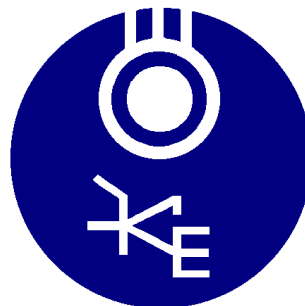


Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»



КАФЕДРА ЕЛЕКТРОПРИВОДА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до самостійної роботи  
**«Мікроконтролери MCS-51:  
короткий огляд, аналіз ринку та перспективи»**  
з дисципліни  
**«Мікропроцесорні пристрої»**

Упорядник: к. т. н., доц. Яланський О.А.  
(ДВНЗ «Національний гірничий університет», кафедра електропривода)

Дніпропетровськ  
2005 – 2012

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА MCS-51: ОБЗОР, АНАЛИЗ РЫНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ

### (ПОЧЕМУ К ИЗУЧЕНИЮ ПРЕДЛАГАЮТСЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ ИМЕННО ЭТОГО СЕМЕЙСТВА)

Микроконтроллеры (МК) [семейства MCS-51](#) на сегодняшний день являются наиболее распространенными среди однокристальных микроконтроллеров для встроенных применений, несмотря на жестокую конкуренцию и наличие широкой гаммы [альтернативных предложений](#). Данные микроконтроллеры выпускают более 20 всемирно известных [фирм-производителей](#). Семейство MCS-51 насчитывает около [200 модификаций](#), в т. ч. чипы повышенной [производительности](#) и контроллеры с чрезвычайно развитой [периферией](#). Политика фирм-производителей и рыночная конъюнктура предполагают неплохие [перспективы](#) развития семейства MCS-51.

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЕЙСТВА MCS-51:

- эффективная система команд, включающая команды аппаратного умножения и деления;
- встроенная память программ объемом 4 Кбайт (минимум);
- встроенная память данных объемом 128 байт (минимум);
- 4 двунаправленных побитно настраиваемых 8-разрядных порта ввода/вывода;
- 2 (минимум) 16-разрядных таймера-счетчика;
- дуплексный последовательный порт (UART);
- встроенный тактовый генератор;
- адресация 64 Кбайт внешней памяти программ и 64 Кбайт внешней памяти данных;
- возможность выполнения линиями портов альтернативных функций;
- битовый процессор;
- 2 линии запросов на прерывания от внешних устройств;
- 5 источников запросов на прерывания (минимум);
- динамическая архитектура (статическая – в новых версиях);
- 2 режима пониженного энергопотребления;
- 3 бита защиты от несанкционированного копирования;

### ПРЕИМУЩЕСТВА СЕМЕЙСТВА MCS-51:

- архитектура, являющаяся стандартом де-факто;
- чрезвычайная широта семейства и разнообразие возможностей;
- наличие высокопроизводительных и расширенных версий процессоров;
- значительное число свободно доступных программных и аппаратурных наработок;
- легкость аппаратного программирования, в т. ч. и внутрисхемного;
- дешевизна и доступность базовых чипов (не дороже PIC'ов, AVR'ов и др., в чем можно убедиться, ознакомившись с прайс-листами ведущих поставщиков);
- наличие специализированных версий контроллеров (MP3-декодеров, контроллеров Smart-карт, USB- и CAN-контроллеров, контроллеров источников питания, управления двигателями и т. д.);
- наличие версий контроллеров с расширенным температурным диапазоном  $-40...+125^{\circ}\text{C}$ ;
- наличие версий контроллеров с пониженным уровнем электромагнитных помех;

- широкая известность среди разработчиков старшего поколения, как в мире, так и в странах СНГ;
- доступность специальной литературы, а также информации в Internet;
- поддержка архитектуры ведущими учебными заведениями мира (микроконтроллеры этого семейства изучают в качестве базовых в Германии, Польше, России).

И, наконец, преимущество, о котором редко говорится в литературе. Освоив базовый чип семейства, Вы легко начнете работать с такими вычислительными «монстрами», как микроконтроллеры Cygnal (Silicon Laboratories), Dallas Semiconductor, Analog Devices, Texas Instruments.

## ФИРМЫ, ПРОИЗВОДЯЩИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА MCS-51

Среди производителей, не только поддерживающих, но и активно развивающих концепцию семейства MCS-51, встречаются как всемирно известные гранды микроэлектронной полупроводниковой промышленности, так и молодые, стремительно развивающиеся азиатские корпорации. В настоящее время **микроконтроллеры данного семейства выпускают более 20-ти фирм**, наиболее известные среди которых:

- Analog Devices ([www.analog.com/microconverter](http://www.analog.com/microconverter));
- Atmel Corporation ([www.atmel.com](http://www.atmel.com), [www.atmel.ru](http://www.atmel.ru));
- Burr-Brown Products, подразделение Texas Instruments ([www.ti.com](http://www.ti.com));
- Cypress Semiconductor ([www.cypress.com](http://www.cypress.com));
- Dallas Semiconductor ([www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com));
- Infineon Technologies AG ([www.infineon.com](http://www.infineon.com)) – бывшая Siemens Semiconductors AG, подразделение Siemens AG ([www.siemens.com](http://www.siemens.com));
- Integrated Silicon Solution, Inc. ([www.issiusa.com](http://www.issiusa.com));
- Philips Semiconductors ([www.semiconductors.philips.com](http://www.semiconductors.philips.com));
- Silicon Lab's – включает Cygnal Integrated Products, Inc. ([www.silabs.com](http://www.silabs.com));
- ST Microelectronics ([www.st.com](http://www.st.com));
- TDK Semiconductor Corp. ([www.tdksemiconductor.com](http://www.tdksemiconductor.com));
- Texas Instruments, Inc. ([www.ti.com](http://www.ti.com));
- Triscend Corporation ([www.triscend.com](http://www.triscend.com));
- Winbond Electronics Corp. ([www.winbond.com](http://www.winbond.com));

К этому же списку можно отнести фирмы Temic Semiconductor (подразделение Atmel Corp.), OKI Semiconductor, LG Electronics, Cybernetic Micro Systems, Matra MHS, Silicon Systems (SSI), Advanced Micro Devices (AMD), НПО «Интеграл», НПО «Микропроцессор», НПО «Микроэлектроника», НИКТП «Белмикросистемы» и другие.

## СПИСОК МОДИФИКАЦИЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА MCS-51

Данный список не претендует на полноту не только потому, что мы не стремились охватить весь перечень устройств, но и в связи с тем, что большинство из упомянутых производителей разрабатывают и внедряют в производство все новые типы кристаллов.

Итак, Вам могут быть интересны следующие микроконтроллеры семейства MCS-51:

- **Analog Devices:** ADuC812, ADuC814, ADuC816, ADuC824, ADuC831, ADuC832, ADuC834, ADuC836, ADuC844, ADuC846 (микроконвертеры);
- **Atmel:** TS80C31X2, TS80C32X2, AT87F51, AT89C51, AT87LV51, AT89LV51, AT89S51, T89C51AC2, AT89C51AC3, T89C51IC2, AT89CID2, TS80C51RA2, TS83C51RB2,

TS87C51RB2, T89C51RB2, AT87F51RC, AT89C51RC, TS83C51RC2, TS87C51RC2, T89C51RC2, TS80C51RD2, TS83C51RD2, TS87C51RD2, T89C51RD2, TS80C51U2, TS83C51U2, TS87C51U2, T89C51CC01, T89C51CC02, AT89C51CC03, AT89C51ED2, T83C51SND1, T89C51SND1, T83C5101, T87C5101, T83C5102, TS83C5111, TS87C5111, TS80C5112, TS83C5112, TS87C5112, T83C5121, AT87F52, AT89C52, AT87LV52, AT89LV52, AT89S52, AT89LS52, TS80C52X2, TS87C52X2, AT89S8252, AT89LS8252, AT89S8253, AT89LS8253, AT89S53, AT89LS53, AT89S4D12, TS80C54X2, TS87C54X2, AT87F55WD, AT89C55WD, AT87LV55, AT89CLV55, TS80C58X2, TS87C58X2, AT89SC168x, AT89SC1616A, AT89SC248A, AT89C1051, AT89C1051U, AT89C2051, AT89C4051, AT89C5114, AT89C5115, AT89C5122, AT89C5122\_DPW, AT89C5130, AT89C5131x, AT89C5132, TSC80251G2D, TSC83251G2D, TSC87251G2D;

- **Silicon Lab's (Cygnal):** C8051F000, \_001, \_002, \_005, \_006, \_007, \_010, \_011, \_012, \_015, \_016, \_017, \_018, \_019, \_020, \_021, \_022, \_023, \_040, \_041, \_042, \_043, \_060, \_061, \_062, \_063, \_064, \_065, \_066, \_067, \_120, \_121, \_122, \_123, \_124, \_125, \_126, \_127, \_206, \_220, \_221, \_226, \_230, \_231, \_236, \_300, \_301, \_302, \_303, \_304, \_305, \_310, \_311, \_316, \_317, \_320, \_321, \_330, \_331, \_332, \_333, \_334, \_335, \_350, \_351, \_352, \_353, \_410, \_411;

- **Cypress:** AN2131xC, AN2135SC, AN2136SC, CY7C64603, CY7C64613, CY7C680B, CY7C68013, CY8C25122, CY8C26233, CY8C26443, CY8C26643;

- **Dallas:** DS80CH11, DS80C310, DS80C320, DS80C323, DS80C390, DS80C400, DS89C420, DS89C430, DS89C440, DS89C450, DS87C520, DS87C530, DS87C550, DS5000FP, DS5001FP, DS5002FP, DS5000T, DS2250, DS2250T, DS2251T, DS2252T;

- **Infineon (Siemens):** 80C32, 80C52, 80C501, 80C504, 80C505x, 80C508, 80C509, 80C513x, 80C515x, 80C517x, 80C535, 80C537, 80C541U, 80C868, SAB501, SAB502, SAB504, SAB505, SAB511, SAB513;

- **Philips:** 80C31, 80CL31, 80C32, 80C51x, 80CL51, 83C51x, 87C51x, 87L51x, 80C51A11, 89C51, 87C52, 89C52, 87C54, 89C54, 80C58, 87C58, 83C145, 8xC152, 80CL410, 83CL410, 80C451, 83C451, 87C451, 80C453, 83C453, 87C453, 83C508, 87C508, 80C515, 80C517x, 83C524, 87C524, 80C528, 83C528, 87C528, 8xC528, 80C535x, 80C537x, 80C550, 83C550, 87C550, 80C552, 83C552, 80C554, 83C554, 80CE559, 83CE559, 80C562, 83C562, 87C562, 80C575, 83C575, 87C575, 83C576, 87C576, 8xCL580, 89C588, 8xC592, 8xC598, 80C652, 83C652, 87C652, 83C654, 83CE654, 87C654, 89C660, 89C662, 89C664, 89C668, 83C784, 87C748, 83C749, 87C749, TPM749, 83C750, 87C750, 83C751, 87C751, 83C752, 87C752, 83C754, 87C754, TPM754, 83CL781, 83CL782, 83C845, 80C851, 83C851, 83C055, 87C055, P51XAG1, P51XAG2, P51XAG3, P51XAS3, P51XASCC, LPC90x, LPC91x, SAB-C504, SAB-C509, SAB-C515C;

- **Integrated S. S.:** IS80C31, IS80LV31, IS80C32, IS80LV32, IS80C51, IS80LV51, IS80C52, IS80LV52;

- **ST Microelectronics:** UP3D3212CV, UP3D3212C, UP3D3233BV, UP3D3233B, UP3D3234BV, UP3D3234A, UP3D3253BV, UP3D3253B, UP3D3254BV, UP3D3254A, UP3D3312DV, UP3D3312D, UP3D3333DV, UP3D3333D, UP3D3334DV, UP3D3334D, UP3D3354DV, UP3D3354D;

- **Temic:** TSC80C31, TSC80CL31, 80C32, TSC80C51, TSC80CL51, TSC87C51, TSC8051C1, TSC8051C2, TSC8051C3, TSC8051i2, 80C154, 80C52, TSC87C52, 83C154x, TSC80251A1, TSC80251G1x;

- **Texas Instruments:** MSC1210, TUSB2136, TUSB3210, TUSB5052, TUSB5152;

- **Triscend:** TE502S08, TE505S16, TE512S32, TE520S40;

- **Winbond:** W77C32, W77IC32, W78C32, W78L32, W78C33B, W78L33, W78C51D, W78E51B, W78L51, W78C52D, W78E52B, W78L52, W78LE52, W78C54, W78E54B, W78L54, W78LE54, W77C58, W78C58, W77E58, W78E58, W77IE58, W77LE58, W78C374B, W78C438C, W77E468, W78C516, W78E516B, W78C801, W78L801, W78LE812;

- **Другие производители:** 8031, 80C31, 80C32, 1830BE51, 1830BE751, 8051, 80C51x, 83C51x, 8052, 80C52x, 89C52x, 80C154x, 8xC251SB, 89C54, 89F54, 89C58, 89F58, 89C59, 80C151,

83C154, 89C536, 89C538, PSD-3300, AN21, E5, COM20051, COM20051I, COM20051+, 73M2910L, 73S1121F, OK-51.

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ MCS-51 ПОВЫШЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Несмотря на то, что подавляющее большинство приложений, в которых используются однокристалльные микроконтроллеры, не требуют высокой вычислительной производительности, неумное желание разработчиков аппаратуры достичь вершин совершенства иногда приводит их к «планке», выше которой не прыгнешь.

С микроконтроллерами семейства MCS-51 такого не произойдет. Использование современных инженерных решений при разработке новых кристаллов позволило достичь рекордной производительности для однокристалльных микроконтроллеров общего применения – **25...100 MIPS** (средняя производительность в зависимости от структуры программы – **10...30 MIPS**). Такие скорости позволяют решать задачи цифровой обработки сигналов в режиме реального времени и прямого цифрового управления сложным технологическим оборудованием, что ранее было по плечу только сигнальным процессорам (ASP, DSP).

Наибольших успехов в этом направлении добились фирмы **Dallas Semiconductor** ([www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)), **Silicon Labs** ([www.silabs.com](http://www.silabs.com)) и **Analog Devices** ([www.analog.com](http://www.analog.com)). При тактовой частоте 33 МГц микроконтроллеры этих фирм позволяют развивать производительность, эквивалентную производительности чипов стандартной архитектуры на частоте 100 МГц!

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ MCS-51 С РАСШИРЕННОЙ ПЕРИФЕРИЕЙ

Если задачи, решаемые Вами выходят за рамки управления игрушечным автомобильчиком или телефоном с определителем номера, Вы можете выбрать один из представителей семейства MCS-51 с расширенной архитектурой.

Такие кристаллы, кроме стандартного набора периферийных устройств, **дополнительно** в своем составе могут иметь:

- 32-разрядный математический сопроцессор;
- дополнительный 16-разрядный регистр DPTR;
- порт сканирования клавиатуры;
- контроллер мультиплексного ЖКИ-дисплея;
- дополнительный многорежимный таймер/счетчик, в том числе PCA;
- многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- двухканальный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП);
- 6-канальный контроллер широтно-импульсного модулятора (ШИМ);
- дополнительный дуплексный асинхронный приемопередатчик (UART);
- дуплексный асинхронный приемопередатчик (UART) с поддержкой функции детектирования ошибок посылки и автоматическим распознаванием адреса;
- дополнительные последовательные интерфейсы (SPI, MicroLan, I2C, SMBus, CAN, Ethernet MAC);
- «компьютерные» интерфейсы (USB, eISA);
- блок HDLC-логики для реализации модема;
- энергонезависимая память данных on-chip EEPROM (до 128 Кбайт);
- 64-байтный сигнатурный массив пользователя;
- сторожевой таймер;

- внутренняя схема начального сброса при подаче напряжения питания;
- аналоговый компаратор;
- конфигурируемая логическая матрица CSL (до 2048 элементов);
- MP3-декодер.

Наибольшее число входов АЦП на кристалле микроконтроллера (до 32-х) предлагает фирма Silicon Labs ([www.silabs.com](http://www.silabs.com)). Наибольшую точность преобразования можно получить с 24-разрядным прецизионным АЦП в микроконтроллерах Dallas Semiconductor ([www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)). Наилучшую функциональность и дешевизну при применении в бытовой технике обеспечивают микроконтроллеры Philips ([www.semiconductors.philips.com](http://www.semiconductors.philips.com)), оснащенные, кроме всего прочего, «бытовым» интерфейсом I2C. Сочетание высокой производительности и широкого набора периферийных устройств Вы увидите в «микроконверторах» фирмы Analog Devices ([www.analog.com](http://www.analog.com)).

## НАИБОЛЕЕ ИЗВЕСТНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СЕМЕЙСТВА:

- AVR-контроллеры семейства AT90 ф. Atmel;
- PIC-контроллеры ф. Microchip;
- микроконтроллеры HC05, HC08, HC11 ф. Motorola;
- микроконтроллеры Z8 ф. Zilog
- микроконтроллеры HT48, HT49 ф. Holtek;
- микроконтроллеры SX18, SX28 ф. Scenix.

Перечисленные семейства являются достойными представителями однокристальных микроконтроллеров и завоевали свою долю рынка. Бесмысленно и неправильно было бы преуменьшать их достоинства. Однако на территории СНГ по-настоящему уверенно закрепились только PIC и AVR (и, естественно, MCS-51). Чтобы в этом убедиться, достаточно посмотреть прайс-листы центральных Московских, Киевских и Минских магазинов и фирм-поставщиков, например «Чип и Дип», «НикС», «Имрад» и др. Это связано с множеством причин, среди которых: наличие определенной литературы, статьи в журналах «Радио», информация в сети Internet, «цепные реакции» (когда один человек, изучивший микроконтроллер определенного семейства, убеждает в его преимуществах своих коллег и друзей).

## ПЕРСПЕКТИВЫ

Известно, что суммарный выпуск микроконтроллеров семейства MCS-51 при благоприятной рыночной конъюнктуре достигает около 126 млн. шт. в год!! При этом многие фирмы освоили производство новых чипов семейства в 2003-2012 г.г.

**Фактический рост пиковой производительности микроконтроллеров MCS-51 за последнее время составил  $\cong 25$  MIPS**, причем наблюдается положительная динамика роста. Типичный современный представитель этого семейства **в 10...50 раз быстрее** первых представителей.

**Эти данные утверждают перспективу применения 51-совместимых микроконтроллеров как минимум на 7-10 лет вперед** (Следует учитывать, что динамика развития однокристальных микроконтроллеров определяется типом и сложностью возлагаемых на них задач. Ведь бессмысленно, например, ставить для управления лифтом или кондиционером систему на основе высокопроизводительного процессора ПК).