

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ИУС

КУЛИК Ю. В., ПУШКАРЕВ А. Н., РАКОГОН А. В.

Приводится сравнительный анализ характеристик современных микроконтроллеров (МК) фирм Intel, Atmel, Microchip, цель которого – выбор элементной базы специализированных микропроцессорных ИУС. Выбор базового МК осуществляется на основе комплексной методики. Апробация выполняется при разработке специализированной микропроцессорной подсистемы автоматического регулирования частоты (ПАРЧ) вращения вала двигателя дизельного электроагрегата (ДЭА).

В различных отраслях народного хозяйства широко применяются электронные системы. При этом актуальна задача обеспечения их функционирования в аварийных режимах, в том числе в режиме питания от резервных источников, которые должны обеспечить качество электроэнергии на уровне государственных сетей. В настоящее время для мощностей потребления до нескольких тысяч киловатт успешно применяют ДЭА с синхронным генератором. Обслуживание агрегатов осуществляется специализированными ИУС, в функции которых входят управление агрегатом и контроль за параметрами работы дизеля и генератора.

Для обеспечения стабильного значения частоты тока на выходе синхронного генератора ДЭА необходимо обеспечить стабильную частоту вращения вала первичного дизельного двигателя [1,2]. Стабилизация частоты вращения обеспечивается путем точного регулирования подачи топлива в дизель. Существует два пути достижения этой цели: применение прецизионных механических регуляторов и использование электронных регуляторов.

Прецизионные механические регуляторы дороги и трудоемки в изготовлении. Поэтому актуальным становится создание электронного регулятора как ПАРЧ, значительно расширяющего функции взаимодействия с другими подсистемами агрегата.

К ПАРЧ предъявляют высокие требования по обеспечению качества переходных процессов и функционирования агрегата в установившихся режимах. Создание подсистем регулирования частоты вращения вала дизеля на базе микропроцессоров (МП) (или МК) обеспечивает не только возможность повышения качества регулирования частоты вращения, но и удобство адаптации системы к специфике конкретного двигателя.

При разработке новых подсистем такого класса одним из основных этапов является выбор элементной базы. К МП и МК, являющимся элементной базой подобных систем, предъявляются специфические требования, обусловленные необходимостью работы в реальном масштабе времени, такие как быстродействие, объем памяти, частота и т.д.

При модификации системы возникают вопросы адаптации ранее реализованных алгоритмов к новой элементной базе, а также возможность реализации новых функций. Причиной необходимости модификации системы является то, что МК, появляющиеся на современном рынке, обладают лучшими характеристиками по температурному диапазону применения, гораздо более высоким быстродействием, большим объемом памяти программ и данных, более энергоэкономичны.

На современном рынке однокристалльных МК появляются все новые и новые разработки ведущих компьютерных фирм. Развитие этой отрасли обусловлено стремлением существенно снизить аппаратные затраты и стоимость, не проиграв при этом в технических характеристиках.

Для разработчиков систем реального времени определенный интерес могут представлять МК таких фирм как Intel, Microchip Technology, Atmel, Zilog, National, Motorola и других. При анализе семейств МК, предлагаемых этими фирмами, с учетом требований по быстродействию, объему памяти, энергопотреблению и т.д. были выделены следующие семейства микроконтроллеров:

- AT89XX51 фирмы Atmel;
- семейства MCS51 и MCS196 фирмы Intel;
- PIC16\17CXX фирмы Microchip.

При выборе также учитывалось наличие МК отладочного варианта, поскольку при разработке микропроцессорной системы изначально разрабатывается система отладки. Так, фирма Zilog выпускает однокристалльные МК в основном с однократно программируемым ПЗУ.

Рассмотрим более подробно каждое из перечисленных выше семейств.

Контроллеры AT89XX51 фирмы Atmel – высоко интегрированные 8-битные МК, совместимые с MCS-51™ Products фирмы Intel, являющимися полным аналогом отечественной однокристалльной микро-ЭВМ МК 51. Более подробная информация, согласно сведениям, содержащимся в сети Internet, о МК этого семейства приведена в табл. 1.

Для всех приведенных в табл. 1 микросхем семейства AT89XX51 коммерческий температурный диапазон 0 – +70 °С, промышленный температурный диапазон -40 – +85 °С.

Таблица 1

Параметры	AT89C1051	AT89C2051	AT89C51	AT89C52	AT89C55	AT89S8252
Flash (Кбайт)	1	2	4	8	20	8
RAM, байт	64	128	128	256	256	256
On-chip EEPROM	0	0	0	0	0	2К
SPI – интерфейс	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
Таймер-счетчик	1	2	2	3	3	4
Сторожевой таймер	-	-	-	-	-	Да
Аналоговый компаратор	Да	Да	-	-	-	-
Линии ввода/вывода	15	15	32	32	32	32
Линии прерываний	3	6	6	8	8	9
Диапазон напряжения питания, В	2.7 - 6.0	2.7 - 6.0	4.0 - 6.0	4.0 - 6.0	2.7 - 6.0	2.7 - 6.0
Частота	0 - 24	0 - 24	0 - 24	0 - 24	0 - 33	0 - 33
Количество выводов корпуса	20	20	40\44	40\44	40\44	40\44

МК семейства MCS-196 имеют высокую интеграцию с 16-битным центральным процессорным устройством (CPU) и, как минимум, с 230-байтной внутренней оперативной памятью (RAM). Семейство MCS-196 легко управляет высокоскоростными процессами и быстродействующими устройствами ввода-вывода. Типичное применение MCS-196: замкнутые системы управления и цифровая обработка сигналов среднего уровня. Модемы, системы управления двигателями, принтеры, фотокопировальная техника, тормозные системы, системы управления кондиционерами, дисководы и медицинская аппаратура – все это области применения MCS-196.

Все компоненты MCS-196 имеют общую систему команд и архитектуру. Технические характеристики МК приведены в табл. 2 (согласно информации, предоставленной фирмой Квазар-Микро).

Таблица 2

Устройство	Частота, МГц	Объем памяти, байт	Внутреннее ПЗУ\ОЗУ	ИП	Таймеры	Сторожевой таймер	АЦП, канал\ разрядность	РЭС
8X9X	12	64К	8К\232	21	2	1	8\10	-
8X196KB	12\ 16	64К	8К\232	28	2	1	8\10	+
8X196KC	16\20	64К	16К\488	28	2	1	8\10	+
8X196 D	16\20	64	16 К\ 1000	28	2	1	8\10	+
8X196KT (KS)	16	64	32(24К)\ 1512(1256)	28	2	1	8\10	+

В табл. 2 приняты следующие обозначения: ИП - источники прерываний; РЭС - режим энергосбережения.

Для всех приведенных в табл. 2 микросхем 8XC196XX основные рабочие характеристики: коммерческий температурный диапазон 0–+70 °С, расширенный температурный диапазон -40 – +85 °С; напряжение питания 4,5 – 5,5 В.

МК серии PIC 16/17 в зависимости от производительности и функциональных возможностей подразделяются на 3 семейства [3]:

- PIC16C 5X – базовое семейство с 12-разрядными командами;
- PIC16C 6X/7X/8X – расширенное семейство с 14-разрядными командами;
- PIC 17 CXX – высокопроизводительное семейство с 16-разрядными командами.

По сравнению с другими типами МК, семейство PIC обеспечивает исключительную производительность. Архитектура RISC МК PIC устанавливает новый промышленный стандарт: 5 MIPS (миллионов операций в секунду). PIC имеют самое высокое быстродействие по сравнению с большинством наиболее распространенных 8-битовых МК аналогичного класса. Семейство МК PIC16C5X с тактовой частотой 20 МГц, например, обеспечивает более, чем в 4 раза лучшую производительность по сравнению с МК серий ST62 8 МГц фирмы SGS-Thomson, MC68HC05 4,2 МГц фирмы Motorola, 8048/8049 11 МГц фирмы Intel, Z86CXX 12 МГц фирмы Zilog и COP800 20 МГц фирмы National.

Низкая потребляемая мощность, малые габаритные размеры, высокая функциональная интеграция позволяют обеспечить эффективный переход от реализации устройств на жесткой логике к реализации на базе МК.

Контрольные испытания показывают, что применение МК серии PIC позволяет уменьшить время отладки в 1,5-2 раза по сравнению с обычными 8-разрядными МК. МК PIC очень эффек-

тивны для достаточно простых приложений. Система команд семейства PIC 16СХХ включает только 33-35 команд и может быть легко и быстро изучена.

PIC – это полностью статическое устройство, тактовый генератор может быть остановлен без потерь логических состояний. Для помехоустойчивых применений используется сторожевой таймер PIC, выполненный как независимый встроенный RC-генератор, перезапускающий МК при возникновении сбоев.

Технические характеристики МК семейства PIC 16СХХ приведены в табл. 3.

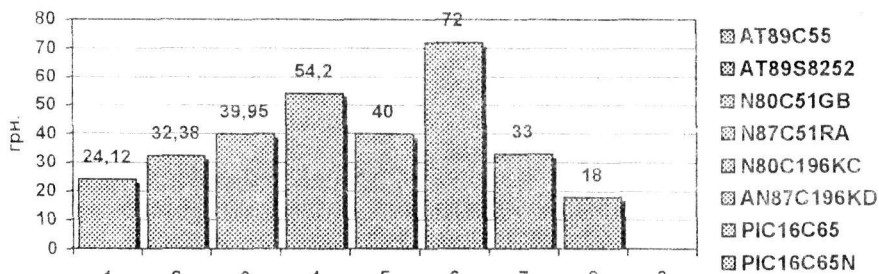
Таблица 3

Устройство	Частота, МГц	ППЗУ, слов	ОЗУ, байт	MT	SP1	8-разрядный АЦП, каналов	ИП	Разряды ввода/вывода
PIC 16C55	20	512	25	TMR0	Нет	Нет	–	12
PIC 16C65	20	4К	192	3	Есть	Нет	11	33
PIC 16C73	20	4К	192	3	Есть	5	11	22
PIC 16C74	20	4К	192	3	Есть	8	12	33

В табл. 3 приняты следующие обозначения: MT – модули таймеров; ИП – источники прерываний.

Основные рабочие характеристики PIC 16СХХ: диапазон рабочих температур $-55 - +125$ °С; напряжение питания 3,0 – 6,0 В.

Наиболее наглядное представление о стоимостном соотношении чипов дает диаграмма, представленная на рисунке. Информация о ценах предоставлена фирмами Квазар-Микро, Делфис и ХарТрейд по состоянию на 01.05.98 г.



Сравнительная характеристика стоимости микроконтроллеров

Выбор МК целесообразно осуществлять с использованием предлагаемой в [4] методики оценки характеристик МК. Согласно методике оценка производится, с одной стороны, по показателям, характеризующим МК как вычислительное устройство, а с другой — по показателям, характеризующим их как интегральную микросхему.

Как вычислительное устройство МК характеризуется следующими параметрами: разрядностью обрабатываемых данных и выполняемых команд; средним временем выполнения команд (производительностью); наличием микропрограммного управления; числом внутренних регистров (РОН, индексных, арифметических вспомогательных); возможностью обеспечения режима прерывания; числом уровней прерывания; типом интерфейса; числом входных и выходных шин и их разрядностью; наличием кросс-ассемблера, трансляторов с языков высокого уровня, программного симулятора, аппаратного эмулятора.

Как интегральная схема (или комплект интегральных схем) МК характеризуется следующими параметрами: типом базовой технологии; средней мощностью, потребляемой схемой; типом корпуса; помехоустойчивостью; нагрузочной способностью; устойчивостью к механическим и климатическим воздействиям, к воздействию проникающей радиации; стоимостью.

Комплексный сравнительный анализ по всем приведенным параметрам, имеющим различную природу и вес, затруднен. Поэтому оценка качества, а соответственно и выбор того или иного типа МК для конкретных применений могут быть проведены ориентировочно. В методике [4] предложено применение весовых коэффициентов, определяющих важность того или иного параметра для потребителя.

Проведем сравнение МП АТ89С8252, MCS 51TM Products (полный аналог отечественной МК51), 8Х196КС семейства MCS 196, PIC16С65. Параметры МК, по которым производится сравнительная оценка, представлены в табл. 4. В последней ее строке приведены весовые коэффициенты b_i для каждого параметра. Эталонным среди всех сравниваемых МК будем называть гипотетический МК, обладающий лучшим (по эмпирической оценке) для каждого параметра значением. Большому численному значению b_i соответствует большая важность параметра.

Предлагаемая в [4] методика модифицирована следующим образом: введены стоимостные параметры, позволяющие учитывать не только стоимость чипа, но и стоимость отладочных средств. Необходимо отметить, что отладка микросхемы может производиться с помощью как аппаратных, так и программных отладочных средств. Аппаратным отладочным средством является эмулятор. Программным средством отладки является симулятор. Микросхема может быть отлажена одинаково эффективно как с помощью эмулятора,

так и с помощью симулятора. Однако эти средства существенно отличаются своей ценой. Например, эмулятор для 51-го семейства фирмы Atmel (по данным фирмы ХарТрейд) стоит от 700 у.е. Программный симулятор для того же семейства стоит в несколько раз дешевле. Для работы с микросхемой также необходим программатор, стоимость которого может быть (по данным фирмы ХарТрейд) от 20 у.е., для семейства PIC – от 180 у.е. для Atmel. Однако в том случае, если микросхема снабжена SPI-интерфейсом, то она может быть запрограммирована без использования программатора. Каждая фирма-производитель МК разрабатывает для своего семейства индивидуальные средства отладки. В табл. 4 в случае наличия в микросхеме SPI-интерфейса параметр стоимости включает в себя стоимость чипа без стоимости программного обеспечения. Цены приведены по состоянию на 01.05.98 г. по данным фирм ХарТрейд, Квазар-Микро, Делфис.

Таблица 4

Серия МК	Значения параметров и относительных показателей									
	Разрядность	P_1	Производительность, млн.оп/с	P_2	Количество линий вв/выв.	P_3	Объем ОЗУ, байт	P_4	Объем ПЗУ, Кбайт	P_5
Эталонный	16	1	5	1	33	1	256	1	8	1
AT89C8252	8	0,5	2	0,4	32	0,9	256	1	8	1
PIC16C65	8	0,5	5	1	33	1	192	0,89	4	0,5
MCS 51	8	0,5	1	0,2	32	0,9	128	0,5	4	0,5
8X196KC	16	1	2	0,4	32	0,9	1К	0,3	16	0,5
b_i	0,1		0,1		0,1		0,1		0,1	

Применяя методику, введем ограничения на весовые коэффициенты

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1, \quad (1)$$

где n – число параметров, по которым ведется сравнение.

Каждому параметру в табл. 4 соответствует значение a_{ij} . Отношение значений каждого параметра эталонного МК a_{i0} образует относительный показатель P_{ij} . ($P_{ij} = a_{ij} / a_{i0}$ в тех случаях, когда лучшему качеству параметра соответствует большее его численное

значение). Параметр качества МК Q_j , учитывающий относительный показатель P_{ij} и весовые коэффициенты b_i , может быть определен из выражения

$$Q_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n [(1 - P_{ij})(1 - b_i)]^2}, \quad (2)$$

где $j=1,2,3,\dots$ – число сравниваемых МК.

Продолжение табл. 4

Серия МПК	Значения параметров и относительных показателей						Q_j	Место в ряду
	Количество таймер-счетчиков	P_6	Стоимость, у.е.	P_7	SPI-интерфейс	P_8		
Эталонный	4	1	16	1	+	1		
AT89C8252	4	1	16	1	+	1	0,71	2
PIC16C65	3	0,7	16,5	0,9	+	1	0,69	1
MCS 51	2	0,5	16	1	-	0	1,39	4
8X196KC	2	0,5	230	0,06	-	0	1,29	3
b_i	0,2		0,1		0,2			

МК, обладающий меньшим численным значением параметра качества, является оптимальным для данных условий применения.

Для приведенных в табл. 4 значений весовых коэффициентов минимальным значением параметра качества обладает МК PIC16C65.

Таким образом, данный МК может быть принят в качестве базового для построения рассмотренной подсистемы специализированной ИУС.

Литература: 1. *Петров Л.К.* Дизельная топливная аппаратура с электронным управлением // Автомобильная промышленность. 1983. №2. С. 37-39.
2. *Крутов В.И.* и др. Электронные устройства управления скоростными режимами транспортных дизелей // Двигателестроение. 1986. № 1. С. 35-37.
3. *Однокристалльные микроконтроллеры Microchip: PIC 16C5X* / Пер. с англ./ Под ред. *А.Н. Владимирова*. Рига: ORMIX, 1996. 120 с.
4. *Микропроцессорные комплекты интегральных схем: Состав и структура: Справочник* / Под ред. *А.А. Васенкова, В.А. Шахнова*. М.: Радио и связь, 1982. 192 с.

Поступила в редколлегию 17.04.98