

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



8832

Экз. ЧИТ. ЗАЛА

10 - 8832

В.А.Смирнов

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МИКРОПРОЦЕССОРОВ В АППАРАТУРЕ  
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(обзор)

**1975**

10 - 8832

В.А.Смирнов

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
МИКРОПРОЦЕССОРОВ В АППАРАТУРЕ  
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

(обзор)

Направлено на 8 Международный симпозиум по ядерной  
электронике. Дубна, 1975



## 1. Введение

Микропроцессор - это первая большая интегральная схема /БИС/ общего назначения<sup>1/</sup>. Микропроцессор заполняет промежуток в спектре логических функциональных устройств, который начинается с класса калькуляторов с фиксированными программами и завершается мини-ЭВМ<sup>3/</sup>. Микропроцессор - это законченное устройство обработки данных, подобное процессору ЭВМ, и лишь благодаря ему стал реальностью принцип распределенной вычислительной мощности. Микропроцессоры заменяют аппаратные средства программным во всех случаях, когда не требуется разработка системы со сверхвысоким быстродействием. Для создания работоспособной системы, кроме БИС микропроцессора, необходимо для хранения данных использовать еще оперативное запоминающее устройство /ОЗУ/, постоянное запоминающее устройство /ПЗУ/ для хранения кодов управляющей программы. Вместо ПЗУ часто используется программируемое ПЗУ /ППЗУ/.

Используя программную логику, можно сконструировать логическое устройство произвольной конфигурации, построенное из большого числа обычных логических интегральных схем /ИС/, всего на нескольких БИС. Последовательность работы такого устройства и его выходные сигналы будут определяться командами, загруженными в ЗУ, а не соединениями между ИС. Если бы микропроцессоры с используемой в них программной памятью обладали достаточно высоким быстродействием, то они смогли бы вытеснить всю логику, реализуемую аппаратными средствами.

Последовательности команд программ, которые хранятся в ЗУ, служат функциональным эквивалентом логических цепей, выполняемых обычно на вентилях и триггерах. При оценке эффективности такого рода замены разработчики применяют эмпирическое правило, по которому для замены одного логического вентиля необходимо использовать от 8 до 16 разрядов ЗУ. В табл. 1

Таблица 1  
Число интегральных схем, заменяемых с помощью ПЗУ

Размер ПЗУ, разряд	Число, заменяемых логических вентилях	Число, заменяемых ИС
2048	128-256	13-25
4096	256-512	25-50
8192	512-1024	50-100
16384	1024-2048	100-200

приводятся данные о числе ИС, которое может заменить ПЗУ в одном корпусе. Предполагается, что в среднем одна ИС содержит 10 вентилях. Вентильные цепи состоят из логических элементов: И, ИЛИ, НЕ. Сочетания их входных сигналов и логическая структура выбираются таким образом, чтобы получить результат работы системы. Эти функции с применением в системе микропроцессора реализуются тремя основными программными операторами: МАСКИРОВАНИЕ, СРАВНЕНИЕ и ПЕРЕХОД. По команде МАСКИРОВАНИЕ из последующих операций исключаются некоторые разряды оператора, которые почему-либо нежелательны. Команда СРАВНЕНИЕ производит проверку на совпадение операнда с другим двоичным кодом. Команда ПЕРЕХОД обеспечивает передачу управления от выполняемой в программе последовательности команд к другой последовательности, которая исполнит желаемое действие, как результат сравнения.

## 2. Характеристики микропроцессоров<sup>/2/</sup>

Выпускаемые в настоящее время микропроцессоры можно подразделить на три класса. Первые микропроцессоры строились на основе технологии р-канальных МОП-транзисторов. К ним относятся Intel 4004 и Rockwell PPS-4. Затем появились 8- и 16-разрядные р-канальные процессоры, которые можно считать расширенными вариантами первоначальных 4-разрядных устройств<sup>/6/</sup>. Наиболее распространенными микропроцессорами последнего типа являются Intel 8008 National GPC/P<sup>/11/</sup>. К третьему новейшему классу относят n-канальные 8-разрядные микропроцессоры<sup>/4,5/</sup>, такие как Intel 8080, Motorola M6800, Signetics PIP2650. N-канальная технология позволяет разместить на одном процессорном кристалле большее число логических запоминающих структур и обеспечивает работу с высокой скоростью от 5-вольтовых источников питания. Фирма RCA объявила о создании опытного образца на К/МОП приборах, который может работать от любого источника питания с выходным напряжением от 6 до 15 В. Он обладает высокой помехозащищенностью и рассеивает мощность на микроваттном уровне.

Для большинства применений микропроцессоров наиболее важными являются следующие характеристики<sup>/9,10,15/</sup>: быстродействие, количество команд, способы адресации, возможности прерывания и число внутренних регистров /см. табл. 2/. Значение быстродействия - для тех применений, где оно требуется, - очевидно.

Широкий набор команд расширяет сферу применения микропроцессоров, повышает эффективность использования памяти и облегчает программирование. Все способы адресации: прямой, косвенный, относительный, индексный - важны для увеличения эффективности программирования и вместе с большим числом внутренних регистров уменьшают требуемый объем памяти.

На рис. 1а показана блок-схема типичной процессорной системы и рассматриваются основные части этой системы. ПЗУ используется для хранения как микропрограммы, так и постоянных программ. Микропрограм-

мы определяют выполнение таких сложных макрокоманд, как СЛОЖЕНИЕ, УМНОЖЕНИЕ и т.д. ОЗУ используется для хранения макрокодов программ пользователя и данных. Емкости ПЗУ и ОЗУ могут изменяться в зависимости от требований пользователя, но не должны превышать некоторой максимальной величины /см. табл. 2/.

Таблица 2  
Характеристики микропроцессоров

	Intel 4004	Intel 8008	Intel 8080	AMI 7300	Rockwell PPS-4	National GPS/P	Motocola M6800	Toshiba TLCS-12	Signetics PIP 2650	RCA**
Длина слова, разряд	4	8	8	8	4	4	8	12	8	8
Число команд	45	48	74	150	50	43	72	128	75	25
Формат команды, разряд	4 и 8	8, 16 и 24	8, 16 и 24	24	8	23	8, 16 и 24	29	8, 16 и 24	
Объем памяти	4кx8 1280x4	16кx8 16кx8	64кx8 64кx8	512x24 64кx16	16кx8 8кx4	100x23 65x4	1кx8 64кx8	16кx12 16кx12	32кx8 32кx8	64кx8 64кx8
Возможность прерывания	нет	да	да	нет	нет	да	да	да	да	да
Арифметические операции	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.	парал.
Регистры	16x4	6x8	6x8	49x8	2x4	7x4	4x8	8x12	6x8	
Время выполнения команды, мксек	10,8	7,5	2	4	5	1,4	3	7-10	5	6

х Первая строчка - объем памяти ПЗУ, вторая - ОЗУ.  
хх Разрабатывается.

Схема управления в/в предназначена для связи с внешними устройствами. При выборе микропроцессора необходимо обращать внимание на схему управления в/в, особенно для систем, предназначенных для работы в тяжелых условиях ввода-вывода. И, наконец, сам микропроцессор. Он состоит из следующих функциональных частей: устройство дешифрации и выполнения микрокоманд, регистры, арифметическо-логическое устройство /АЛУ/ и устройство синхронизации работы всех частей. Эти части определяют основные характеристики микропроцессорной системы. Некоторые микропроцессоры выполнены в виде одной БИС, другие распределены на большее число схем /см. рис. 16, в и г/.

Важным фактором в оценке работоспособности микропроцессора является структура шин. Системой общих шин называется система, в которой одни и те же шины используются попеременно для передачи данных, адресов

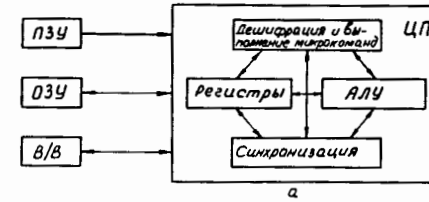


Рис. 1а. Блок-схема типичной микропроцессорной системы.

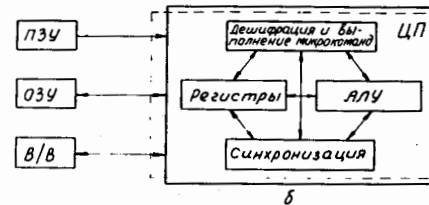


Рис. 16. Конструкция микропроцессора из одной БИС / Intel 4004, 8008, 8080 и Rockwell PPS-4/.

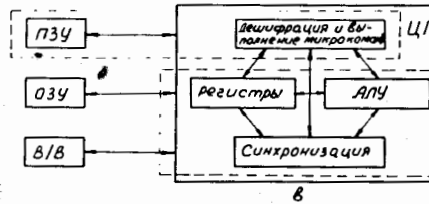


Рис. 16. Конструкция микропроцессора National GPS/P из двух БИС.

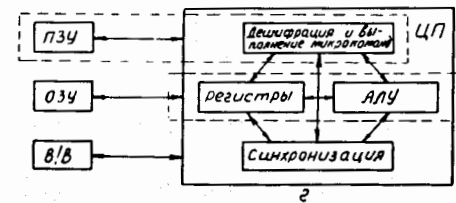


Рис. 12. Конструкция микропроцессора AM17300 из двух БИС, устройство синхронизации распределено между двумя корпусами микросхем.

и сигналов управления. В системе отдельных шин есть, по крайней мере, отдельные шины для адреса и данных. Система отдельных шин используется в микропроцессорах Intel 8080, Rockwell PPS-4 и Signetics PIP2650 и характеризуется относительно большим числом выводов в корпусе микропроцессора.

Структура ввода-вывода микропроцессора должна обладать свойством применимости к различным организациям систем без больших изменений в электронике и матобеспечении.

Для большинства применений микропроцессора существенно использование аппаратного прерывания, которое иногда может значительно упростить программирование.

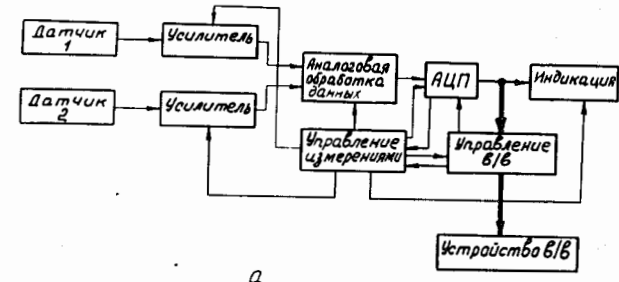
### 3. Применение микропроцессоров для физических исследований

В настоящее время микропроцессоры широко применяются в системах автоматического управления /7,13/, в контрольно-измерительных и вычислительных системах. Микропроцессоры могут применяться для создания управляющей логики большинства приборов и систем, используемых в физических исследованиях.

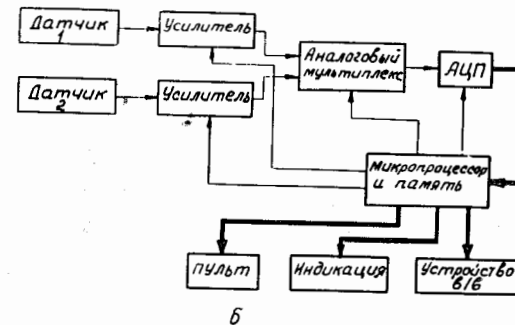
Уже сейчас микропроцессоры берут на себя выполнение многих задач, которые прежде выполнялись мини-ЭВМ. Микропроцессоры хорошо зарекомендовали себя для управления такими терминалами, как дисплей и телегайт /12,16,17/. Фирма Digi Log Systems Inc использует МП для управления регенерационной памятью дисплея, для выполнения операций редактирования /вставки и удаление слов, фраз по приказам, поступающим с клавишного пульта/ /14/. Цифровые вольтметры могут быть запрограммированы на проведение 1000 измерений с последующим воспроизведением среднего значения и стандартного отклонения. Создается осциллограф, у которого большинство ручек и переключателей заменяется клавишным пультом, с помощью которого можно задавать скорость развертки, чувствительность вертикального отклонения и режим работы.

В ядерных исследованиях часто приходится решать задачу выделения пиков в спектрах, набранных на анализаторе. Близко расположенные пики могут плавно переходить друг в друга, что затрудняет определение на глаз их точного положения. Применение микропроцессора в анализаторах позволит автоматически выделять пики и величину их размытия.

На рис. 2 показаны типичные схемы устройств обра-



а



б

Рис. 2. Типичная схема устройства обработки аналоговых сигналов.

ботки амплитуды сигналов /8/ с датчиков 1 и 2 аналоговым /а/ и цифровым способом /б/. Подобные схемы часто приходится реализовывать для измерения параметров ускорителей. Главной особенностью варианта схемы /см. рис. 2а/ состоит в том, что вся обработка, включая и

арифметические операции, выполняется до преобразования в цифровую форму. При этом необходимы в большом количестве логические схемы для управления процессами измерения, индикации и для управления устройствами сопряжения со всевозможной аппаратурой, с которой прибор может быть связан в системе. В противоположность этому, в варианте схемы /см. рис. 2б/ с управлением от микропроцессора данные преобразуются в цифровую форму как можно ближе ко входу, и вся обработка сигналов производится цифровыми методами. В данном случае применение одного микропроцессора дает возможность производить обработку сигнала, а также управлять всеми операциями, связанными с сопряжением и организацией данных, тогда как ранее для этого требовались сотни TTL ИС.

На рис. 3 показана блок-схема системы автоматического регулирования температурного режима /8/.

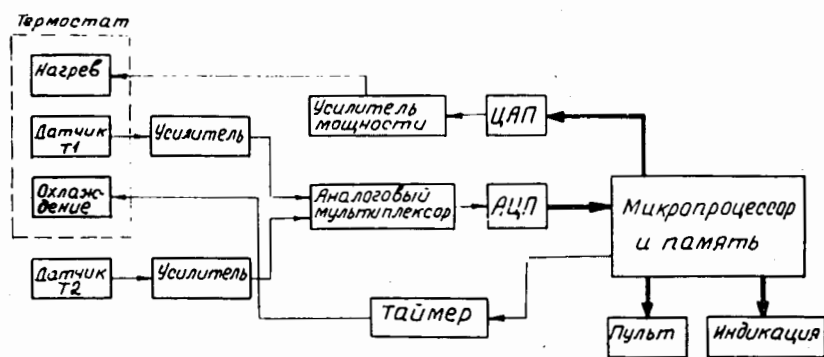


Рис. 3. Блок-схема системы автоматического регулирования температурного режима.

В этой системе в термостате поддерживается заданная температура, которая детектируется температурным датчиком. Поддержание определенного температурного режима осуществляется с помощью попеременного включения элементов нагрева и охлаждения. Температура может изменяться с пульта, здесь же задаются периоды ска-

нирования для каждого температурного датчика /2-й датчик для измерения температуры вне термостата/. Подобную систему можно использовать для поддержания температурного режима криогенных установок сверхпроводящих магнитов.

Применение микропроцессоров в значительной мере увеличит производительность цифровой электроники в стандарте КАМАК, широко используемой при создании установок для ядерных исследований в крупнейших лабораториях мира. Уже сейчас конструируются контроллеры крейтов и драйверы ветви /18/ с микропрограммным управлением. Применение микропроцессоров в этих модулях управления не только обеспечит микропрограммирование основных команд КАМАК, но и позволит строить автономные системы в стандарте КАМАК, управляемые по заданной программе в ПЗУ.

#### 4. Заключение

В настоящее время ожидается появление микропроцессоров, изготовленных средствами биполярной технологии, а также МОП-технологии на сапфире. У таких микропроцессоров время выполнения одной команды будет лежать в пределах от 50 до 500 нсек по сравнению с  $2 \div 20$  мксек у современных микропроцессоров. В связи с этим появляется возможность широкого применения таких микропроцессоров в высокоскоростных каналах передачи данных с установок физики высоких энергий.

#### Литература

1. Альтман. "Современные достижения в области логических ИС и БИС", *Электроника*, 4, 1974, стр. 25.
2. Глэдстоун. "Проектирование систем на базе микропроцессоров: новые требования к разработчикам". *Электроника*, 21, 1973, стр. 24.
3. Альтман. "Перспективы применения однокристалльных микропроцессоров". *Электроника*, 8, 1974, стр. 26.
4. Янг, Беннет, Лейвелл. "Новое поколение микропроцессоров на основе n-канальной МОП-технологии", *Электроника*, 8, 1974, стр. 35.

5. Матасоси, Сима, Феггин. "Быстродействующий однокристалльный  $n$ -канальный процессор. Электроника 8, 1974, стр. 44.
6. Тадааки Таруи, Кейдзи Намимото и Юкэхару Такахаши. "12-разрядный микропроцессор, близкий по производительности к миникомпьютеру", Электроника, 6, 1974, стр. 50.
7. "Применение микропроцессоров: успехи и перспективы" /обзор/, Электроника, 14, 1974, стр. 24.
8. Вейсбеджер, "Применение микропроцессоров в системах сбора информации". Электроника 18, 1974, стр. 36.
9. Raymond W.Schultz, Raymond M.Holt and Harold L.McFarland., Jr. "A Guide to Using LSI Microprocessors", Computer, No. 6, 1973, p. 13.
10. Theodore A.Laliotis. "Microprocessors Present and Future", Computers, No. 7, 1974, pp. 20.
11. Goerge Reiling, Jr. "Considerations in Choosing a Microprogrammable Bit-Sliced Architecture", Computer, No. 7, 1974, p. 26.
12. Joseph R.Herr, "Microprocessor Design for Intelligent Point of Sale Terminals", Computer, No. 7, 1974, p. 30.
13. Richard J.Clarc. "A Microprocessor Controlled Electronic Distance Meter", Computer No. 8, 1974, p. 41.
14. L.C.Cropper and J.W.Whiting. "Microprocessors in CRT Terminals", Computer No. 8, 1974, p. 48.
15. "Microprocessors and Their Applications" (part 1), RE/Systems Engineering Today No. 11, 1973, p. 85.
16. "Microprocessors and Their Applications" (part 2), EE/Systems Engineering Today No. 12, 1973, p. 61.
17. "Microprocessors and Their Applications" (part 3), EE/Systems Engineering Today No. 1, 1974, p. 75.
18. Lavon R.Biswell. "A Microgrammed Branch Driver for a PDP-11 Computer", CAMAC Bulletin, No. 5, 1972, p. 21.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 апреля 1975 года.