# МИКРОКОНТРОЛЛЕР СЕМЕЙСТВА MCS–51

# 1. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕМЕЙСТВА MCS–51

Основой микроконтроллера (см. рис. 1) является 8–ми битовое Арифметическо–Логическое устройство (АЛУ). Память МК имеет Гарвардскую архитектуру, т.е. логически разделена: на память программ – ПП (внутреннюю или внешнюю), адресуемую 16–ти битовым счетчиком команд (СК) и память данных – внутреннюю (Резидентная память данных – РПД) 128 (или 256) байт, а также внешнюю (Внешняя память данных – ВПД) до 64 Кбайт. Физически память программ реализована на ПЗУ (доступна только по чтению), а память данных – на ОЗУ (возможна запись и чтение данных).

Прием и выдача внешних сигналов осуществляется через 4 восьмибитовых порта Р0..Р3. При обращении к внешней памяти программ (ВПП) или памяти данных (ВПД) порты Р0 и Р2 используются как мультиплексированная внешняя шина Адрес/Данные. Линии порта Р3 могут выполнять также альтернативные функции (см. табл. 1).

16–ти битовый регистр DPTR формирует адрес ВПД или базовый адрес Памяти программ в команде преобразования Аккумулятора. Регистр DPTR может также использоваться как два независимых 8–ми битовых регистра (DPL и DPH) для хранения операндов.

8–ми битовый внутренний регистр команд (РК) принимает код выполняемой команды; этот код дешифрируется схемой управления, которая генерирует управляющие сигналы (см. рис. 1).

Обращение к регистрам специальных функций – РСФ (SFR – на рис. 1 они обведены пунктирной линией) возможно только с использованием прямой байтовой адресации в диапазоне адресов от 128 (80h) и более.



Резидентная память данных (РПД) в первых моделях микроконтроллеров семейства MCS–51 имела объем 128 байт. Младшие 32 байта РПД являются одновременно и регистрами общего назначения – РОН (4 банка по 8 РОНов). Программа может обратиться к одному из 8–ми РОНов активного банка. Выбор активного банка РОНов осуществляется программированием двух бит в регистре состояния процессора – PSW.

Таблица 1 – Назначение выводов MCS–51

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № выв. | Обозначение | Назначение |
| 1..8 | Р1[0..7] | 8–ми битовый квазидвунаправленный порт ввода/вывода |
| 9 | RST | Сигнал сброса (активный уровень – высокий);  Сигнал RST обнуляет : PC и большинство Регистров Специальных Функций (SFR), запрещая все прерывания и работу таймеров; выбирает Банк РОНов 0; записывает в порты Р0\_Р3 "все единицы", подготавливая их на ввод; записывает код 07H в указатель стека (SP); |
| 10..17 | P3[0..7]  P3[0]  P3[1]  P3[2]  P3[3]  P3[4]  P3[5]  P3[6]  P3[7] | 8–ми битовый квазидвунаправленный порт ввода/вывода; после записи в соответствующий разряд "1" – выполняет дополнительные (альтернативные) функции:  Вход последовательного порта – RxD;  Выход последовательного порта – TxD;  Вход внешнего прерывания 0 – ~INT0;  Вход внешнего прерывания 1 – ~INT1;  Вход таймера/счетчика 0 – Т0;  Вход таймера/счетчика 1 – Т1;  Выход строб. сигнала при записи в ВПД – ~WR;  Выход строб. сигнала при чтении из ВПД – ~RD; |
| 18, 19 | X1, X2 | Выводы для подключения кварцевого резонатора или LC–контура; |
| 20 | GND | Общий вывод; |
| 21..28 | P2[0..7] | 8–ми битовый квазидвунаправленный порт ввода /вывода; или выход адреса A[8\_15] в режиме работы с внешней памятью (ВПП или ВПД); |
| 29 | PME | Строб чтения Внешней Памяти Программ, выда–ется только при обращении к внешнему ПЗУ; |
| 30 | ALE | Строб адреса Внешней памяти (ВПП или ВПД); |
| 31 | ЕА | Отключение РПП, уровень "0" на этом входе пе–реводит МК на выборку команд только из ВПП; |
| 39..32 | Р0[0..7] | 8–ми битовый двунаправленный порт ввода/ вывода; при обращении к Внешней Памяти выдает адреса A[0\_7] (которые записываются во внешний регистр по сигналу ALE), а затем обменивается байтом синхронно с сигналом ~PME (для команд) или ~WR,~RD (для данных в ВПД), при обращении к Внешней Памяти в регистр порта Р0 записываются все единицы, разрушая хранимую там информацию; |
| 40 | Ucc | Вывод напряжения питания |

Переключение банков РОНов упрощает выполнение подпрограмм и обработку прерываний, т.к. не нужно пересылать в стек содержимое РОНов основной программы при вызове подпрограммы (достаточно в подпрограмме перейти в другой активный банк РОНов).

Обращение к РПД возможно с использованием косвенной или прямой байтовой адресации (прямая байтовая адресация позволяет обратиться только к первым 128-ми байтам РПД).

Расширенная область РПД (у микроконтроллеров семейства MCS-52 и последующих семейств) с адреса 128 (80h) до 255 (FFh) может адресоваться только с использованием косвенного метода адресации.

Таблица 2 – Блок Регистров Специальных Функций (s f r)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Адрес  dir | Мнемо–код | Наименование |
| 0E0h | \* ACC | Аккумулятор |
| 0F0h | \* B | Регистр расширитель аккумулятора |
| 0D0h | \* PSW | Слово состояния процессора |
| 0B0h | \* P3 | Порт 3 |
| 0A0h | \* P2 | Порт 2 |
| 90h | \* P1 | Порт 1 |
| 80h | \* P0 | Порт 0 |
| 0B8h | \* IP | Регистр приоритетов прерываний |
| 0A8h | \* IE | Регистр маски прерываний |
| 99h | SBUF | Буфер последовательного приемо–передатчика |
| 98h | \* SCON | Регистр управления/статуса последовательного порта |
| 89h | TMOD | Регистр режимов таймеров/счетчиков |
| 88h | \* TCON | Регистр управления/статуса таймеров/счетчиков |
| 8Dh | TH1 | Таймер 1 (старший байт) |
| 8Bh | TL1 | Таймер 1 (младший байт) |
| 8Ch | TH0 | Таймер 0 (старший байт) |
| 8Ah | TL0 | Таймер 0 (младший байт) |
| 83h | DPH | Регистр–указатель данных (DPTR) (старший байт) |
| 82h | DPL | Регистр–указатель данных (DPTR) (младший байт) |
| 81h | SP | Регистр–указатель стека |
| 87h | PCON | Регистр управления мощностью потребления |

# 2. ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ MCS–51



ТИПЫ КОМАНД MCS–51

Почти половина команд выполняется за 1 машинный цикл (МЦ). При частоте кварцевого генератора 12 МГц время выполнения такой команды – 1 мкс. Остальные команды выполняются за 2 машинных цикла, т.е. за 2мкс. Только команды умножения (MUL) и деления (DIV) выполняются за 4 машинных цикла.

За время одного машинного цикла происходит два обращения к Памяти Программ (внутренней или внешней) для считывания двух байтов команды или одно обращение к Внешней Памяти Данных (ВПД).

# 3. МЕТОДЫ (СПОСОБЫ) АДРЕСАЦИИ MCS–51

1. РЕГИСТРОВАЯ АДРЕСАЦИЯ – 8–ми битовый операнд находится в РОНе выбранного (активного) банка регистров;
   1. НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ АДРЕСАЦИЯ (обозначается знаком – # ) – операнд находится во втором (а для 16–ти битового операнда и в третьем) байте команды;
   2. КОСВЕННАЯ АДРЕСАЦИЯ (обозначается знаком – @ ) – операнд находится в Памяти Данных (РПД или ВПД), а адрес ячейки памяти содержится в одном из РОНов косвенной адресации (R0 или R1); в командах PUSH и POP адрес содержится в указателе стека SP; регистр DPTR может содержать адрес ВПД объемом до 64К;
   3. ПРЯМАЯ БАЙТОВАЯ АДРЕСАЦИЯ – (dir) – используется для обращения к ячейкам РПД (адреса 00h…7Fh) и к регистрам специальных функций SFR (адреса 80h…0FFh);
   4. ПРЯМАЯ БИТОВАЯ АДРЕСАЦИЯ – (bit) – используется для обращения к отдельно адресуемым 128 битам, расположенным в ячейках РПД по адресам 20H…2FH и к отдельно адресуемым битам регистров специальных функций (см. табл. 3 и программную модель);
   5. КОСВЕННАЯ ИНДЕКСНАЯ АДРЕСАЦИЯ (обозначается знаком – @ )– упрощает просмотр таблиц в Памяти Программ, адрес ПП определяется по сумме базового регистра (PC или DPTR) и индексного регистра (Аккумулятора);
   6. НЕЯВНАЯ (ВСТРОЕННАЯ) АДРЕСАЦИЯ – в коде команды содержится неявное (по умолчанию) указание на один из операндов (чаще всего на Аккумулятор).

## 4. ФОРМАТ СЛОВА СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССОРА (PSW)



C – флаг переноса (CARY) или заема, выполняет также функции "булевого Аккумулятора" в командах, оперирующих с битами;

AC – флаг вспомогательного (дополнительного) переноса – устанавливается в "1", если в команде сложения (ADD, ADDC) был перенос из младшей тетрады в старшую (т.е. из 3-го бита в 4-й бит);

F0 – флаг пользователя – устанавливается, сбрасывается и проверяется программно;

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| RS1 | RS0 | Банк | Адрес (dir) |
| 0 | 0 | 0 | 00h..07h |
| 0 | 1 | 1 | 08h..0Fh |
| 1 | 0 | 2 | 10h..17h |
| 1 | 1 | 3 | 18h..1Fh |

RS1,RS0 – Выбор банка регистров:

OV – Флаг арифметического переполнения; его значение определяется операцией "Исключающее ИЛИ" сигналов входного и выходного переносов старшего разряда АЛУ; единичное значение этого флага указывает на то, что результат арифметической операции в дополнительном коде вышел за допустимые пределы: –128…+127; при выполнении операции деления флаг OV сбрасывается, а в случае деления на ноль – устанавливается; при умножении флаг OV устанавливается, если результат больше 255 (0FFH);

Разряд PSW[1] – Резервный, содержит триггер, доступный по записи или чтению;

P – флаг паритета – является дополнением количества единичных битов в аккумуляторе до четного; формируется комбинационной схемой (программно доcтупен только по чтению).

В микроконтроллерах MCS-51 отсутствует флаг "Z". Но в командах условного перехода (JZ, JNZ) проверяется комбинационной схемой текущее (нулевое или ненулевое) содержимое Аккумулятора.

Все команды пересылок и обмена операндов могут осуществляться через Аккумулятор (см. рис. 3). Причем пересылки из/в Внешней Памяти (Памяти Программ или Памяти Данных) могут осуществляться только через Аккумулятор.

Большинство пересылок могут осуществляться также через прямоадресуемый байт (dir). Существуют даже пересылки dir – dir (см. рис. 3).

Отсутствующие пересылки из РОНа в РОН могут быть реализованы как пересылки из РОНа в прямоадресуемый байт dir (с учетом того, что РОНы расположены в начальной области Резидентной Памяти Данных, ячейки которой могут адресоваться как dir).

Команды обмена XCH позволяют пересылать байты без разрушения обоих операндов.

Арифметические команды выполняются только в Аккумуляторе. Поэтому первый операнд необходимо предварительно поместить в Аккумулятор и потом сложить или вычесть второй операнд. Результат помещается в Аккумулятор.



Команда вычитание SUBB выполняется только с заемом (т.е. из результата вычитается и флаг Сary). Поэтому для выполнения команды вычитания без заема необходимо предварительно выполнить команду очистки флага С (CLR C).

Команда умножения однобайтовых операндов – MUL AB – размещает двухбайтовый (16 бит) результат: младший байт – в Аккумулятор, старший байт – в регистр В.

Результат выполнения команды деления однобайтовых операндов – DIV AB – помещается: частное – а Аккумулятор, остаток – в регистр В.

Арифметическая команда INC добавляет к выбранному операнду единицу. Арифметическая команда DEC вычитает из выбранного операнда единицу. Команда десятичной коррекции Аккумулятора ( DA A ) помогает складывать двоично-десятичные числа (BCD-числа) без перевода их в шестнадцатеричный формат (hex-формат). Исходные операнды должны быть обязательно в BCD-формате, т.е. в каждой тетраде одного байта находятся только числа от 0 до 9 (там не могут быть шестнадцатеричные числа: A, B, C, D, E, F). Поэтому в одном байте могут находиться числа от 00 до 99 для упакованных BCD-чисел или числа от 0 до 9 для неупакованных BCD-чисел.

Команда DA A – десятичной коррекции выполняет действия над содержимым Аккумулятора после сложения BCD-чисел в процессоре (числа складывались по законам шестнадцатеричной арифметики) следующим образом (см. пример):



* если содержимое младшей тетрады Аккумулятора больше 9 или установлен флаг вспомогательного переноса (AС = 1), то к содержимому Аккумулятора добавляется 6 (т.е. недостающие шесть цифр в hex-формате);
* если после этого содержимое старшей тетрады Аккумулятора больше 9 или установлен флаг C, то число 6 добавляется к старшей тетраде Аккумулятора.

Команду десятичной коррекции DA A не применяют после команды инкремента (INC), потому что команда инкремента не влияет (не изменяет) на флаги С и АС.

Логические команды:

* логическое "И" – ANL,
* логическое "ИЛИ" – ORL,
* логическая команда "ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ" – XRL – выполняются в Аккумуляторе (как и арифметические), но имеется возможность выполнить логические команды также и в прямоадресуемом байте (dir). При этом второй операнд может быть:
* в Аккумуляторе или
* непосредственный операнд в команде.

Команды вращения (RR A, RL A) и команды вращения через флаг CARY (RRC A, RLC A) циклически сдвигают содержимое Аккумулятора на 1 бит.ресылки битовых операндов осуществляются только через флаг С.