

(Продолжение, начало № 4/2001)

# Микроконтроллеры? Это же просто!

## Двоичные и шестнадцатеричные коды

Приведенной выше информации по цоколевке и назначению выводов вполне достаточно для рассмотрения первых примеров. Однако прежде, чем перейти к ним, нам необходимо познакомиться с некоторыми особенностями записи программ и чисел.

При написании программ нам с вами придется пользоваться так называемыми двоичным и шестнадцатеричным представлением чисел. Поначалу привыкнуть к ним довольно трудно. Но после привыкания числа в двоичном и шестнадцатеричном представлении дают вам при анализе и написании программ гораздо больше информации, чем привычные десятичные числа.

В двоичном представлении числа записываются при помощи всего двух цифр – 0 и 1. Числам 0 и 1 в двоичном представлении соответствуют, как и обычно, цифры 0 и 1. А вот с двойкой уже иначе – число 2 в двоичной системе записывается как 10В (буква В на конце служит признаком того, что число записано в двоичном представлении; просто 10 без буквы на конце или 10D – это десять, а 10В – это двойка).

Почему двойка в двоичном представлении записывается таким образом? Да вот почему. В обычной арифметике для первых десяти чисел (от нуля до девяти) есть десять цифр – 0, 1, 2, ..., 9. Для следующего числа, десятки, самостоятельной цифры уже нет. Поэтому для нее мы снова используем самую младшую цифру 0, но ставим слева перед ней цифру 1 – число становится двузначным. Так и с двойкой в двоичном представлении – на ноль и единицу есть свои цифры, а на двойку уже нет (напомним, есть только цифры 0 и 1). Поэтому, как и десятка в обычном представлении, двойка в двоичном представлении записывается при помощи младшей из двух возможных цифр – 0, слева перед которым ставим 1.

Тройка в двоичной системе представляется как 11В – это очевидно, 11 – это число, на 1 больше, чем 10. А вот число четыре двумя цифрами в двоичной системе не представит. Действительно, 00В (или 0В) соответствует нулю, 01В (или 1В) соответствует единице, 10В соответствует двойке, 11В – тройке, а пятого двузначного числа, используя только цифры 0 и 1, записать нельзя. Как быть? Элементарно. Коль скоро все двузначные числа кончились, четверка будет трехзначной, причем правые две цифры должны быть нулями, а крайняя слева – 1. Т. е. четыре в двоичном представлении – это 100В. Пять – соответ-

ственно – 101В, шесть – 110В, семь – 111В. Для восьмерки и трех цифр уже не хватает – значит, она должна быть четырехзначной, три правых цифры – нули, крайняя слева какая? Правильно, 1. Итого, восемь – это 1000В.

Надеюсь, принцип представления чисел в двоичной системе я вам объяснил. Если нет – вам придется обратиться к литературе [3]. Ну а чтобы легко переводить числа из двоичного представления в десятичное и наоборот, проще всего использовать стандартную программу "Калькулятор" из Windows (кнопка "Пуск" – меню "Программы" – меню "Стандартные" – "Калькулятор"). Запустив "Калькулятор", щелкните мышью заголовок меню "Вид", выберете "Инженерный". Слева над цифрами вы увидите форму представления числа – Нех (шестнадцатеричное, это у нас впереди), Дес (обычное десятичное, оно всегда выбрано при первом запуске программы Калькулятор), Oct (восьмеричное, мы им не будем пользоваться) и Bin – двоичное или бинарное (отсюда и буква В на конце обозначения двоичных цифр). Выбрав Дес – десятичное, и набрав 8, нажмите мышкой на Bin – и вы увидите на экране 1000 (не забудьте, что это – 1000 в системе Bin, т. е. 1000В). Не выходя из системы Bin, наберите 11000011 и перейдите в Дес – вы увидите на экране 195, т. е. числу 11000011 в двоичной системе соответствует 195 в привычной нам десятичной. И так далее...

В шестнадцатеричном представлении числа записываются при помощи 16 цифр. Десять из них вам хорошо знакомы – 0, 1, 2, ..., 9. В качестве остальных шести цифр используют (не удивляйтесь!) буквы А, В, С, D, E, F. То есть для числа десять есть своя цифра (А), для числа одиннадцать – цифра В, для числа двенадцать – цифра С, для числа тринадцать – цифра D. Числам четырнадцать и пятнадцать соответствуют, как вы уже догадались, цифры E и F. А вот для числа шестнадцать цифр уже нет, поэтому его, как и двойку в двоичном представлении, запишем в виде младшей цифры – 0, перед которой поставим цифру 1: таким образом, число шестнадцать – это 10Н. Буква Н в конце обозначает, что число записано в шестнадцатеричной системе счисления (Нех). Переводить числа из нее в десятичную систему и обратно можно с помощью все того же Windows-Калькулятора. Например, 112ВН – это 4395 десятичное, а 8190 десятичное – это 1FFЕН (не поленились, проверьте!).

Зачем все это нужно? Память микроконтроллера AT89C1051 содержит 1024 ячейки, AT89C2051 содержит 2048 ячеек, AT89C51 – 4096 ячеек, а AT89C52 – 8192 ячейки. В шестнадцатеричном представлении это будет соответственно 400Н, 800Н, 1000Н, 2000Н. Для процессора 8086, на котором собирались первые IBM-PC, допустимо использование памяти объемом 1048576 ячеек, или 100000Н. Согласитесь, что в шестнадцатеричном представлении приведенные цифры легче запоминаемы.

А теперь вернемся чуть-чуть назад, к фрагменту памяти программ, который мы анализировали в первом разделе. Обычно адреса ячеек и коды команд представляются именно в шестнадцатеричной, а не в десятичной системе счисления. В Нех-представлении этот фрагмент будет выглядеть следующим образом (рис. 4).

На самом деле это ровно то же самое, что было приведено на рис. 1 (проверьте при помощи Windows-Калькулятора). И хотя подобная запись несколько менее привычна, нам придется привыкать к таким записям. Дело в том, что программа ассемблер, о которой мы раньше уже упоминали, и которая преобразовывает написанные нами команды в понятные микроконтроллеру коды, все "результаты своей деятельности" выводит в соответствующие файлы именно в шестнадцатеричном представлении.

## Краткие выводы

Итак, подведем первый итог. Микроконтроллеры представляют собой микросхемы, которые всего-навсего "от корки до корки" выполняют программы, занесенные в них программистами. Последние, зная, что из себя представляет микроконтроллер, а также то, как и какие команды он может выполнить, составили и отладили программы (последовательность этих самых команд), оттранслировали их при помощи ассемблера и занесли их в микроконтроллеры при помощи специальных программаторов. Подобный программатор вы должны либо найти у кого-то из знакомых, либо приобрести на Митинском рынке или в одной из фирм, рекламирующихся в журнале "Компоненты и Технологии". Стоить от может от 15...20 до 200...400 у. е., в зависимости от его универсальности. Ни в коем случае не приобретайте программатор, не убедившись в том, что он "шьет" интересные нас микроконтроллеры (в частности, фирмы Atmel семейства AT89 – AT89C1051, AT89C2051, AT89C51, AT89C52; они самые доступные и дешевые). Для начала, конечно, лучше не по-

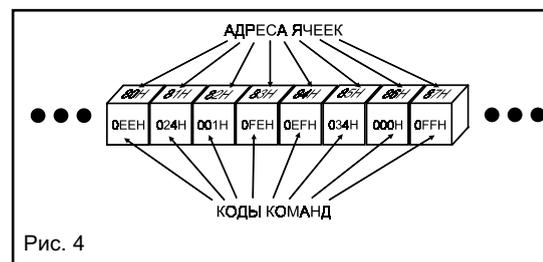


Рис. 4

купать, а найти программатор у кого-либо из знакомых. Чаще всего эти люди к тому же смогут вам что-то подсказать при совершении вами первых шагов, что отнюдь не лишне для начинающих.

У большинства МК память программ (ПЗУ) находится на кристалле и состоит из нескольких тысяч ячеек. Содержимое их не изменяется при включении/выключении питания. В каждой ячейке хранятся коды команд. Они представляют собой числа от 0 до 255 (в двоичной системе – от 0000000В до 1111111В). Каждой команде соответствует свое число (корректнее сказать – код). При включении питания МК один за другим читает эти коды, осуществляет их дешифрацию, а затем выполняет дешифрованные команды. Первой выполняется команда, код которой расположен в самой первой ячейке памяти программ, имеющей нулевой адрес.

Помимо памяти программ, на кристалле расположена и память данных (ОЗУ). В отличие от первой, при выключении питания содержимое ее теряется (искажается). Информация из памяти данных может быть не только прочитана микроконтроллером, но и изменена (т. е. осуществляется запись данных в ОЗУ).

К некоторым ячейкам ОЗУ МК может обращаться (читать и записывать информацию) при помощи коротких быстройполных команд. Такие ячейки называются регистрами. При выключении питания содержимое их также теряется.

Стандартные микроконтроллеры семейства x51 выпускаются преимущественно в 40-ногих DIP-корпусах. К ножкам 18 и 19 обычно подсоединяют кварцевый резонатор с частотой от 1 до 12 МГц. Для корректного запуска МК при включении питания вход сброса 9 через конденсатор соединяют с шиной питания, а через резистор – с общим проводом. С шиной питания через 20-килоомный резистор нужно соединить также ножку 31.

32 ножки микроконтроллера организованы в четыре 8-разрядных порта ввода/вывода. Все линии одного и того же порта в схемотехническом исполнении совершенно идентичны. В схемотехнике разных портов есть небольшие различия. Каждая линия каждого порта независимо от остальных может работать как на вывод информации (как выход, устанавливающийся в нулевой или в единичный уровень), так и на ввод (как вход). В последнем случае при запуске микроконтроллера написанная вами программа должна занести в выходной триггер этой линии единичку, иначе возможен конфликт на линии.

На этом первое знакомство с микроконтроллером будем считать законченным. Оно ужасающе поверхностно – приведенная выше информация, наверное, составляет лишь один-два процента от того, что знает профессионал среднего уровня. Но и этого уже достаточно, чтобы начать знакомиться с тем, как на практике работают схемы с микроконтроллерами, как пишутся программы, транслируются, заносятся в микроконтроллеры, отлаживаются. На конкретных примерах мы посмотрим, как заставить МК работать с реальным АЦП, как организовать вывод информации из микроконтроллера на семисегментный индикатор, ввод ее в МК с клавиатурной матрицы. Этому будут посвящены следующие две главы. Разобравшись с ними, вы сможете сделать первые шаги в самостоятельной разработке системы на микроконтроллере.

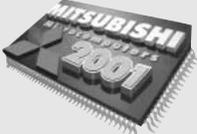
**Александр Фрунзе,**  
alex.fru@mtu-net.ru

**Литература**

1. А. Фрунзе, С. Хоркин. *Однокристалльные микро-ЭВМ. – Радио, №№ 8–12, 1994, №№ 1–3, 1995.*
2. В. Я. Нерода, В. Э. Торбинский, Е. Л. Шлыков. *Однокристалльные микроЭВМ MCS-51. Архитектура. – М., изд. Диджитал Компонентс, 1995, с. 164.*
3. Р. Токхайм. *Микропроцессоры: курс и упражнения. Пер. с англ. – М., Энергоатомиздат, 1988, с. 336.*
4. В. В. Сташин, А. В. Урусов, О. П. Мологонцева. *Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах. – М., Энергоатомиздат, 1990, с. 224.*

Продолжение следует

**www.platan.ru** ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ  
**ПЛАТАН** ВАШЕГО УСПЕХА

**MITSUBISHI ELECTRIC**  **International Rectifier**

**Infineon** **EPCOS** **Honeywell** **BOURNS** **MOTOROLA** **intersil** **mulata** **CRYDOM** **DATA vision** **Kingbright**

**Семейство высокопроизводительных 16-ти разрядных микроконтроллеров M16C62**

- высокоэффективное ядро, программная совместимость внутри семейства, 91 команда, тактовая частота 16МГц
- 128к...256к ROM (наличие Flash версии), 3к...20к RAM
- прямая адресация до 4М внешней ROM и 128к SRAM без подключения дополнительных элементов
- наличие встроенного контроллера ПДП и встроенного аппаратного умножителя
- АЦП 8 или 10 каналов по 10 бит , ЦАП 2 канала по 8 бит
- программирование по RS-232C
- до 87 линий программируемого ввода/вывода
- 5 выходных и 6 входных 16-битных таймеров
- 3 UART и 2 синхронных последовательных канала
- версии с CAN контроллером (M306N0FCFFP)
- наличие бесплатного ПО, включающего C+ компилятор

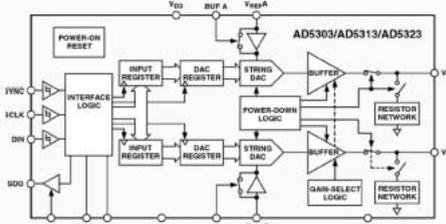
Наименование	Память		Порты вв./выв	Улит.-В	Тип памяти	Корпус
	ПЗУ кб	ОЗУ кб				
M30620ECFP	128	10	87	2,7-5,5	OTP	100P6S-A
M30620ECFS	128	10	87	2,7-5,5	EPROM	100D0
M30620SFP	0	10	47	2,7-5,5	ROMLESS	100P6S-A
M30621ECGP	128	10	87	2,7-5,5	OTP	80P6S-A
M30622ECFS	128	5	87	2,7-5,5	EPROM	100D0
M30622ECGP	128	5	87	2,7-5,5	OTP	100P6G-A
M30622SFP	0	3	47	2,7-5,5	ROMLESS	100P6S-A
M30624FCGP	256	20	87	3,3	FLASH	100P6G-A
M30624FGLGP	256	20	87	3,3	FLASH	100P6G-A
M306N0FCFFP	256	10	87	5	FLASH	100P6S-A

121351, Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, к. 1, стр.2  
тел./факс: (095) 73-75-999

Почта: 121351, Москва, а/я 100  
E-mail: mitsubishi@platan.ru

**ARGUSSOFT** ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ  
Департамент Микроэлектроники ОФИЦИАЛЬНЫЙ дистрибьютор фирм :

**ANALOG DEVICES** Недорогие экономичные ЦАП серии AD53xx  
t = -40°...+125° ток потребления 100мкА/50нА



**TRACO POWER** **AMEL** **BOURNS** **CLARE** **REMtech** **AXICOM** **JE-AN** **HANTRONIX** **Honeywell** **SII** **mulata**

Микросхема	Разрядность, бит	Кол-во ЦАП на корпус	Время установки, мкс (тип)	Интерфейс	Цена в партии от 100 шт. с НДС, USD
AD5300/10/20	8/10/12	1	4/6/8	SPI	2.01/2.73/4.03
AD5301/11/21	8/10/12	1	6/7/8	I <sup>2</sup> C	2.26/3.15/4.76
AD5302/12/22	8/10/12	2	6/7/8	SPI	3.15/3.88/6.85
AD5303/13/23	8/10/12	2	6/7/8	SPI	3.79/4.60/7.26
AD5304/14/24	8/10/12	4	6/7/8	SPI	4.76/5.72/11.21
AD5305/15/25	8/10/12	4	6/7/8	I <sup>2</sup> C	4.76/5.72/11.21
AD5306/16/26	8/10/12	4	6/7/8	I <sup>2</sup> C	5.08/6.04/11.69
AD5307/17/27	8/10/12	4	6/7/8	SPI	5.08/6.04/11.69
AD5330/31/40/41	8/10/12/12	1	6/7/8/8	паралл.	3.15/3.39/5.24/4.85
AD5332/33/42/43	8/10/12/12	2	6/7/8/8	паралл.	4.76/4.85/8.07/7.58
AD5334/35/36/44	8/10/10/12	4	6/7/7/8	паралл.	5.41/6.22/6.45/12.83

ЗАО "АРГУССОФТ Компани"  
Наш адрес : 129085, Москва, Проспект Мира, 95  
Тел. : (095) 217-2487, 217-2519, 217-2505. Факс : (095) 216-66-42 ;  
Интернет : http://www.argussoft.ru, e-mail : components@argussoft.ru