

ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА MCS[®]96 ФИРМЫ INTEL

Артем Тамазов

В семейство MCS[®]96 фирмы Intel входит более 30 разновидностей микроконтроллеров. Это 16-разрядные быстродействующие ИС высокой степени интеграции, ориентированные на решение задач управления процессами в реальном масштабе времени. Типичные области применения для этих микроконтроллеров — управление двигателями, модемы, безъюзовые тормозные системы, контроллеры жестких дисков, медицинское оборудование.

История MCS[®]96 насчитывает более 12 лет. За это время специалисты фирмы Intel увеличили адресное пространство с 64 кбайт до 16 Мбайт и улучшили быстродействие в 25 раз.

Микроконтроллеры MCS[®]96 фактически стали индустриальным стандартом для 16-разрядных встроенных систем управления, обеспечивая сочетание высоких технических показателей и экономической эффективности. Например, именно благодаря этим микроконтроллерам, установленным в системе управления зажиганием, специалистам концерна Ford удалось существенно снизить потребление топлива, уменьшить выбросы вредных веществ и одновременно повысить скоростные характеристики своих машин.

За то время, что я занимаюсь инструментальными средствами для MCS[®]96 и консультациями по вопросам разработки устройств на их базе, я убедился, что контроллеры MCS[®]96 можно с успехом использовать и для 8-разрядных задач, и для задач, требующих низкого энергопотребления. Однако, как правило, разработчики аппаратуры предпочитают использовать уже хорошо известные микросхемы (обычно это 8051). При этом они зачастую руководствуются не совсем верной информацией о MCS[®]96.

С одной стороны, использование хорошо знакомых микросхем при разработке новых изделий — это проявление рационального инженерного мышления. Такой подход позволяет быстро и с небольшими затратами создавать различные варианты контроллеров, пригодные для решения однотипных задач. Но с другой стороны, каждый разработчик должен понимать, что требования к системам управления непрерывно растут и обязательно настанет момент, когда нужно будет отказаться от устаревшего микроконтроллера и применить более современный.

Многие кристаллы MCS[®]96 напоминают швейцарский нож — они содержат практически все, что может понадобиться при разработке контроллера. Судите сами: АЦП, устройства ввода и вывода импульсных сигналов, несколько

таймеров, ШИМ-генераторы, большое количество обычных портов ввода-вывода, гибкая система прерываний, сторожевой таймер — вот неполный список основных компонентов базовой архитектуры MCS[®]96. Единоразы разобравшись в архитектуре MCS[®]96, инженер получает в свое распоряжение семейство кристаллов, которые с успехом решают сегодняшние задачи и вполне пригодны для решения более сложных задач будущего.

В табл. 1а и 1б приведены краткие характеристики всех основных микроконтроллеров семейства. Отметим, что кристаллы со встроенным ПЗУ бывают либо масочными (то есть программируются прямо на заводе по заказу), либо однократно программируемыми. Многократно программируемые кристаллы с ультрафиолетовым стиранием труднодоступны. Очевидно, фирма Intel планирует выпускать контроллеры с FLASH-памятью. Графа «Цена» приведена только для справки и отражает наилучший вариант для покупателя.

Типичные заблуждения

Я уже упоминал, что считаю психологический фактор одной из основных причин того, что разработчики недостаточно используют MCS[®]96. Поэтому мне кажется очень важным развеять некоторые заблуждения в отношении MCS[®]96, которые, как свидетельствует мой опыт, разделяют многие специалисты, ранее не работавшие с этими кристаллами:

- кристаллы MCS[®]96 сложные, их трудно изучить и освоить,
- по MCS[®]96 трудно найти необходимую информацию, и, кроме того, она на английском языке,
- кристаллы MCS[®]96 слишком дорогие,
- 16-разрядный микроконтроллер MCS[®]96 требует много внешних элементов для нормальной работы,
- микроконтроллер MCS[®]96 потребляет больше энергии, чем более простые 8-разрядные кристаллы.

Казалось бы, это очевидные утверждения. Но так ли это на самом деле?

Кристаллы MCS[®]96 сложные, их трудно изучить и освоить. Это утверждение опровергнуть легче всего. Судите сами: 80C196 имеет всего одно адресное пространство, в котором находятся и инструкции, и данные. Сравните, например, с организацией памяти кристалла 8051: что проще, а что сложнее? Система команд — а здесь уж вам придется мне просто довериться — существенно проще и

удобнее, чем, например, у 8051 или PIC-контроллеров фирмы Microchip.

Конечно, MCS⁹⁶ содержит больше периферийных узлов, чем более простые 8-разрядные микроконтроллеры. Однако каждый из этих узлов не является более сложным. Более того, большое количество встроенных периферийных узлов придает кристаллу MCS⁹⁶ дополнительную гибкость, а это ключ к решению сложных задач простыми средствами.

По MCS⁹⁶ трудно найти необходимую информацию, и, кроме того, она на английском языке. Почему это не так: на отечественном рынке активно работают несколько фирм, занимающихся поставками кристаллов MCS⁹⁶ и инструментальных средств для них. Эти же фирмы обеспечивают разработчиков необходимой информацией, причем зачастую бесплатно. Одна из них выполнила перевод описания базовой архитектуры MCS⁹⁶ и оформила его в виде электронного руководства. Его можно получить бесплатно, нужно только знать, куда обращаться.

Кристаллы MCS⁹⁶ слишком дорогие. Действительно, цены на кристаллы MCS⁹⁶ выше, чем, например, на кристаллы семейства 8051. Однако если сравнить цену на базовый кристалл MCS⁹⁶ и на кристалл с аналогичной периферией и ядром 8051, то окажется, что разница в цене совсем

невелика. Но ведь MCS⁹⁶ обладает намного большей вычислительной мощностью!

Кроме того, следует учитывать и динамику изменения цен. Благодаря развитию технологии, стоимость ИС семейства MCS⁹⁶ падает. Например, в 1990 году кристалл 80C196KB стоил около 22 долларов, а сегодня он стоит уже 12. Отметим также, что фирма Intel выпускает все более мощные кристаллы, а их цена устанавливается в среднем такой же, как и для более старых микроконтроллеров MCS⁹⁶.

16-разрядный микроконтроллер MCS⁹⁶ требует много внешних элементов для нормальной работы. Как специалисту по MCS⁹⁶ мне часто приходится консультировать и по поводу программирования, и по поводу схем включения MCS⁹⁶. И во многих случаях я вижу, что при разработке схемы на базе MCS⁹⁶ разработчики используют весьма сложные технические решения, когда в этом нет никакой практической необходимости. На мой взгляд, это является результатом того, что

- а) подсознательно разработчики уверены, что для MCS⁹⁶ требуется больше внешней обвязки: «ведь кристалл-то сложнее»,
- б) они имеют недостаточно полное представление об архитектуре MCS⁹⁶, о многочисленных способах умень-

Таблица 1а. Основные характеристики микроконтроллеров MCS-96 фирмы Intel

Кристалл	Частота (МГц)/ быстродействие (MIPS)	Адресное пространство	Объем ПЗУ	Количество регистров	Дополнительное ОЗУ (байт)	Количество таймеров	Количество каналов АЦП	Число линий ввода-вывода
8X96BH	12/1	64 К	8 К	232	нет	2	8	48/32
8XC196KB	16/2	64 К	8 К	232	нет	2	8	48/32
8XC198	16/2	64 К	8 К	232	нет	2	4	34/18
8XC196KC	20/2.5	64 К	16 К	488	нет	2	8	48/32
87C196KD	20/2.5	64 К	32 К	1000	нет	2	8	48/32
8XC196KR/KQ	16/2	64 К	16 К/12 К	488/360	256/128	2	8	56/33
8XC196JR/JQ	16/2	64 К	16 К/12 К	488/360	256/128	2	6	41/22
87C196KT/KS	16/2	64 К	32 К/24 К	1000	512/256	2	8	56/33
8XC196JT/JS	16/2	64 К	32 К/24 К	1000	512/256	2	6	41/22
8XC196JV	20/2.5	64 К	48 К	1,5 К	512	2	6	41/22
8XC196MC	16/2	64 К	16 К	488	нет	2	13	53/30
8XC196MD	16/2	64 К	16 К	488	нет	2	14	64/41
8XC196MH	16/2	64 К	32 К	744	нет	2	8	50/27
87C196CA	20/2.5	64 К	32 К	1000	256	2	6	44/23
8XC196NT	20/2.5	1 М	32 К	1000	512	2	4	56/33
87C196CB	20/2.5	16 М	56 К	1,5 К	512	2	8	56/33
8XC196NP	25/3	1 М	4 К	1000	нет	2	нет	32
80C196NU	50/6	1 М	нет	1000	нет	2	нет	32
80C296SA	50/25	6 М	2 К	512	2 К	2	нет	32

Примечания. В параметре «Число линий ввода-вывода» первое значение описывает использование только внутренних ресурсов, второе – использование дополнительной внешней памяти.

В параметре «Объем ПЗУ» первое значение описывает объем ПЗУ, второе – объем дополнительного ОЗУ. Количество регистров зависит от типа микроконтроллера.

шения числа внешних элементов, которые есть в их рас-
поряжении.

Как помочь разработчику в такой ситуации? Делать ра-
боту за него самому или же долго и нудно объяснять прин-
ципы архитектуры MCS[®]96 я не в состоянии, поэтому я
прибегаю к несколько необычному методу. Я произношу
магическую формулу, которую предлагаю и вниманию чи-
тателя: «для построения контроллера на базе MCS[®]96 нуж-
но не больше внешних элементов, чем требуется для 8051».
После того как мне удастся убедить в этом разработчика,
он начинает более внимательно и целенаправленно вчи-
тываться в документацию, а затем сокращает свою схему до
ПЗУ, регистра-защелки и конденсатора...

*Микроконтроллер MCS[®]96 потребляет больше энергии,
чем более простые 8-разрядные кристаллы. Это утвержде-
ние очевидно, более того — оно верно! Так о чем же можно
говорить? Оказывается, есть о чем.*

Кристаллы MCS[®]96 имеют существенно более высокое
быстродействие, чем 8-разрядные микроконтроллеры, и
потребляют больше энергии. Но кристаллы MCS[®]96 изго-
тавливаются по КМОП-технологии. А это значит, что при
понижении тактовой частоты энергопотребление снижа-
ется по практически линейному закону.

Итак, если некоторая прикладная задача может быть ре-
шена при помощи 8-разрядного микроконтроллера, то ее
можно решить и при помощи MCS[®]96, работающего на по-
ниженной тактовой частоте. При этом энергопотребление
MCS[®]96 будет слабо отличаться от потребления 8-разряд-
ного микроконтроллера, работающего на своей номи-
нальной частоте, и может быть даже меньшим. ●

Таблица 16. Основные характеристики микроконтроллеров MCS-96 фирмы Intel

Кристалл	HSIO/EPA	Универсаль- ные после- довательные порты	Синхронные по- следователь- ные порты	Выходы ШИМ	Цена (доллары США)	Примечания
8X96BH	HSIO	1	нет	1	6	Самый дешевый, n-МОП
8XC196KB	HSIO	1	нет	1	10	Первый КМОП-кристалл
8XC198	HSIO	1	нет	1	8	Дешевый вариант KB, 8-битовая шина, 4 канала АЦП
8XC196KC	HSIO	1	нет	3	13	Добавлена память и PTS, улучшено быстродействие
87C196KD	HSIO	1	нет	3	24	Улучшенный KC, нет версий без OTPROM
8XC196KR/KQ	10 EPA	1	1	нет	15	Первые кристаллы с EPA
8XC196JR/JQ	6 EPA	1	1	нет	13	Дешевые версии KR/KQ
87C196KT/KS	10 EPA	1	1	нет	??	KR с увеличенной памятью, нет версий без OTPROM
8XC196JT/JS	6 EPA	1	1	нет	??	JR с увеличенной памятью
8XC196JV	6 EPA	1	1	нет	??	JT с увеличенной памятью и быстродействием
8XC196MC	4 EPA	нет	нет	2	15	Трехфазный генератор для управления электродвигателями
8XC196MD	6 EPA	нет	нет	2	16	Улучшенный вариант MC
8XC196MH	6 EPA	2	нет	2	18	Улучшенный вариант MD с двумя универсальными последовательными портами
87C196CA	6 EPA	1	1	нет	27	Содержит адаптер сети CAN 2.0
8XC196NT	10 EPA	1	1	нет	17	Адресное пространство 1М, много периферии, включая 4-канальный АЦП
87C196CB	10 EPA	1	1	нет	??	Интегрированный CAN 2.0, адресное пространство до 16 Мбайт
8XC196NP	4 EPA	1	нет	3	13	Дешевый кристалл с 1М-адресным пространством, демуль- типлексированной шиной и генератором сигналов CS#
80C196NU	4 EPA	1	нет	3	17	NP с удвоением частоты и поддержкой для DSP-обработки
80C296SA	4 EPA	1	нет	3	??	Новое быстродействующее конвейерное ядро с улучшенной поддержкой для DSP-обработки

Условные обозначения. HSIO, EPA — устройства ввода-вывода импульсных сигналов,

PTS — устройство аппаратного обслуживания прерываний,

OTPROM — однократно программируемое ПЗУ,

CS# — сигнал выборки кристалла,

?? — нет информации.