

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОВРЕМЕННЫХ ОДНОКРИСТАЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

С.А. Плахтеев

(представил д.т.н., проф. В.С. Харченко)

Показаны преимущества использования 8 - разрядных RISC - микроконтроллеров серий AT90S и ATmega для построения встроенных систем управления.

В настоящее время среди большого количества типов вычислительных средств, используемых для построения систем управления, все более широкое применение находят однокристалльные микроконтроллеры (МК), что обусловлено их малыми габаритами, низким энергопотреблением, высокой надежностью и низкой стоимостью. Эти качества в сочетании с достаточной вычислительной мощностью позволяют подключать их непосредственно к датчикам в контуре управления и управлять системами в более сложных звеньях управляющих систем.

Для управляющих задач чаще используются 8 - разрядные МК. Производством МК этого класса сейчас занимается много фирм: Intel, MicroChip, Atmel, Phillips, Siemens и др., но серьезного внимания заслуживают МК фирм Intel, MicroChip, Atmel, которые имеют отличные от других концепции в разработке контроллеров. Остальные фирмы производят аналоги МК серии MSC - 51, производства фирмы Intel, которая была исторически первой удачной и популярной серией, только улучшая отдельные показатели.

Каждая из трех передовых фирм имеет широкую номенклатуру МК, которые адаптированы для задач управления и имеют в себе различные наборы узлов хранения и обработки данных, периферийных устройств, необходимых для более эффективного решения этих задач. Поэтому необходимо провести сравнительный анализ по многим параметрам, чтобы определить, какие МК эффективнее использовать для построения систем управления.

В табл. 1 сведены параметры МК производителей: Intel - 8051, 8751; MicroChip - PIC 16C57, PIC16C71; Atmel - AT90S8515, ATmega 603 [1,2]. Выбор микросхем произведен так, чтобы представить каждую фирму мощными моделями, имеющими развитую структуру, и при этом модели

разных фирм были представителями одного класса. Сравним их архитектуру.

МК фирмы Intel - это CISK-процессоры, т.е. они имеют сложную систему команд с различными типами адресации, а следовательно имеют сложное микропрограммное устройство управления, небольшое количество регистров общего назначения (РОН) и операций типа регистр - регистр, которые являются наиболее быстрыми.

Таблица 1

	Intel		MicroChip		Atmel	
	8051	8751	PIC16C57	PIC16C71	ATmega 603	AT90S8414
Система команд	111	111	33	35	121	120
Программная память	4Кx8 ROM	4Кx8 EPROM	1Кx12 EPROM	8Кx14 EPROM	64Кx16 Flash	8Кx16 Flash
Память данных	128 x 8 SRAM	128 x 8 SRAM	80 x 8 REG	36 x 8 REG	4К x 8 SRAM, 2К x 8 EEPROM	256x8 SRAM, 256 x 8 EEPROM
Линий I / O	32 I/O	32 I/O	21 I/O	13 I/O	32 I/O+ 8/I + 8/O	32 I/O
Тактовая частота	3,5..12 МГц	3,5..12 МГц	0..20 МГц	0..20 МГц	0..6 МГц	0..20 МГц
Интерфейс	UART	UART	-	-	UART + SPI	UART + SPI
Режимы пониженного энергопотребления	-	-	Sleep	Sleep	Idle, Power Down, Power Save	Idle, Power Down
Watchdog	-	-	+	+	+	+
Таймер	2x16	2x16	1x8	1x8	1x16	1x8 , 1x16
Защита памяти	-	-	+	+	+	+
Система прерываний	+	+	+	+	+	+
Аналоговый компаратор	-	-	-	-	+	+
АЦП	-	-	-	-	+	+

Вследствие этих особенностей из 111 команд, составляющих систему цикла МК Intel, 64 команды выполняются за 1 машинный цикл, 45 команд - 2 машинных I/O достаточно большой - 12 тактов генератора импульсов синхронизации. Поэтому производительность этих МК полу-

чается низкая - 0,25 - 1 MIPS при достаточно большой тактовой частоте, которая, как видно из таблицы 1, не уступает частотам МК других фирм.

МК фирм MicroChip и Atmel строятся в соответствии с другой архитектурой. Ядро этих МК - это RISK - процессор, т.е. процессор, имеющий простую систему команд, одинаковых по формату и осуществляющих, в основном, операции типа регистр - регистр. Такие процессоры имеют большое количество РОН. Такие особенности архитектуры позволяют выполнять почти все команды, кроме команд программных переходов, за один машинный цикл, и машинный цикл занимает значительно меньше тактов - у контроллеров PIC - 4 такта, у МК Atmel - 1 такт. Поэтому при той же частоте у этих МК производительность будет выше в несколько раз.

Фирма Intel при производстве своих МК использует технологию NMOS, а фирмы MicroChip и Atmel – CMOS - технологию. Эти технологии обе являются МОП - технологиями, но преимущество CMOS состоит в том, что она позволяет использовать пониженные до 2.5 - 2.7 вольт питающие напряжения и при той же рассеиваемой мощности использовать более высокую тактовую частоту. Поэтому, как видно из таблицы 1, контроллеры PIC и Atmel имеют более широкий предел питающих напряжений, могут работать при низких питающих напряжениях, имеют энерго-сберегающие режимы функционирования. Кроме того, PIC и Atmel - полностью статические контроллеры, т.е. они могут функционировать и на частотах, близких к 0 Гц, а это при использовании низких частот в низкоскоростных режимах управления позволяет уменьшить протекающие токи. Вследствие приведенных особенностей эти контроллеры заметно экономичнее МК Intel.

Рассмотренные основополагающие особенности позволяют сделать вывод, что 8 - разрядные МК Intel значительно уступают МК PIC и Atmel в первичных количественных и качественных показателях, не имея также преимуществ во второстепенных. Поэтому исключим из дальнейшего анализа эти МК и проведем сравнение микроконтроллеров PIC и Atmel.

По рассмотренным выше особенностям МК PIC уступают в одном: Atmel, применив более совершенную RISK - архитектуру, добились выполнения практически всех команд за один машинный цикл, равный одному такту генератора, а в PIC - контроллерах команды выполняются за один машинный цикл, но равный четырем тактам. Таким образом, МК Atmel достигает большей производительности на равной частоте.

Система команд МК PIC составляет 35 12- или 14- разрядных (для разных моделей) команд. Система команд МК Atmel состоит из 121 16 – разрядной команды. Большое количество команд у Atmel позволяет сократить длину кода, потому что одни и те же действия выполняются Atmel одной командой, а PIC - несколькими. У МК PIC арифметические и логические операции выполняются с использованием регистра - аккумулятора, а у Atmel – между любыми двумя регистрами, что избавляет от

лишних операций записи в регистр - аккумулятор. У МК Atmel более широкий круг операций с отдельными битами регистров. Эти особенности делают код программы Atmel меньше, чем PIC, а следовательно, она занимает меньше программной памяти, и меньше время ее выполнения.

Для подтверждения проведем сравнительный анализ систем команд Atmel и PIC. Выберем несколько часто употребляемых команд Atmel и сопоставим им команды или блоки команд PIC, выполняющие те же функции (табл.2).

Таблица 2

<b>Atmel</b>	циклов	такты	<b>PIC</b>	слов	циклов	такты
ADC R4,R5	1	1	BTFSC 0x03,0 INCF 0x05 ADDWF 0x04,1	3	3(4)	12(16)
SUB R4,R5	1	1	MOVF 0x04 SUBWF 0x05 MOVWF 0x04	3	3	12
AND R4,R5	1	1	MOVF 0x05 ANDWF 0x04,1	2	2	8
ORI R4,K	1	1	MOVF 0x04 IORLW K MOVWF 0x04	3	3	12
CLR R4	1	1	MOVF 0x04 XORWF 0x04,1	2	2	8
JMP A	2	3	GOTO A	1	2	8
CALL A	2	4	CALL A	1	2	8
CPI R4,K	1	1	MOVLW K SUBWF 0x04	2	2	8
CLR R4	1	1	MOVF 0x04 XORWF 0x04,1	2	2	8

Такое сравнение наглядно показывает преимущество построения и системы команд Atmel, потому что большинство аналогичных операций в PIC требуют выполнения одной или даже более команд пересылок. Сложнее в PIC и организация программных переходов, т.к. у этих МК значительно меньше флагов для работы с результатами арифметических и логических операций. Эти особенности делают систему команд PIC проще для освоения, но менее эффективной для серьезных, требующих оптимизации применений, чем система команд Atmel.

Для хранения программы МК Atmel имеют энергонезависимую Flash - память. МК PIC для этих целей имеет в ранних моделях обычную ROM, в большинстве моделей – EPROM, а в самых последних моделях, чтобы не потерять позиции на рынке, стали включать EEPROM. Это важное преимущество Atmel, т. к. Flash - память перезаписывается напряжениями в рабочем диапазоне МК, а это позволяет производить

внутрисхемное программирование МК, т.е. не извлекая его из схемы, для чего в МК Atmel предусмотрен последовательный SPI - интерфейс, через который можно перепрограммировать память программ МК, например от ПК.

Для перепрограммирования большинства PIC, имеющих EPROM, необходимо извлечение МК из схемы, включение его в достаточно сложный программатор, что значительно усложняет перепрограммирование. В последних моделях используется EEPROM, которая так же, как и Flash, может перезаписываться рабочими напряжениями контроллера, но имеет более сложную структуру, следовательно, дороже и на одинаковой площади кристалла можно разместить меньше ячеек памяти, чем Flash.

Данные у Atmel и у PIC размещаются в небольшой по объему SRAM, но кроме нее Atmel имеет EEPROM для данных, что позволяет сохранять постоянные параметры для работы программы.

Еще важным плюсом в пользу Atmel является большее количество встроенных периферийных устройств. Помимо системы прерываний, таймера - счетчика и Watchdog - таймера (для предотвращения входа программы в "бесконечный" цикл), МК Atmel имеет последовательные интерфейсы SPI и UART, аналоговый компаратор, а мощные модели имеют аналоговый мультиплексор и АЦП, а также систему программной регулировки тактовой частоты. Это делает МК Atmel более приспособленным к задачам управления, не требует дополнительных схем, которые увеличивают объем устройства и понижают его надежность.

Более гибкое функционирование системы, построенной на МК Atmel, позволяет также режимы пониженного энергопотребления, устанавливаемые программно: Idle, Power Save, Power Down. Эти режимы различаются протекающими в них токами и событиями, по которым МК выходит из режима. PIC - контроллеры имеют только один энергосберегающий режим.

В результате анализа МК для применения в управляющих системах проявляется превосходство МК фирмы Atmel, которая благодаря применению передовых решений и технологий вывела свои МК на лидирующие позиции по большинству показателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Однокристалльные микроконтроллеры Microchip: PIC16C5X. Под ред. А.Н. Владимирова. - М: ORMIX, 1996. - 96 с.
2. Описание микроконтроллеров PIC16C7X. Web Site: <http://www.microchip.com>.
3. Описание микроконтроллеров AT90S8515, Atmega 603. - Web Site: <http://www.atmel.com>.