**Лабораторная работа №2(2-ой семестр).**

**«Возможности и применение микросхемы PIC16C52»**

**Выполнил:** Рахимулин Ринат Р., гр.921ИБ(2-ой курс) ИВМиИТ КФУ

**Преподаватель:** Абайдуллин Равиль Нуралиевич

**Предмет:** Аппаратные средства и вычислительная техника

**Структура:**

1. Введение. Микроконтроллеры PIC…………………………………………..………………….2
2. Микроконтроллер PIC16C52 (№16)……………………………………………………………..4
3. Основные технические характеристики микроконтроллеров PIC16C52……………..5
4. Особенности внутренней конфигурации и схем ввода-вывода…………...…………..5
5. КМОП технология:…………………………………………………………………...…..5
6. Краткие пояснения………………………………………………………………………..5
7. Особенности архитектуры и структурная схема м-ра PIC16C52……...…………...…………9
   1. Обозначение выводов и их функциональное назначение…………………………….11
   2. Организация памяти программ………………………………………………………....13
   3. Организация памяти данных…………………………………………………..………..14
   4. Регистр состояния STATUS………………………………………………………….....17
   5. Регистр OPTION……………………………………………………………………...….18
   6. Программный счетчик………………………………………………..…………………19
   7. Стек и возвраты из подпрограмм…………………………….…………………………20
   8. Рабочий регистр W……………………………………………………..………………..21
   9. Порты ввода/вывода…………………………………………………….……………….21
   10. Таймер/счетчик…………………………………………………………………..………25
8. Режимы работы и специальные функции………………………………………………..….….25
   1. Биты конфигурации………………………………………………………………..….…25
   2. Сброс……………………………….……………………………….………….…………27
   3. Сторожевой таймер……………………………………………….………..……….……29
   4. Режим пониженного энергопотребления……………………….………….…………..30
   5. Защита программы от считывания……………………………….…………….……….30
   6. Индивидуальная метка…………………………………………..…..…………………..30
9. Система команд…………………………………………………………………………………..31
   1. Общий формат команд………………………………………………………………...…31
   2. Примечания………………………………………………………………………….……34
10. Использованные ресурсы………………………………………………………………………..36
11. **Введение. PIC-контроллеры.**

В 1975 году фирма GI разработала периферийный контроллер (Peripheral Interface Controller или PIC), предназначенный для поддержки ввода-вывода 16-ти разрядного процессора. В нем не требовалась сложная обработка информации, поэтому его набор команд был сильно ограничен, но почти все команды в нём выполнялись за один машинный цикл. Этот контроллер, имевший RISC-архитектуру стал прообразом сегодняшней архитектуры микроконтроллеров PIC [3-6], выпускающихся с конца 80-х годов компанией Arizona Microchip TechnologyLtd., дочерней компанией GI Microelectronics Inc.

Микроконтроллеры семейства PIC объединяют все передовые технологии ОМК: мировое лидерство по гибкой однократно или многократно электрически перепрограммируемой пользователем технологии ППЗУ, минимальное энергопотребление, исключительную производительность, мощную RISC-архитектуру и минимальные размеры корпуса. Эти широкие возможности и низкая стоимость сделали серию микроконтроллеров PIC лучшим выбором для инженерных применений. Более 200 миллионов микроконтроллеров PIC используется в нескольких тысячах приложений по всему миру. Использовать эти микроконтроллеры рекомендуется во всех случаях, когда критично энергопотребление, габариты и стоимость устройства.

**Вот только некоторые примеры применений микроконтроллеров PIC:**

• **Компьютеры и периферия:** принтеры, плоттеры, сетевые карты, модемы, мыши, сканеры, накопители на гибких и жестких магнитных дисках, CD ROM, мультимедийные устройства и т. п.

• **Радиотехника (ТНП):** CD проигрыватели, аудио системы, системы синтеза речевых сообщений, блоки дистанционного управления, модули телетекста, видеоигры.

• **Техника связи:** модемы, радиомодемы, микро-АТС, автоответчики, АОНы, беспроводные и мобильные телефоны, пейджеры, факс-аппараты.

• **Промышленные контроллеры:** интеллектуальные датчики, схемы управления электродвигателями, промышленные роботы, регуляторы температуры, влажности, давления и др.

• **Автомобильная электроника:** системы управления зажиганием, микроклиматом и впрыском топлива, приборные панели, радарные детекторы, автомобильные сигнализации, комбинированные измерительные приборы.

• **Бытовая техника:** системы сигнализации, измерительные приборы, счетчики воды, газа и электроэнергии, детекторы ионизирующего излучения, игрушки и т.д.

В зависимости от разрядности команд , архитектурных особен-ностей и функциональных возможностей однокристальные микроконтроллеры (ОМК) PIC делятся на четыре основные группы (семейства) :

1. Семейство простейших ОМК (12р. команды) – PIC 12CXX.

2. Базовое семейство (12 р. команды ) - PIC 16 C5XX.

3. Расширенное семейство (14 р. команды) - PIC 16CXX.

4. Высокопроизводительное семейство (16 р. команды) - PIC 17CXX.

Подавляющее число ОМК, также как и микроконтроллеры серии К1816, имеет традиционную (Фон-Неймановскую или Принстонскую) архитектуру в которой команды и данные передаются по одной шине [2,7]. Архитектура же ОМК PIC основана на концепции раздельных шин и областей памяти для данных и команд (Гарвардская архитектура). Шина и память данных (ОЗУ) имеет ширину 8 бит, а программная шина и память (ПЗУ или ППЗУ) имеет ширину 12, 14 или 16 бит в зависимости от семейства ОМК. Такая концепция обеспечивает простую, но мощную систему команд а двухступенчатый конвейер обеспечивает их одновременную выборку и исполнение. Все команды состоят из одного слова (шириной 12, 14 или 16 бит) и исполняются за один цикл (200 нс при тактовой частоте 20МГц), кроме команд перехода, которые выполняются за два цикла. За счет этого ОМК с RISC-архитектурой типа PIC 16/17 имеют самое высокое быстродействие по сравнению с большинством наиболее распространенных 8-битовы микроконтроллеров аналогичного класса и обеспечивают более чем в 5-10 раз лучшую производительность.

Контрольные испытания показывают, что применение ОМК се-рии PIC позволяют уменьшить время отладки в 1,5-2 раза по сравнению с обычными 8- разрядными микроконтроллерами.

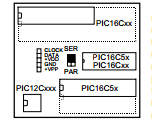
Система команд ОМК PIC 12/16/17 включает только 33/35/57 команд и может быть легко и быстро изучена. В конструкцию PIC включено много энергосберегающих особенностей, делающих их на сегодняшний день самыми микропотребляющими (в режиме SLEEP потребляемый ток менее 1 мкА), самым низковольтным по напряжению питания (2В) программируемыми пользователем микроконтроллерами.

Простейшие типы таких ОМК содержат 8-битный таймер-счетчик с 8- битным программируемым предварительным делителем (фактически 16-битный таймер) и 6-20 линий двунаправленного ввода/вывода. Корпус таких ОМК имеет 8(18) выводов. Микроконтроллеры расширенного и высокопроизводительного семейств содержат кроме этого целый ряд дополнительных функциональных узлов и блоков таких, например, как: многоканальные аналого-цифровые преобразователи, разветвленную систему прерываний, блоки управления жидкокристаллическими индикаторами, компараторы, широтно-импульсные модуляторы, параллельные и последовательные интерфейсы типа I2C, RS-232 и т.д., цифровые умножители, дополнительные таймеры-счетчики, увеличенное количество портов ввода/вывода дискретных сигналов и прочее.

Таким образом, ОМК PIC имеют существенные преимущества по сравнению с другими типами микроконтроллеров такого же класса. В настоящее время выпускаются микроконтроллеры с различным объемом постоянной и оперативной памяти, с различными типами тактовых генераторов, с различными быстродействием и конструктивным исполнением, а также с различными функциональными возможностями. Конкретный тип микроконтроллера для решения определенной задачи можно выбрать на основании критериев, рассмотренных ранее в разделе 1, используя соответствующую информацию, приведенную в Приложении А и в справочной литературе.

1. **Микроконтроллер PIC16C52 (№16).**

Микросхемы PIC представляют собой высокопроизводительные однокристальные микроконтроллеры на базе RISC-процессора фирмы MicroChip.



Микросхемы фирмы «Microchip» PIC16C52/54/56/58 - это 8-ми разрядные микроконтроллеры из семейства «Расширенный PIC16C52» с электрически или масочно программируемой памятью программ. Поставляются в 18-ми контактных корпусах типа PDIP, SOIC и CDIP с окном и 20 контактных корпусах типа SSOP. Их схемотехнические характеристики:

ТИП ЧАСТОТА ПЗУ/ППЗУ ОЗУ

PIC16C52 4 МГц 384х12 25х8

**Основные технические характеристики микроконтроллеров PIC16C52:**

* **Гарвардская архитектура:**
* - длина слов памяти программ - 12 бит
* - длина слов памяти данных - 8 бит
* 33 сравнительно легко запоминающиеся команды
* непосредственная, прямая, косвенная и относительная адресация
* все команды выполняются за один цикл (200 нс на 20 МГц, четыре периода тактового генератора), кроме команд перехода, которые выполняются за два цикла) рабочая частота 0 Гц ... 20 МГц (min 200 нс цикл команды)
* 7 (8) специальных аппаратных регистров SFR
* двухуровневый аппаратный стек
* прямая, непосредственная, косвенная и относительная адресация данных и команд
* 12 (20) линий ввода-вывода с индивидуальной настройкой
* максимальный втекающий ток - 10 мА
* максимальный вытекающий ток - 10 мА
* 8-битный таймер/счетчик RTCC с 8-битным программируемым предварительным делителем
* автоматический сброс при включении
* таймер включения при сбросе
* EPROM бит секретности для защиты кода
* биты идентификации
* экономичный режим SLEEP
* выбираемые пользователем биты для установки режима возбуждения встроенного генератора:
* - RC генератор (RC)
* - обычный кварцевый резонатор (XT)
* - высокочастотный кварцевый резонатор (HS)
* - экономичный низкочастотный кристалл (LP)
* встроенное устройство программирования EPROM памяти программ (используются только два вывода)
* экономичная высокоскоростная КМОП EPROM технология
* статический принцип в архитектуредвухуровневый аппаратный стек адресов возврата из подпрограмм
* возможно использование 12-ти контактов для ввода-вывода и одного контакта для подачи тактового сигнала таймера
* Высокопроизводительное процессорное ядро с сокращенным набором команд (RISC):

**Особенности внутренней конфигурации и схем ввода-вывода**

* 8-разрядный таймер/счетчик реального времени с (TMR0) с 8-разрядным предварительным делителем
* Сброс при включении питания (POR)
* Таймер сброса устройства (DRT)
* Сторожевой таймер (WDT) с собственным встроенным RC-генератором для повышения надежности работы
* Программируемая защита кода
* Режим экономии энергии (SLEEP)
* Выбираемые режимы тактового генератора:
* - RC: недорогой RC-генератор
* - XT: стандартный генератор на кварцевом резонаторе
* - HS: высокочастотный генератор на кварцевом резонаторе
* - LP: экономичный, низкочастотный генератор на кварцевом резонаторе
* 8-разрядный таймер/счетчик с внешней или внутренней синхронизацией и программируемой длиной предварительного делителя до 8-ми разрядов
* схема запуска по включению питания
* устройство ожидания вхождения кварцевого тактового генератора в рабочий режим
* оперативная смена направления движения сигналов через контакты ввода-вывода, в т.ч. вывод типа "открытый коллектор", "открытый эмиттор" и "с тремя состояниями"
* режим останова с микроэнергопотреблением и ожиданием условия запуска,в т.ч. и по изменению состояния входных сигналов
* протокол параллельного программирования внутренней памяти программ по 14-ти информационным выводам
* программированная защита от чтения посторонними лицами содержимого программной памяти
* тип генератора программируется пользователем. Дополнительно можно при этом подключить сторожевой таймер и/или логику защиты программ от считывания. Так же можно запрограммировать 16 специальных битов для идентификации.

**КМОП технология:**

* высокое быстродействие - до 5 млн команд в секунду
* полностью статическая архитектура
* входные уровни:
* - КМОП триггер Шмитта
* - 1,4 В порог ТТЛ
* выходы с током нагрузки±25мА (±10 мА для PIC16C52)
* широкий диапазон напряжения питания: - 2,5...6,25 В для микросхем с ППЗУ
* - 2,0...6,25 В для микросхем с ПЗУ
* - 2,0...3,8 В для микросхем PIC16LV54A/LV58A
* малое энергопотребление:
* - < 2 мА при 5 В и 4 МГц
* - типично 15 мкА при 3 В и 32 кГц
* - < 3 мкА 3 В и 0...70°C в режиме останова c выключенным устройством контроля работоспособности
* энергопотребление для PIC16LV54A/LV58A - < 1 мА при 3 В и 2 МГц
* - типично 10 мкА при 2 В и 32 кГц
* - < 0,6 мкА 3 В и 0...70°C в режиме останова c выключенным устройством контроля работоспособности

**Краткие пояснения.**

Для работы с PIC-контроллерами используется переходник, прилагаемый к программатору. Внешний вид переходника и назначение панелей приведены на рисунке. Имеющиеся на переходнике панели позволяют работать с микросхемами в корпусах DIP-8, DIP-18, DIP-28 (300 mil). Также предусмотрена возможность установки панелей для DIP-28 (600 mil) и DIP-40. Панель DIP-18 предназначена как для PICов с параллельным (par), так и с последовательным (ser) программированием. Выбор типа осуществляется двумя перемычками на переходнике. Для работы с PICами в других корпусах весь набор необходимых сигналов выведен на 5-ти контактный разъем расширения.

ПЗУ PIC-контроллеров содержит память программ (0,5…8К слов), ID-область (4 слова) и слово конфигурации. Каждое слово хранится в буфере программатора или файле в виде 2-х байтов, сначала младшие 8 бит, затем старшие.

В соответствии с рекомендациями фирмы MicroChip, информация в файле или буфере программатора располагается следующим образом:

– сначала программа, затем ID-область, слово конфигурации по адресу 1FFEh-1FFFh;

**В качестве альтернативного способа программирования PIC-контроллеров в автономном режиме с установкой защиты предлагается следующая последовательность действий:**

1. Записать подготовленный файл, включающий слово конфигурации с битом защиты, в микросхему EPROM, FLASH или SEEPROM подходящего объёма;
2. В автономном режиме считать эту микросхему в буфер программатора;
3. Записать в PIC программу, затем слово конфигурации. Стирание перепрограммируемых (отладочных) PIC-контроллеров осуществляется источником ультрафиолетового излучения.

Если эти микросхемы используются в устройствах с пониженным напряжением питания (< 5 В), для надежного стирания старой и правильной записи новой информации время облучения рекомендуется увеличить в 2-3 раза по отношению к минимально необходимому, после которого PIC считывается программатором как чистый.

**Регистры памяти данных (ОЗУ) разделяются на две функциональные группы:** **специальные регистры и регистры общего назначения.** Специальные регистры включают в себя регистр таймера/счётчика реального времени (TMRO), счётчик команд (РС), регистр состояния (STATUS), регистры ввода/вывода (PORT), и регистр косвенной адресации (FSR). Кроме того, специальные регистры управляют конфигурацией портов ввода/вывода и режимов предварительного делителя. Регистры общего назначения используются программой для хранения переменных по усмотрению пользователя. В микроконтроллерах семейства PIC16C52 существует прямая и косвенная адресация всех регистров и ячеек памяти. Все специальные регистры и счётчик команд также отображаются на память данных.

Микроконтроллеры PIC16C52 имеют ортогональную (симметричную) систему команд, позволяющую выполнять любую операцию с любым регистром, используя любой метод адресации. Это облегчает программирование для них, и значительно уменьшает время, необходимое на обучение работе с ними.

В микроконтроллерах PIC16C52 имеется 8-разрядное арифметико-логическое устройство (АЛУ) и рабочий регистр W. АЛУ выполняет сложение, вычитание, сдвиг, битовые и логические операции. В командах, имеющих два операнда, одним из операндов является рабочий регистр W. Второй операнд может быть константой или содержимым любого регистра ОЗУ. В командах с одним операндом, операнд может быть содержимым рабочего регистра или содержимым любого регистра ОЗУ. Для выполнения всех операций АЛУ используется рабочий регистр W, который не может быть прямо адресован. В зависимости от результата выполнения операции, могут измениться значения битов переноса С, десятичного переноса DC и нуля Z в регистре состояния STATUS. При вычитании биты C и DC, работают как биты заёма и десятичного заёма, соответственно. Регистр STATUS доступен для любой команды так же, как и любой другой регистр. В его состав входят так же биты TO и PD, которые устанавливаются аппаратно и не могут быть изменены программно. Данные разряды устанавливаются в соответствующие состояния при включении питания, сбросе и переходе в режим SLEEP. Производя их программный опрос, можно определить способ запуска программы.

Семейство микроконтроллеров PIC16C52 содержит двухуровневый аппаратный стек. При выполнении команды обращения к подпрограмме в вершину стека загружается счётчик команд, предварительно увеличенный на единицу. Одновременно старое значение из вершины стека копируется в стек уровня 2.

Одним из основных достоинств портов ввода/вывода является то, что программа может считывать и записывать данные в них аналогично регистрам общего назначения. При чтении всегда считывается действительное состояние выводов, независимо от того, запрограммированы отдельные разряды как входы или как выходы. После сброса все разряды программируются как входы. Выходы портов представляют собой защёлки и их состояние не меняется до следующей записи в порт. Установка режима каждого разряда во всех портах производится при помощи установки соответствующих разрядов в регистрах управления режимами портов TRIS (TRISA, TRISB или TRISC).

**Модуль таймера (TMR0) в данных микроконтроллерах имеет следующие особенности:**

* 8-разрядный таймер/счётчик, доступный по чтению и записи;
* 8-разрядный программируемый предварительный делитель, который может быть программно подключен или к таймеру или к таймеру WDT;
* внутреннее или внешнее тактирование, при этом может быть выбран фронт тактирующего импульса.

**Таймер имеет два режима работы:** режим таймера и режим счётчика. В режиме таймера TMR0 увеличивается в каждом командном цикле (если нет предварительного делителя). В режиме счетчика TMR0 увеличивается по каждому перепаду 1/0 или 0/1 на выводе TOCK1. Перепад, увеличивающий значение TMR0 выбирается установкой соответствующего бита в служебном регистре OPTION, который программно доступен по записи. В этом же регистре производится установка режима работы предварительного делителя (TMR0/WDT) и значение коэффициента деления.

Семейство микроконтроллеров PIC16C52 имеет набор специальных функций, предназначенных для расширения возможностей системы, минимизации стоимости, исключения навесных компонентов, обеспечения минимального энергопотребления и защиты кода программы от считывания. В состав данных функций входят:

* выбор типа генератора
* таймер сброса (DRT)
* сторожевой таймер (WDT)
* режим пониженного энергопотребления (SLEEP)
* защита кода программы от считывания
* биты идентификации

Таймер сброса DRT предназначен для поддержания контроллера в сброшенном состоянии в течение 18 мс после включения питания для стабилизации работы генератора. Наличие этих таймеров позволяет во многих применениях отказаться от схемы внешнего сброса.

Режим пониженного энергопотребления SLEEP предназначен для обеспечения очень малого тока потребления в режиме ожидания (менее 1 мкА при выключенном сторожевом таймере). Выход из режима SLEEP возможен по внешнему сигналу сброса или по окончанию выдержки сторожевого таймера. Возможность выбора типа генератора позволяет эффективно использовать микроконтроллеры семейства в различных приложениях. Использование RC-генератора позволяет уменьшить стоимость системы, а LP-генератор на низкочастотном кварцевом резонаторе сокращает энергопотребление. Защита кода программы и установка кода идентификации производится путём установки соответствующих разрядов в слове конфигурации при программировании микроконтроллеров.

Для разработки и отладки программных модулей свободно распространяется ассемблер MPASM, симулятор MPSIM, интегрированная система отладки для Windows MPLAB, а также большое число хорошо документированных примеров применения микроконтроллеров PIC в различных областях с исходными текстами.

Для аппаратной поддержки режима программирования микросхем имеются различные типы программаторов, подключаемых к компьютерам типа IBM PC. Существуют типы программаторов, которые можно подключать непосредственно к рабочей плате контроллера, что значительно ускоряет отладку. Программирование микроконтроллеров производится через последовательный канал, в качестве которого используются два разряда порта ввода/вывода. **Режим программирования задается путём установки на выводе сброса микроконтроллера напряжения +12 В.**

**3. Особенности архитектуры и структурная схема микроконтроллера PIC16C52.**

Основу структуры данного микроконтроллера составляют две внутренние шины: двунаправленная 8-битная шина данных и 12-битная шина команд. Это соответствует, как уже упоминалось ранее, Гарвардской архитектуре, основанной на концепции раздельных шин и областей памяти для данных и команд Шина данных связывает между собой все основные функциональные блоки МК: память данных (ОЗУ); арифметико-логическое устройство (ALU); порты ввода/вывода (Port A, B и С); регистры состояния (Status), косвенной адресации (FSR), таймера-счетчика (RTCC/TMRO), программного счетчика (PCL).

**Регистры** разделяются на две функциональные группы: специальные регистры и регистры общего назначения. Специальные регистры включают в себя регистр таймера/счетчика реального времени (TMRO/RTCC), счетчик команд (PC), регистр состояния (STATUS), регистры ввода/ вывода (PORT) и регистр косвенной адресации (FSR). Кроме того, специальные регистры (TRIS) управляют конфигурацией портов ввода-вывода и режимом предварительного делителя (OPTION). Регистры общего назначения (Register File) используются программой для хранения переменных по усмотрению пользователя. В микроконтроллерах семейства Р1С16С52 существуют прямая и косвенная адресация всех регистров и ячеек памяти. Все специальные регистры и счетчик команд также отображаются на память данных.

Микроконтроллеры Р1С16С52 имеют ортогональную (симметричную) систему команд, позволяющую выполнять любую операцию с любым регистром, используя любой метод адресации. Это облегчает программирование для них и значительно уменьшает время, необходимое на обучение работе с ними.

В микроконтроллерах Р1С16С52 имеется 8-разрядное арифметико-логическое устройство (АЛУ) и рабочий регистр W. АЛУ выполняет сложение, вычитание, сдвиг, битовые и логические операции. В командах, имеющих два операнда, одним из операндов является рабочий регистр W. Второй операнд может быть константой или содержимым любого регистра ОЗУ. В командах с одним операндом, операнд может быть содержимым рабочего регистра или содержимым любого регистр. Для выполнения всех операций АЛУ используется рабочий регистр W, который не может быть прямо адресован. В зависимости от результата выполнения операции, могут измениться значения битов переноса С, десятичного переноса DC и нуля Z в регистре состояния STATUS. При вычитании биты С и DC работают как биты заема и десятичного заема, соответственно. В описании команд SUBWF и ADDWF приведены необходимые примеры.

В состав микроконтроллеров PIC16C52 входит еще целый ряд функциональных блоков и узлов, таких, например, как: ПЗУ/ППЗУ прог-рамм (EPROM), счетчик команд или программный счетчик (PC), стек (Stack 1,2), регистры управления портами ввода/вывода (TRIS A,B,C ), сторожевой таймер Watch Dog Timer (WDT), предварительный делитель (Prescaler) для WDT и TMRO/RTCC, ячейка (слово) конфигурации (Configuration EPROM), топологические расположенное в ПЗУ программ, блок генераторов тактовых последовательностей и сигналов управления (Oscillator Timing & Control).

Входная тактовая частота, поступающая с вывода OSC1/CLKIN, внутри делится на четыре и из нее формируются четыре циклические не перекрывающиеся тактовые последовательности Q1, Q2, Q3 и Q4. Счетчик команд увеличивается в такте Q1, команда считывается из памяти программы и защелкивается в регистре команд в такте Q4. Команда декодируется и выполняется в течение последующего цикла в тактах Q1...Q4.

Выборка команды и ее выполнение совмещены по времени таким образом, что выборка команды занимает один цикл, а выполнение следующий цикл. Эффективное время выполнения команды составляет один цикл. Если команда изменяет счетчик команд (например, команда GOTO), то для выполнения этой команды потребуется два цикла. Цикл выборки начинается с увеличения счетчика команд в такте Q1. В цикле выполнения команды выбранная команда защелкивается в регистр команд в такте Q1. В течение тактов Q2, Q3 и Q4 происходит декодирование и выполнение команды. В такте Q3 считывается память данных (чтение операнда), а запись происходит в такте Q4. Таким образом, **цикл** **выполнения команды** (рис. 2.2) состоит из 4-х тактов Q1-Q4, в каждом из которых производятся различные, заранее определенные действия:



Рассмотрим последовательно основные элементы структуры а также особенности организации и функционирования МК.

**Обозначение выводов и их функциональное назначение.**

Обозначение выводов PIC16C52 и их функциональное назначение приведены на рис. 2.3 а также в табл. 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1.

Обозначение и функциональное назначение выводов ОМК

PIC 16C52.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименова-ние | DIP SOIC | SSOP | Тип | Буфер | Примечание |
| RAO | 17 | 19 | I/O | TTL |  |
| RA1 | 18 | 20 | I/O | TTL | Двунаправленный лорт ввода/вывода. |
| RA2 | 1 | 1 | I/O | TTL |  |
| RA3 | 2 | 2 | I/O | TTL |  |
| RBO | 6 | 7 | I/O | TTL |  |
| RB1 | 7 | 8 | I/O | TTL |  |
| RB2 | 8 | 9 | I/O | TTL |  |
| RB3 | 9 | 10 | I/O | TTL | Двунаправленный порт ввода/вывода, |
| RB4 | 10 | 11 | I/O | TTL |  |
| RB5 | 11 | 12 | I/O | TTL |  |
| RB6 | 12 | 13 | I/O | TTL |  |
| RB7 | 13 | 14 | I/O | TTL |  |
| TOCKI | 3 | 3 | 1 | ST | Вход таймера TMRO. |
| \_\_\_\_\_  МСLR/  Vpp. | 4 | 4 | 1 | ST | Вход сброса/напряжение  программирования. Сброс низким уровнем |
| OSC1/  CLKIN | 16 | 18 | 1 | ST | Вход генератора/внешняя тактовая частота. |
| OSC2/  CLKOUT | 15 | 17 | 0 | — | Выход генератора. Подключается к  резонатору. В режиме RC выход ¼  тактовой частоты OSC1. |
| vdd | 14 | 15,16 | Р | — | Положительное напряжение питания. |
| Vss | 5 | 5,6 | Р | — | Общий вывод. |

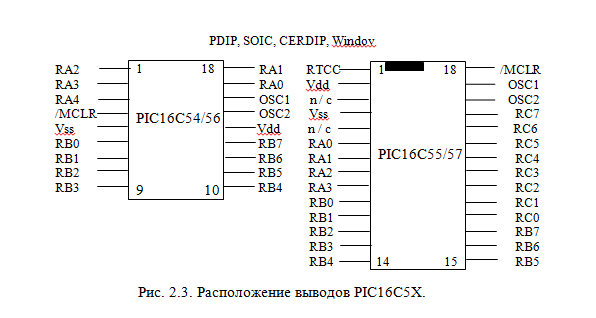
Таблица 2.2

Обозначение и функциональное назначение выводов ОМК

PIC 16C55/16C57

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименова­ние | DIP SOIC | SSOP | Тип | Буфер | Примечание |
| RAO | 6 | .5 | I/O | TTL |  |
| RA1 | 7 | 6 | I/O | TTL | Двунаправленный порт ввода/вывода. |
| RA2 | 8 | 7 | I/O | TTL |  |
| RA3 | 9 | 8 | I/O | TTL |  |
| RBO | 10 | 9 | I/O . | TTL |  |
| RB1 | 11 | 10 | I/O | TTL |  |
| RB2 | 12 | 11 | I/O | TTL |  |
| RB3 | 13 | 1.2 | I/O | TTL | Двунаправленный порт ввода/вывода. |
| RB4 | 14 | 13 | I/O | TTL |  |
| RB5 | 15 | 15 | I/O | TTL |  |
| RB6 | 16 | 16 | I/O | TTL |  |
| RB7 | 17 | 17 | I/O | TTL |  |
| RC0 | 18 | 18 | I/O | TTL |  |
| RC1 | 19 | 19 | I/O | TTL |  |
| RC2 | 20 | 20 | I/O | TTL |  |
| RC3 | 21 | 21 | I/O | TTL | Двунаправленный порт ввода/вывода. |
| RC4 | 22 | 22 | I/O | TTL |  |
| RC5 | 23 | 23 | I/O | TTL |  |
| RC6 | 24 | 24 | I/O | TTL |  |
| RC7 | 25 | 25 | I/O | TTL |  |
| TOCKI | 1 | 2 | I | ST | Вход таймера TMRO. |
| MCLR/Vpp | 28 | 28 | I | ST | Вход сброса/напряжение  программирования. Сброс низким уровнем. |
| OSC1/  CLKIN | 27 | 27 | I | ST | Вход генератора/внешняя тактовая частота. |
| OSC2/  CLKOUT | 26 | 26 | 0 | - | Выход генератора. Подключается к  резонатору. В режиме RC выход 1/4 тактовой частоты OSC1. |
| vdd | 2 | 3,4 | Р | - | Положительное напряжение питания. |
| Vss | 4 | 1,14 | Р | - | Общий вывод. |
| N/C | 3,5 | - | - | - | Не используются. |

Обозначения: I - вход, O - выход, I/O - вход/выход, Р - питание, — - не используется, TTL - вход ТТЛ, ST - вход с триггером Шмидта.



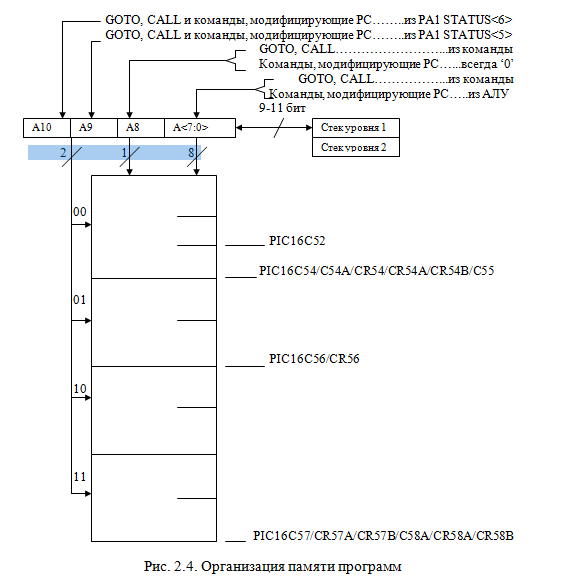
**Организация памяти программ**

Память программ (ПЗУ/ППЗУ) имеет страничную организацию (рис.2.4). Объем одной страницы 512 байт поэтому прямая адресация памяти программ в семействе Р1С16С52 возможна в пределах 512 байт. Микроконтроллеры PIC16C52 имеют одну, две или четыре страницы памяти программ для хранения 12-ти разрядных кодов команд (512X12, 1024Х12, 2048Х12). В соответствии с этим все ОМК данного семейства можно разделить на три группы. Доступ к памяти свыше 512 байт осуществляется после переключения на соответствующую страницу памяти. Микроконтроллеры PIC16C52 имеют одну страницу памяти программы/

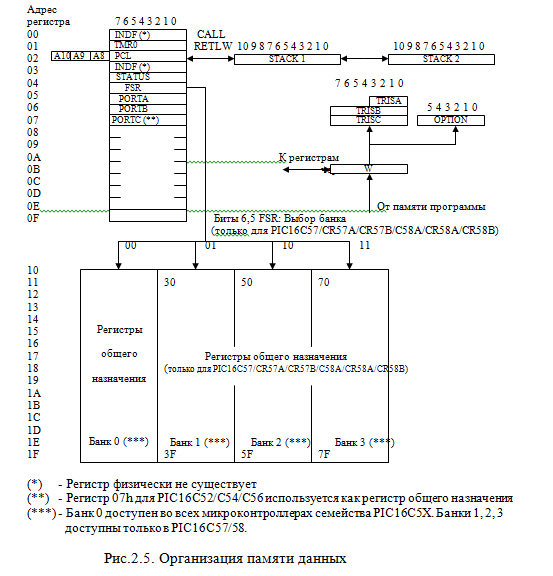
**Организация памяти данных**

Память данных (ОЗУ) также имеет страничную организацию (рис. 2.5). Она состоит максимум из 4-х банков (0...3). Причем, банки в различных типах PIC могут иметь различные объемы. Минимальный объем банка 16 байт, а максимальный 32 байта

Шина данных разрядностью 8 бит соединяет группу регистров ОЗУ, порты ввода/вывода и 8- разрядное арифметико-логическое устройство(АЛУ). Прямо адресуются 32 байта оперативной памяти, остальная память адресуется банками по 16 байт каждый. Микроконтроллеры PIC16C52 имеют один банк оперативной памяти объемом 32 байта, из которых 25 байт могут быть использованы в качестве регистров общего назначения.



Регистры могут быть адресованы прямо или косвенно, с исполь-зованием регистра косвенной адресации FSR. Непосредственная адре-сация поддерживается специальными командами, загружающими данные из памяти программы в рабочий регистр W. Регистры, как уже упоминалось, разделяются на две функциональные группы: специальные



регистры и регистры общего назначения. Специальные регистры (табл. 2.3) включают в себя регистр таймера/счетчика реального времени (RTCC-TMRO), счетчик команд (PC), регистр состояния (STATUS), регистры ввода/вывода (PORT) и регистр косвенной адресации (FSR). Кроме того, специальные регистры управляют конфигурацией портов ввода-вывода и режимом предварительного делителя.

Регистры общего назначения используются для хранения переменных по усмотрению пользователя.

Таблица 2.3

Описание специальных регистров Р1С16С52

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Адрес | Название | Бит 7 | Бит 6 | Бит 5 | Бит 4 | БитЗ | Бит 2 | Бит1 | Бит 0 | Значение по вклю-  чению питания | Значение по сбросу по MCLR и WDT |
| 00h | INDF . | Используется значение FSR для доступа к памяти данных (не физический регистр) | | | | | | | | -- - - -- - - | -- - - -- - - |
| 01h | TMRO | 8-разрядный счетчик/таймер | | | | | | | | хххх хххх | uuuu uuuu |
| 02h | PCL | Младшие 8 разрядов счетчика команд PC | | | | | | | | 1111 1111 | 1111 1111 |
| 03h | STATUS | РА2 | РА1 | РАО | ТО | PD | Z | DC | С | 0001 1xxx | 000? ?uuu |
| 04h | FSR | Регистр косвенной адресации | | | | | | | | хххх хххх | uuuu uuuu |
| 05h | PORTA | - | - | - | - | РАЗ | RA2 | RA1 | RA0 | -- - - хххх | -- - - uuuu |
| 06h | PORTB | RB7 | RB6 | RB5 | RB4 | RB3 | RB2 | RB1 | RB0 | хххх хххх | uuuu uuuu |
| 07h | PORTC | RC7 | RC6 | RC5 | RC4 | RC3 | RC2 | RC1 | RC0 | хххх хххх | uuuu uuuu |

Обозначения**:**  x - не определено, u - не меняется, — - отсутствует, читается как '0',

? - значение зависит от условий сброса.

Примечания:

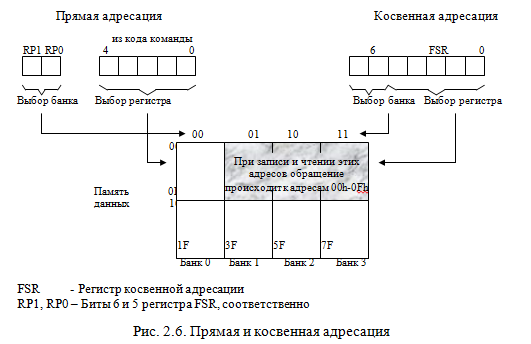
1. Старшие разряды счетчика команд непосредственно не доступны. Обращение к старшим битам осуществляется через биты РА1, РАО (STATUS<6:5>).

2. Для PIC16C52/54/C54A/CR54/CR54A/CR54B/C56/CR56/C58A/CR58A/CR58B ре­гистр 07h является регистром общего назначения.

3. Заштрихованы физически отсутствующие биты.

**При непосредственной** **(прямой) адресации** (рис. 2.6) выбор банка осуществляется с помощью 2-х бит PR0 и RP1, которые находятся в 5 и 6 разрядах регистра косвенной адресации (FSR/Pointer) соответственно. Выбор регистра в банке осушествляется с помощью 5-ти разрядного адреса, поступающего в ОЗУ прямо из кода команды по выделенной для этих целей отдельной шине адреса, которая связывает регистр команд и память данных.

**При косвенной адресации** (рис. 2.6) используется переключатель косвенной адресации (регистр f0 в памяти данных, который физически не существует) и указатель Pointer (регистр f4 - FSR). Существуют некоторые отличия при осуществлении косвенной адресации для различных типов МК. Так для PIC16C54/C55/C56: биты 0-4 регистра (f4) выбирают один из 32 регистров в режиме косвенной адресации, т.е. когда в команде есть обращение к регистру косвенной адресации (f0). Биты 5-7 не используются и всегда читаются как единицы. Если косвенная адресация



не используется, регистр f4 может быть использован как 5-ти битовый регистр общего назначения. Для PIC16C57 первые 16 байт каждого банка представляют собой физически одни и те же регистры. Только тогда, когда бит 4 (f4) установлен в единицу (указывает на следующие 16 байт), биты 5 и 6 выбирают один из четырех банков по 16 регистров каждый. Бит 7 регистра (f4) не используется и всегда читается как единица.

**Регистр состояния STATUS.**

Регистр состояния (f3) содержит арифметические флаги АЛУ, состояние контроллера при сбросе и биты выбора страниц для программ с обьемом памяти превышающим 512 слов (PIC16C56/PIC16C57).Регистр STATUS доступен для любой команды так же, как любой другой регистр. Однако, биты TO и PD устанавливаются аппаратно и не могут быть записаны в регистр статуса программно. Это следует иметь в виду при выполнении команды с использованием регистра статуса. Например, команда CLRF f3 обнулит все биты, кроме битов TO и PD, а затем установит бит Z=1. После выполнения этой команды регистр статуса может и не иметь нулевое значение (из-за битов TO и PD) f3= 000??100. Поэтому рекомендуется для изменения регистра статуса использовать только команды битовой установки BCF, BSF, MOVWF, которые не изменяют остальные биты статуса. Воздействие всех команд на биты статуса можно посмотреть в «Описании команд» [8].

Биты 5-6 регистра статуса определяются как биты адреса страниц PA0-PA1 программной памяти(только для PIC16C56/PIC16C57 !!!). Когда исполняются команды GOTO, CALL и команды, когда программный счетчик изменяется, например MOVWF 2, биты адреса страниц PA0-PA1 загружаются в биты программного счетчика A9-A10. Таким образом, прямой адрес, указанный в слове команды, указывает на место внутри определенной страницы памяти. Команда RETLW не изменяет биты выбора страниц. После сигнала «Сброс»биты регистра статуса PA0-PA1 обнуляются.

Размещение флагов в регистре STATUS (Адрес: 03h. Значение по включению питания: 0001 1ххх) следующее:

b7  b6  b5  b4  b3  b2  b1  b0

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PA2 | PA1 | PA0 | TO | PD | Z | DC | C |

**C -** Флаг переноса/заема.

Для команд ADDWF и SUBWF. Этот бит устанавливается, если в результате операции из самого старшего разряда происходит перенос. Вычитание осуществляется путем прибавления дополнительного кода второго операнда. При выполнении команд сдвига этот бит всегда загружается из младшего или старшего бита сдвигаемого источника.

;------------------------------- Пример

; SUBWF Example #1

;

clrf 0x20 ; f(20h)=0

movlf 1 ; wreg=1

subwf 0x20 ; f(20h)=f(20h)-wreg=0=FFh

; Carry=0: Результат отрицательный.

; SUBWF Example #2

;

movlw 0xFF

movwf 0x20 ; f(20h)=FFh

clrw ; wreg=0

subwf 0x20 ; f(20h)=f(20h)-wreg=FFh-0=FFh

; Carry=1: Результат положительный.

**DC -** Флаг десятичного переноса/заема.

Для команд ADDWF и SUBWF. Этот бит устанавливается, если в результате операции из четвертого разряда происходит перенос. Механизм установки десятичного бита переноса «DC»тот же самый, отличается тем, что отслеживается перенос из четвертого бита.

**Z -** Флаг нулевого результата:

Устанавливается, если результатом арифметической или логической операции является ноль.

**PD -** Power Down ( режим хранения данных) :

Устанавливается в "1" при включении питания или команде CLRWDT. Сбрасывается в"0" командой SLEEP.

**TO -** Time Out. Флаг срабатывания Watchdog таймера:

Устанавливается в "1" при включению питания и командами CLRWDT, SLEEP. Сбрасывается в "0" по завершению выдержки времени таймера WDT.

**Регистр OPTION.**

Это регистр конфигурации предделителя и RTCC (TMRO). Значениями битов в этом регистре (он не имеет адреса!) определяется подключение предделителя к RTCC или WDT, коэффициент его деления, источник счетных импульсов, выбирается фронт сигнала для RTCC. Регистр OPTION предназначен только для записи и имеет ширину 6 бит. Во время исполнения команды "OPTION" содержимое регистра W загружается в этот регистр. По сигналу «Сброс» все биты этого регистра устанавливаются в единицы.

Регистр OPTION (Адрес: нет. Значение по включению питания: 11 1111) имеет следующее содержание:

b5  b4  b3  b2  b1  b0

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RTS  (T0CS) | RTE  (T0SE) | PSA | PS2 | PS1 | PS0 |

**PS2...PS0 -** Настройка предделителя (см. табл.2.4).

**PSA -** Бит, указывающий, что делитель работает с RTCC (TMRO) или WDT:

0 – RTCC,

1 – WDT.

**RTE (T0SE) -** Фронт сигнала RTCC:

0 - инкремент по положительному фронту на ножке RTCC,

1 - инкремент по отрицательному фронту на ножке RTCC.

**RTS (T0CS) -** Источник сигнала для RTCC:

0 - сигнал от внутреннего генератора,

1 - внешний сигнал на ножке RTCC.

**Программный счетчик.**

Программный счетчик обеспечивает доступ к 12‑битным ячейкам встроенной постоянной памяти (EPROM), длина которой может быть до 2048 ячеек.

В зависимости от типа PIC, программный счетчик (PC) и соответствующий двухуровневый аппаратный стек имеют ширину от 9 до 11 бит (см. табл.2.5).

При cбросе, все биты программного счетчика устанавливаются в единицы. В процессе выполнения программы PC автоматически инкрементируется при выполнении каждой команды, если команда сама не изменит его в следующих случаях:

1) при исполнении команды GOTO в программный счетчик загружаются младшие 9 бит (PC <8:0При помощи команды GOTO можно переместиться в любое место любой страницы памяти программ;

Таблица 2.4

Настройка предделителя.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PS2….PS0 | Коэффициенты деления | |
| RTCC (TMRO) | WDT |
| 0 0 0  0 0 1  0 1 0  0 1 1  1 0 0  1 0 1  1 1 0  1 1 1 | 1 : 2  1 : 4  1 : 8  1 : 16  1 : 32  1 : 64  1 : 128  1 : 256 | 1 : 2  1 : 4  1 : 8  1 : 16  1 : 32  1 : 64  1 : 128  1 : 256 |

Таблица 2.5.

Ширина программного счетчика и стека

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип МК | Ширина PC | Ширина стека |
| PIC16C54/PIC16C55 | 9 бит | 9 бит |
| PIC16C56 | 10 бит | 10 бит |
| PIC16C57 | 11 бит | 11 бит |

2) при исполнении команды CALL в программный счетчик загружаются младшие 8 бит, в то время как девятый бит обнуляется. Значение PC, увеличенное на единицу, будет сохранено в стеке.

3) команда RETLW выгружает в программный счетчик содержимое из вершины стека;

4) если программный счетчик задействован в команде (например, MOVWF 2, ADDWF 2, BSF 2,5), то 8 бит результата исполнения команды будут загружены в младшие 8 бит программного счетчика. Девятый бит PC будет обнулен.

Так как девятый бит программного счетчика обнуляется при исполнении команды CALL или команд, записывающих свой результат в PC, то вызов подпрограмм или осуществление вычисляемого перехода ограничены первой половиной страницы программной памяти, то есть первыми 256 адресами.

**Стек и возвраты из подпрограмм**

В микроконтроллерах PIC16C52 используется двухуровневый аппаратный стек. Это означает, что он может хранить одновременно не более двух адресов возврата.

Команда CALL инкрементирует текущее значение программного счетчика и записывает его в стек на уровень 1. При записи на уровень 1 стека его предыдущее значение автоматически записывается на уровень 2. Если вызывается более двух вложенных подпрограмм, то только два последних адреса возврата будут сохранены.

При исполнении команды RETLW в программный счетчик выгружается содержимое стека первого уровня. Одновременно содержимое стека второго уровня копируется в стек первого уровня. Если исполняются более двух команд RETLW друг за другом, в стеке обоих уровней будет записано значение второго уровня.

**Рабочий регистр W**

Рабочий регистр W содержит второй операнд в двухоперандных командах и поддерживает внутреннюю передачу данных.

**Порты ввода/вывода**

Регистры ввода/вывода могут управляться, как любые другие регистры. Однако, команда «чтение» (например MOVF 6,W) всегда считывает фактический уровень сигнала на ножке порта, независимо от того, запрограммирован этот разряд порта на ввод или на вывод. После сигнала «Сброс» все порты ввода/вывода устанавливаются на «ввод» (электрически эквивалентно третьему состоянию), а управляющие регистры ввода/вывода (TRISA, TRISB, TRISC) устанавливаются в единицы (конфигурация на ввод). Для того, чтобы конфигурировать некоторые линии порта на вывод, необходимо установить соответствующие биты в нужном TRIS регистре в «0». Это можно делать командой  "TRIS f".

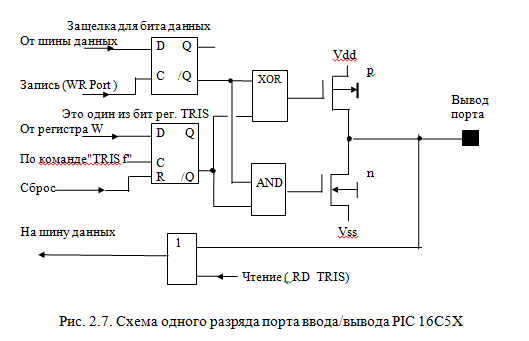
**Порт А** является 4‑битовым портом ввода/вывода. Используются только младшие 4 бита (RA0-RA3). Старшие биты 4— всегда читаются как нули.

**Порт B** является 8‑битовым портом ввода/вывода.

**Порт С**  для PIC 16C55/C57: 8-битовый порт ввода/вывода.  Для

PIC16C54/C56: внутренний регистр памяти (не порт) общего назначения.

Схема одного разряда (линии) порта ввода-вывода приведена на рис.2.7.



При операциях ввода порты не защелкиваются. Входной сигнал должен присутствовать пока идет процесс чтения (напр. MOVF 6, W). При операциях вывода порты защелкиваются и сохраняют значение до тех пор пока не будут перезаписаны. На рис.2.7 не показаны диоды, которые защищают ножку порта от внешних импульсов большого напряжения. Они ограничивают импульсное напряжение на ножке значениями от Vss - 0,6 до Vdd + 0,6 В. Если статическое напряжение, по каким либо причинам, выйдет за указанные пределы, то возникнут большие статические токи, способные вывести микроконтроллер из строя.

**Проблемы при организации двунаправленных портов.** Некоторые команды выполняются в режиме чтение-модификация-запись. Например, команды BCF и BSF считывают порт целиком, модифицируют один бит и выводят результат обратно. Здесь необходима осторожность. Например, команда BSF для бита 5 регистра f6 (порт В) сначала считает все восемь бит. Затем выполняются действия над битом 5 и новое значение байта целиком записывается в выходные защелки. Если другой бит регистра f6 используется в качестве двунаправленного ввода/вывода (скажем бит 0) и в данный момент он определен как входной, входной сигнал на этой ножке будет считан и записан обратно в выходную защелку этой же ножки, затирая ее предыдущее состояние. До тех пор пока эта ножка остается в режиме ввода, никаких проблем не возникает. Однако, если позднее линия 0 переключится в режим вывода, ее состояние будет неопределенным.

На вывод, работающий в режиме выхода, не должны подключатся внешние нагрузки по схеме «монтажное И» или «монтажное ИЛИ». Возникающие пи этом большие токи могут повредить кристалл.

**Последовательное обращение к портам ввода/вывода.** Запись в порт вывода происходит в конце командного цикла. Но при чтении, данные должны быть стабильны в начале командного цикла. Будьте внимательны в операциях чтения, следующих сразу за записью в тот же порт. Здесь надо учитывать инерционность установления напряжения на выводах. Может потребоваться программная задержка, чтобы напряжение на ножке (зависит от нагрузки) успело стабилизироваться до начала исполнения следующей команды чтения.

**Таймер/счетчик.**

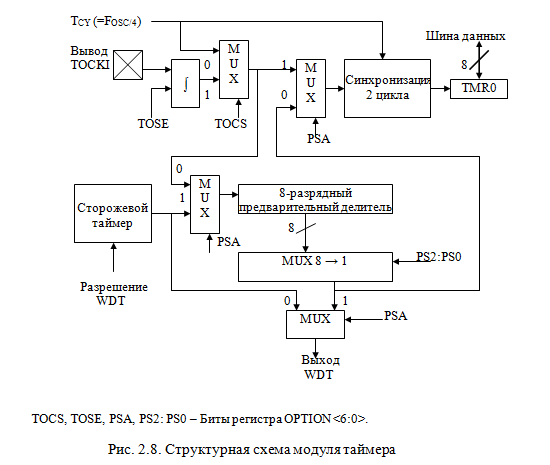
На рис.2.8 приведена упрощенная структурная схема модуля таймера. Он может работать в одном из 2-х режимов: таймера или счетчика.

**Режим таймера** выбирается установкой в"0" бита TOCS (RTS) в регистре ОРТION (<5>). В режиме таймера RTCC (TMRO) увеличивается в каждом командном цикле (в отсутствии предварительного делителя). Если происходит запись в RTCC, то увеличение счетчика задерживается на два последующих цикла выполнения команды. Запись в RTCC должна вестись с учетом этой задержки. При необходимости проверки регистра TMRO на ноль без влияния на процесс счета, рекомендуется пользоваться командой MOVF TMRO, W.

**Режим счетчика** выбирается установкой в "1" бита TOCS (ОРТION<5>). В этом режиме содержимое таймера увеличивается по каждому перепаду 1/0 или 0/1 на выводе TOCKI. Перепад, увеличивающий значение TMRO, выбирается битом выбора фронта переключения TOSE (RTE) в регистре ОРТION (<4>). Установка этого бита в "0" вызывает увеличение RTCC по перепаду 0/1.

В регистр RTCC можно загрузить данные или считать из него, как из любого другого регистра. Содержимое этого регистра может быть инкрементировано фронтом внешнего сигнала, поступающим на вход RTCC кристалла, или внутренним сигналом синхронизации (CLKOUT=Fosc/4).

**Структурная схема** содержит элемент MUX - это электронный переключатель (мультиплексор).



Для того, чтобы 8‑битовый предделитель присоединить к таймеру/счетчику, нужно установить определенным образом PSA бит и биты PS в регистре Option. Регистр Option - это специальный регистр, (у него нет адреса в памяти данных) но к нему можно обратиться при помощи команды OPTION. Если предделитель подключен к таймеру/счетчику (RTCC), любые команды записи в сам RTCC (регистр f1, например ClrF1, BSF1,5 ... и т.п.) очищают его.

Бит "RTS" (RTCC signal Sourc*e*) в регистре Option, определяет источник счетных импульсов (внутренний или внешний).

**Когда RTS = 1***:*

Сигналом синхронизации для таймера/счетчика RTCC или для пределителя, если он подключен к RTCC, является сигнал, поступающий на вывод RTCC. Значение бита 4 (RTE) в регистре Option определяет, происходит ли счет по заднему фронту (RTE=1) или по переднему фронту (RTE=0) сигнала на выводе RTCC.

**Когда RTS** = 0:

Регистр RTCC инкрементируется по сигналу внутренней синхронизации (=Fosc/4). В этом случае значение бита »в регистре Option и сигнал на выводе RTCC не имеют значения. Однако вывод RTCC следует подключить к Vdd или к Vss, как удобнее, чтобы случайно не попасть в режим теста и обеспечить корректность в режиме низкого потребления.

Пока на таймер/счетчик RTCC поступают синхроимпульсы (не важно внешние или внутренние, подключен предделитель к RTCC или нет), регистр f1- RTCC инкрементируется и по достижении значения «FFH» сбрасывается в 0. После обнуления счет продолжается.

Счетные импульсы задерживаются на два командных цикла. Например, после записи информации в RTCC, инкрементирование его произойдет через два командных цикла. Такое происходит со всеми командами, которые производят запись или чтение-модификацию-запись f1 (например, MOVF f1, CLRF f1). Если RTCC нужно проверить на равенство нулю без останова счета, следует использовать инструкцию MOVF f1,W.

**Предварительный делитель** представляет собой 8- битный счетчик который используется или как предделитель перед RTCC или как делитель частоты после Watchdog таймера. Если делитель подсоединен к RTCC, то он не может быть подключен к Watchdog таймеру и наоборот. Биты PSA и PS0 - PS2 в регистре OPTION определяют включение делителя и устанавливают его коэффициент деления.

Предделитель может подключаться по разному. Когда он присоединен к RTCC, все команды производящие запись в RTCC (например, CLRF 1, MOVWF 1, BSF 1,x... и т.д.) будут одновременно обнулять и делитель. Когда делитель подключен к WDT, команда CLRWDT также обнулит делитель вместе с Watchdog таймером. Подключение делителя ‑ прграммно управляемое. ***Чтобы избежать несанкционированного сигнала «Сброс» во время переключения делителя с RTCC на WDT*, *надо выполнить определенную последовательность команд:***

1. MOVLW B`xx0x0xxx` ; Выбрать внутреннюю синхронизацию

; и новое значение для делителя. Если

; новое значение делителя равно "000"

; или "001", то надо временно выбрать

; другое значение делителя.

2. OPTION

3. CLRF 1 ; Обнулить RTCC и делитель.

4. MOVLW B`xxxx1xxx` ; Выбрать WDT, не изменяя

; значения де лителя.

5. OPTION

6. CLRWD ; Обнулить WDT и делитель (Сброс).

7. MOVLW B`xxxx1xxx` ; Выбрать новое значение для

; делителя.

8. OPTION

Пункты 1 и 2 требуются только тогда, когда к RTCC был подключен внешний источник. Пункты 7 и 8 необходимы тогда, когда в делитель требуется загрузить величину `000` или `001`.

***Переключение делителя с WDT на RTCC* *необходимо осуществлять с помощью следующей последовательности команд:***

1. CLRWDT ; Обнулить WDT и делитель.

2. MOVLW B`xxxx0xxx` ; Выбрать RTCC, новое значение для

; делителя и источник сигнала.

3. OPTION

*Эта последовательность должна быть выполнна даже в том случае, если сторожевой таймер WDT запрещен.*

**4.Режимы работы и специальные функции.**

Семейство микроконтроллеров Р1С16С5Х имеет набор специальных функций, предназначенных для расширения возможностей системы, минимизации стоимости, исключения навесных компонентов, обеспечения минимального энергопотребления и защиты кода от считывания. В Р1С16С5Х реализованы следующие специальные функции:

* выбор типа генератора;
* сброс;
* схема сброса по включению питания (POR);
* таймер сброса (DRT);
* сторожевой таймер (WDT), кроме Р1С16С52;
* режим пониженного энергопотребления (SLEEP);
* защита кода от считывания;
* биты идентификации.

Микроконтроллеры семейства Р1С16С5Х, кроме Р1С16С52, имеют встроенный сторожевой таймер WDT, который может быть выключен только через бит конфигурации WDTE. Для повышения надежности он работает от собственного RC- генератора. Таймер сброса DRT предназначен для поддержания контроллера в сброшенном состоянии в течение 18 мс после включения питания для стабилизации работы генератора. Присутствие этих таймеров позволяет во многих применениях отказаться от схемы внешнего сброса.

Режим пониженного энергопотребления SLEEP предназначен для обеспечения очень малого тока потребления в ожидании (менее 1 мкА при выключенном сторожевом таймере). Выход из режима SLEEP возможен по внешнему сигналу сброса или по окончанию выдержки сторожевого таймера. Возможность выбора типа генератора позволяет эффективно использовать микроконтроллеры семейства в различных приложениях. Использование RC генератора позволяет уменьшить стоимость системы, a LP генератор сокращает энергопотребление.

**Биты конфигурации**

Микроконтроллеры семейства Р1С16С52 имеют четыре бита конфигурации, устанавливающиеся на этапе программирования кристалла. Биты FOSC1 и FOSCO определяют тип генератора, бит WDTE разрешает использование сторожевого таймера WDT, а бит СР предназначен для защиты программы от считывания.

Слово конфигурации (CONFIG) располагается по адресу 0FFh в памяти программ и имеет следующее содержание:

11 4 3 2 1 0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | CP | WDTE | FOSC1 | FOSC0 |

**CP –** защита от считывания программы (Code Protect):

1 – защита включена,

0 – защита выключена.

**WDTE –** разрешение сторожевого таймера:

1 – сторожевой таймер разрешен,

0 - сторожевой таймер запрещен.

**FOSC1, FOSC0 –** выбор типа генератора.

FOSC1, FOSC0 = 11: RC генератор,

10: HS генератор,

01: XT генератор,

00: LP генератор.

*2.2.14. Типы генераторов*

Для Р1С16С52 допустимы два режима: RC, XT.

**Кварцевый генератор.** В режимах XT, LP и HS к выводам OSC1/CLKIN и OSC2/CLKOUT подключается кварцевый или керамический резонатор ( рис. 2.9 ). Схема генератора Р1С 16С5Х

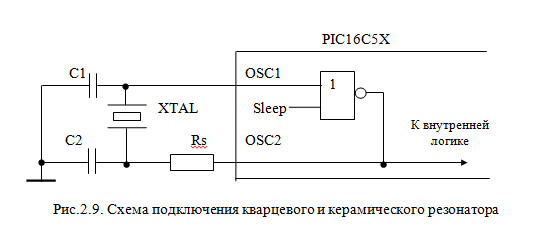
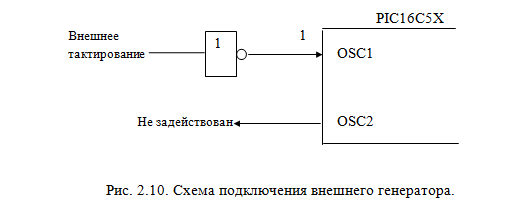
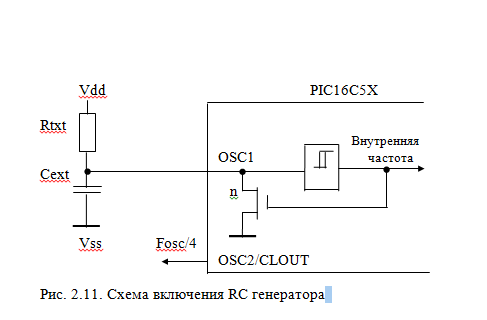


Рис.2.9. Схема подключения кварцевого и керамического резонатора

предусматривает использование резонаторов с параллельным резонансом. Использование резонаторов с последовательным резонансом может привести к возбуждению резонатора на частоте, выходящей за пределы параметров резонатора. Для резонаторов с AT срезом может использоваться последовательный резистор Rs. В режимах XT, LP и HS генератор Р1С16С5Х может также тактироваться от внешнего источника, подключаемого к выводу OSC1/CLKIN (рис. 2.10).

**RC генератор.** Когда не предъявляются высокие требования к точности и стабильности частоты генератора, использование RC генератора позволяет дополнительно уменьшить стоимость системы. Частота RC генератора зависит от питающего напряжения, значений резистора Rext, конденсатора Сext, рабочей температуры и незначительно изменяется от разброса характеристик кристаллов. На частоту генерации при малых значениях Сext также влияет собственная емкость корпуса кристалла. Кроме того, нужно учитывать также температурный дрейф резистора Rext и конденсатора Сext. На рис. 2.11 приведена схема включения RC генератора.





Для значений Rext ниже 2.2 кОм генератор может работать нестабильно или не запускаться. При очень больших значениях Rext (например, 1 МОм), генератор становится чувствительным к помехам, утечкам и влажности. Рекомендуемый диапазон значений Rext от 3 кОм до 100 кОм. Хотя генератор работоспособен и при отсутствии внешнего конденсатора (Сext=0), для увеличения стабильности работы рекомендуется использовать конденсатор емкостью более 20 пф. При малой емкости Сext, или вообще без него, частота генератора сильно зависит от монтажных емкостей. Разброс будет тем больше, чем больше величина резистора Rext (так как влияние токов утечки на частоту RC генератора сильнее при больших значениях Rext), и чем меньше величина емкости Сext (так как в этом случае сильнее проявляется влияние монтажных емкостей).

На выводе OSC2/CLKOUT в режиме RC присутствует сигнал с частотой генератора, деленной на четыре, который может быть использован для синхронизации других схем.

**Сброс.**

Микроконтроллеры Р1С16С5Х имеют следующие способы сброса:

- сброс по включению питания (POR);

- сброс по входу MCLR при обычной работе;

- сброс по входу MCLR в режиме пониженного энергопотребления SLEEP;

- сброс по сторожевому таймеру WDT.

На рис. 2.12 приведена структурная схема узла сброса.

Вывод

VDD Сброс по включению питания

Вывод

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

MCLR/VPP Выход из WDT

RESET

Сброс кристалла

Рис. 2.12. Структурная схема узла сброса

При сбросе некоторые регистры не изменяют свое состояние. При включении питания они имеют неопределенное значение, в остальных случаях их состояние не изменяется (см. в табл. 2.3 и более подробно в [3,5] ). Большинство других регистров устанавливаются в определенное состояние в случаях сброса по включению питания, по входу MCLR или по сторожевому таймеру, Р1С16С52 не различает сброс по сторожевому таймеру при нормальной работе и из режима SLEEP. Биты ТО и РD (STATUS<4:3>) устанавливаются в зависимости от причины сброса (см. в табл. 2. 3 и более подробно в [3,5] ).

***Во время действия сигнала «Сброс» состояние кристалла следующее:***

- Генератор работает или готов к запуску ( включение или выход из SLEEP).

- Все выводы портов ввода/вывода кристалла устанавливаются в третье состояние, путем установки регистров «TRIS» в «единицы» (что соответствует режиму ввода).

- Все биты программного счетчика устанавливаются в «единицы»

(в случае PIC16C54/55 программный счетчик равен 1FFh, для PIC16C56 програмный счетчик равен 3FFh, PIC16C57 - программный счетчик равен 7FFh).

- Биты регистра OPTION устанавливаются в «единицы».

- Watchdog таймер и его делитель обнуляются.

- Старшие три бита статус-регистра (биты выбора страниц) обнуляются.

- Сигнал CLKOUT на выводе OSC2 удерживается в "0" (только для RC-генераторов).

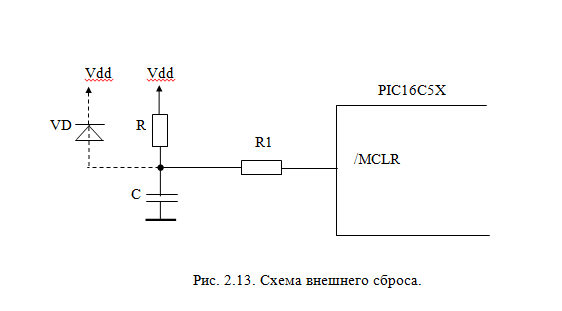
**Таймер запуска.** Генератор, построенный на кварцевых или керамических резонаторах, требует обязательной задержки после включения питания для обеспечения стабильной генерации. Для этого, встроенный таймер запуска генератора держит устройство в состоянии сброса примерно 18 мс после того, как сигнал на /MCLR ножке кристалла достигнет уровня логической единицы. Таким образом, внешняя цепочка RC , связанная с ножкой /MCLR во многих случаях не требуется.

Wathdog Timer также использует таймер запуска. Это важно для случаев, где WDT используется для автоматического вывода PIC16C52 из режима SLEEP. В кристаллах с низкой частотой, где требуется более 18 мс для обеспечения стабильной генерации, использования встроенного таймера запуска недостаточно.

**Внешний сброс при включении питания.** Кристаллы PIC16C52 имеет встроенную схему сброса при включении питания. Чтобы использовать эту схему, надо просто подключить вывод /MCLR к напряжению питания Vdd. Таймер запуска начинает счет выдержки времени только если /MCLR достиг высокого уровня. По истечении этой выдержки ( в среднем 18 мс) процесс внутреннего сброса завершается.

Здесь существует проблема, когда Vdd нарастает слишком медленно и выдержка на запуск генератора завершилась, а питание еще не достигло своего минимального значения Vdd(min) работоспособности. Встроенная схема сброса обеспечивает работу если скорость нарастания Vdd при включении не ниже 0.05 В/мс. Необходимо также, чтобы исходный уровень питания был равен 0В. Встроенная схема сброса также не будет работать с низкочастотными кристаллами, которые требуют выдержку на запуск, значительно больше чем 18 мс. В таких случаях рекомендуем использовать внешние RC цепочки для сброса по /MCLR. Ниже на рис. 2.13 приведена такая цепочка

Здесь можно применить диод для быстрого разряда конденсатора при выключении питания. На резисторе R < 40 кОМ не должно падать более 0,2В. Резистор 100 Ом < R1 < 1кОм ограничит ток в ножку /MCLR.



**Сторожевой таймер.**

Сторожевой таймер представляет собой полностью готовый встроенный RC генератор. Он будет работать, даже если основной генератор остановлен, как это бывает при исполнении команды SLEEP. Таймер вырабатывает сигнал сброса. Выработка таких сбросов может быть запрещена путем записи нуля в специальный бит, который расположен вне программной памяти EPROM. Эту операцию производят на этапе прожига микросхем.

**Выдержка времени WDT.** Номинальная выдержка WDT составляет 18 мс (без использования делителя). Она зависит от температуры, напряжения питания, от особенностей типа микросхемы. Если требуются большие задержки, то к WDT может быть подключен делитель с коэфициентом деления до 1:128, который программируется путем записи в регистр OPTION. Здесь могут быть реализованы выдержки до 2.5 секунд.

Команды CLRWDT и SLEEP обнуляют WDT и делитель, если он подключен к WDT. Это запускает выдержку времени сначала и предотвращает на некоторое время выработку сигнала сброс. Если сигнал сброса от WDT все же произошел, то одновременно обнуляется бит »в регистре статуса (f3).

Подключение предделителя выходу WDT показано выше на рис.2.8 (см. п. 2.2.11)

**Режим пониженного энергопотребления.**

Режим пониженного энергопотребления SLEEP предназначен для обеспечения очень малого тока потребления в ожидании (менее 1 мкА при выключенном сторожевом таймере).

**Вход в режим SLEEP** осуществляется командой SLEEP. По этой команде, если WDT разрешен, то он сбрасывается и начинает счет времени, бит "TD" регистре статуса (f3) сбрасывается, бит "TO" устанавливается, а встроенный генератор выключается. Порты ввода/вывода сохраняют состояние, которое они имели до входа в режим SLEEP.

Для снижения потребляемого тока в этом режиме, линии на вывод должны иметь такие значения, чтобы не протекал ток между кроисталлом и внешними цепями. Линии на ввод должны быть соединены внешними резисторами с высоким или низким уровнем напряжения питания (Vdd или Vss), чтобы избежать токов переключения, вызываемых плавающими высокоомными входами.

**Выход из режима SLEEP** осуществляет WDT(если он разрешен) или внешний нулевой импульс на на ножке /MCLR- сброс. В обoих случаях PIC16C52 будет находиться в режиме сброса в течение времени запуска генератора, а затем только начнется выполнение программы.

Бит "PD" в регистре статуса (f3), который устанавливается при включении, но обнуляется командой SLEEP, может быть использован для определения состояния процессора до «просыпания»: или процессор был в режиме SLEEP (горячий старт), или было просто включено питание (холодный старт).

Бит TO позволяет определить, чем был вызван выход из режима SLEEP: или внешним сигналом на ножке /MCLR, или срабатыванием WDT.

**Защита программы от считывания.**

Программа, записанная в ППЗУ или в ПЗУ, может быть защищена от считывания при помощь установки в ноль бита защиты СР в слове конфигурации. В режиме защиты программы содержимое памяти программы не может быть прочитано в исходном виде, тем самым невозможно реконструировать записанную программу. Кроме того, при установленном бите защиты невозможно допрограммировать контроллер. Регистр конфигурации CONFIG может быть считан и запрограммирован независимо от состояния бита защиты.. Не рекомендуется программировать бит защиты в микроконтроллерах с ультрафиолетовым стиранием.

**Индивидуальная метка.**

Микроконтроллеры Р1С16С5Х имеют четыре специальных адреса, не являющиеся частью памяти программы. Они предназначены для хранения идентификационного кода (ID) пользователя, контрольной суммы или другой информации. Как и слово конфигурации, они могут быть прочитаны или записаны только с помощью программатора. Программно эти адреса недоступны.

Для обеспечения возможности чтения одинаковой информации как в обычном режиме, так и в режиме с установленным битом защиты от считывания, рекомендуется использовать только четыре младших бита по каждому адресу для хранения кода ID. Старшие 8 бит рекомендуется устанавливать в"1".

**5.Система команд.**

Каждая команда PIC16С5Х - это 12-битовое слово, которое разделено по смыслу на следующие части: код операции (OPCODE), поле для одного или более операндов, которые участвуют или нет в этой команде. Формат команды приведен на рис. 2.14. Описание полей команд приведено в табл.2.6. Система команд PIC16С5Х включает в себя байт-ориентированные команды, бит-ориентированные, операции с константами и команды передачи управления (см. табл. 2.7).

Для байт-ориентированных команд "f" обозначает собой регистр, с которым производится действия. ТО есть "f" обозначает один из 32 регистров PICа, который будет использовать команда с учетом текущего номера банка. Бит "d"определяет, куда положить результат. Если d=0 результат будет находиться в W регистре. Если "d" =1 результат будет находиться в регистре "f" , упомянутом в команде.

Для бит-ориентированных команд "b" обозначает номер бита, участвующего в команде, а "f" -это регистр текущего банка, в котором этот бит расположен.

Для команд передачи управления и операций с константами, »обозначает восьми или девятибитную константу.

**Общий формат команд:**

Команды работы с байтами

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 11 6 | 5 | 4 0 |
| OPCODE | d | f(file#) |

d=0 для обозначения W

###### d=1 для обозначения F

f=5 разрядный адрес регистра

Команды работы с битами

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 11 8 | 7 5 | 4 0 |
| OPCODE | b(bit) | f(file#) |

b=3 разрядный номер бита

f=5 разрядный адрес регистра

|  |  |
| --- | --- |
| 11 8 | 7 0 |
| OPCODE | k (константа) |

k=8-ми разрядное значение

Команда GOTO и CALL

|  |  |
| --- | --- |
| 11 9 | 8 0 |
| OPCODE | k (константа) |

k=9-ти разрядное значение

Все команды выполняются в течение одного командного цикла. В двух случаях исполнение команды занимает два командных цикла:

1. Исполнение условной команды.
2. Проверка условия и переход.

Один командный цикл состоит из четырех периодов генератора. Таким образом, для генератора с частотой 4 МГц время исполнения командного цикла будет 1 мкс.

# Таблица 2.6

**Описание полей команд PIC 16C52:**

|  |  |
| --- | --- |
| Поле | Описание |
| F | Адрес регистра |
| W | Рабочий регистр |
| B | Номер бита в 8-ми разрядном регистре |
| K | Константа |
| X | Не используется, ассемблер формирует код с х=0 |
| D | Регистр назначения:  D=0 результат в регистре W  D=1 результат в регистре f  По умолчанию d=1 |
| Label | Имя метки |
| TOS | Вершина стека (Top Of Stack) |
| PC | Счетчик команд (Program Counter) |
| /TO | Тайм-аут (Time Out) |
| /PD | Выключение питания (Power Down) |
| Dest | Регистр назначения: рабочий регистр W или регистр, заданный в команде |
| [ ] | Необязательные параметры |
| ( ) | Содержание |
| ? | Присвоение |
| < > | Битовое поле |
| Є | Из набора |

**Система команд Р1С16С5Х.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мнемокод | Название команды | Цик  лы | Код команды  (11-бит) | Биты  сос  тоя-  ния | При-  меча-  ния |
| Команды работы с байтами | | | | | |
| ADOWF f,d | Сложение W с f | 1 | 0001 lldf ffff | С, DC, Z | 2,4 |
| ANDWF f,d | Логическое И W и f | 1 | 0001 0ldf ffff | Z | 2,4 |
| CLRF f | Сброс регистра f | 1 | 0000 0llf ffff | Z | 4 |
| CLRW | Сброс регистра W | 1 | 0000 0100 0000 | Z |  |
| COMF f,d | Инверсия регистра f | 1 | 0010 0ldf ffff | Z |  |
| DECF f,d | Декремент регистра f | 1 | 0000 lldf ffff | Z | 2,4 |
| DECFSZ f,d | Декремент f, пропустить команду, если 0 | 1(2) | 0010 lldf ffff |  | 2,4 |
| INCF f,d | Инкремент регистра f | 1 | 0010 l0df ffff | Z | 2,4 |
| INCFSZ f,d | Инкремент f, пропустить команду.если 0 | 1(2) | 0011 lldf ffff |  | 2,4 |
| IORWF f,d | Логическое ИЛИ W и f | 1 | 0001 00df ffff | Z | 2,4 |
| MOVF f,d | Пересылка регистра f | 1 | 0010 00df ffff | 2 | 2,4 |
| MOVWF f | Пересылка W в f | 1 | 0000 00lf ffff |  | 4 |
| NOP | Холостая команда | 1 | 0000 0000 0000 |  |  |
| RLF f,d | Сдвиг f влево через перенос | 1 | 0011 0ldf ffff | С | 2,4 |
| RRF f,d | Сдвиг f вправо через перенос | 1 | 0011 00df ffff | С | 2,4 |
| SUBWF f,d | Вычитание W из f | 1 | 0000 10df ffff | С, DC, Z | 2,4 |
| SWAPF f,d | Обмен местами тетрад в f | 1 | 0011 l0df ffff |  | 2,4 |
| XORWF f.d | Исключающее ИЛИ W и f | 1 | 0001 l0df ffff | Z | 2,4 |
| Команды работы с битами | | | | | |
| BCF f,b | Сброс бита в регистре f | 1 | 0100 bbbf ffff |  | 2,4 |
| BSF f,b | Установка бита в регистре f | 1 | 0101 bbbf ffff |  | 2,4 |
| BTFSC f,b | Пропустить команду, если бит в f равен нулю | 1(2) | 0110 bbbf ffff |  |  |
| BTFSS f,b | Пропустить команду. и если бит в f равен единице | 1(2) | 0111 bbbf ffff |  |  |
| Команды передачи управления и операции с константами | | | | | |
| ANDLW k | Логическое И константы и W | 1 | 1110 kkkk kkkk | Z |  |
| CALL k | Вызов подпрограммы | 2 | 1001 kkkk kkkk |  |  |
| CLRWDT | Сброс сторожевого таймера WDT | 1 | 0000 0000 0100 | TO.PD | 5 |
| GOTO k | Переход по адресу | 2 | 101k kkkk kkkk |  |  |
| IORLW k | Логическое ИЛИ константы и W | 1 | 1101 kkkk kkkk | Z |  |
| MOVLW k | Пересылка константы в W | 1 | 1100 kkkk kkkk |  |  |
| OPTION | Загрузка регистра OPTION | 1 | 0000 0000 0010 |  |  |
| RETLW k | Возврат из подпрограммы с загрузкой константы в W | 2 | 1000 kkkk kkkk |  |  |
| SLEEP | Переход в режим SLEEP | 1 | 0000 0000 ООН | TO, PD |  |
| TRIS f | Загрузка регистра TRIS | 1 | 0000 0000 Offf |  | 3 |
| XORLW k | Исключающее ИЛИ константы и W | 1 | 1111 kkkk kkkk | Z |  |

**Примечания:**

1, Команды, записывающие значение в счетчик команд (например, CALL, MOVWF PC и т. д), за исключением команды "GOTO", сбрасывают в '0' девятый бит счетчика команд.

2. Если модифицируется регистр ввода/вывода (например, MOVF PORTB.1), то используется значение, считываемое с выводов. Например, если в выходной защелке порта, включенного на ввод, находится "1", а внешнее устройство формирует на этом выводе "0", то в этом разряде данных будет записан "0".

3. Команда "TRIS f", где f=5, 6 или 7, записывает значение из W в регистры управления портами. Каждый бит индивидуально определяет направление пор­та, '1 ' определяет порт как вход, а '0' — как выход.

4. Если операндом команды является регистр TMRO (и, если допустимо, d=1), то предварительный делитель, если он подключен к TMRO, будет сброшен.

5. Не используется для Р1С16С52.

**6. Использованные ресурсы:**

1. Сайт http://zi2.zavantag.com/docs/1000/index-1139276.html - технические характеристики микроконтроллеров семейства PIC 16C5X
2. Сайт WikiPedia.org – поиск технической документации.