

# ВОЗДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ РАЗРАБОТКИ НА РЫНОК МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

**Один из непростых вопросов, который регулярно беспокоит практически любого разработчика — какой микроконтроллер (МК) использовать в качестве ядра создаваемой системы? Вопрос выбора контроллера имеет принципиальное значение, поскольку его результат во многом предопределяет не только совокупность возможных технических характеристик будущей системы, но и весь спектр потенциальных проблем, связанных с процессом разработки, производства, реализации и возможных доработок в будущем. В этой статье мы попытались проанализировать отношение отечественных разработчиков встраиваемых систем к различным семействам микроконтроллеров, полагая, что знакомство со своеобразным рейтингом популярности для кого-то будет просто интересно, а кому-то, возможно, и поможет в практической работе.**

**Юрий Зобнин,  
Шота Кобахидзе**

«Фирма Фитон»  
тел./факс: (095) 481-0583,  
PHYTON@phyton.ru  
http:// www.w.phyton .ru

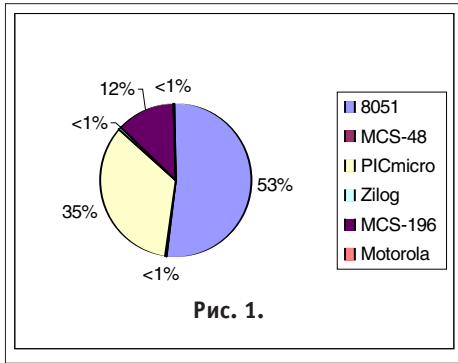
**Н**аиболее общей и объективной характеристикой, отражающей сравнительную популярность различных семейств МК, могло бы служить распределение разрабатываемых устройств, в которых применены соответствующие микроконтроллеры. К сожалению, в настоящее время в нашей стране не существует какого-либо исследовательского центра, который располагал бы достоверной и полной статистикой рынка встраиваемых систем. В западных информационных источниках можно найти данные, отражающие объемы продаж микроконтроллеров различных семейств. Однако подобная информация не позволяет судить о распределении популярности семейств среди разработчиков, поскольку не отражает тиражность различных изделий, да и характеризует она прежде всего тенденции западного рынка. Достоверных данных по объемам продаж микроконтроллеров на отечественном рынке, по понятным причинам, найти не удалось. В этих условиях мы решили воспользоваться собственной статистикой и опытом, накопленными за одиннадцать лет присутствия на отечественном рынке в качестве разработчика и производителя инструментальных средств.

В качестве оценки распределения в современных отечественных встраиваемых системах долей применения микроконтроллеров различных семейств мы решили использовать распределение соответствующих инструментальных средств, приобретаемых отечественными разработчиками. Можно ли судить о популярности того или иного семейства, исходя из сравнительных характеристик числа продаж соответствующих инструментальных средств и, более того, полученных по данным только одного участника рынка? На оба вопроса, как нам кажется, можно дать положительный ответ, исходя из следующих соображений:

- Когда нет или не доступна статистика по интересующему вопросу, вполне допустим подход, когда соответствующая оценка строится по косвенным параметрам.
- Само по себе количество проданных инструментальных средств не позволяет говорить о точном количестве производимых с его помощью изделий. Но, поскольку производительность труда владельцев различных инструментальных средств приблизительно одинакова, связь количества проданных инструментальных средств с числом разработок вполне очевидна.
- Не все разработчики используют инструментальные средства, и не все владельцы инструментальных средств приобрели их в «Фитоне», следовательно, наши абсолютные числа не отражают общего количества разработчиков. Но учитывая то обстоятельство, что среди наших потребителей присутствуют представители всех регионов, всех форм собственности и практически всех уровней профессионального мастерства, можно обоснованно считать, что наша статистика отражает качественные тенденции.

Сразу оговоримся, рассказывая о популярности того или иного семейства, мы далеки от того, чтобы отождествлять эту популярность с превосходством технических характеристик. Далее, в сферу нашего рассмотрения не попали микроконтроллеры с 4- и 32-разрядными ядрами. В нашей статистике не представлены данные по ряду 8- и 16-разрядных семейств. Причин здесь несколько. Для некоторых из этих семейств мы не располагаем инструментальными средствами, соответственно, нет и данных. Мы не стали включать в наш рейтинг микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel, поскольку доступными эти кристаллы стали относительно недавно. Тем не менее по ряду причин, включая их объективно привлекательные технические характеристики и субъективно растущий интерес

к ним разработчиков, с уверенностью можно предположить, что уже в ближайшем будущем это семейство займет свое место в верхних строчках нашего рейтинга.



Итак, статистика продаж инструментальных средств для различных семейств за период времени с января 1997 года по январь 2000 года, представлена на рис. 1. При построении диаграммы учитывались только продажи внутрисхемных эмуляторов, отладчиков и программных симуляторов для соответствующих

семейств. Продажи оценочных плат (плат развития) в расчет не принимались.

Вряд ли кого-либо удивит, что несомненным лидером оказалось семейство 8051.

На наш взгляд, объяснением этому есть ряд причин:

- Появившись одним из первых, обладая удачной архитектурой и удобной системой команд, семейство 8051 стало своеобразной классикой. Большинству разработчиков со стажем оно хорошо известно по отечественному клону микроконтроллера 8051.
- Благодаря разумной и дальновидной политике фирмы Intel, разрешившей клонирование своих кристаллов, последующий ее уход с рынка 8-разрядных микроконтроллеров не привел к каким-либо потерям для потребителя (исключения, разве что, 8xC51GB и 80C152Jx; эти кристаллы не имеют своих точных аналогов среди изделий других фирм). Большое количество производителей (Atmel, Analog Devices, Dallas, Infineon, он же Siemens, Intel, ISSI, Oki, Philips, SST, Temic, Triscend, MHS, LG, Winbond, Silicon Systems и ряд других) не только продолжили

начатое, но и наполнили рынок большим количеством микроконтроллеров с функциональными характеристиками и набором периферийных устройств на любой вкус.

- Популярность семейства во всем мире привела к появлению большого количества фирм-производителей соответствующих кросс-средств и инструментальных средств, в том числе и отечественных.
  - Большое количество конкурирующих производителей неизбежно приводит к снижению цен на кристаллы, в результате чего по показателю «функциональные характеристики/цена» микроконтроллеры семейства 8051 никому явно не уступают.
  - Большое количество производителей и наличие их представителей и дистрибьюторов в России делают микроконтроллеры 51-го семейства легко и широко доступными.
- В различной отечественной периодической литературе описанию этих МК было посвящено много строк. Однако наиболее интересные, на наш взгляд, изделия освещены крайне плохо. К тому же многие разработчики плохо представляют, сколь широк и интересен спектр предлага-

**МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ PHILIPS SEMICONDUCTORS®**

Philips Semiconductors® — лидер по количеству выпускаемых ею модификаций семейства 8051 (их у нее более 100). В состав семейства 8051 от Philips входят микроконтроллеры в корпусах от 24 до 80 выводов, с тактовыми частотами до 40 МГц и напряжением питания от 1,8 В. Основные элементы периферии Philips:

- 10-разрядные АЦП;
- широтно-импульсные модуляторы;
- массивы программируемых счетчиков-таймеров;

- интерфейсы I2C, CAN;
- интерфейсы с процессорными шинами;
- EEPROM и FLASH на кристалле;
- специализированная периферия для телевизионной, видео- и аудиотехники.

Наиболее известные модификации микроконтроллеров фирмы Philips представлены в табл. 1. Более подробную информацию можно получить на Web-сайте Philips: <http://www.philipsmcs.com> или обратившись к авторам.

С 1997 года фирма Philips переводит стандартные микроконтроллеры групп 80C51, 80C52/54/58 и 80C51FX на новую технологию, которую она сама назва-

Таблица 1. Микроконтроллеры с программной памятью типа ROM и EPROM

Обозначение	Макс. частота, МГц	ROM/ EPROM, байт	RAM, байт	Таймеры/ счетчики	Линии ввода/ вывода	Послед. каналы	АЦП, входы/ разр.	Другая периферия, особенности	Напряжение питания, В	Темп. Диапазон, С	Корпус
8xC51(80C31)	33	4К	128	2	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-55..+125	D40, L44, Q44
8xCL51(80CL31)	16	4К	128	2	32	UART	-	10 внешних прерываний	1.8..6.0	-40..+85	D40, L44, Q44
8xCL410	12	4К	128	2	32	I2C	-	10 внешних прерываний	1.8..6.0	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC52(80C32)	33	8К	256	3	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC54	33	16К	256	3	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC58	33	32К	256	3	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51FA	33	8К	256	3+PCA	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51FB	33	16К	256	3+PCA	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51FC	33	32К	256	3+PCA	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51RA+	33	8К	512	3+PCA+Watchdog	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51RB+	33	16К	512	3+PCA+Watchdog	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51RC+	33	32К	512	3+PCA+Watchdog	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC51RD+	33	64К	1024	3+PCA+Watchdog	32	UART	-	2 DPTR, 4 уровня прерываний, clock out	2.7..5.5	-40..+85	D40, L44, Q44
8XC055/145/875	20	16К/12К/8К	256	2	28	-	3	ШИМ 8x8, ШИМ 1x14, OSD контроллер, 128x10 display RAM	5+/-10%	0..+70	D42
8xC451	16	4К	128	2	56	UART	-	Processor Bus Interface	5+/-10%	-55..+125	L68
8xC453	16	8К	256	2	56	UART	-	Processor Bus Interface	5+/-10%	-40..+85	L68
8xC524	20	16К	512	3+Watchdog	32	UART, I2C	-	Уменьшенное EMI	5+/-10%	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC528	20	32К	512	3+Watchdog	32	UART, I2C	-	Уменьшенное EMI	5+/-10%	-40..+125	D40, L44, Q44
8xC550	16	4К	128	2+Watchdog	32	UART	8x8	-	5+/-10%	-40..+125	D40, L44, Q44
8xC552	30	8К	256	3+Watchdog	48	UART, I2C	8x10	ШИМ 2x8	5+/-10%	-40..+125	L68, Q80
8xC562	16	8К	256	3+Watchdog	48	UART	8x8	ШИМ 2x8, только ROM версия	5+/-10%	-40..+125	L68, Q80
8xC575	16	8К	256	3+PCA+Watchdog	32	UART	-	4 аналоговых компаратора, OFD	5+/-10%	-40..+125	D40, L44, Q44
8xC576	16	8К	256	3+PCA+Watchdog	32	UART	6x10	ШИМ 2x8, UPI, 4 аналоговых компаратора, OFD	5+/-10%	-40..+125	D40, L44, Q44
8xCL580	12	6К	256	3+Watchdog	40	UART, I2C	4x8	ШИМ	2.5..6.0	-40..+85	VSO-56, Q64
8xC652	24	8К	256	2	32	UART, I2C	-	-	5+/-10%	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC654	24	8К	256	2	32	UART, I2C	-	Уменьшенное EMI	5+/-10%	-55..+125	D40, L44, Q44
8xC748	16	2К	64	1(16-бит)	19	-	-	Нагрузочная способность выводов -10мА	5+/-10%	-40..+85	D24, L28, S24
8xC749	16	2К	64	1(16-бит)	21	I2C	5x8	ШИМ 8 бит	5+/-10%	-40..+85	D28, L28, S28
8xC750	40	1К	64	1(16-бит)	19	-	-	Нагрузочная способность выводов -10мА	5+/-10%	-40..+85	D24, L28, S24
8xC751	16	2К	64	1(16-бит)	19	I2C	-	Нагрузочная способность выводов -10мА	5+/-10%	-40..+85	D24, L28, S24
8xC752	16	2К	64	1(16-бит)	21	I2C	5x8	ШИМ 8 бит	5+/-10%	-40..+85	D24, L28, S24
8xC754	16	4К	256	1(16-бит)+PCA	11	UART	-	ЦАП 8 бит	5+/-10%	-40..+85	D24, L28, S24
8xC781/782	12	16К	256	3	32	UART, I2C	-	10 внешних прерываний	1.8..6.0	-25..+55	D40, Q44
8xC851	16	4К	128	2	32	UART	-	256 байт EEPROM, нет OTP (только масочная ROM)	5+/-10%	-40..+85	D40, L44, Q44
8xC852	12	6К	256	2	16	-	-	2К EEPROM, Smartcard Controller	5+/-10%	0..+70	S28
8xC592	16	16К	512	3+Watchdog	48	UART, CAN	8x10	ШИМ 2x8	5+/-10%	-40..+125	L68
8xC598	16	32К	512	3+Watchdog	48	UART, CAN	8x10	ШИМ 2x8	5+/-10%	-40..+125	Q80
8xC558	16	32К	1024	3+Watchdog	48	UART, CAN	8x10	ШИМ 2x8	5+/-10%	-40..+125	QFP-80

Условные обозначения корпусов: D — DIP, L—LCC, Q — QFP, S — SSOP, SOIC.

ний по 51-м контроллерам у Philips, Infineon, Triscend, SST и некоторых других фирм. Приводимая в этой статье информация должна восполнить этот пробел.

Хотелось бы заострить внимание наших читателей на том, что представленные ниже характеристики некоторых кристаллов семейства 8051 не следует воспринимать как свидетельство определенной его исключительности или безнадёжного отставания микроконтроллеров других семейств. По крайней мере мы так не считаем. Практически в любом семействе есть множество микроконтроллеров, обладающих не менее привлекательными характеристиками. Более подробно остановиться на характеристиках МК этого семейства мы решили в основном по двум причинам:

- а) чтобы частично восполнить информационный вакуум;
- б) и, по возможности, развеять или опровергнуть те слухи о «закате» и «умирании» семейства, которые иногда циркулируют в среде разработчиков.

По-видимому, лежит бесспорный факт ухода Intel с рынка 8-разрядных микроконтрол-

леров. И этот же факт, похоже, рикошетом трансформируется в слухи об «умирании» MCS-196, хотя никаких официальных заявлений о прекращении выпуска большинства кристаллов MCS-196 пока нет. Тем не менее отсутствие развития и подобные слухи делают рейтинг этого семейства среди отечественных разработчиков относительно невысоким. Хотя, судя по данным ряда зарубежных производителей инструментальных средств, доля продаж инструментария для MCS-196 не свидетельствует о их «умирании».

Говоря о популярности различных семейств микроконтроллеров, нелишне будет сравнить значимость различных факторов, влияющих на популярность среди отечественных и зарубежных разработчиков. Так, по данным исследовательского центра Harbor Research, Inc., полученным в результатах анкетирования и опубликованным в 2000 году, значимость факторов, влияющих на выбор семейства микроконтроллеров для новой разработки, представлена следующим образом (рис. 2).

Что в первую очередь бросается в глаза (и отличает систему приоритетов отечественно-

го разработчика), — это отсутствие фактора «доступность» и сравнительно низкая зависимость от имеющихся инструментальных средств. В наших условиях фактор «доступность» пока еще продолжает играть очень заметную роль. Да и фактор «имеющиеся инструментальные средства» имеет гораздо большее значение, особенно если в это понятие включать и кросс-средства. Не секрет, что большинство отечественных разработок пока не могут похвастать большими тиражами, и поэтому доля стоимости инструментальных и кросс-средств в удельной себестоимости единицы изделия в подобных малотиражных изделиях оказывается большей,

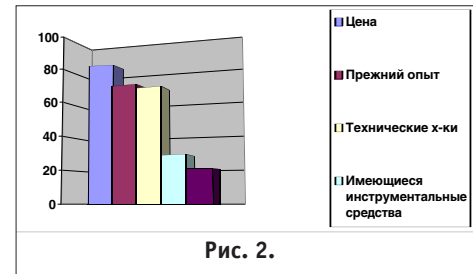


Рис. 2.

ла «New-and-Improved», то есть «Новая и улучшенная». Какие же новые возможности появились у хорошо известных кристаллов после модернизации:

- максимальная тактовая частота увеличена до 33 МГц;
  - расширен диапазон напряжения питания — от 2,7 до 5,5 В;
  - количество аппаратных уровней прерываний увеличено до 4-х;
  - во все кристаллы введена функция программируемого clock-out;
  - UART заменен на улучшенный (enhanced);
  - добавлена функция снижения электромагнитных помех (Lower EMI);
  - добавлен второй DPTR;
  - потребление энергии для питания микроконтроллера снижено на 50 %.
- В сочетании с 3-вольтовым питанием это может дать экономию до 75 % по сравнению с предыдущими образцами;
- снижена цена на 30 %.

Фактически такие новые возможности дают второе рождение старым кристаллам. Проблема для разработчика, однако, состоит в том, что маркировка микроконтроллеров после модернизации не изменилась, из-за чего возможна путаница между старыми и новыми модификациями. Для разъяснения этого вопроса обращайтесь к дистрибьюторам, адреса которых вы можете найти на фирме «Фитон».

Кроме того, фирма Philips® выпустила группу микроконтроллеров, названную RX+. По сути, это дальнейшее развитие группы FX, в которой расширен объем внутреннего ОЗУ (512 байт, 1 Кбайт) и программной памяти (до 64К). Группа RX+ обладает также всеми возможностями, предоставляемыми технологией «New-and-Improved».

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ INFINEON TECHNOLOGIES (SIEMENS)®

Фирма Siemens внесла несомненное своеобразие в развитие семейства 8051. Девиз ее можно, пожалуй, сформулировать следующим образом: «Самые сложные в мире микроконтроллеры 51-го семейства». Действительно, наряду с выпуском стандартных кристаллов, совместимых с 8051 и 8052, Siemens разработала совершенно оригинальные модификации, нашедшие свое широкое применение

в качестве промышленных high-end микроконтроллеров. Отделение полупроводников фирмы Siemens в последние годы развивалось настолько бурно, что в апреле 1999 года было принято решение организовать на базе этого отделения самостоятельную компанию, которая получила название Infineon Technologies.

- Среди наиболее любопытных периферийных разработок Siemens:
- 10-разрядные АЦП;
  - 6-канальный 10-разрядный ШИМ для управления электродвигателями постоянного тока;
  - 29-канальный ШИМ;
  - блок из 8-ми DPTR;
  - аппаратный блок умножения 16x16 и деления 32/16;
  - блок загрузчика программной памяти (Bootstrap).

Совершенствуя технологию производства, фирма Siemens перевела все свои микроконтроллеры 51-го семейства, первоначально использовавшие лицензионное ядро фирмы Intel, на свое собственное ядро, после чего 51-е семейство Siemens сменило свое название и стало семейством C500. Перевод на новую технологию позволил повысить тактовые частоты микроконтроллеров, но, в целом, ядро осталось, по сути, прежним. Все временные характеристики периферии и циклограммы шины адреса/данных полностью соответствуют характеристикам микроконтроллера 8051 фирмы Intel. Более подробную информацию вы сможете найти на Web-сайте: <http://www.infineon.com>.

### Микроконтроллеры фирмы SST

Молодая калифорнийская фирма SST (Silicon Storage Technology) также выбрала ядро микроконтроллера 8051 для внедрения своей уникальной патентованной технологии перепрограммируемой памяти, которую сама фирма назвала SuperFlash. Суть этой технологии заключается в том, что она позволяет создавать ячейки памяти Flash на одном транзисторе, что пока недоступно никому другому. Для потребителя преимущество этой технологии проявляется в низкой стоимости микросхем и в рекордно малом времени программирования SuperFlash.

Микроконтроллеры фирмы SST с ядром 8051 представлены в табл. 3. Они полностью совместимы со стандартными кристаллами типа 8052. Однако они

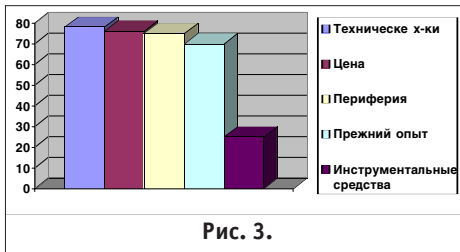
Таблица 2

Обозначение	Макс. частота, МГц	ROM/EPROM, байт	RAM, байт	Таймеры/счетчики	Линии ввода/вывода	Послед. каналы	АЦП, входы/разр.	Другая периферия, особенности	Напряжение питания, В	Темп. Диапазон, С	Корпус
C501G	40	8К	256	3	32	UART	-	ОТР версия	4,25..5,5	-40..+85	D40, L44, Q44
C502	20	16К	512	3+Watchdog	32	UART	-	8 DPTR, 4 уровня прерываний	4,25..5,5	-40..+85	D40, L44
C504G	40	16К	512	4+Watchdog	32	UART	8x10	6 канальный ШИМ для двигателя пост.тока, ОТР	4,25..5,5	-40..+85	Q44
C505C	20	16К	512	3+Watchdog	34	UART, CAN	8x8	8 DPTR	4,25..5,5	-40..+125	Q44
C509	16	-	3328	5+Watchdog	80	2xUART	15x10	29 ШИМ, 8 DPTR, умн. 16x16, дел. 32/16, Bootstrap	4,25..5,5	-40..+110	Q100
C511(A)	12	2,5..4К	128..256	2	32	SSC	-	-	4,25..5,5	-40..+125	L44
C513(A)	12	8..16К	256..512	3	32	UART+SSC	-	ОТР версия	4,25..5,5	-40..+125	L44, Q44
C515(A)	24	8..32К	256..1280	3+Watchdog	56	UART	8x8(10)	4 ШИМ	4,25..5,5	-40..+110	Q80
C515C	10	64	2304	3+Watchdog	57	UART+SSC+CAN	8x10	4 ШИМ, 8 DPTR	4,25..5,5	-40..+110	Q80
C517A	24	32	2304	4+Watchdog	68	2xUART	12x10	21 ШИМ, 8 DPTR, умножитель 16x16, дел. 32/16	4,25..5,5	-40..+110	Q100
C540	12	4К	256	2	32	USB	-	-	4,25..5,5	-40..+85	D52, L44
C541	12	8К	256	2+Watchdog	32	USB+SSC	-	-	4,25..5,5	-40..+85	D52, L44

Условные обозначения корпусов: D — DIP, L—LCC, Q — QFP, S — SSOP, SOIC

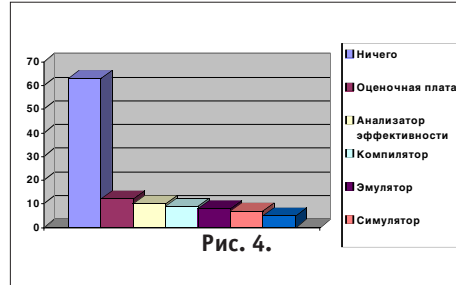
что и служит определенным тормозом в освоении новых семейств, с одной стороны, и повышает популярность тех семейств, для которых кросс-средства и/или инструментальные средства более доступны по цене. Отсюда и тот успех, которого смогла добиться фирма Microchip, в частности, и на нашем рынке.

А вот как по данным того же исследования влияют различные факторы на выбор конкретного микроконтроллера (рис. 3).



Столь низкое значение фактора «инструментальные средства» легко объяснимо с учетом данных того же исследования, показывающих степень оснащенности инструменталь-

ными средствами обследованных разработчиков (напомним — западных). На диаграмме приведены данные по испытываемой в процессе новой разработки потребности обследованных разработчиков в различных инструментальных средствах (рис. 4).



По нашим данным, отечественные разработчики пока еще существенно отстают по степени оснащенности от своих западных коллег, но очевидно, что по мере развития рынка в нашей стране неизбежно будет происходить сближение основных тенденций. И, наконец, последняя тенденция, отмеченная в уже цитированном исследовании, —

быстрый рост популярности инструментальных средств, объединяемых так называемыми интегрированными средами разработки (Integrated Development Environment (IDE)). Интересно, что аналогичная тенденция наблюдается и среди наших разработчиков. Что отнюдь не удивительно, учитывая те удобства и преимущества, которые предоставляют современные инструментальные средства разработчику. Для наглядности проиллюстрируем это на примере одного из типовых пакетов нашей разработки Project-51 (см. врезку).

Строго говоря, затронутая в данном номере «КиТ» тема настолько широка и многогранна, что уложиться в привычные рамки журнальной статьи нам представляется весьма затруднительным. Надеюсь, что мы продолжим начатый разговор в последующих выпусках издания. Мы будем очень признательны тем читателям, которые найдут возможность дать свои комментарии к опубликованной статье и внесут своими замечаниями и предложениями вклад в дальнейшее развитие микроконтроллерной темы.

имеют уникальную особенность, на которую мы хотели бы обратить ваше внимание. Изюминкой этих приборов является возможность программировать Flash-память непосредственно из программы пользователя без подачи каких-либо внешних напряжений и сигналов. Для этого в состав микроконтроллеров введены дополнительные регистры специального назначения (SFR), через которые программист может управлять процессом стирания, записи, верификации Flash-памяти уже в процессе выполнения программы (на run-time). Такой подход открывает широкие возможности для создания гибких микроконтроллерных систем, которые могут самообновляться уже в процессе эксплуатации, а также использовать Flash-память для хранения оперативных данных при возможных отключениях питания.

Таблица 3

Обозначение	Макс. частота, МГц	FLASH, байт	RAM, байт	Таймеры/счетчики	Линии ввода/вывода	Послед. каналы	Другая периферия, особенности	Напряжение питания, В	Темп. Диапазон, С	Корпус
SST89C54	33	20K	256	3+WDT	32	UART	Программирование FLASH из программы	3,0..5,0	-40..+80	D40, L44, Q44
SST89C58		36K	256							
SST89C59		68K	512							
SST89F54	33	20K	256	3+WDT	32	UART	Программирование FLASH из программы	3,0..5,0	-40..+80	D40, L44, Q44
SST89F58		36K	256							

**МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ФИРМЫ DALLAS SEMICONDUCTOR®**  
Soft Microcontrollers

Фирма Dallas Semiconductor в первую очередь получила известность среди производителей семейства 8051 своей серией DS5000, которая еще называется как «Soft Microcontrollers». Оригинальность решения заключается в том, что для увеличения объема памяти используется ОЗУ большой емкости (128 Кбайт), а его энергонезависимость обеспечивается литиевой батарейкой, встроенной непосредственно в корпус микросхемы. Фирма дает 10-летнюю гарантию на сохранность информации в ОЗУ МК. Эти микроконтроллеры выполнены на базе стандартного ядра 8051, поэтому его временные характеристики полностью идентичны характеристикам оригинального 8051 от Intel.

Таблица 4

Обозначение	NVRAM, байт	RAM, байт	Таймеры/счетчики	Линии ввода/вывода	Послед. каналы	Другая периферия, особенности	Корпус
DS5000FP	32K	128	2+ WDT	32	UART	Bootstrap loader, 48-bit encryption key	Q80
DS5001FP	128K	128	2+ WDT	32	UART	Bootstrap loader	Q80
DS5002FP	128K	128	2+ WDT	32	UART	Bootstrap loader, 64-bit encryption key	Q80

Условные обозначения корпусов: Q — QFP

**Высокоскоростные микроконтроллеры**

Фирма Dallas Semiconductors первой попыталась усовершенствовать архитектуру семейства 8051. Явным слабым местом базовой архитектуры является, как уже упоминалось, неэффективная диаграмма выборки, дешифрирования и выполнения инструкций. Например, команда MOV A, R<sub>x</sub> выбирается и выполняется 51-м микроконтроллером за 6 тактов, а следующие 6 тактов происходит холостая выборка инструкции по следующему адресу. В результате на такую инструкцию микроконтроллер затрачивает 12 периодов тактового генератора. Специалисты Dallas Semiconductor переработали ядро микроконтроллера таким образом, что типовой цикл выборки команд сократился до 4-х тактов, а холостые выборки были исключены. Таким образом, команда MOV A,R<sub>x</sub>, например, стала выполняться в 3 раза быстрее. Команды 8051, которые не имели холостых выборок, в новом микроконтроллере «ускорились» в 1,5 раза.

Новое семейство микроконтроллеров получило название High-Speed Microcontroller. Важным достоинством нового семейства явилось то, что для перевода традиционной микроконтроллерной системы на High-Speed Microcontroller достаточно вытащить из платы микроконтроллер 8051 и взамен него установить микросхему Dallas. И все! Конечно, в конкретных случаях проблемы перехода могут иметь место, и связаны они в первую очередь с изменением циклограммы отработки программы, что может привести к рассинхронизации с внешней средой микроконтроллера. В этом случае потребуются вмешательства программиста. Микроконтроллеры семейства High-Speed приведены в табл. 5.

**Конфигурируемые микроконтроллеры фирмы Triscend**

Фирма Triscend Corporation была организована в 1998 году специалистами, отпочковавшимися от фирмы Xilinx — одного из лидеров рынка программируемых матриц. В качестве первого проекта в своей деятельности фирма Triscend предложила идею создания «конфигурируемого процессора». Суть идеи проста. Специалисты Triscend, имея большой опыт