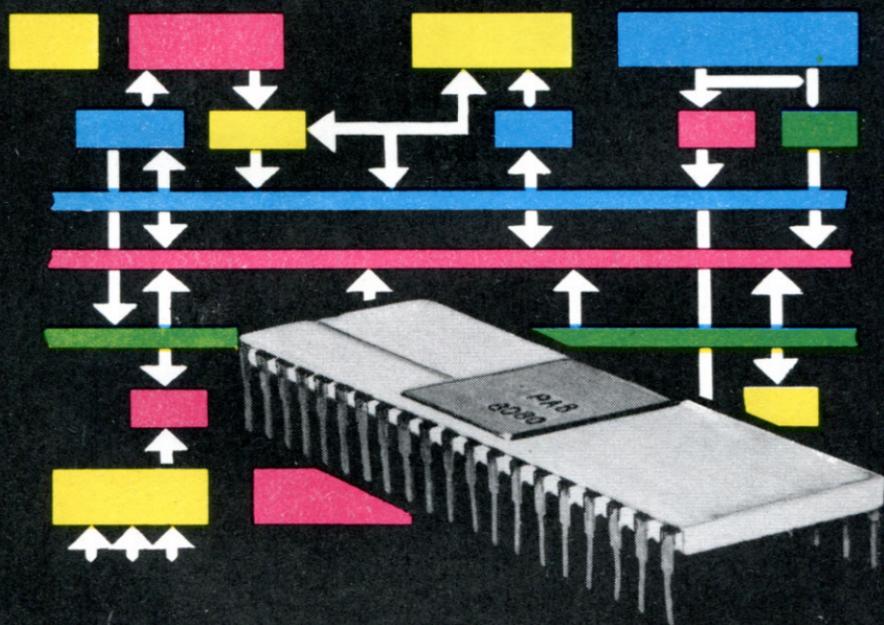


БИБЛИОТЕЧКА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА
И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ



МИКРО- ПРОЦЕССОРЫ



ВЫПУСК **7**

БИБЛИОТЕЧКА
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА
И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В помощь
лектору

МИКРО- ПРОЦЕССОРЫ

ВЫПУСК **7**

Под общей редакцией
члена-корреспондента АН ГССР
И.В.Прангишвили

OldPC.su

5 0 5 1

музей компьютеров

Издательство "Знание"
Москва 1987

ББК 32.973.2
М59

Составитель — Частиков А. П., кандидат технических наук.

М59 **Микропроцессоры:** Сб. статей/Под ред. И. В. Прангишвили. — М.: Знание, 1987. — 64 с. — (В помощь лектору. Б-ка «Вычислительная техника и ее применение; вып. 7).

20 к.

В брошюре рассмотрены вопросы создания, разработки и производства микропроцессоров и микропроцессорных устройств, обсуждена современная и перспективная архитектура микропроцессоров, приведены оригинальные примеры их применения.

Брошюра рассчитана на лекторов, слушателей и преподавателей народных университетов, инженеров и производственников.

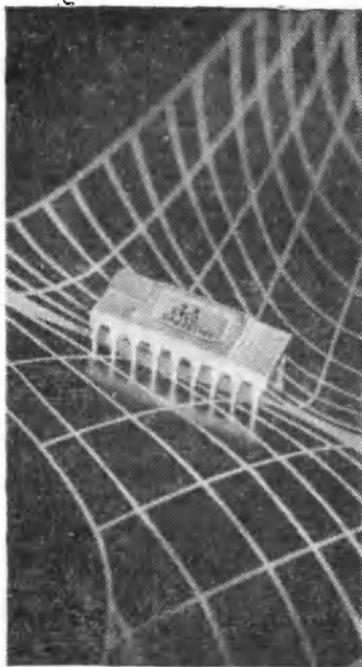
2405000000

ББК 32.973.2

© Издательство «Знание», 1987 г.

Мал золотник, да дорог	4
Микропроцессор — феномен техники В. В. Зотов	6
Программирование микропроцессоров Е. А. Красавин	20
Электронный дом С. В. Сергеев	34
Микропроцессоры — перспективная элементная база В. И. Кулешова	39
Применение ЭВМ для восстановления утраченных элементов архитектурных памятников В. Я. Цветков	49
Программируемые микроконтроллеры (Микропроцессоры в автоматизации производства) В. С. Жданов	52

Мал золотник, да дорог



Принципиально новые возможности для осуществления автоматизации всей продукции машиностроения и повышения ее эффективности открывают современные достижения в области микроэлектроники...

Из всей продукции микроэлектроники микропроцессоры пользуются особым вниманием. В настоящее время нет такой отрасли народного хозяйства, сферы человеческой деятельности, где бы микропроцессоры не могли бы быть применены с большим технико-экономическим эффектом, осуществляя сложные функции контроля и

управления, оперативной переработки больших массивов информации.

Индивидуальные микро-ЭВМ, комплексные системы автоматизации научных исследований и производственных процессов, средства связи нового поколения, интегрированные информационные системы в сфере управления становятся лидерами в применении микропроцессорной вычислительной техники.

Из других областей, где микропроцессоры находят

широкое применение, следует указать навигацию и космос, технику обработки информации, военную технику, медицину, образование, бытовую технику.

Широкое внедрение микропроцессорных средств позволяет повысить производительность труда, существенно сократить применение ручного малоквалифицированного и монотонного труда, особенно в тяжелых и вредных для человека условиях, экономить материальные ресурсы, эффективно использовать транспорт и связь, а в совокупности способствует переводу экономики на путь интенсивного развития.

Особое значение имеет массовый выпуск мини- и микро-ЭВМ серий СМЭВМ и «Электроника» и универсальных программированных контроллеров и микропроцессорных наборов. Эти программируемые средства малой вычислительной техники имеют замечательную способность к модификации или полному изменению алгоритма управления без перестройки аппаратной части, что представляет собой определяющее свойство в создании промышленных систем высокой гибкости и безлюдных производств, где роль человека сведется к разработке программ для управляющих ЭВМ, наладке и ремонту оборудования.

Четвертое поколение компьютеров связано с изобретением в 1971 г. микропроцессора, которое привело к двум чрезвычайно важным последствиям. Во-первых, создание микропроцессора дало возможность миниатюризировать размеры компьютеров при одновременном увеличении их мощности. Во-вторых, изобретение микропроцессора означало новый этап в развитии суперкомпьютеров, которые стали доступны для широкого использования в коммерческих целях. В 1972 г. суперкомпьютер «Крей-1» (США) выполнял 80 млн. операций в секунду. Создание микропроцессора и основанных на нем компьютеров четвертого поколения подвело некоторый итог полуторастолетнему периоду развития вычислительной техники, превратив «калькулирующую мельницу» Бебиджа, насчитывающую до 50 тыс. взаимодействующих деталей, в один электронный компонент.

Современная микро-ЭВМ в 40 раз мощнее первого компьютера ЭНИАК и при этом в 10 тыс. раз дешевле, в 17 тыс. раз легче, в 1,6 тыс. раз меньше по объему, в 2,8 тыс. раз менее энергоемка и выделяет незначительное количество тепла.

счастливы
обладающие
**BEATI
POSSIDENTES**

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Микропроцессор- феномен техники

В. В. Зотов

Феномен техники — необычное исключительное явление в технике. Громко, не правда ли? Так говорят обычно о гигантах атомной энергетики или рукотворном детище, бесшумно проплывающем в просторах звездного океана. Мы же с вами будем говорить в отличие от этих гигантов о миниатюрном творении человеческих рук — о малыше. Название ему — интегральная схема.

— Подумаешь, интегральная микросхема с копеечную монетку, — скажете вы. — Кого этим сейчас удивишь?

Не торопитесь. Давайте начнем все по порядку.

Итак, область техники определена — это ЭВМ, предмет особого внимания тоже известен. Раз так, то отправляемся в наше маленькое путешествие.

ЭВМ сейчас составляют гордость любой индустриальной державы. Они заменяют работу огромного количества людей, проделывают за минуты и секунды ту работу, которую люди могли бы выполнить за неделю, месяц, год.

Представьте себе, к примеру, перевалочную нефтебазу с оборотом, превышающим миллионы тонн в год. Это, по сути дела, целый город башенных резервуаров на стыке железнодорожных и водных магистралей.

И вот в одном из помещений этой базы несет свою вахту ветеран, которому присущи ценнейшие качества эксплуатационника: память, бессонная бдительность, геометрическая сметка и длинные руки. Речь, конечно же, идет об управляющей ЭВМ, которая здесь и учетчик, и диспетчер, и сторож. Не сходя с места, электронный мозг машины с помощью датчиков молчаливо обходит все резервуары, и просыпающийся телетайп отстукивает ежечасные сводки запасов горючего.

Оператор нажимает кнопки исходного и конечного резервуара, и машина самостоятельно приступает к реализации программы перекачки, проверяя и открывая необходимые краны и вентили.

Если сейчас такие нефтебазы встречаются редко, то энергетические дворцы, именуемые ТЭЦ, мы видим гораздо чаще. И здесь та же управляющая ЭВМ, пускающая агрегаты, регулирующая основные технологические процессы, переключающая запорные органы и двигатели вспомогательного оборудования, вычисляющая технико-экономические и отчетные показатели. Электронный центр машины непрерывно подсчитывает КПД станции, при этом регулируя подачу воздуха в топке, устанавливает оптимальные режимы работы.

Работа ЭВМ здесь сложная, машина должна быстро реагировать на различного рода перегрузки. Электростанции отзывчивы, как человеческое сердце. Среди бела дня вдруг небо затянуло тучкой, миллионы рук раньше времени потянулись к выключателям, а это нагрузка на лопатки турбины. Плохой фильм заставляет выключить телевизор или включить его при игре лидеров хоккея. Опять колебания напряжения, опять надо думать нашему сторожу.

Да, это все очень хорошо, но почему мы говорим только об ЭВМ, а не о микропроцессоре? Потому что развитие вычислительных машин и полупроводниковых приборов, а также удачное их сочетание привели в начале 70-х годов к созданию этих самых микропроцессорных систем.

Часто термины «микропроцессор» и «микро-ЭВМ» применяются к одному и тому же объекту, однако они имеют различное значение. Микропроцессор — это интегральная схема, предназначенная для обработки данных и управления. Что же касается микро-ЭВМ, то она представляет собой законченную вычислительную си-

стему, центральной частью которой является микропроцессор. Развитие полупроводниковой электроники позволило родиться на свет большим интегральным схемам (БИС) — полупроводниковым приборам, у которых на одной пластинке из полупроводникового материала площадью в несколько десятков квадратных миллиметров размещается до миллиона и более компонентов: диодов, транзисторов, резисторов, конденсаторов, соединенных между собой некоторым наперед заданным образом.

В технике, пожалуй, нет сложнее систем, чем системы электроники. Электронные машины состоят из схем, содержащих сотни и тысячи элементов. Каждая схема размером с копейку представляет собой модуль, что позволяет автоматизировать процесс сборки. Модули похожие на отличные абстрактные миниатюры, напоминающие полотна Мондриана, но в отличие от этих «творений» полны смысла и жизни.

Нынешнее могущество современной державы измеряется не числом самоцветов в королевской короне, а скорее уже числом полупроводниковых кристаллов ювелирной вязи ее радиоэлектронных схем. Мы не ошибемся, если уподобим приборы электроники нервным клеткам современного производства.

За последние десятилетия научно-технический прогресс отучил нас удивляться каждому очередному достижению, и все же результаты освоения технологии изготовления микросхем — сенсационны. Электронная схема, которая каких-нибудь 15 лет назад занимала объем не меньше письменного стола, весила сотни килограммов и потребляла сотни ватт электрической энергии, сегодня свободно размещается в корпусе наручных часов и может в течение года питаться от одной батарейки размером менее копеечной монеты. Разве это не феноменально? Все эти достижения привели к следующему закономерному этапу в развитии вычислительной техники — реализации архитектуры ЭВМ на одной интегральной схеме, к появлению микропроцессора.

Не претендуя на энциклопедичность определения, скажем, что микропроцессор — это программно-управляемое вычислительное устройство, предназначенное для самостоятельного приема, обработки и выдачи цифровой информации в составе измерительных, контролирующих или управляющих систем, конструк-

тивно выполненное на одной или нескольких больших интегральных схемах. Это вершинное достижение инженерного разума, творение человеческих рук. Это нескончаемый парад изобретательности, головокружительное шествие фантазии, неистощимый карнавал интеллекта. В данном техническом решении материализовались два великолепных качества ума — фантастичность замысла и скрупулезный педантизм его исполнения. Во всем виден своеобразный прииск идей, мыслей, предложений. Невольно ловишь себя на мысли, что среди творцов микропроцессорных систем где-то прячутся свои Шекспиры.

Микропроцессор базируется на логических схемах того же типа, что и центральный процессор цифровой вычислительной машины. И в том, и в другом случае для манипулирования данными и выполнения вычислений под управлением программы используются цифровые схемы. Иначе говоря, микропроцессор — это устройство обработки данных.

В отличие от стандартного центрального процессора цифровые логические схемы микропроцессора реализованы на одной или нескольких больших интегральных схемах, а так как последние тоже называют микросхемами, то становится понятным происхождение термина «микропроцессор».

Становится ясным и то, что обработка данных является главной функцией микропроцессора, включающая как вычисления, так и манипулирование данными. Дружное семейство схем, выполняющих вычисления, образует так называемое **арифметико-логическое устройство (АЛУ)**, которое кропотливо и прилежно складывает и вычитает, сравнивает и сдвигает числа влево-вправо, определяет положительное и отрицательное приращение. Но что характерно, АЛУ не осуществляет перемещений данных ни до, ни после выполнения операции над данными, которые появляются в определенных местах процессора.

Возникает вопрос: а как же АЛУ получает данные для обработки? Оказывается, на помощь своему партнеру приходят другие схемы, манипулирующие этими данными за пределами АЛУ. Кстати, после обработки эти же схемы пересылают их требуемым адресатам — аккумулятору (одному из регистров общего назначения, который всегда участвует в процессе вычислений),

любому свободному регистру общего назначения или на выход микропроцессора.

Но тогда непонятно, а кто же информирует АЛУ о том, как обрабатывать данные?

Управление системой — другая главная функция нашего малыша. Еще одно семейство, теперь уже **схемы управления**, позволяет как декодировать (расшифровывать), так и выполнять программу — предписанный набор команд для обработки данных. Схема управления записывает команды (шаги программы) в память на хранение и извлекает их оттуда одну за другой. После извлечения команды из памяти микропроцессор декодирует ее, а схемы управления контролируют процесс выполнения декодированной команды.

При работе с ЭВМ можно вмешиваться в этот процесс. Поскольку команды хранятся в памяти, вы можете менять их по своему желанию, изменяя при этом характер обработки данных. Команды, которые вы записываете в память, определяют будущую работу микропроцессора. Это очень важный момент для правильного понимания функционирования микропроцессора.

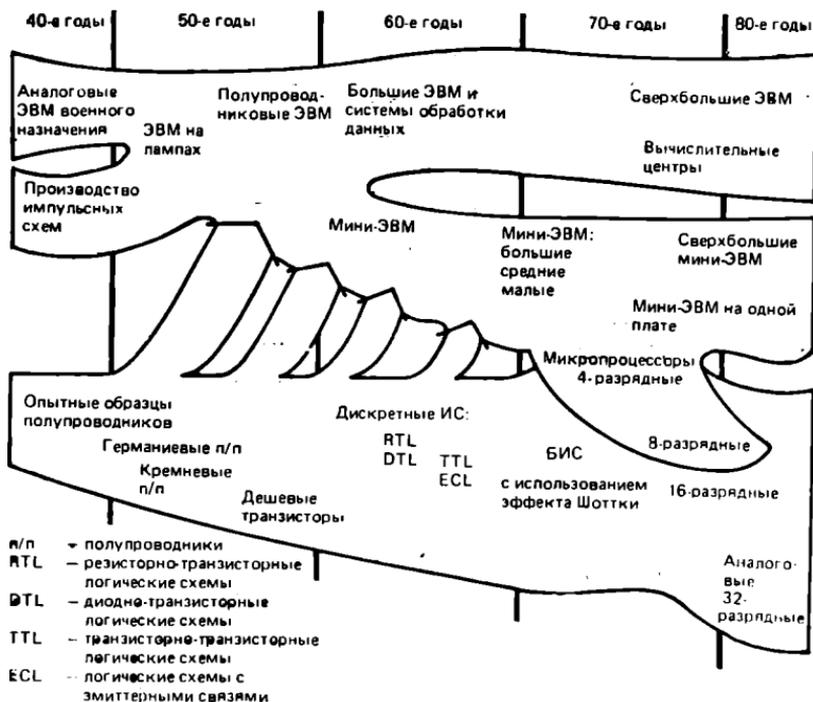
Подведем первые итоги. Как видно из вышесказанного, микропроцессор выполняет две функции — обработку и управление. Обработка включает перемещение данных с одного места на другое и выполнение операций над ними, управление определяет, как обрабатывать данные. Работа нашего маленького труженика — микропроцессора состоит из следующих шагов: сначала извлекается команда, затем логическая схема управления ее кодирует; после этого осуществляется выполнение этой команды. Эти шаги, а скорее уж не шаги для такого лилипута, а сажень называют циклом «выборка — выполнение». Заметим, что для каждой команды, хранимой в памяти, микропроцессор выполняет один такой цикл.

Помимо извлечения команд из памяти и их выполнения, известные нам уже схемы управления выполняют ряд других важных функций, таких, как обмен информацией с внешними устройствами, подсоединяемыми к процессору.

Почти все микропроцессоры изготавливаются на кремневых кристаллах. Длина стороны кристаллика равна нескольким миллиметрам. Миннатурно, не правда ли?

Такой кремниевый кристалл с содержащимися в нем электрическими схемами микропроцессора упаковывается в миниатюрную шкатулочку — корпус так называемой интегральной схемы, имеющей от 16 до 64 выводов. Вот почему кристалл увидеть нельзя. Да в этом, в общем-то, нет необходимости, ибо его внешний вид мало что может сообщить нам о «мощности» заключенной в нем схемы микропроцессора.

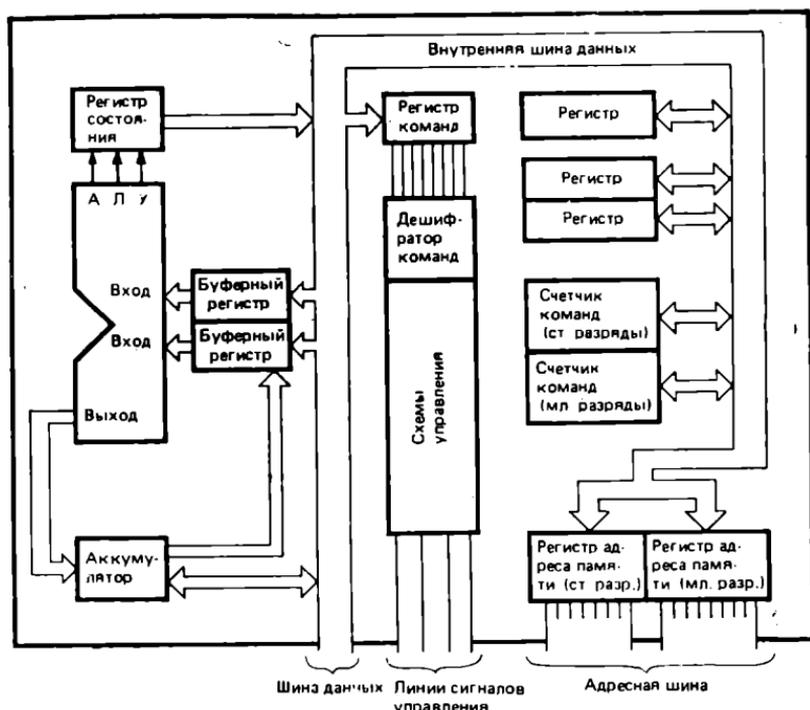
Под «мощностью» микропроцессора понимают его способность обрабатывать данные. Ее принято оценивать тремя основными характеристиками: длиной слова данных, количеством адресуемых слов памяти и скоростью выполнения команд. Наиболее часто микропроцессоры сравнивают по длине слов данных. Каждый микропроцессор оперирует данными, представляемыми словами фиксированной длины, ибо в этом случае существенно упрощается построение процессора. Обычно используются слова на 4, 8, 12 и 16 бит (разрядов). В настоящее время разработаны микропроцессоры, оперирующие 32-битовыми словами.



За 10 лет с момента создания микропроцессоры развились от простых специализированных 4-разрядных до 16-разрядных процессоров, сравниваемых по параметрам с процессорами средних мини-ЭВМ начала 80-х годов. Современные микропроцессоры имеют разрядность до 32 бит и параметры, сравнимые с параметрами старших моделей рядов мини-ЭВМ и средних ЭВМ общего применения. Вот это фантастично! Это один из моментов, определяющих феноменальность данной разработки. Первыми были разработаны 4-разрядные микропроцессоры, которые еще и сейчас находят применение. Главной причиной такого долгожительства является их чрезвычайно низкая стоимость.

Восьмиразрядные микропроцессоры также широко распространены и недороги. 8-битовое слово позволяет «упаковать» два числа в двоично-кодированном десятичном коде.

Большинство первых 16-разрядных микропроцессоров выпускались как стандартные 16-разрядные мини-ЭВМ



в виде больших интегральных схем. Позже стали появляться 16-разрядные микропроцессоры, имеющие при-
сущую только им архитектуру, которая не копирует
какой-либо архитектуры мини-ЭВМ.

Для 8-разрядных микропроцессоров типичной яв-
ляется память емкостью до 65 Кбайт. Более современ-
ные 16-разрядные микропроцессоры оперируют адре-
сными пространствами, простирающимися до несколь-
ких мегабайт.

С каждым удваиванием длины слова микропроцес-
сора последний становится более мощным. В свою оче-
редь, этому способствует совершенствование техноло-
гии больших интегральных схем.

Теперь заглянем во внутренний мир нашего героя
и поподробнее рассмотрим его строение. Микропроцес-
сор состоит из трех основных блоков: АЛУ, нескольких
регистров и устройства управления. Для передачи
данных между этими блоками микропроцессора исполь-
зуется внутренняя шина данных. Мы в начале рассказа
знакомились в общих чертах со многими элементами
этого сложного организма.

Как мы уже знаем, АЛУ выполняет одну из глав-
ных функций микропроцессора — обработку данных.
Оно имеет вход и выход для ввода данных и его вы-
вода. Каждый вход (он именуется «порт» связан с бу-
ферным регистром, который хранит для АЛУ одно сло-
во данных. А вот выходы позволяют устройству прини-
мать данные или с внутренней шины микропроцессора,
или из специального регистра, именуемого аккумуля-
тором.

АЛУ оперирует одним или двумя словами в зависи-
мости от вида выполняемой операции. Оно начинает
работу, когда требуется изменить или проверить зна-
чение слова данных. Перечень функций АЛУ за-
висит от типа микропроцессора и для разных машин
различен. Функции устройства определяют архитекту-
ру микропроцессора в целом.

Пришло время познакомиться с другим семейст-
вом — регистрами. Они представляют собой одну из
главных частей любого микропроцессора и участвуют
в реализации его основных логических функций. Мы
познакомимся лишь с основными из них.

Каждый основной регистр микропроцессора имеет
свое определенное назначение. Поэтому очень важно

представлять степень влияния каждого из них на поток данных, чтобы получить правильное представление о функционировании микропроцессора.

Итак, **аккумулятор** — главный регистр микропроцессора при различных манипуляциях с данными. Большинство арифметических и логических операций осуществляется путем использования АЛУ и аккумулятора. Любая из таких операций над двумя словами данных предполагает размещение одного из них в аккумуляторе, а другого в памяти или еще каком-либо регистре. Результат операции АЛУ тоже обычно размещается в аккумуляторе.

Операцией другого типа, использующей аккумулятор, является программируемая передача данных из одной части микропроцессора в другую.

Аккумулятор является наиболее универсальным регистром микропроцессора: для выполнения любой операции над данными прежде всего необходимо поместить эти данные в аккумулятор. Количество разрядов аккумулятора соответствует длине слова, которое может обработать микропроцессор, например 8 бит. Однако одни микропроцессоры имеют аккумуляторы двойной длины, другие — группу аккумуляторов.

К одним из наиболее важных регистров микропроцессора относится **счетчик команд**. Как известно, программа представляет собой последовательность команд, хранимых в памяти микро-ЭВМ и предназначенных для того, чтобы инструктировать машину, как решать поставленную задачу. Для конкретного выполнения задачи команды должны поступать в строго определенном порядке. И вот именно на счетчике команд и лежит ответственность следить за тем, какая команда выполняется сейчас, а какая потом. Теоретически этот счетчик может получить данные об адресах программы из любого блока микропроцессора, подключенного к внутренней шине. Однако на практике данные обычно поступают в счетчик команд из памяти микро-ЭВМ.

В отличие от аккумулятора счетчик команд не может выполнять операции различного типа. Набор команд, его использующих, крайне ограничен по сравнению с подобным набором для аккумулятора.

Перед выполнением программы счетчик команд необходимо загрузить числом — адресом области памяти,

содержащей первую команду программы. Адрес местоположения первой команды программы посылается по адресной шине к схемам управления памятью, в результате чего считывается содержимое из области, адрес которой указан. А загружают счетчик команд с помощью регистра адреса памяти.

Регистр адреса памяти. При каждом обращении к памяти микро-ЭВМ данный регистр указывает адрес области памяти, которая подлежит использованию микропроцессором. Регистр адреса памяти содержит двоичное число — адрес области памяти. Выход этого регистра называется адресной шиной и используется для выбора области памяти.

А вот **регистр команд** служит исключительно для хранения следующей выполняемой команды, причем эта функция реализуется микропроцессором автоматически с началом цикла выборка-выполнение, называемого также машинным циклом.

Хотя функции регистра команд ограничены, роль его в работе микропроцессора велика, поскольку выход этого регистра является частью дешифратора команд. Число разрядов регистра команд зависит от типа микропроцессора.

Еще одно знакомство: **регистр состояния.** Наличием регистра состояния вычислительная машина отличается от калькулятора. Регистр состояния хранит результаты некоторых проверок, осуществляемых в процессе выполнения программы. Разряды регистра состояния принимают то или иное значение при выполнении операций, использующих АЛУ и некоторые регистры.

Регистр состояния представляет программисту возможность организовать работу микропроцессора так, чтобы при определенных условиях менялся порядок выполнения команд. Можно сказать, что микропроцессор принимает решение о том или ином продолжении хода вычислений в зависимости от указанных условий.

Закрывает шестерку основных регистров — **буферные регистры АЛУ.** Они обеспечивают временное хранение одного слова данных.

АЛУ должно получать данные с внутренней шины микропроцессора, модифицировать их, а затем помещать обработанные данные в аккумулятор. Но это неосуществимо без регистра временного хранения данных. Вот почему столь существенна его роль в функциониро-

вании микропроцессора. Отметим, что буферные регистры не могут быть использованы программистом.

В дополнение к этой шестерке некоторые микропроцессоры располагают другими регистрами, предоставляемыми в распоряжение пользователей. Они получили название **регистров общего назначения** и служат в качестве запоминающих устройств. В других микропроцессорах функциональные возможности этих регистров не уступают возможностям аккумулятора.

Теперь о значении схем управления. Роль схем управления в микропроцессоре чрезвычайно важна и заключается в поддержании требуемой последовательности функционирования всех остальных его звеньев. По «строгому указанию» схем управления очередная команда извлекается из регистра команд, определяется, что необходимо делать с данными, а затем генерируется последовательность действий по выполнению поставленной задачи.

Обычно работа схем управления программируется. Это свидетельствует о сходстве архитектуры системы управления микропроцессора с архитектурой микропроцессора специального назначения. Можно сказать, что схемы управления — это микропроцессор внутри микропроцессора. Одна из главных функций схем управления — декодирование команды, находящейся в регистре команд, выполняемой посредством дешифратора команд, который в результате выдает сигналы, необходимые для выполнения команды.

Одной из важных входных линий управления, соединяющих микропроцессор с внешними устройствами, является линия связи с генератором тактовых импульсов (таймером), синхронизирующим во времени работу микропроцессора. В качестве источника тактовых импульсов обычно используется встроенный в микропроцессор кварцевый генератор.

Помимо указанных выше действий, схемы управления выполняют некоторые другие специальные функции, такие, как управление последовательностью включения питания, управление процессами прерываний. Схемы управления принимают решение, когда и в какой последовательности другие устройства могут пользоваться внутренней шиной данных.

Почти все функциональные узлы микропроцессора имеют двустороннюю связь с внутренней шиной дан-

ных, т. е. они могут посылать данные на шину и принимать с нее данные. Однако пользоваться ею каждый из блоков может только после получения соответствующего сигнала от схем управления. Внутренняя шина данных представляет собой линию двусторонней связи. Следует помнить, что по шине передаются слова данных, а не отдельные биты.

Микропроцессор, с одной стороны, представляет собой функционально сложный программно-управляемый цифровой процессор, т. е. одно из устройств ЭВМ, а с другой — интегральную схему (схемы) с высокой степенью интеграции элементов, т. е. электронный прибор. Поэтому для микропроцессора важны такие его качества и параметры, как тип корпуса, количество источников питания, требование к синхронизации, мощность рассеяния, температурный диапазон, возможность расширения разрядности, цикл выполнения команд (микроманд), уровни сигналов, помехоустойчивость, нагрузочная способность, объединение сигналов на выходах, надежность, долговечность и т. д.

Как функциональное устройство ЭВМ микропроцессор обеспечивает эффективное автоматическое выполнение операций обработки цифровой информации в соответствии с заданным алгоритмом. Для решения широкого круга задач в различных областях применений микропроцессор должен обладать алгоритмически полной системой команд (операций).

По числу больших интегральных схем в микропроцессорном комплекте различают однокристалльные, многокристалльные и секционные микропроцессоры. Однокристалльные выполнены на одной большой или сверхбольшой интегральной схеме. Для получения многокристалльного микропроцессора проводят разбиение его логической структуры на функционально законченные части и реализуют их на больших интегральных схемах.

По своему назначению микропроцессоры бывают универсальными и специализированными. Первые могут быть применены для решения широкого круга разнообразных задач. При этом их эффективная производительность слабо зависит от проблемной специфики решаемых задач. Среди специализированных можно выделить различные микроконтроллеры, ориентирован-

ные на выполнение сложных последовательностей логических операций.

Система команд универсальных микропроцессоров более развита, обширна и позволяет эффективно решать самые разнообразные, сложные задачи по обработке данных. Специализированный микропроцессор имеет, как правило, менее развитую систему команд, что позволяет ему успешно решать строго определенный класс задач или даже только одну конкретную задачу.

По виду обрабатываемых входных сигналов различают цифровые и аналоговые микропроцессоры. Сами микропроцессоры — цифровые устройства, однако могут иметь встроенные аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Входные аналоговые сигналы передаются в микропроцессор через преобразователь в цифровой форме, обрабатываются и после обратного преобразования в аналоговую форму поступают на выход. С архитектурной точки зрения такие микропроцессоры представляют собой аналоговые функциональные преобразователи сигналов и называются аналоговыми микропроцессорами. Они выполняют функции любой аналоговой схемы. Отличительная черта аналоговых микропроцессоров — способность к переработке большого объема числовых данных.

По характеру временной организации работы микропроцессоры делят на синхронные и асинхронные. Синхронные — это микропроцессоры, в которых начало и конец выполнения операций задаются устройством управления. Асинхронные микропроцессоры позволяют начало выполнения каждой следующей операции определить по сигналу фактического окончания выполнения предыдущей операции.

Очень важно и то, сколько программ может выполнить микропроцессор. Здесь различают два подкласса: однопрограммные микропроцессоры, в которых выполняется только одна программа, и много- или мультипрограммные, позволяющие одновременно выполнить несколько программ.

Принадлежит ли будущее этому лилипуту электроники? Первоначально мнения были разными. Например, на вопрос анкеты «Каково ваше личное мнение о микропроцессоре?», предложенной американским журналом «Инструментейши технолоджи» своим читате-

лям — пользователям и разработчикам средств промышленной автоматизации, ответы распределились следующим образом: 53% — «Невероятно, сказочно!», 27% — «Микропроцессоры найдут применение в качестве элементов управления» и 20% — «Мнение не оформилось окончательно, но первое время работать с ними будет трудно».

Краткий анализ ответов позволяет сделать один важный и интересный вывод. Насколько первая группа ответов эмоциональна и неконкретна, настолько сдержанны и деловиты вторая и третья. Отсутствие единодушия в этом вопросе становится понятным, если учесть, что на вопрос той же анкеты «Где вы используете микропроцессоры в настоящее время?» половина читателей ответила: «Нигде!» Возможно, что именно эта половина и составила восторженный отзыв.

По-видимому, правильным будет считать, что эффективное применение микропроцессоров в действительности сложнее, чем предполагается до приобретения опыта работы с ними, и причина прежде всего в отсутствии такого опыта. В то же время идея реализации программируемого цифрового устройства со свойствами процессора ЭВМ на минимальном количестве больших интегральных схем, заложенная в микропроцессоре, наиболее перспективна.

Если же сейчас реально оценить современное состояние разработки и внедрения микропроцессоров, а также перспективы ближайшего будущего, то думается, что выражения «компьютерная революция и грамотность», «катастрофическое развитие компьютерики», «нашествие микро-ЭВМ» и т. п. отвечают за нас на названные выше вопросы достаточно полно, подчеркивая взрывообразный характер и большое значение проникновения микропроцессоров во все сферы жизни.

Именно головокружительное внедрение микропроцессора в повседневную жизнь — это своего рода второй элемент его феноменальности. Там, где о вычислительной технике и не думали, ее внедрение стало возможно благодаря микропроцессору. Нереальное микропроцессор сделал и продолжает делать реальным, обычным.

DEUS 
джинн ex
из
машины MACHINA

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программирование микропроцессоров

Е. А. Красавин

Человеку, не знакомому с программированием, эта важнейшая область вычислительной техники обычно представляется крайне скучной. Поэтому, прежде чем начать рассказ о ней и развеять это представление, полезно будет исполнить своеобразный гимн программированию. Именно такое определение просится к высказыванию известного английского эколога Дж. Джефферса: «Главное — если вы еще не умеете программировать для ЭВМ, начинайте учиться! Это обучение не будет легким — оно потребует точности мышления, строгости выражений, определенной доли прагматизма. После того, как вы овладеете начальным этапом, программирование скорее всего покажется вам более увлекательным и захватывающим занятием, чем разгадывание кроссвордов, игра в бридж или шахматы. Умение, которое вы приобретете, откроет вам двери в ту многочисленную «литературу» по системному анализу, которая никогда не будет опубликована, но которая существует в виде машинных программ и алгоритмов».

Умение программировать присуще специалисту высокой квалификации, обладающему большим духовным богатством.

А теперь постараемся понять, в чем же заключается суть программирования микропроцессоров.

Читателю, имеющему некоторое общее представление о микропроцессоре, напомним, что внутренним «дирижером» его работы является устройство управления с дешифратором команд. Только устройству управления предоставлено право выдавать «распоряжение» на извлечение очередной команды из регистра команд, определять, что необходимо делать с данными, и вырабатывать последовательность действий, обеспечивающих выполнение данной команды. Как видно, этот дирижер выполняет лишь предписания или инструкции, которые он получает извне через регистр команд.

Таким образом, для того чтобы микропроцессор мог решить какую-либо конкретную задачу, он должен получить определенную последовательность инструкций, а также все необходимые исходные данные в требуемой последовательности и форме. Микропроцессор точно выполняет каждую известную ему команду, появляющуюся на его входе. Причем он выполняет только то, что ему предписывается инструкцией, и не более. Что значат слова «известную ему команду»? Дело в том, что каждая конкретная модель микропроцессора наделена своим индивидуальным набором команд, перечень которых приводится в технической документации, предоставляемой пользователю вместе с микропроцессором. Команды, подаваемые на вход микропроцессора, должны строго соответствовать этому перечню.

Выбор последовательности операций (команд, инструкций), обеспечивающих решение поставленной задачи, осуществляет программист, а сама эта последовательность называется программой.

Теперь нам должно быть ясно, что программы необходимы для того, чтобы задать микропроцессору последовательность действий, которые он должен выполнить для решения поставленной задачи. Мы можем также определить программирование как процесс описания последовательности действий микропроцессора, выполняемый программистом. В программе микропроцессору сообщают абсолютно все, что следует делать, и точно, шаг за шагом, описывают, как это выполнять.

Ну а если программисту не совсем ясно, как решать задачи, может ли микропроцессор помочь ему в этом? Ответ однозначен — нет, не может: если не известно, как решать задачу, то программирование бессмысленно. Это не означает, разумеется, что программисту дол-

жен быть известен ответ на поставленную задачу, однако он должен ясно представлять себе, как его получить. Если, например, требуется найти корни уравнения, то для получения ответа необходимо ввести в машину численные значения всех переменных. Однако вычислительная машина не может производить математические выкладки для вывода уравнения, решение которого и даст искомый ответ.

Составление программы для микропроцессора имеет много общего с программированием микро-ЭВМ, мини-ЭВМ и больших вычислительных машин. Разработка программы для решения конкретной задачи состоит из нескольких последовательных этапов, которые нам предстоит рассмотреть, и выполняется с привлечением ряда вспомогательных средств, с которыми мы также познакомимся.

Прежде всего, как уже упоминалось, для составления программы требуется описание процесса решения задачи с учетом возможностей микропроцессора. В ряде случаев этот этап прост и сводится к записи словесного описания решения задачи на языке алгебраических формул. В других случаях программисту известны лишь входные данные и желаемый результат, а от него требуется определение последовательности операций над этими данными, которая обеспечит получение результата.

Описание процесса решения задачи таким образом, чтобы ее могла выполнить вычислительная машина, является основной частью того, что называют программированием. Составленное описание именуют алгоритмом.

Итак, первый этап программирования решения задачи на вычислительной машине — составление алгоритма решения. Если алгоритм составлен, то можно приступить к написанию программы. Одно из правил, которого при этом должен придерживаться программист, мы уже знаем. Оно заключается в том, чтобы действия, предписываемые микропроцессору, входили в перечень команд, которые он может выполнять. Другое правило вытекает из составленного программистом алгоритма, а именно: **последовательность команд и данных, вводимых** в микропроцессор, должна строго соответствовать последовательности операций над этими данными, задан-

ной алгоритмом, чем достигается получение требуемого результата.

Какие проблемы стоят перед программистом при написании текста программы? Мы говорим «текст программы», потому что любая программа вначале записывается вручную на листах бумаги либо на специальных бланках. Прежде чем писать текст программы, программист должен выбрать язык программирования. Мы ввели новый термин, который требует некоторых пояснений. Поэтому отвлечемся на время от рассказа об этапах составления программы.

ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Язык программирования — это набор команд и правил их применения (которые служат для описания алгоритма), предназначенный для составления программы работы вычислительной машины, выполняющей решение задачи. Подобно любым другим языкам, языки программирования располагают определенным словарным запасом и правилами его использования.

Простейший язык программирования любого микропроцессора образуется перечнем команд, которые он может выполнять. Этот язык целиком состоит из нулей и единиц. Команды на этом языке воспринимаются микропроцессором непосредственно. Поэтому такой язык называется машинным.

Это язык самого низкого уровня. В нем каждой машинной команде соответствует определенный и единственный двоичный код, и программисту при написании текста программы на машинном языке приходится либо держать в памяти множество кодов данного микропроцессора, либо постоянно обращаться к справочным материалам по этим кодам. И то и другое крайне утомительно. Кроме того, у каждой модели микропроцессора, как мы говорили, свой набор команд, причем коды даже одинаковых команд могут отличаться.

Поэтому уже на заре вычислительной техники у программистов возникло желание как-то избавиться от утомительного труда программирования в машинных кодах.

Решение было найдено, когда каждой машинной команде было присвоено символическое имя, записываемое привычными человеку буквами. Сами символи-

ческие имена выбирались такими, чтобы они максимально соответствовали сущности обозначаемых ими команд в соответствии с мнемоническими правилами. Это облегчило их запоминание программистами, ускорило написание программы. Не менее, если не более важно и то, что написанные программы стало легче читать, понимать и изменять. Кроме того, что еще более важно, символический язык оказался в определенной степени универсальным, т. е. программы для разных моделей ЭВМ пишутся практически одинаковыми символами.

Эта группа языков программирования, получивших общее название ассемблеров, остается все же далекой от естественного языка, привычного человеку. Ассемблеры называют машинно-ориентированными языками, поскольку они немногим отличаются от машинных. Однако уже на этом низшем уровне проявляются существенные различия между чисто машинными языками и их символическим аналогом — ассемблерами.

В самом деле, ведь любую двоичную команду машинного языка можно прямо ввести в командный регистр микропроцессора, и он ее тут же выполнит. Символическая команда не может быть непосредственно воспринята микропроцессором. Для того чтобы он мог ее выполнить, требуется предварительное преобразование символической команды в машинную, двоичную форму представления. Такое преобразование обычно выполняется автоматически самой вычислительной машиной с помощью специальных средств — переводчиков, называемых трансляторами (to translate — переводить) или интерпретаторами. Это правило действительно для всех символических языков программирования любого уровня, в том числе и высокого. Машинно-ориентированные языки программирования относят к языкам низшего уровня. В них отражаются все характерные черты конструкции микропроцессора, но они весьма слабо приспособлены для решения прикладных задач, с которыми обычно имеет дело программист. Что касается последнего, то его при решении прикладных задач обычно мало интересуют конструктивные особенности того или иного микропроцессора. В то же время программисту желательно, чтобы написанная им программа могла работать на разных типах ЭВМ или микропроцессорах.

С этой целью в свое время и были разработаны языки высокого уровня. К настоящему времени таких языков разработано очень много. Разные языки высокого уровня имеют различную степень сходства с разговорным (естественным) языком. Чем ближе язык программирования к естественному языку, тем больше сходство команд языка программирования с предложениями разговорного языка.

Для иллюстрации рассмотрим небольшой пример.

Пусть написанное на машинном языке двоичное число 01001100 выполняет роль команды очистки (обнуления) аккумулятора. Эта команда по виду ничем не напоминает соответствующей инструкции на таком языке, как, например, английский. На языке ассемблера эта же команда записывается так: **CLAIA**. Эту запись можно рассматривать как аббревиатуру глагола английского языка **CLEAR** (очищать). Очевидно, что мнемоническое соответствие символической команды языка ассемблера и слова естественного языка, от которого эта команда является производной, позволяет легко ее запомнить. На языке высокого уровня **БЕЙСИК**, широко применяемого в программировании микропроцессоров, переменной **A** можно присвоить нулевое значение посредством команды **LET A=0** (ПУСТЬ $A=0$). Очевидно значительное сходство между командой языка высокого уровня и предложением английского языка.

Мы уже говорили, что сейчас в распоряжении программиста находится целый ряд языков высокого уровня. Эти языки называют еще проблемно-ориентированными, так как каждый из них при разработке был ориентирован на решение определенного круга задач. В числе наиболее широко используемых в микропроцессорной технике следует назвать такие языки, как **ФОРТРАН** (английское **FORTRAN** является производным от слов **FOR**mula **TRAN**slator — переводчик формул), **ПАСКАЛЬ**, названный в честь французского математика Блеза Паскаля, и упоминавшийся уже **БЕЙСИК** — язык начинающих программистов.

ФОРТРАН — один из давно используемых языков программирования, ориентированный на выполнение научно-технических расчетов и отличающийся наибольшей степенью стандартизации. Несмотря на свою относительно сложность и некоторую старомодность,

для современных средств вычислительной техники этот язык программирования продолжает оставаться одним из самых распространенных.

ПАСКАЛЬ относится к современным языкам. Он также ориентирован на проведение научно-технических расчетов и находит широкое применение при программировании для микропроцессорных систем. По сравнению с ФОРТРАНОм язык ПАСКАЛЬ проще в использовании и лучше согласуется с методикой программирования на языке ассемблера или машинном языке.

Прежде чем закончить разговор о языках программирования, рассмотрим еще один аспект их применения.

У вас уже, возможно, возник вопрос: если языки программирования с высокой степенью сходства с естественным языком значительно проще для понимания, то почему бы нам не пользоваться только ими, отказавшись от языков низкого уровня? Этого не делают по двум основным причинам.

Во-первых, из-за неэквивалентности перевода на машинный язык символических команд языка ассемблера и аналогичных по конечному результату команд языков высокого уровня. Неэквивалентность выражается разным числом машинных команд, необходимых для выполнения символических команд, записанных на разных языках. Например, для реализации команды `LET A=0` на языке БЕЙСИК может потребоваться 100 и более машинных команд. В то же время команде `CLAIA` языка ассемблера требуется единственная машинная команда `01001100`, осуществляющая очистку аккумулятора. Именно поэтому язык ассемблера иногда называют языком «один в один». Это название отражает тот факт, что каждой символической команде языка ассемблера соответствует единственная машинная команда. В связи с этим уместно заметить, что использование языка ассемблера порой может облегчить работу программиста даже при отсутствии транслятора с этого языка. Писать исходные программы на ассемблере всегда легче, а перевод коротких программ в машинные коды можно делать и вручную.

Но к чему же все-таки приводит неэквивалентность перевода, о которой говорилось выше? Оказывается, что чем большим числом машинных команд переводятся команды языка высокого уровня, тем больше требу-

ется объем памяти для хранения данных и большее время для выполнения команд. Следовательно, программы на машинном языке более эффективны, чем решающие те же задачи программы на языках высокого уровня.

Во-вторых, использование языков высокого уровня зачастую возможно при работе с вычислительными системами сравнительно сложной архитектуры. К обсуждению этого аспекта работы с языками высокого уровня мы вернемся чуть ниже.

Имеется еще одна причина, почему при работе с микропроцессорами наиболее распространенным является все же программирование на языке ассемблера. Она является следствием свойств самого микропроцессора, обусловивших широкое проникновение этого технического средства в другие области техники. Поэтому наиболее широкое применение микропроцессор находит как центральное звено встроенных систем управления. Эта обширная область применения простирается от автоматических систем управления сложными техническими системами (например, в аэрокосмической технике) и техническими процессами (например, в химической промышленности или атомной энергетике) до бытовых стиральных машин-автоматов и магнитофонов. В большинстве случаев управленческие системы строятся на логических принципах при относительно небольших объемах вычислительных задач и требуют высокой оперативности, т. е. минимальной задержки реакции системы. Наилучшим образом все эти требования можно удовлетворить, программируя такие микропроцессоры на языке ассемблера.

Выяснив наше «отношение» к языкам программирования, мы можем продолжить рассмотрение процесса составления программы для микропроцессора.

Итак, вы выбрали язык программирования исходя из существа решаемой задачи, возможностей вашей системы разработки программ (о ней речь пойдет позже), требований эффективности работы проектируемой системы, а также ваших личных симпатий и антипатий, затем по составленному ранее алгоритму написали текст программы.

Теперь ваша очередная задача преобразовать написанную вами исходную программу в исполняемую программу. Что это такое — исполняемая программа?

Как мы уже говорили, микропроцессор выполняет лишь команды, представленные в двоичных машинных кодах. Поэтому программа, написанная на символическом языке программирования, подлежит преобразованию в последовательность двоичных машинных команд, прежде чем она может быть выполнена микропроцессором. Таким образом, исполняемая программа — это последовательность двоичных машинных команд, получаемая из исходной программы посредством ее преобразования. Следовательно, при использовании языка высокого уровня требуется промежуточный этап преобразования операторов языка высокого уровня в машинные команды — этап перевода с исходного языка на машинный язык. Перевод необходим также и при программировании на языке ассемблера. И только в том случае, если программа написана прямо в машинных кодах, необходимость в переводе отпадает.

Сделаем небольшое добавление к уже сказанному о процессе создания программы.

После того как текст исходной программы написан на бумаге в его окончательном виде (чего на практике почти никогда не случается) или в каком-то варианте промежуточной готовности (что бывает почти всегда), программист выполняет еще один важный вид работы — перенос текста исходной программы на машинный носитель — перфоленту, перфокарты, магнитные диски или магнитные ленты. Запись текста производится в символьной форме. Это означает, что на машинном носителе записываются коды символов текста программы, но не машинные коды, соответствующие операторам, записанным этими символами. Все дальнейшие преобразования исходной программы в исполняемую производит сама вычислительная машина по командам, которые подает ей с пульта управления программист. И выполнены они могут быть лишь при наличии текста исходной программы на носителе информации, соединенном с этой машиной.

Ведя разговор о языках программирования, мы уже говорили, что перевод программ с исходного языка высокого уровня на машинный может осуществляться двумя способами — путем трансляции или интерпретации. В чем же различие этих способов?

Типичным примером языка высокого уровня является БЕЙСИК, перевод команд которого (похожих на предложения английского языка) в машинные команды обычно выполняется способом интерпретации. Интерпретатор представляет собой либо специальную довольно сложную программу, либо специальное устройство, подключаемое к микропроцессору. Интерпретатор работает в процессе выполнения программы. В этом его главная особенность и отличие от метода трансляции. При интерпретации каждая строка исходной программы преобразуется в машинные команды непосредственно перед ее выполнением. Анализируя содержимое строки программы, интерпретатор расчленяет ее на части, которые преобразуются в машинные команды. После преобразования в машинный код строка исходной программы выполняется микропроцессором. По завершении обработки одной строки программы интерпретатор начинает подобную процедуру преобразования другой строки.

Если интерпретатор — устройство, то его наличие, а также наличие надлежащей связи между ним и микропроцессором является обязательным условием возможности программирования на БЕЙСИКе. Если же интерпретатор — программа, то для ее работы требуется микропроцессорная система с большой памятью. Так, для интерпретатора языка БЕЙСИК при работе с 8-разрядной микро-ЭВМ необходимо располагать от 12 до 24 Кбайт памяти.

При трансляции каждая команда исходной программы заменяется эквивалентным набором машинных команд, который способен выполнять те же функции. По окончании работы транслятор создает новую программу в машинных кодах. Эта программа может быть записана на машинный носитель и выполнена в любое время по команде программиста, причем не только на той ЭВМ, на которой производилась трансляция. Очень важно подчеркнуть, что при выполнении оттранслированной программы, во-первых, программа-транслятор не требуется и, во-вторых, необходимый объем памяти меньше, чем тот, который нужен для той же самой программы и интерпретатора, присутствующего в памяти при выполнении программы.

Основное достоинство работы с интерпретатором заключается в возможности программировать на языке высокого уровня. Можно легко решать сложные математические задачи, не прибегая к записи большого количества машинных кодов. Так, на языке БЕЙСИК можно обращаться к процедурам вычисления логарифмов, тригонометрических и других математических функций с помощью только одного оператора. Эти же задачи на машинном языке требуют от 1000 до 4000 команд. Поэтому язык БЕЙСИК часто используют в небольших вычислительных системах универсального назначения на базе микро-ЭВМ. К числу недостатков метода интерпретации относится сравнительно низкое быстродействие работы микропроцессора, так как значительное время расходуется на перекодирование команд исходной программы в машинные коды.

Следовательно, достоинством трансляции является возможность создания с помощью мини-ЭВМ или даже большой ЭВМ достаточно сложных программ, предназначенных для работы с микропроцессорами. Возможности самих микропроцессоров и микро-ЭВМ не всегда позволяют создавать такие программы.

Вернемся, однако, к основной теме нашего разговора и продолжим рассмотрение дальнейших этапов создания программ для микропроцессора.

Надо отметить тот прискорбный факт, что первые варианты программ почти наверняка будут содержать ошибки. Сам программист не всегда сразу может их увидеть, особенно если опыта еще недостаточно. Ошибки могут быть самые разнообразные — грамматические (неверное написание команд на языке программирования), синтаксические (неправильное употребление знаков отношения и разделителей), логические и некоторые другие.

Современные трансляторы и интерпретаторы строятся так, чтобы максимально облегчить программисту задачу обнаружения и устранения ошибок в программе. Это касается в основном грамматики и синтаксиса исходной программы. Об ошибках такого рода, обнаруженных в ходе трансляции, программа-транслятор информирует программиста выдачей соответствующих сообщений на печатающее устройство или экран видеотерминала. Сообщения помогают программисту найти ошибку в тексте программы и указывают ее тип. Для

редактирования исходной программы программист пользуется специальной программой — редактором текста. Эта программа, так же как и транслятор (интерпретатор), входит в состав базового программного обеспечения ЭВМ, называемого обычно системным программным обеспечением, или сокращенно СПО.

Понятие об СПО является важным для программиста, поэтому необходимо хотя бы вкратце рассказать о его назначении и составе. Мы уже знаем несколько специализированных программ, используемых при разработке программы. Все эти программы по ходу своей работы не только выполняют различные действия с данными, но и осуществляют обмен этими данными между процессором ЭВМ и вспомогательными устройствами, образующими с ней единое целое, называемое вычислительной системой. Набор вспомогательных, или, как говорят, периферийных, устройств может быть самым разнообразным. Мы называли, в частности, устройства внешней памяти — перфоленты, перфокарты, магнитные диски и ленты, печатающее устройство, видеотерминал. Последний обычно имеет буквенно-цифровую клавиатуру для ввода символьной информации. Взаимодействие всех компонентов вычислительной системы организуется самой ЭВМ с помощью специальной управляющей программы, которая постоянно находится в памяти. Эта же программа воспринимает управляющие команды, подаваемые с буквенно-цифровой клавиатуры оператором ЭВМ. Этим обеспечивается возможность осуществления диалогового режима между ЭВМ и программистом при разработке последним программ. С помощью управляющей программы программист заставляет ЭВМ исполнять необходимые ему специализированные программы, входящие в состав СПО. Состав СПО может быть самым разнообразным, а функции управляющей программы — весьма обширными. Их детальное рассмотрение не входит в нашу задачу. Важно лишь учитывать, что программист должен иметь достаточно полное представление о возможностях СПО той вычислительной системы, на которой ему предстоит работать.

Итак, мы провели несколько неудачных попыток оттранслировать нашу программу, устранили последовательно все ошибки в исходной программе, обнаружен-

ные транслятором, и вот, наконец, наша последняя попытка оказалась успешной.

Трансляция прошла без ошибок, и мы получили программу в машинных кодах, пригодную для исполнения. Теперь эту программу можно загрузить в память нашего микропроцессора и исполнить. Кажется бы, уважаемый читатель, мы подошли, наконец, к финишу нашего марафона. Однако у вас наверняка осталось несколько вопросов, требующих ответа.

Вопрос первый: как убедиться в том, что программа, разработанная на другой ЭВМ, будет правильно работать с нашим микропроцессором?

Вопрос второй: где хранить программу для нашего микропроцессора, если он не имеет устройств внешней памяти?

Действительно, в ряде практически важных случаев программы не могут быть разработаны на той микропроцессорной системе, для которой они предназначены. Таковы, например, встраиваемые микроконтроллеры, которые не оснащаются ни устройствами ввода-вывода информации на машинных носителях, ни терминальными устройствами диалога с программистом, ни оперативной памятью, объем которой достаточен для функционирования СПО. Поэтому в настоящее время получили широкое распространение системы разработки и отладки программ для микропроцессоров. Это небольшие системы общего назначения на базе микро-ЭВМ, предназначенные для написания и отладки программ, подлежащих выполнению на том или ином микропроцессоре. Как правило, такие программы пишут на языке ассемблера, однако имеется также возможность программировать на языках ПАСКАЛЬ или БЕЙСИК. Эти системы можно использовать для поиска неполадок в сложных микропроцессорных системах. Для отладки программ и тестирования микропроцессорной системы ее соединяют с системой разработки программ специальным соединителем. Теперь разработанная и оттранслированная программа может быть загружена в память разрабатываемой системы и исполнена на ней. Система разработки программ позволяет тестировать испытуемый микропроцессор в режиме пошагового исполнения, а также задавать точки останова программы при номинальной скорости работы микропроцессора. Благодаря последней возможности несколько команд

выполняется при номинальной скорости работы, а затем в указанной точке происходит останов микропроцессора. При каждом останове можно убедиться в правильности действий, выполненных микропроцессором.

После окончательной отладки программы описанным методом ее загружают в память микропроцессора или микропроцессорной системы. В вычислительных системах общего назначения программы обычно хранятся на внешних машинных носителях, например магнитных дисках, а непосредственно перед исполнением они передаются в оперативную память. Однако оперативная память ЭВМ, как правило, является разрушаемой, т. е. ее содержимое теряется при выключении питания. Поэтому в специализированных микропроцессорных системах типа встраиваемого микроконтроллера программы хранят в так называемых постоянных запоминающих устройствах — ПЗУ, а оперативная память используется только для хранения данных. Обычно ПЗУ представляют собой микросхему с элементами памяти. Информация записывается в ПЗУ путем изменения состояния ее элементов памяти с помощью специального устройства — программатора. По окончании процесса записи информации в ПЗУ состояние его элементов памяти остается неизменным. Микропроцессор не может поместить туда новые данные, он может только считывать содержимое ПЗУ — команды программы, которая туда загружена. Имея несколько комплектов ПЗУ с отлаженными программами, можно легко приспособить один и тот же микропроцессор к тем конкретным условиям, для которых эти программы разработаны.

Мы в первом приближении рассмотрели основные этапы разработки программ для микропроцессоров, отметили основные особенности решения этой задачи и познакомились с некоторыми методами ее решения. Разумеется, многие детали сложной и кропотливой работы остались «за кадром». Однако мы надеемся, что этот краткий экскурс в «дебри» программирования поможет в какой-то степени осмыслить проблему в целом.

Электронный дом

С. В. Сергеев

Современного человека трудно удивить достижениями микроэлектронной техники. О них охотно пишут газеты, вещает радио, их показывает телевидение. Различного характера сведения о сложнейших робототехнических комплексах, хитроумных станках и мощных ЭВМ постоянно проходят через наше сознание, не задерживаясь в нем надолго. Да это и понятно, ведь для большинства людей электроника и вычислительная техника представляются пока еще чем-то абстрактным, далеким, не касающимся вроде бы их самих.

Однако благодаря стечению целого ряда обстоятельств уже сегодня созрели предпосылки для непосредственного общения каждого человека со сложнейшими продуктами современной электронной эры. Это произошло отнюдь не в результате широкой компьютерной гласности населения и не как следствие очередного людского увлечения, просто мы уже подошли к тому этапу в своем развитии, когда сама электроника все настойчивее стучится в наш дом.

Некоторые электронные приборы уже давно и прочно заняли свое место в нашей жизни. Это, например, телевизор, электронные часы, телефоны с памятью. Другие еще только начинают проникать в наш быт, например СВЧ-печь, персональный компьютер, электронная почта. Зачем все это, к чему это приведет, что же ждет нас завтра?

Эти и другие непростые вопросы, возникающие все чаще по мере ошеломляющего развития электроники, по мере возрастающего влияния компьютеризации на жизнь общества и человечества в целом, создают множество новых проблем, задуматься о которых мы раньше просто не могли. При этом многие проблемы мы создаем себе сами, не сумев вовремя заметить важные тенденции, принять правильное решение и воплотить его в жизнь.

Целям практического решения этих вопросов служат различные программы, ведущиеся во многих развитых странах, которые можно объединить под общим названием «электронный дом». Само название проблемы подчеркивает, что в ближайшие годы «электронная начинка» станет определяющим фактором повышения комфорта, привлекательности и экономичности человеческого жилища.

Первые практические разработки, относящиеся к этому направлению, появились в 70-х годах нашего столетия, и с тех пор в различных масштабах они ведутся постоянно во многих странах. Среди причин, вызывающих растущий интерес к проблеме электронного дома, основная, несомненно, определяется бурным прогрессом в развитии микроэлектроники и аппаратуры, созданной на ее базе, а также устойчивое падение цен на электронные элементы. Появление микропроцессоров стало революционным в деле широкого распространения недорогих, доступных каждому электрон-

ных устройств. Намечившаяся в электронной технике тенденция постепенного слияния средств связи и обработки данных глубоко затрагивает многие стороны нашей повседневной жизни. «Разумные» электронные специализированные средства стали проникать всюду — в домашнюю развлекательную аппаратуру, в электробытовые товары, в автомобили, учреждения, магазины, больницы, школы. Во всех этих направлениях уже имеются значительные достижения, но перспективы будущего многим и сейчас покажутся фантастикой [1].

К другой важной причине, стимулировавшей работы в области электронного дома, можно отнести уже вполне осознанные проявления энергетического кризиса, охватившего мировую экономику в 70-е годы. Поиски новых источников энергии, эффективных способов ее экономии легли в основу многих интересных проектов. Наиболее удачным можно считать жилой дом, построенный фирмой Sharp Corp. на территории ее центральной исследовательской лаборатории в г. Тенри (Япония) в качестве одной из частей проекта, финансируемого министерством внешней торговли и промышленности [2].

Энергия для этого здания поступает как от солнечных элементов, преобразующих солнечный свет непосредственно в электричество, так и от коллектора солнечного тепла, который используется для нагревания воды. В доме установлен также воздушный кондиционер нового типа, приводимый в действие тепловой энергией. В нем применены теплообменники, утилизирующие как свободную, так и скрытую теплоту воздуха. Еще один теплообменник служит для передачи тепла от нагреваемой солнцем воды к воздуху. Воздушный кондиционер применяется для охлаждения, обогрева и регулирования влажности. Часть воды, нагреваемой солнцем, используется для ванны.

Фотозлектрическая система, состоящая из нескольких панелей, разделена на две части. Первая, обеспечивающая около 90% общей энергопроизводительности, снабжает энергией вентиляторы и насосы и используется в качестве вспомогательного источника питания для осветительной сети. Вторая, дающая остальные 10% энергии, питает главный радиоприемник, телевизор и все осветительные приборы в комнате. Она также заряжает свинцово-кислотный аккумулятор напряжением 12 В и емкостью 500 А.ч.

Электронный информационный центр в доме управляет энергосистемой, поставляя пользователю такие данные, как температура наружного воздуха, уровень солнечной радиации, вырабатываемая мощность и температура резервуара коллектора тепла. Он также показывает температуру в помещениях и уровень воды в ванне и температуру воды. Но, помимо этих функций усложненного термостата, он отображает на экране почтовые сообщения, объявляет о прибытии гостей, предупреждает о вторжении нежелательных лиц и о таких чрезвычайных событиях, как пожар.

Несколько иной подход к проблеме реализован в проекте «Агватуки». Такое название носит и специальное здание, построенное недалеко от г. Финикса (США). Одна из особенностей «Агватуки», рекламируемого в качестве жилища будущего, — вычислительная система, разработанная отделением фирмы Motorola на базе ее микропроцессора 6800.

Система состоит из пяти микрокомпьютеров, называемых узлами, которые расположены в различных частях дома. Они разде-

ляют между собой обработку информационной нагрузки. В их конструкции упор сделан на избыточность, чтобы снизить нежелательные эффекты при выходе из строя части аппаратуры. В системе имеется даже связной процессор, обеспечивающий связи между узлами системы. Ввод и вывод информации осуществляются посредством клавиатуры и телевизионного приемника. Информация хранится в накопителях на гибких дисках.

У вычислительной системы «Агватуки» пять функций: передача сообщений, переключение электрических нагрузок, контроль параметров окружающей среды, управление расходом энергии и обеспечение безопасности жилища. Информационная база подразделяется на два типа массивов: в одном файле хранится информация с записями банковских уведомлений, другой служит в качестве календаря, хранящего важные сведения, даты.

Переключение электрических нагрузок позволяет системе управлять осветительными приборами, стенными розетками и другим электрооборудованием дома, но определение условий, при которых нужно включать или выключать те или иные нагрузки, остается за хозяином дома. Например, осветительные приборы включаются и выключаются настенными выключателями, но по желанию владельца включать освещение с наступлением сумерек будет компьютер, он же может включать освещение точно с заданного времени или в том случае, если детекторы движущихся объектов обнаружат присутствие кого-либо в комнате. Таким же образом можно управлять работой электрических и электронных приборов и устройств, подсоединенных к электрической сети через стенные розетки.

Контроль параметров окружающей среды несколько сложнее, чем внутри дома, поскольку «Агватуки» разделен на три зоны — внутренний двор, закрытые помещения и гараж, — в каждой из которых осуществляется отдельное регулирование температуры. Микропроцессоры системы решают, когда нагревать или охладить каждую зону, а также какими средствами это делать. Они запрограммированы так, чтобы можно было выбирать самый дешевый способ из всех возможных. Так, если летним вечером во внутреннем дворике стало слишком тепло, то компьютеру поручено выбрать лучший вариант — открыть окна (предварительно определив наружную температуру), включить систему испарительного охлаждения (предпочтительную в условиях пустыни) или включить воздушный кондиционер.

Управление расходом энергии в «Агватуки» — это главным образом информационный процесс. Система следит за общим потреблением энергии, контролируя расходы на отдельных нагрузках. Владелец дома может проверить уровень мощности на каждой нагрузке и получить сообщение об этом по телефону, если он находится за пределами дома.

Система безопасности реагирует на сигналы от датчиков дыма и движущихся объектов, такие датчики расположены почти в каждой комнате. Она может также взаимодействовать с системой управления освещением, включая осветительные приборы и выключая их, когда в доме никого нет. Кроме того, программа безопасности управляет дверями дома, в которых отсутствуют традиционные замки и запоры и соответственно замочные скважины. При появлении у дверей посетителя хозяин дома на клавиатуре набирает соответствующий код, приняв который, компью-

тер открывает дверь. Владелец дома по желанию может менять код или назначать различные коды на каждый день недели в отдельности.

Реакция системы безопасности зависит от серьезности ситуации. Например, при пожаре в доме сработает звуковая сигнализация, и заранее записанное сообщение поступит в местную пожарную часть. Если же нарушение незначительное, например кто-то на двери набрал неправильный код, система просто печатает сообщение об этом на принтере владельца.

Как отмечают специалисты, главным условием успешного завершения разработки любого проекта дома будущего является хорошо отработанная программа. Жильцы электронных домов не должны становиться программистами, чтобы получать удовольствие от жизни в среде, насыщенной электронными устройствами. Существование электронной системы не должно обременять их — она будет «прозрачной» для хозяев дома [3].

Важно заметить, что электронный дом с точки зрения эксплуатационных расходов обещает быть самым экономным при обеспечении заданного уровня комфортности жилища.

Электронные управляющие системы, средства кондиционирования, освещения и другой автоматики в зависимости от конкретных погодных условий, времени суток, размеров жилых помещений и других факторов автоматически обеспечат оптимальное потребление тепла, электроэнергии, горячей и холодной воды. Следовательно, можно с уверенностью делать вывод об экономической целесообразности создания и массового строительства таких жилых комплексов уже в ближайшее время, особенно учитывая наметившуюся тенденцию к постоянному росту стоимости потребляемой электроэнергии, газа и воды.

Вместе с развитием микроэлектронной техники, с крупными успехами вычислительной техники, программирования и средств связи несколько изменялись и акценты в различных проектах электронных домов.

В настоящее время вопросы обеспечения комфортных условий в доме при минимальных затратах как бы отошли на второй план. Наибольшее внимание сейчас уделяется возможности телекоммуникации и получения нового вида услуг — информационных услуг, основанных на базе домашних электронных систем.

Один из интереснейших вопросов, обсуждаемых сегодня, касается будущего персонального компьютера и его близкого родственника — домашнего компьютера. Существуют прогнозы, по которым компьютер индивидуального пользования станет 32- и 64-разрядной вычислительной машиной, содержащей от 1 до 12 Мбайт памяти, разделенной между основным и периферийными ЗУ. Его почти всегда можно будет соединять линиями связи с другими подобными ему или с более крупными вычислительными или информационными системами. Причем доступность таких линий связи, по мнению зарубежных специалистов [2], столь же важна, как и доступность самих средств обработки данных и программ для них, и является важнейшим стимулом развития рынка малых компьютеров.

Как показывает опыт создания экспериментального дома будущего, большинство применений домашнего компьютера будет незаметным для потребителя, которому не надо будет знать, что компьютер работает. Сами вычисления, по сути дела, будут наи-

менее важной функцией этих устройств, занимая последнее место после хранения и поиска данных и операций связи. Возможно, поэтому компьютер в большей степени будет терминалом для получения внешней информации, нежели устройством обработки данных.

Возникает новая отрасль промышленности, предназначенная для обслуживания «рынка информации». Находящийся в жилище «разумный» терминал, будучи сравнительно простым устройством, может быть при помощи кабеля, телефона, других средств присоединен к обширной сети компьютеров, разбросанных по всей стране. В результате человек сможет обращаться, например, в службу газетных вырезок, которая поставит ему подборку интересующей его информации в реальном времени. Соединяясь с соответствующими базами данных, заказчик мог бы получать на дом электронную газету. Возможности развития дистанционной обработки данных в жилищах, по оценкам специалистов, находятся в прямой зависимости от следующих основных технико-экономических факторов: появления личных компьютеров в домах, доступности более разумных и простых в использовании программ, распространения «скрытых» компьютеров и развития систем распределенной обработки.

Если учесть, что большие перспективы имеет домашний компьютер и как инструмент развлечений и хобби, а также как средство самостоятельного обучения и тренировки, то становится понятным, что дом будущего, кроме чисто экономических выгод, обладает целым рядом дополнительных привлекательных свойств.

Заканчивая краткий обзор проблемы, можно сделать такие выводы. Работы в области создания «жилища будущего» выявили ряд тенденций, позволяющих судить о том, каковы будут в общем черты жилища на рубеже 2000 года. Электроника обещает оказать огромное воздействие на средства контроля внутренней среды такого жилища и его связи с внешним миром. Проблема электронного дома не самоцель и не утопическая мечта. Она в экономическом и социальном плане решает одну из важнейших задач — задачу повышения жизненного уровня нашего народа, полностью соответствующую потребностям и возможностям ближайшего будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микропроцессоры. Кн. 1. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов. П. В. Несретов и др./ Под ред. Л. Н. Преснухина. — М.: Высшая школа, 1986.
2. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации. — М.: Наука, 1984.
3. Электроника: прошлое, настоящее, будущее. — М.: Мир, 1980.
4. Како Н., Яманэ Я. Датчики и микро-ЭВМ. — Л.: Энергоатомиздат, 1986.

Микропроцессоры — перспективная элементная база

В. И. Кулешова

Бурное развитие микроэлектроники и непрерывно возрастающие потребности в автоматизации производства способствовали созданию нового класса интегральных микросхем — микропроцессоров (МП). Отличительной особенностью МП является возможность его программирования для решения различного класса задач, что и определило самые разнообразные сферы применения микропроцессоров даже в тех отраслях народного хозяйства, где ранее использование вычислительной техники и электроники и не предполагалось.

Общие принципы работы МП определяются его архитектурой. По архитектуре МП во многом подобен процессору «больших» ЭВМ, но уступает ему по функциональным и вычислительным возможностям. Микропроцессор обладает такими замечательными свойствами, как простота, надежность, малые габариты, малая масса и потребляемая мощность, минимальная (для функционально законченных устройств вычислительной техники) стоимость, — все это позволило на его основе перейти к производству новых видов изделий — микро-ЭВМ, микро-контроллеров и других микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ) самого разнообразного назначения.

Однако собственно МП не представляет собой законченное управляющее или вычислительное устройство. Необходимы дополнительные микросхемы (запоминающие устройства, устройства ввода-вывода, регистры, формирователи и т. д.), которые, согласуясь с микропроцессором по техническим характеристикам, позволяют создать функционально законченные устройства. В этом случае речь идет о микропроцессорном комплексе (МПК).

СХЕМОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МПК

Номенклатура выпускаемых микропроцессоров и МПК непрерывно расширяется, что позволяет потребителю максимально использовать их достоинства для конкретных применений и в то же время затрудняет выбор МПК, оптимального с технической и экономической сторон.

Выбор оптимального МПК требует от потребителя серьезной научной проработки, так как при проектировании систем на их основе (при их универсальности и программируемости) необходим совершенно иной подход, чем проектирование систем «жесткой» логики. Дело в том, что аппаратные и программные средства таких систем составляют единое целое, и на этапе разработки необходимо найти компромисс: какие задачи будут решаться аппаратными, а какие программными средствами [1].

Разработка МПК идет по двум направлениям: с использованием МОП и биполярной технологий, каждая из которых имеет несколько разновидностей.

Первые микропроцессоры были изготовлены по *p*-МОП технологии. Однако существенным недостатком этой технологии является существенное ограничение по быстродействию. Поэтому, несмотря на простоту и низкую стоимость, *p*-МОП технология, по-видимому, будет использоваться только в калькуляторных схемах и микросхемах, предназначенных для создания изделий бытовой техники малого быстродействия.

Использование *n*-МОП технологии на порядок увеличивает быстродействие. Учитывая возможность большой плотности упаковки *n*-МОП технологии, ее относительную простоту и невысокую стоимость, можно отметить, что эта технология в настоящее время наиболее приспособлена для МПК среднего быстродействия. Для комплектов среднего быстродействия определяющее требование — минимальное число кристаллов.

К-МОП — перспективная технология, не имеющая конкуренции при разработке маломощных систем. Кроме того, МПК, выполненные по К-МОП технологии, имеют более высокую помехоустойчивость и надежно работают при более широком диапазоне напряжения питания и температуры окружающей среды.

ТТЛ-схемы наиболее популярны у потребителей, что объясняется следующими факторами: высокое быстродействие, низкая стоимость, широкая номенклатура, стабильность параметров.

К недостаткам следует отнести малую плотность упаковки, большую рассеиваемую мощность. Несколько лучшие показатели у этих схем при использовании диодов Шоттки — ТТЛШ-технология. Для МПК в основном и используется маломощная ТТЛШ-технология, обеспечивающая более низкий уровень потребляемой мощности. ТТЛШ-технология позволяет создавать высокоскоростные контроллеры периферийных устройств с широкими технико-экономическими характеристиками, а также эмулировать архитектуру существующих ЭВМ.

ЭСЛ-технология наиболее трудоемкая и дорогая. Микросхемы, выполненные по этой технологии, имеют максимальное быстродействие и большую рассеиваемую мощность. В основном их можно применять только с принудительным обдувом. Но они не имеют конкуренции там, где требуется высокое быстродействие. ЭСЛ-технология позволяет перевести основную структуру больших универсальных ЭВМ на микропроцессорные ИС.

Необходимо отметить, что все названные виды технологий, применяемые в МПК, непрерывно совершенствуются: снижается потребляемая мощность и увеличивается плотность упаковки в биполярных МПК, возрастает быстродействие в МПК, выполненных по МОП-технологии.

В зависимости от требований, предъявляемых к МПК, в него могут входить микросхемы, выполненные по различным технологиям (*n*-МОП, ТТЛШ, ЭСЛ, К-МОП и др.). Кроме того, в разработке микропроцессорных средств вычислительной техники при необходимости можно использовать микросхемы из различных МПК, учитывая, что входные сигналы, подаваемые на микросхемы, и режимы их работы должны соответствовать заданным требованиям.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МПК

Микропроцессор — это цифровой прибор обработки информации, выполненный на одной или нескольких

интегральных микросхемах. С одной стороны, МП характеризуется параметрами, специфичными для вычислительных устройств (система команд, объем адресуемой памяти и т. д.), а с другой — параметрами, присущими интегральным микросхемам (уровни сигналов, мощность рассеяния, помехоустойчивость и т. д.).

В связи с большим разнообразием МП и МПК (универсальные, специализированные, однокристалльные, многокристалльные, секционные, синхронные и асинхронные, одно- и многомагистральные и т. д.) определить единую систему параметров, позволяющую производить оценку технических возможностей МПК, довольно сложно. Учитывая сказанное, рассмотрим основные характеристики, которые позволяют потребителю произвести ориентировочную оценку различных МПК [2].

Разрядность обрабатываемых данных — параметр, определяющий точность вычислений. Существуют МП с фиксированной разрядностью (4-, 8-, 16-) и с наращиваемой разрядностью. В МП с фиксированной разрядностью (КР 580, КР 588, К 1801, КМ 1810) увеличение разрядности обрабатываемых данных возможно при проведении просчета в несколько этапов, что снижает быстродействие систем.

В системах с наращиваемой разрядностью (К 589, К 1800, КР 1802, КМ 1804) МП строится из нескольких (К) микропроцессорных секций, каждая из которых имеет n разрядов. Тогда разрядность обрабатываемых данных определяется как $n \cdot K$, где $n=2, 4, 8, \dots$, $K=1, 2, 3, \dots$

Система команд — совокупность операций, обеспечивающих выполнение программы в соответствии с заданным алгоритмом. Система команд представляет собой довольно широкое понятие. В него входят: формат команд и обрабатываемых данных, количество команд, способы адресации данных, объем непосредственно адресуемой памяти, возможности стека, способы обработки прерываний, организация ввода-вывода и т. д. Поэтому сравнение МП по количеству выполняемых команд может привести к ошибочным результатам [3].

Необходима качественная оценка системы команд выбранного МП. Кроме того, система команд определяет все программное обеспечение, разработка которого для мощных вычислительных и управляющих систем составляет значительную часть стоимости разработки

всей системы. В тех случаях, когда разрабатываемое МП устройство используется на низших уровнях сбора и обработки информации с последующим согласованием с ЭВМ более высокого уровня, при выборе МПК прежде всего необходимо учитывать совместимость по системе команд. МП с фиксированной разрядностью имеют фиксированную систему команд. Причем МП серий КР 588 и К 1801 ориентированы на систему команд микро-ЭВМ «Электроника-60», а МП серий КР 580 и КМ 1810 — на систему команд соответственно микро-ЭВМ СМ 1800 и СМ 1810.

МП с наращиваемой разрядностью (секционные) ориентированы на микропрограммное управление и позволяют пользователю в зависимости от специфики разрабатываемого устройства создавать собственные системы команд.

Использование МПК с микропрограммным управлением наиболее целесообразно при разработке систем специализированного назначения, когда с созданием насыщенных и компактных команд можно достичь высокого быстродействия и существенной экономии памяти программ.

Быстродействие — параметр, который в совокупности определяется схемными и техническими возможностями МПК и его архитектурными особенностями. При оценке быстродействия МП (МПК) необходимо учитывать, что простое сравнение длительности машинного такта (командного цикла) может привести к неверным выводам. Дело в том, что некоторые команды требуют для своего выполнения более одного такта, и выполнение одной и той же команды на разных МП может происходить за разное количество тактов.

Быстродействие универсальных МП в основном определяется количеством выполняемых операций (регистр — регистр, регистр — память, сложения, умножения и т. д.) в секунду.

Наиболее комплексной оценкой, позволяющей оптимально выбрать МПК для конкретного применения, является эталонное программирование [2]. В этом случае для заранее определенного набора эталонных задач, отражающих специфику той области, для которой проектируется рассматриваемая микропроцессорная система, производится пробное программирование для МПК различных типов. Выбор оптимального МПК осуществ-

вляется по данным анализа времени выполнения эталонного пакета задач, затрат на программирование, требуемого объема памяти. Последнее не всегда приемлемо, так как требует значительных временных затрат.

Потребляемая мощность — параметр, зависящий от схемного и технологического исполнения МПК. При оценке этого параметра следует учитывать, что в зависимости от технологии изготовления МП может быть выполнен на одной или нескольких микросхемах, поэтому оценку потребляемой мощности необходимо производить при условии выполнения МПК одинаковых функций.

В таблице приведены сравнительные характеристики наиболее перспективных МПК, предназначенных для применения в аппаратуре различного назначения.

Тип МПК (технология)	Функциональный аналог	Технические характеристики			Количество ИС в МПК на 1986 г.
		Разрядность	Быстродействие, тыс. оп/с	Система команд	
КР580 (п-МОП ТТЛШ)	МСС80	8	500	СМ1800	8
КР5888 (К-МОП)	—	16	300	«Электроника-60»	7 6
К589 (ТТЛШ)	13000	2	1000	Произвольная	8
К1800 (ЭСЛ)	М10800	4	3000	То же	8
К1801 (п-МОП)	—	16	500	«Электроника-60»	6
КР1802 (ТТЛШ)	—	8	800	Произвольная	10
КМ1804 (ТТЛШ)	Ам2900	4	800	То же	18
КМ1810 (п-МОП)	МСС86	16	2500	СМ1810	5

СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МПК

Микропроцессорные комплекты, приведенные в таблице, предназначены для работы в диапазоне температур от -10 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Рассмотрим более подробно состав МПК, приведенных в таблице, и основные технические характеристики входящих в них микросхем.

МПК серии КР580 предназначен для построения широкого класса цифровых устройств, контроллеров различного назначения, микро-ЭВМ и т. д. Большая функциональная насыщенность, достаточно высокое быстродействие и средняя потребляемая мощность обеспечили этому комплекту наибольшую распространенность применения.

К особенностям МП КР580ВМ80А относится фиксированная разрядность обрабатываемых данных (8 разрядов) и фиксированная система команд (совместима с микро-ЭВМ СМ1800), что однозначно определяет структуру устройств, построенных на его основе.

Количество выполняемых команд — 78. Команды «Умножение» и «Деление» выполняются программным способом. Объем адресуемой памяти — 64 Кбайт ($K=2^{10}$).

МПК серии КМ(КР) 1810 — следующий шаг развития МПК серии КР580 и на уровне ассемблера программно совместим с ним. Однако МП серии КМ1810 является 16-разрядным, имеет более развитую систему команд (135 команд), обладает более высоким быстродействием и имеет ряд функциональных особенностей, позволяющих строить на его основе мощные высокопроизводительные и мультипроцессорные системы. Высокая производительность собственно МП серии КМ 1810 (КМ 1810ВМ86) достигается благодаря совмещению выполнения операций обработки и обращения, что обеспечивается предварительной выборкой команд из памяти.

Отличительной особенностью МП серии КМ1810 является возможность его работы в двух режимах: минимальном и максимальном. Минимальный режим используется в системах, имеющих несложную конфигурацию. При этом МП сам вырабатывает все необходимые сигналы управления периферийными устройствами.

Максимальный режим применяется при использовании МП в составе системы сложной конфигурации. В этом случае используется специальная микросхема — контроллер шины (КР1810ВГ88), — которая анализирует сигналы состояния МП и в зависимости от их зна-

чения формирует соответствующие сигналы управления периферийными устройствами.

МПК серии К1801 является комплектом среднего быстродействия и средней потребляемой мощности. Его основу составляет однокристалльный 16-разрядный МП, имеющий фиксированную систему команд, совместимую с системой команд микро-ЭВМ «Электроника-60». Количество выполняемых команд — 68. Команды «Умножение» и «Деление» выполняются программным способом. Число уровней прерывания — 4. Объем адресуемой памяти — 64 Кбайт.

Микропроцессор осуществляет обработку как внешних, так и внутренних прерываний и организует обмен информацией между микропроцессором и внешними устройствами.

Интерфейсные схемы МПК серии К1801 выполнены на базе универсальной вентильной матрицы, которая позволяет при минимальных производственных затратах получать микросхемы с самыми разнообразными функциональными возможностями. Причем микросхемы К1801ВП1-033 и К1801ВП1-034 являются многофункциональными устройствами, режим работы которых и выполняемая функция задаются управляющими сигналами, подаваемыми на соответствующие выводы микросхем.

Так, микросхема К1801ВП1-033 может работать в режимах: интерфейса накопителя на гибких магнитных дисках, контроллера интерфейса параллельного ввода-вывода, контроллера байтового параллельного интерфейса, а микросхема К1801ВП1-034 — в режимах: 8-разрядного устройства передачи информации, 16-разрядного буферного регистра данных, устройства выдачи вектора прерывания и компаратора адреса.

Использование многофункциональных устройств в различных режимах работы существенно расширяет функциональные возможности МП К1801ВМ1 и позволяет на его основе создавать микропроцессорные системы самого разнообразного назначения.

МПК серии К1800 предназначен для построения быстродействующих ЭВМ, измерительных систем и различных устройств обработки в реальном масштабе времени.

Секционная структура с возможностью наращивания, микропрограммное управление, достаточно полный

функциональный состав и непосредственная совместимость с ЭСЛ-схемами средней степени интеграции и ЗУ позволяют создавать микропроцессорные системы максимального быстродействия.

Стыковка данного МПК с МОП-схемами и ТТЛ-схемами осуществляется с помощью двунаправленного транслятора уровня — К1800ВА4. При использовании МПК серии К1800 необходимо принимать меры для снижения температуры корпуса микросхем.

МПК серии КР1802 предназначен для построения быстродействующих контроллеров периферийных устройств, встроенных и автономных микро- и мини-ЭВМ, устройств автоматики, аппаратных умножителей, устройств для быстрого преобразования Фурье (БПФ) и т. д.

Разнообразная номенклатура, возможность параллельного наращивания разрядности, микропрограммный способ управления, совместимость с ТТЛ и ТТЛШ сериями позволяют широко использовать этот МПК совместно с микросхемами других серий (К589, КМ1804) для создания МСВТ.

В состав МПК входит ряд аппаратных умножителей различной разрядности (8×8 , 12×12 , 16×16), которые могут использоваться как самостоятельно, так и с другими МПК при условии согласования их по входным и выходным уровням.

МПК серии КМ(КР) 1804 является одним из быстродействующих и функционально полных комплектов. В его состав входит 18 микросхем различного функционального назначения и проводятся работы по дальнейшему его расширению. Основой для построения операционных блоков вычислительных устройств является 4-разрядная микропроцессорная секция КМ1804ВС1 (КМ1804ВС2), имеющая возможность параллельного наращивания разрядности. Микросхема КМ1804ВС2 по сравнению с микросхемой КМ1804ВС1 выполняет большее число арифметико-логических функций и дополнительно реализует умножение, деление, нормализацию, преобразование в дополнительный код и т. д., что позволяет существенно повысить быстродействие систем и сэкономить объем требуемой памяти программ. Кроме того, микросхема КМ1804ВС2 обеспечивает возможность расширения файла регистров общего назначения и осуществляет контроль четности.

МПК серии КМ1804 имеет микропрограммный способ управления, реализуемый с помощью микросхем КМ1801ВУ1 (КМ1801ВУ2) и КМ1801ВУ3 и внешнего ПЗУ команд. Для систем с большим набором команд вместо микросхем КМ1804ВУ1 и КМ1804ВУ3 целесообразно использовать микросхему КМ1804ВУ4. Микропрограммный способ управления позволяет пользователю создавать устройства с различными системами команд, однако при этом необходимо учитывать, что оригинальные системы команд требуют от пользователя самостоятельной разработки программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилмор У. Введение в микропроцессорную технику. — М.: Мир, 1984.
2. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов/ Под ред. Л. Н. Преснухина. — М.: Высшая школа, 1986.
3. Соучек Б. Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Советское радио, 1979.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Издательство «Знание» с января 1988 года начинает выпуск брошюр новой подписной научно-популярной серии «Вычислительная техника и ее применение».

Брошюры этой серии будут распространяться только по подписке. Оформить подписку можно будет осенью этого года в любом почтовом отделении. Цена годового комплекта 1 руб. 80 коп. Индекс по Каталогу советских газет и журналов (раздел «Центральные журналы» рубрика «Брошюры издательства «Знание») — 70195.

Применение ЭВМ для восстановления утраченных элементов архитектурных памятников

В. Я. Цветков



В 1885 году Альбрехт Мау-денбауэр создал в Берлине первое фотограмметрическое бюро, назначением которого было использование фотосним-

ков для решения архитектурных задач. Одна из таких задач — восстановление утраченных элементов архитектурных объектов по фотоснимкам.

Основным методом обработки снимков, который широко применяется и в настоящее время, является метод графических построений.

С появлением специальных приборов для моноскопической и стереоскопической обработки фотоснимков графический метод все больше стал уступать место стереофотограмметрическому и аналитическому методам.

Около 59000 снимков, сохранных после второй мировой войны, стали основой для восстановления исторических памятников в Западной и Восточной Германии. Подавляющее большинство этих снимков были любительскими, что исключало возможность их обработки с помощью стереофотограмметрических приборов, т. е. аналоговым способом. Это обусловило разработку и развитие аналитических методов, которые включают первоначальное измерение снимков и последующую обработку этих измерений при помощи ЭВМ.

При этом используются пре-

имущества ЭВМ, которые позволяют делить информацию на части, по-разному их обрабатывать, комбинировать обработанную информацию с учетом множества условий, которые невозможно учесть при аналоговых или графических методах обработки.

С математических позиций восстанавливаемый объект разбивается на элементы, которые можно считать аналогом геометрического тела или поверхности. При обработке используется дополнительная информация, которая определяется типом поверхности или формой элемента.

Таким образом, процесс восстановления утраченных элементов при помощи ЭВМ (например СМ-4 или СМ-14-20) включает следующие этапы:

1. Визуальный анализ и структурное расчленение изображения объекта.

2. Выбор математических моделей для расчлененных частей объекта.

3. Измерение точек снимка.

4. Обработку измеренных точек снимка с использованием математических моделей элементов объекта.

5. Машинное проектирование, т. е. соединение различных элементов объекта в общий комплекс.

6. Контроль или обратное проектирование точек объекта в точки снимка и оценка полученных отклонений.

В нашей стране значительное количество памятников восстановлено таким образом. Дополнительные возможности для этих работ открываются за счет применения автоматизированных регистрирующих систем или аналитических фотограмметрических приборов. Эти устройства представляют собой сочетание измерительных приборов и микро-ЭВМ. Такие системы имеют специальные

режимы обработки контуров на снимках.

Методика восстановления с использованием таких систем была применена при восстановлении утраченных элементов Богоявленского собора, расположенного в г. Москве, на улице 25 октября (см. рисунок). В настоящее время этот метод применяется в реставрационных работах Новоерусалимского монастыря и на других объектах.

Утраченная часть включала основание в виде восьмерика и купол. Каждая грань восьмерика рассматривалась как плоская поверхность, купол — как поверхность тела вращения.

Процесс измерения снимков с помощью автоматизированной системы проходил в автоматическом режиме. Оператор устанавливал шаг, равный 0,1 мм, и обводил измерительной маркой нужный контур. Интервал перемещения марки контролировался ЭВМ, и как только его величина становилась равной заданному шагу, происходила запись координат точки контура на снимке в специальную буферную область оперативной памяти управляющей микро-ЭВМ. При заполнении буферной области ее содержимое выгружалось на магнитный диск. Буфер очищался и снова принимал очередную порцию информации со снимка. Такой режим работы с предварительной записью информации в буфер удобен для корректировки информации. Последняя обусловлена возможными ошибками оператора при наведении не на ту часть контура.

Процесс ввода информации в ЭВМ при такой методике возрастает (относительно ручных способов) в 120—170 раз. Это повысило не только производительность труда, но и

надежность измерений, поскольку при ручном измерении каждой точки в отдельности суммарная ошибка возрастает из-за большого объема работ и дополнительных операций.

В ходе работы от оператора требовалось бы наведение, снятие показаний счетчиков координат, запись их в журнал, подготовка данных для ввода в ЭВМ. Последние три операции не только примерно в 100 раз снижают производительность труда, но и вносят свои ошибки, чем снижают достоверность конечного результата.

После измерения снимков в ЭВМ вводилась дополнительная информация с использованием алфавитно-цифрового дисплея. Математические модели определяют дополнительные связи, налагаемые на измеренные точки контуров снимка.

При поиске взаимосвязи между точками сторон восьмигранника и снимка использовались законы перспективных зависимостей для каждой из сторон в отдельности, что позволило определить высоту восьмигранника.

После раздельной обработки каждого элемента восьмигранника

происходило сжатие информации. Выделялись нужные угловые точки контуров, которые формировали цифровую модель элемента.

На следующем этапе обработки цифровые модели элементов объекта соединялись в полную цифровую модель при условии совпадения значений координат граничащих точек.

На последнем этапе вычисленные точки объекта проецировались на снимок по найденным перспективным зависимостям. По разностям между спроектированными и измеренными значениями производился контроль.

Время аналитической обработки с использованием ЭВМ не превышает 35 мин, в то время как для решения такой же задачи аналоговыми методами требуется от двух недель до двух месяцев, а ручным (графическим) способом такая задача неразрешима.

Метод защищен двумя авторскими свидетельствами и может быть применен не только при реставрации, но и при контроле строительства жилых и инженерных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

Зотов Г. А., Цветков В. Я., Алахтонов В. П. Анаграф — аналитический прибор для дистанционных исследований// В кн.: Обработка изображений и дистанционные исследования. Часть 2. — Новосибирск: ВЦ СОАН СССР, 1984.

Цветков В. Я., Ходорович Е. А. Составление обмерных чертежей архитектурных памятников с использованием архивных фотоснимков. Методические рекомендации. — М.: Министерство культуры РСФСР, Росреставрация, 1986.

Богданов И. А. и др. Автоматизированная регистрирующая система «Онега-2»// Геодезия и картография. — 1985. — № 2.

Программируемые микроконтроллеры

(Микропроцессоры
в автоматизации производства)

В. С. Жданов

В течение длительного периода, предшествовавшего широкому использованию ЭВМ для автоматизации производства, основными средствами регулирования и управления технологическими процессами, машинами, станками и оборудованием служили автоматические регуляторы, представляющие собой совокупность устройств, присоединяемых к объекту управления. В технике применение автоматических регуляторов известно с давних пор, еще в начале новой эры арабы применяли поплавковый регулятор уровня водяных часов. На мукомольных мельницах издавна использовались центробежные маятники для управления скоростью вращения вала. Первыми промышленными регуляторами были поплавковый регулятор питания котла паровой машины, созданный И. И. Ползуновым в 1765 г., и центробежный регулятор скорости паровой машины Джеймса Уатта (1784 г.). Братья Сименс в 1845 г. предложили регулятор с дополнительным воздействием, учитывающим скорость изменения регулируемой величины.

В настоящее время широко распространены электрические и электронные регуляторы, механические, гидравлические и пневматические. С их помощью осуществляется регулирование разнообразных физико-химических параметров — перемещений и скорости, давления и расхода, уровня и концентрации, напряжения, тока и т. д. Различают регуляторы непрерывного действия, релейные, импульсные и цифровые, статические и астатические. Как правило, все они реализуют простейшие законы регулирования — один из них пропорциональный, который используется в так называемых ПИД-регуляторах, т. е. регуляторах с пропорционально-интег-

рально-дифференциальным законом регулирования. Конструктивно регуляторы представляют собой автономное устройство (блок), в корпусе которого размещены все его элементы, схемы и механизмы.

Аппаратурная реализация классических регуляторов имеет неизменяемую, жесткую конструкцию и зафиксированный закон регулирования. Подобный консерватизм, присущий устройствам «жесткой логики», делает сложным, а часто и невозможным приспособление конкретного регулятора к изменившимся условиям применения.

В последующий период вплоть до конца 70-х годов совершенствование методов и средств автоматизации шло по пути централизации функций сбора, обработки, хранения и отображения информации, контроля и регулирования в управляющей ЭВМ, заменившей собой многочисленные и разнообразные устройства релейно-контактной автоматики, приборы контроля и автоматические регуляторы. Однако последовательное осуществление централизации всех перечисленных функций в единственной управляющей ЭВМ привело к возникновению целого ряда противоречий и трудноразрешимых в рамках централизованного подхода проблем. Прежде всего увеличение числа прикладных задач, возлагаемых на центральную ЭВМ, приводит к увеличению времени реакции системы на изменения, происходящие в управляемом объекте, в результате чего временные задержки могут оказаться недопустимо большими. Усложняются средства общего (системного) математического обеспечения в связи с необходимостью координации работы возрастающего числа прикладных программ и диспетчеризации обмена данными управляющей ЭВМ с увеличивающимся числом внешних абонентов (датчиков, исполнительных механизмов и т. д.). Как правило, традиционные мини-ЭВМ, используемые в качестве управляющих машин, плохо приспособлены к эксплуатации в промышленных условиях. Живучесть централизованных управляющих систем определяется в значительной степени надежностью центральной ЭВМ, при отказе которой прекращается функционирование всей системы; резервирование центральной машины, необходимое для обеспечения живучести системы, оказывается сложным и дорогим. Наконец, увеличение степени централизации функций контроля и управления ведет к усложнению

и удорожанию устройств связи управляющей ЭВМ с объектом управления.

Преодоление отмеченных трудностей оказалось возможным при отказе от централизованного подхода и принятии концепции децентрализованного, или распределенного управления. Хотя принципы распределенного управления были известны и ранее, однако новый подход к построению распределенных управляющих систем стал возможен благодаря появлению высоконадежных и недорогих при массовом производстве микропроцессорных комплектов БИС с широкими функциональными и вычислительными возможностями, послуживших основой для создания нового поколения технических средств локальной автоматки — программируемых микропроцессорных контроллеров. Как отмечает один из ведущих советских специалистов в этой области академик АН ГССР Ивери Варламович Прангишвили, применение микропроцессоров для автоматизации производства позволяет ликвидировать разрыв между теорией и практикой автоматического управления благодаря возможности программной реализации самых разнообразных алгоритмов сбора данных, их обработки, контроля и регулирования практически любой точности и сложности, в том числе оптимизационные, с адаптацией и перестройкой структуры.

В 1969 г. американской фирмой Gould Modicon было создано программируемое устройство, в котором перечисленные выше трудности в основном были преодолены. Это устройство получило название «программируемый контроллер» (programmable controller). Позднее, в 1978 г. было принято такое определение: «программируемый контроллер (ПК) — цифровое электронное устройство, в котором используется программируемая память для хранения инструкций, необходимых для выполнения специальных функций, таких, как управление последовательностью выдачи сигналов, отсчета времени, счета, а также арифметических операций и логических функций, предназначенных для управления через цифровые и аналоговые модули ввода-вывода различными типами установок или процессов».

Программируемые контроллеры сразу нашли широкое применение в промышленности: уже в 1973 г. 19 фирм США выпускали их свыше 30 различных моделей; через год число моделей превысило пятьдесят. Позднее

начались разработки и выпуск ПК во Франции, Италии, ФРГ, Японии. Мощным импульсом в развитии ПК послужило появление микропроцессоров, в результате чего ПК превратились в программируемые микроконтроллеры (ПМК). Сегодня во всем мире интенсивно ведутся работы по их созданию и производству. По зарубежным данным затраты на приобретение ПМК возросли от 440 млн. долл. в 1980 г. до 1,2 млрд. долл. в 1987 г. Ожидается рост объема производства ПМК в течение последующих 3 лет около 20% в год.

Рассмотрим подробнее особенности построения и применения ПМК различных типов. Первые модели ПК предназначались исключительно для замены реле, таймеров и счетчиков в схемах электроавтоматики; их называют программируемыми логическими микроконтроллерами (ПЛМК). Несмотря на большое разнообразие различных моделей контроллеров этого типа, общие черты их архитектуры позволяют дать следующее определение: ПЛМК — это однопрограммная управляющая микро-ЭВМ с простыми средствами программирования, работающая в реальном масштабе времени и ориентированная на решение системы булевых уравнений. Структура ПЛМК обязательно содержит блоки памяти программы и данных, логический процессор и устройство связи с объектом. Функционирование контроллера заключается в последовательном (строка за строкой) сканировании записанной в ЗУ программы, осуществляемом специальным логическим процессором. Процессор, считав очередную строку из памяти, производит соответствующее вычисление и заносит вычисленное значение в ЗУ данных. После того как сканирование всей программы, задающей алгоритм управления, закончено, устройство управления (УУ) организует обмен данными между входным и выходным регистрами, с одной стороны, и блоком памяти данных — с другой, после чего процесс сканирования возобновляется, начиная с первого слова программы.

К существенной особенности ПЛМК относится возможность его программирования. Для ввода программы в составе ПЛМК имеется специальная программная панель с функциональной клавиатурой, отдельные клавиши которой соответствуют конкретному символу релейной схемы — нормально замкнутому или разомкнутому контакту, катушке выходного или промежуточного

реле и т. д. Этот способ программирования удобен и доступен широкому кругу специалистов различного профиля и уровня (технологам, электрикам и т. д.) и легко отображается в памяти ПЛМК благодаря своей унифицированной форме представления. Таким образом, применение релейно-контактного способа для описания алгоритмов управления позволяет свести программирование ПЛМК к простому набору элементов релейно-контактной схемы с помощью функциональной клавиатуры и вводу сделанного набора в память контроллера. Следует отметить, что программная панель, служащая для набора и загрузки программы, выполняется автономной и подключается к ПЛМК только на время его обслуживания инженером-технологом или программистом-настройщиком.

Имеются и другие способы кодирования ПЛМК.

Совершенствование ПК шло по пути расширения их функциональных и вычислительных возможностей, что привело к появлению нового типа контроллеров, ориентированных на реализацию алгоритмов автоматического регулирования непрерывных и непрерывно-дискретных технологических процессов и объектов и предназначенных для замены классических аналоговых и цифровых регуляторов. ПК этого типа называют программируемыми регулирующими микроконтроллерами (ПРМК).

ПРМК представляет собой специализированную управляющую микро-ЭВМ, настраиваемую на работу по фиксированным прикладным программам, хранящимся в ее памяти и реализующим разнообразные алгоритмы контроля и управления. С помощью одного ПРМК можно создавать до нескольких десятков контуров регулирования, что эквивалентно замене такого же числа аналоговых или цифровых регуляторов. Таким образом, ПРМК, позволяя программно реализовывать разнообразные алгоритмы контроля и управления, заменяют, по сути дела, своих предшественников, автоматические регуляторы с «жесткой» структурой, на новом, более высоком технологическом уровне. Сегодня они являются неотъемлемой частью систем управления различных классов и назначений, и в первую очередь в гибких перестраиваемых автоматических системах и производствах.

Наряду с ПК двух рассмотренных типов существуют

также специализированные контроллеры, предназначенные для сбора и предварительной обработки данных. Они имеют, как правило, значительно большее число входов, чем регулирующие ПМК, и рассчитаны на подключение широкой гаммы датчиков различных типов — аналоговых, релейных, частотных, кодо-импульсных и т. п. Набор алгоритмов контроллера этого типа позволяет реализовывать разнообразные функции обработки данных — линеаризацию и масштабирование, фильтрацию, интерполяцию и экстраполяцию, статистическую обработку результатов измерений и концентрацию данных перед выдачей их на пульт управления или передачей в ЭВМ более высокого иерархического уровня.

В ряде случаев все перечисленные выше функции — логико-программного управления, автоматического регулирования, сбора и предварительной обработки данных — могут быть совмещены в одном универсальном многофункциональном контроллере. Такой ПК содержит мощный высокопроизводительный процессор или даже может быть многопроцессорным устройством, снабжен памятью большой емкости, в том числе внешней, а также рассчитан на большое (до нескольких тысяч) число входов-выходов. ПМК этого типа, обладающие расширенными вычислительными и функциональными возможностями, называют мегаконтроллерами. Приставка «Мега» указывает на многократно увеличенные возможности контроллеров этого типа, включая также и повышенную надежность. По своим характеристикам мегаконтроллеры занимают промежуточное положение между ПМК и мини-ЭВМ. Они выполняют не только функции управления технологическим оборудованием, но также и функции супервизорного управления микроконтроллерами и, кроме того, осуществляют связь с верхним уровнем управления, в том числе и в режиме диалога.

В мультипроцессорных ПМК производится отдельное программирование каждого микропроцессора, что позволяет создавать высокоэффективные программы для управляющих систем. В некоторых случаях ПМК используют совместно с персональным компьютером, на котором создана специальная система для подготовки и отладки программ для ПМК, ориентированная на пользователя — технолога, имеющего минимальную подготовку в области программирования и работы с

ЭВМ. Работа пользователя с системой по созданию управляющей программы для конкретного изделия и типа оборудования ведется в режиме диалога в форме ответов на запросы, выводимые компьютером на экран дисплея. После того как пользователь ответит на все вопросы системы, которые оформлены в виде подпрограмм, соответствующих типовым подпрограммам технологического процесса, системой будет создана рабочая программа. Эта программа может быть введена непосредственно в память ПМК с помощью специализированного программатора или же выведена на перфоленту для последующего использования. Использование средств машинной графики позволяет выводить на дисплей цветные графические изображения, включая мнемосхемы отдельных агрегатов и участков технологического процесса, диаграмм и графиков, подготовку цветных твердых копий.

Все выпускаемые ПМК строятся по модульному принципу и, как правило, в одном из двух конструктивных исполнений — приборном или шкафном.

В Советском Союзе в последние годы выполнен ряд разработок ПМК, среди которых следует отметить «Микро-ДАТ», «Ремиконт», «Ломиконт» и «Димиконт», «ГРАС-микро», «Орион», «Электроника К1-20» и некоторые другие.

Перспективной для создания ПМК является однокристалльная микро-ЭВМ серии К1816. Следует отметить сохранение тенденции к созданию малых ПМК, в которых реализуется принцип: один микропроцессор для реализации заданной функции и одна карта (плата) для каждого регулируемого параметра. В этом направлении работают фирмы Hitachi, выпускающая серию D малых ПМК, Siemens, выпускающая модель S5-101R, и ряд других. Необходимость в расширении функциональных и вычислительных возможностей, надежности и живучести выявила тенденцию к созданию ПМК на базе нескольких микропроцессоров. Так, ведущая фирма-изготовитель ПМК Gould Modicon (США) выпускает многопроцессорные контроллеры с параллельной обработкой данных типа Gould 984 и 884, которые наряду с центральным процессором содержат процессор ввода-вывода для подсоединения 16 групп модулей ввода-вывода (по 256 входов-выходов в каждой группе) и процессор связи для подключения ПМК

к ЭВМ верхнего уровня. ПМК серии Automate 30 фирмы Reliance Electric реализован на базе четырех микропроцессоров — центрального, процессора дистанционного ввода-вывода, процессора интеллектуального ввода-вывода и процессора связи.

Эта же тенденция привела к созданию уже упоминавшихся мегаконтроллеров, примером которых может служить модель PLC-3 фирмы Allen-Bradly. Он реализован на базе двух 16-разрядных микропроцессоров, имеет ЗУ емкостью до 2 млн. слов и свыше 8000 модулей ввода-вывода различных типов. Кроме того, предусмотрена возможность использования ряда дополнительных устройств в составе этого ПМК: программного модуля для реализации диалогового режима работы, модуля для дистанционной передачи данных на расстояние свыше 3 км, накопителей. Следует отметить, что более 20% выпускаемых сегодня за рубежом ПМК новых типов могут быть отнесены к классу мегаконтроллеров.

Следует отметить еще одну тенденцию в развитии ПМК — создание функционально-ориентированных контроллеров. Например, системы управления процессами дозирования, которые являются циклическими и характерными для многих отраслей промышленности: химической, целлюлозно-бумажной, фармацевтической, пищевой. Так, фирмой Eagle Signal (США) создана серия малых функционально-ориентированных ПМК моделей Eptak 210, 220 и 240, способных обеспечить выполнение до 80% операций по управлению небольшими процессами дозирования. Другим примером является система Ultima-2000 фирмы Sibthorp Systems (США), имеющая значительное число входов-выходов и способная создавать до 50 контуров ПИД-регулирования; в памяти ПМК хранится более 250 различных рецептов дозирования.

Таким образом, широкое применение программируемых микроконтроллеров различных типов, создание на их основе управляющих систем для автоматизации производства, включая разнообразные технологические процессы, машины, станки и другое технологическое оборудование, являются одними из основных, решающих направлений по пути реализации программы технического перевооружения народного хозяйства на базе средств микропроцессорной техники.

Информация

Фирмы Мицубиси, Мацусита, Сонио электрик и Шарп (Япония) осуществляют совместный проект, предусматривающий разработку высокобыстродействующего микропроцессора.

Производительность экспериментального образца такого микропроцессора, выполненного в виде одного микроузла, по сравнению с существующими микропроцессорами повышена в 10 раз. В новом процессоре используются маломощные транзисторно-транзисторные логические схемы с диодами Шоттки. За счет внедрения технологии высокой интеграции разработчики надеются повысить производительность микропроцессора, который может найти применение в бытовой электроаппаратуре, а завершить разработку микропроцессора предполагается примерно в 1989 г.

The Financial Times,
№ 29971, 4.VI. 1986, стр. 10.

Фирма Intel начала серийное производство нового 32-разрядного микропроцессора «80386», применение которого позволит решать с помощью персональных ЭВМ задачи с тем же уровнем сложности, что и с помощью крупных и мини-ЭВМ, и повысит производительность персональных ЭВМ почти в четыре раза.

Новый микропроцессор выполняется в виде одного кремниевого микроузла, содержащего около 275 тыс. транзисторов, и имеет быстродействие 3—4 млн. команд в секунду (у 16-разрядного микропроцессора «80286» быстродействие составляет 2 млн. команд в секунду).

Новый микропроцессор может работать с операционной системой «М-О», что позволит использовать большое количество машинных прикладных программ. Так, по одной из оценок не менее, чем в одной трети общего объема сбыта персональных ЭВМ, составляющего 10—15 млн. штук, используются микропроцессоры фирмы Intel, а владельцы этих персональных ЭВМ закупили средства программного обеспечения на сумму около 6 млрд. долларов.

Fortune (США),
т. 113, № 12, 9.VI. 1986, стр. 69.

В Японии разработана микросхема памяти емкостью 16 Мбит.

На кремниевой пластинке размером 8,9 на 16,9 мм можно записать текст объемом 64 газетных полосы. Эта микросхема, сообщает агентство Киодо Цусин, содержит около 40 млн. транзисторов, конденсаторов и других элементов.

Считают, что в недалеком будущем появятся интегральные схемы с микросхемами памяти емкостью 64 Мбит.

*«Известия»,
14 марта 1987 г.*

В США разработан 16-разрядный микропроцессор «Am29C117», выполняемый на дополняющих МОП-структурах и взаимозаменяемый по конструкции и исполняемым функциям с микропроцессором «Am29117» на биполярных транзисторах.

Новый микропроцессор с микропрограммированием имеет поточную структуру со специализированными входами-выходами, повышающими производительность благодаря исключению задержек на ввод-вывод данных через основную шину. Универсальность его применения обеспечивают микропрограммирование, наличие регистра карусельного типа, 32 рабочих регистров, трехходового арифметическо-логического блока и шифратора приоритетных кодов. 16-разрядный регистр карусельного типа способен с помощью одной команды обеспечить сдвиг на 15 разрядов, что позволяет микропроцессору выполнить логическую операцию за один рабочий такт.

Микропроцессор изготавливается по технологии с минимальным размером элементов 1,6 мкм и с двумя слоями металлических межэлементных соединений и имеет длительность рабочего такта 125 нс (у его биполярного аналога она составляет 100 нс). Предназначается он для практического применения в графических конструкторских комплексах, контроллерах накопителей на магнитной ленте и ЗУ на магнитных дисках, технике цифровой связи, анализаторах, контроллерах связанных шин и военной технике.

*Electronics Weekly (Англ.)
№ 1330, 1986, стр. 25.*

Фирма Эдвандс майкро дивайсиз разработала 8-разрядный микропроцессор «80C31», взаимозаменяемый с

аналогичным микропроцессором фирмы Intel и представляющий собой вариант микропроцессора «8051АН» на *n*-канальных МОП-структурах, но изготовляемых без ПЗУ на дополняющих МОП-структурах, что при тактовой частоте 12 МГц обеспечило снижение расходуемой мощности на 75%.

В состав этого микропроцессора входят ЗУ с произвольной выборкой емкостью 128 байт, 32 программируемых канала ввода-вывода, структура двухуровневого прерывания, дуплексный канал последовательного ввода-вывода и синхрогенератор с соответствующими схемами. Расходуемая микропроцессором мощность в рабочем и дежурном режимах составляет соответственно 200 мВт и 300 мкВт.

Микропроцессор изготавливается в виде микроузла в пластмассовой или керамической упаковке с 40 двухрядными штырьковыми выводами или в пластмассовом кристаллодержателе с 44 выводами. Он найдет применение в портативных ЭВМ, а благодаря высокому запасу по помехоустойчивости — в радиоаппаратуре, измерительной технике и автомобильном оборудовании.

Electronics Weekly (Англ.)
№ 1331, 3.IX 1986, стр. 17.

Фирма Motorola (США) создала 32-разрядный микропроцессор «680030» с быстродействием 8 млн. команд в секунду.

Этот микропроцессор выполняется в виде одного микроузла, содержит 300 тыс. дополняющих МОП-транзисторов с минимальным размером элементов 1,2 мкм и способен исполнять комплекты прикладных программ существующего микропроцессора «68020». В новом микропроцессоре реализована разработанная в Гарвардском университете структура параллельной обработки, используемая в современных крупных ЭВМ.

Electronics Weekly (Англ.)
№ 1334, 24.IX. 1986, стр 3.

Современные логические программируемые матрицы имеют уровень сложности 10 тыс. логических вентилях и выше, что достигнуто, в частности, благодаря переходу на новые бесканальные структуры, а также на технологии, позволяющие изготавливать транзисторы с минимальным размером элементов 1,5—2 мкм.

По оценке специалистов, уменьшение минимального размера элементов до 1 мкм, что предположительно будет достигнуто к концу 1989 г., в сочетании с бесканальными структурами, позволит создать программируемые логические матрицы из 240 тыс. логических вентиляей.

Без учета центрального процессора на матрице с 50 тыс. логических вентиляей может быть целиком выполнена персональная ЭВМ РС, а на матрице с 70 тыс. вентиляей — ПЭВМ АТ. Программируемые матрицы с повышенным уровнем сложности позволят к середине 1987 г. повысить тактовые частоты в крупных ЭВМ и цифровых АТС с 40 до 70 МГц.

Размещают функциональные специализированные устройства в одном из углов (квадрантов) матрицы, что обеспечивает более полное использование площади кремниевой подложки и повышение площади размещения в шесть и три раза соответственно по сравнению с матрицами, использующими канальные и бесканальные структуры.

Бесканальная структура позволяет повысить количество практически задействуемых логических вентиляей в пять раз, и в ближайшие два года такие матрицы займут доминирующее положение, особенно с внедрением трехслойных металлических межэлементных соединений, повышающих вероятность трассировки с существующих 45 до 65%.

*Electronic Design (США),
т. 34, № 24, 16.XI 1986, с. 94.*

ТЕМА следующего выпуска

8

РЕЧЬ И ЭВМ

Под общей редакцией
члена-корреспондента АН СССР
В. И. СИФОРОВА

Научно-популярное издание

МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Библиотечка «Вычислительная техника и ее применение»

Выпуск 7

Главный отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*
Редактор *Б. М. Васильев*
Мл. редактор *Л. В. Бурханова*
Оформление художника *И. А. Емельяновой*
Худож. редактор *П. Л. Храмцов*
Техн. редактор *Т. В. Луговская*
Корректор *В. В. Каночкина*

Сдано в набор 01.04.87. Подписано к печати 27.07.87. Т00615. Формат 84×108¹/₂. Бумага тип. № 1. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,78. Уч.-изд. л. 3,59. Тираж 25 000 экз. Заказ 1602. Цена 20 коп.

Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4.
Индекс заказа 874609.

г. Калинин, Студенческий пер., 28.
Областная типография.

БИБЛИОТЕЧКА

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ



ВЫПУСК 7

Авторы выпуска

ПРАНГИШВИЛИ Ивери Варламович — специалист в области систем управления, вычислительной техники, член-корреспондент АН ГССР, заместитель директора Института проблем управления (автоматики и телемеханики) АН СССР и Минприбора. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

ЗОТОВ Владимир Валентинович — специалист в области вычислительной техники. Автор более 50 научных трудов и изобретений. Лауреат премии комсомола Подмосковья в области науки и техники. Лауреат премии ЦС ВОИР среди молодежи.

КРАСАВИН Евгений Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Специалист в области электроники и вычислительной техники.

СЕРГЕЕВ Сергей Владимирович — инженер по электронике, автор нескольких научных статей в журналах. Специализируется в области АСУ.

КУЛЕШОВА Валентина Ивановна — занимается вопросами применения микропроцессорных устройств для создания средств вычислительной техники.

ЦВЕТКОВ Виктор Яковлевич — кандидат технических наук. Автор 63 научных работ, в том числе 6 изобретений, одно из которых запатентовано в ГДР. Начальник сектора автоматизации института Спецпроектреставрация.

ЖДАНОВ Владимир Сергеевич — доктор технических наук, профессор, председатель секции «Микропроцессорные средства локальной автоматики в гибких автоматизированных производствах» НТО РЭС имени А. С. Попова. Автор более 60 публикаций, имеет одно авторское свидетельство.

МИКРО- ПРОЦЕССОРЫ