

Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro™

Раздел 5. ЦПУ и АЛУ

Перевод основывается на технической документации DS33023A
компании Microchip Technology Incorporated, USA.

© ООО «Микро-Чип»
Москва - 2002

Распространяется бесплатно.
Полное или частичное воспроизведение материала допускается только с письменного разрешения
ООО «Микро-Чип»
тел. (095) 737-7545
www.microchip.ru

PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual

“All rights reserved. Copyright © 1997, Microchip Technology Incorporated, USA. Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip’s products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.”

Trademarks

The Microchip name, logo, PIC, KEELOQ, PICMASTER, PICSTART, PRO MATE, and SEEVAL are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

MPLAB, PICmicro, ICSP and In-Circuit Serial Programming are trademarks of Microchip Technology Incorporated.

Serialized Quick-Turn Production is a Service Mark of Microchip Technology Incorporated.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

Содержание

5.1 Введение	4
5.2 Общий формат команд микроконтроллеров среднего семейства	5
5.3 Центральное Процессорное Устройство (ЦПУ).....	5
5.4 Такты выполнения команд.....	5
5.5 Арифметико-логическое Устройство (АЛУ).....	6
5.6 Регистр STATUS	7
5.7 Регистр OPTION_REG	8
5.8 Регистр PCON	9
5.9 Ответы на часто задаваемые вопросы	10
5.10 Дополнительная литература	11

5.1 Введение

Центральное Процессорное Устройство (ЦПУ) предназначено для детектирования команд, расположенных в памяти программ, и управления работой микроконтроллера. Большинство команд микроконтроллера обращаются к ячейкам памяти данных. Для работы с памятью данных требуется арифметико-логическое устройство (АЛУ). АЛУ выполняет арифметические, логические операции и управляет флагами состояния (флаги состояния расположены в регистре STATUS). Выполнение некоторых команд приводит к изменению битов состояния в зависимости от полученного результата.

В таблице 5-1 сведены коды команд, поддерживаемые ЦПУ (также представлена мнемоника команд для MPASM, чтобы генерировать эти коды).

Таблица 5-1 Список команд микроконтроллеров среднего семейства

Мнемоника команды	Описание	Циклов	14-разрядный код		Изм. флаги	Прим.
			Бит 13	Бит 0		
Байт ориентированные команды						
ADDWF	f,d	Сложение W и f	1	00 0111 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f,d	Побитное 'И' W и f	1	00 0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f	Очистить f	1	00 0001 1fff ffff	Z	2
CLRW	-	Очистить W	1	00 0001 0xxx xxxx	Z	
COMF	f,d	Инвертировать f	1	00 1001 dfff ffff	Z	1,2
DECF	f,d	Вычесть 1 из f	1	00 0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f,d	Вычесть 1 из f и пропустить если 0	1(2)	00 1011 dfff ffff		1,2,3
INCF	f,d	Прибавить 1 к f	1	00 1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f,d	Прибавить 1 к f и пропустить если 0	1(2)	00 1111 dfff ffff		1,2,3
IORWF	f,d	Побитное 'ИЛИ' W и f	1	00 0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f,d	Переслать f	1	00 1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Переслать W в f	1	00 0000 1fff ffff		
NOP	-	Нет операции	1	00 0000 0xx0 0000		
RLF	f,d	Циклический сдвиг f влево через перенос	1	00 1101 dfff ffff	C	1,2
RRF	f,d	Циклический сдвиг f вправо через перенос	1	00 1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f,d	Вычесть W из f	1	00 0010 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f,d	Поменять местами полубайты в регистре f	1	00 1110 dfff ffff		1,2
XORWF	f,d	Побитное 'исключающее ИЛИ' W и f	1	00 0110 dfff ffff	Z	1,2
Бит ориентированные команды						
BCF	f,b	Очистить бит b в регистре f	1	01 00bb bfff ffff		1,2
BSF	f,b	Установить бит b в регистре f	1	01 01bb bfff ffff		1,2
BTFSC	f,b	Проверить бит b в регистре f, пропустить если 0	1(2)	01 10bb bfff ffff		3
BTFSS	f,b	Проверить бит b в регистре f, пропустить если 1	1(2)	01 11bb bfff ffff		3
Команды управления и операций с константами						
ADDLW	k	Сложить константу с W	1	11 111x kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	Побитное 'И' константы и W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z	
CALL	k	Вызов подпрограммы	2	10 0kkk kkkk kkkk		
CLRWDT	-	Очистить WDT	1	00 0000 0110 0100	-TO,-PD	
GOTO	k	Безусловный переход	2	10 1kkk kkkk kkkk		
IORLW	k	Побитное 'ИЛИ' константы и W	1	11 1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k	Переслать константу в W	1	11 00xx kkkk kkkk		
RETFIE	-	Возврат из подпрограммы с разрешением прерываний	2	00 0000 0000 1001		
RETLW	k	Возврат из подпрограммы с загрузкой константы в W	2	11 01xx kkkk kkkk		
RETURN	-	Возврат из подпрограммы	2	00 0000 0000 1000		
SLEEP	-	Перейти в режим SLEEP	1	00 0000 0110 0011	-TO,-PD	
SUBLW	k	Вычесть W из константы	1	11 110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Побитное 'исключающее ИЛИ' константы и W	1	11 1010 kkkk kkkk	Z	

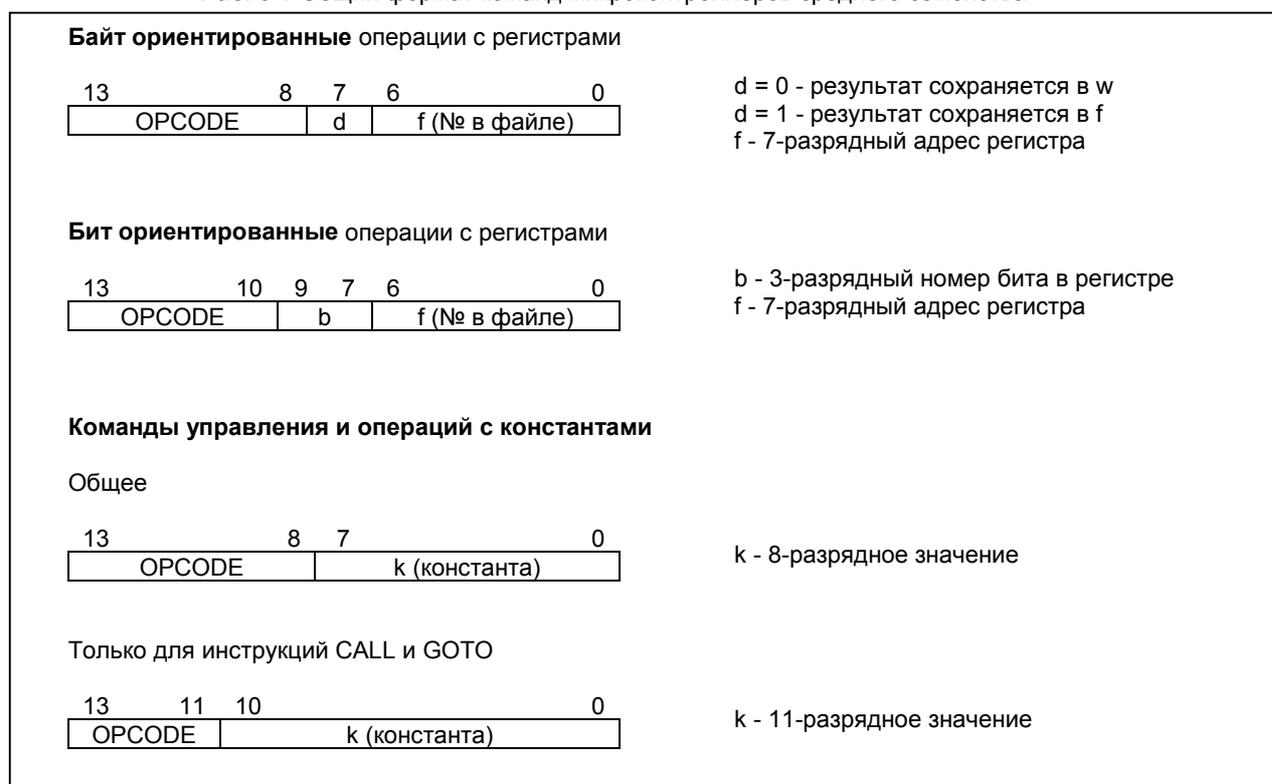
Примечания:

1. При выполнении операции "чтение - модификация - запись" с портом ввода/вывода (например MOVF PORTB,1) исходные значения считываются с выводов порта, а не из выходных защелок. Например, если в выходной защелке было записана '1', а на соответствующем выходе низкий уровень сигнала, то обратно будет записано значение '0'.
2. При выполнении записи в TMR0 (и d=1) предделитель TMR0 сбрасывается, если он подключен к модулю TMR0.
3. Если условие истинно или изменяется значение счетчика команд PC, то инструкция выполняется за два цикла. Во втором цикле выполняется команда NOP.

5.2 Общий формат команд микроконтроллеров среднего семейства

Все команды микроконтроллеров среднего семейства могут быть разделены на четыре основных группы (см. рисунок 5-1). Код операции команды изменяется от 3 бит до 6 бит, что позволяет реализовать 35 команд.

Рис. 5-1 Общий формат команд микроконтроллеров среднего семейства



5.3 Центральное Процессорное Устройство (ЦПУ)

ЦПУ можно рассматривать как "мозги" микроконтроллера. ЦПУ отвечает за выборку команды из памяти программ, ее детектирование и выполнение. Иногда ЦПУ работает совместно с АЛУ, чтобы выполнить арифметические или логические операции. ЦПУ управляет шиной адреса памяти программ и памяти данных, а также обращением к стеку.

5.4 Такты выполнения команд

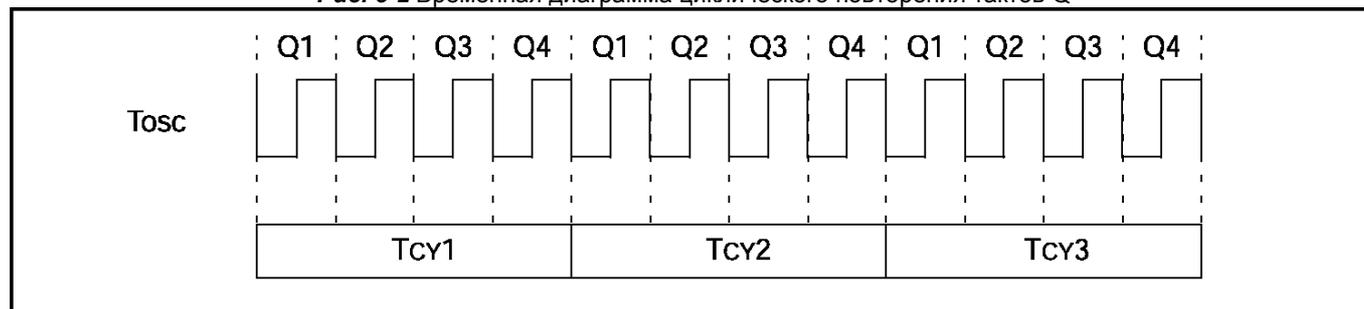
Каждый цикл команды (T_{CY}) состоит из четырех тактов (Q1-Q4). Такт Q равен по длительности периоду тактового генератора (T_{OSC}). Такты Q обеспечивают жесткую синхронизацию декодирования, чтения данных, обработки данных, записи результата для каждого цикла команды. На диаграмме показано соотношение тактов Q к циклу команды.

Цикл команды (T_{CY}), состоящий из 4-х тактов, обобщенно выглядит следующим образом:

- Q1: Детектирование команды или принудительной пустой операции (NOP)
- Q2: Операция чтения данных или отсутствие операции
- Q3: Обработка данных
- Q4: Операция записи данных или отсутствие операции

Детальный состав операций команды по тактам Q смотрите в описании команды.

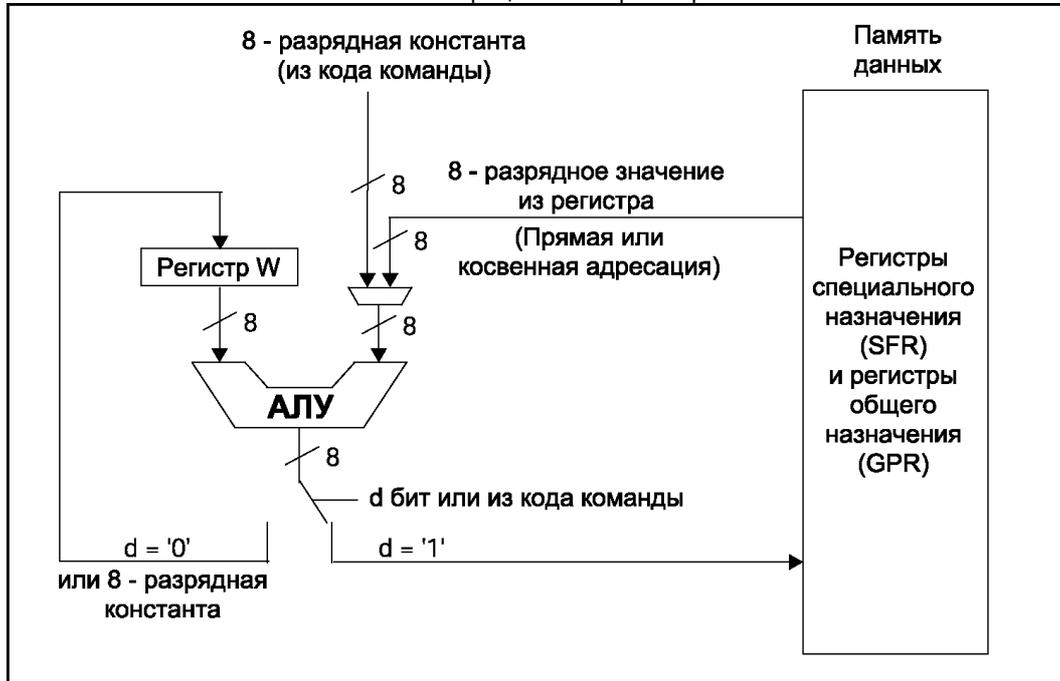
Рис. 5-2 Временная диаграмма циклического повторения тактов Q



5.5 Арифметико-логическое Устройство (АЛУ)

Микроконтроллеры PICmicro MCU содержат 8-разрядный универсальный арифметический модуль (АЛУ) и 8 - разрядный рабочий регистр (W). АЛУ выполняет арифметические и булевы операции между рабочим регистром и любым регистром памяти данных.

Рис. 5-3 Операции АЛУ и регистра W



8 - разрядное АЛУ может выполнять сложение, вычитание, поразрядный сдвиг и логические операции. Арифметические операции выполняются по принципу дополнения до двух, если не указано иначе. В командах с двумя операндами: первый операнд находится в рабочем регистре W, а второй операнд расположен в регистре памяти данных или константа. В командах с одним операндом: операндом является регистр W или регистр памяти данных.

Регистр W - не адресуемый 8-разрядный рабочий регистр, который используется в операциях АЛУ. В зависимости от типа команды и результат команды АЛУ может воздействовать на следующие флаги состояния в регистре STATUS: перенос (C), полуперенос (DC), флаг нулевого результата (Z). Биты C и DC работают как биты заема и десятичного заема при выполнении команд вычитания. Примеры смотрите в описании команд SUBWF и SUBLW.

5.6 Регистр STATUS

В регистре STATUS содержатся флаги состояния АЛУ, флаги причины сброса микроконтроллера и биты управления банками памяти данных. Поскольку в регистре STATUS присутствуют биты управления банками памяти необходимо, чтобы он отображался во всех банках памяти данных и имел одинаковое смещение относительно начала банка (см. рисунок 6-5 в разделе "Организация памяти").

Регистр STATUS может быть адресован любой командой, как и любой другой регистр памяти данных. Если обращение к регистру STATUS выполняется командой, которая воздействует на флаги Z, DC и C, то изменение этих трех битов командой заблокирована. Эти биты сбрасываются или устанавливаются согласно логике ядра микроконтроллера. Команды изменения регистра STATUS также не воздействуют на биты -TO и -PD. Поэтому результат выполнения команды с регистром STATUS может отличаться от ожидаемого. Например, команда CLRFR STATUS сбросит три старших бита и установит бит Z (состояние регистра STATUS после выполнения команды 000uu1uu, где u - не изменяемый бит).

При изменении битов регистра STATUS рекомендуется использовать команды, не влияющие на флаги АЛУ (SWAPF, MOVWF, BCF и BSF). Список команд, не воздействующих на флаги АЛУ, смотрите в таблице 5-1.

Примечание 1. Некоторые микроконтроллеры не требуют битов IRP и RP1 (STATUS<7:6>). В этом случае биты IRP и RP1 не используются ЦПУ и АЛУ. Не рекомендуется использовать эти биты как биты общего назначения для совместимости программы с другими микроконтроллерами (при записи в регистр STATUS биты IRP и RP1 должны равняться '0').

Примечание 2. Флаги C и DC используются как биты заема и десятичного заема соответственно, например, при выполнении команд вычитания SUBLW и SUBWF.

Регистр STATUS

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x	
IRP	RP1	RP0	-TO	-PD	Z	DC	C	
Бит 7								Бит 0

R – чтение бита
W – запись бита
U – не реализовано,
читается как 0
-n – значение после POR
-x – неизвестное
значение после POR

бит 7: **IRP:** Бит выбора банка при косвенной адресации
1 = банк 2, 3 (100h – 1FFh)
0 = банк 0, 1 (000h – 0FFh)

биты 6-5: **RP1:RP0:** Биты выбора банка при непосредственной адресации
11 = банк 3 (180h – 1FFh)
10 = банк 2 (100h – 17Fh)
01 = банк 1 (080h – 0FFh)
00 = банк 0 (000h – 07Fh)

бит 4: **-TO:** Флаг переполнения сторожевого таймера
1 = после POR или выполнения команд CLRWDT, SLEEP
0 = после переполнения WDT

бит 3: **-PD:** Флаг включения питания
1 = после POR или выполнения команды CLRWDT
0 = после выполнения команды SLEEP

бит 2: **Z:** Флаг нулевого результата
1 = нулевой результат выполнения арифметической или логической операции
0 = не нулевой результат выполнения арифметической или логической операции

бит 1: **DC:** Флаг десятичного переноса/заема (для команд ADDWF, ADDWL, SUBWF, SUBWL), заем имеет инверсное значение
1 = был перенос из младшего полубайта
0 = не было переноса из младшего полубайта

бит 0: **C:** Флаг переноса/заема (для команд ADDWF, ADDWL, SUBWF, SUBWL), заем имеет инверсное значение
1 = был перенос из старшего бита
0 = не было переноса из старшего бита

Примечание. Флаг заема имеет инверсное значение. Вычитание выполняется путем прибавления дополнительного кода второго операнда. При выполнении команд сдвига (RRF, RLF) бит C загружается старшим или младшим битом сдвигаемого регистра.

5.7 Регистр OPTION_REG

Регистр OPTION доступен для чтения и записи, содержит биты управления:

- Предварительным делителем TMR0/WDT;
- Активным фронтом внешнего прерывания RB0/INT;
- Подтягивающими резисторами на входах PORTB.

Регистр OPTION_REG

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
-RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
Бит 7							Бит 0

R – чтение бита
W – запись бита
U – не реализовано,
читается как 0
-n – значение после POR
-x – неизвестное
значение после POR

бит 7: **-RBPU**: Включение подтягивающих резисторов на входах PORTB

1 = подтягивающие резисторы отключены
0 = подтягивающие резисторы включены

бит 6: **INTEDG**: Выбор активного фронта сигнала на входе внешнего прерывания INT

1 = прерывания по переднему фронту сигнала
0 = прерывания по заднему фронту сигнала

бит 5: **T0CS**: Выбор тактового сигнала для TMR0

1 = внешний тактовый сигнал с вывода RA4/T0CKI
0 = внутренний тактовый сигнал CLKOUT

бит 4: **T0SE**: Выбор фронта приращения TMR0 при внешнем тактовом сигнале

1 = приращение по заднему фронту сигнала (с высокого к низкому уровню) на выводе RA4/T0CKI
0 = приращение по переднему фронту сигнала (с низкого к высокому уровню) на выводе RA4/T0CKI

бит 3: **PSA**: Выбор включения предделителя

1 = предделитель включен перед WDT
0 = предделитель включен перед TMR0

биты 2-0: **PS2: PS0**: Установка коэффициента деления предделителя

Значение	Для TMR0	Для WDT
000	1:2	1:1
001	1:4	1:2
010	1:8	1:4
011	1:16	1:8
100	1:32	1:16
101	1:64	1:32
110	1:128	1:64
111	1:256	1:128

Примечание. При использовании режима низковольтного программирования и включенных подтягивающих резисторах на PORTB необходимо сбросить в '0' 3-й бит регистра TRISB для выключения подтягивающего резистора на выводе RB3.

Примечание. Если предварительный делитель включен перед WDT, то коэффициент деления тактового сигнала для TMR0 равен 1:1.

5.8 Регистр PCON

Регистр PCON содержит до 4 дополнительных битов (к битам -TO, - PD регистра STATUS), с помощью которых можно определить источник сброса микроконтроллера:

Примечание 1. При включении питания бит -BOR имеет непредсказуемое значение и не должен учитываться. Бит -BOR предназначен для обнаружения последующих сбросов микроконтроллера при снижении напряжения питания. Состояние бита -BOR также непредсказуемое, если работа детектора пониженного напряжения заблокирована в битах конфигурации при программировании микроконтроллера (BODEN=0).

Примечание 2. Пользователь должен программно установить этот бит в '1' после сброса по включению питания. При последующих сбросах, если -POR=0, то произошел сброс по включению питания (или напряжение V_{DD} стало слишком низким).

Регистр PCON

R-w	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
MPEEN	-	-	-	-	-PER	-POR	-BOR
Бит 7							Бит 0

R – чтение бита
W – запись бита
U – не реализовано,
читается как 0
-n – значение после POR
-x – неизвестное
значение после POR

бит 7: **MPEEN**: Бит состояния схемы контроля паритета памяти
Отображает состояние бита MPEEN в слове конфигурации.

биты 6-3:**Не реализованы**: читаются как '0'

бит 2: **-PER**: Флаг сброса по ошибке паритета памяти
1 = сброса по ошибке паритета памяти не было
0 = произошел сброс по ошибке паритета памяти программ микроконтроллера при выборке команды (программно должен быть установлен в '1' после сброса POR или PER)

бит 1: **-POR**: Флаг сброса по включению питания
1 = сброса по включению питания не было
0 = произошел сброс микроконтроллера по включению питания (программно должен быть установлен в '1' для обнаружения сброса POR)

бит 0: **-BOR**: Флаг сброса по снижению напряжения питания
1 = сброса по снижению напряжения питания не было
0 = произошел сброс микроконтроллера по снижению напряжения питания (программно должен быть установлен в '1' для обнаружения сброса BOR)

5.9 Ответы на часто задаваемые вопросы

Если вы не найдете ответа на Ваш вопрос в этой главе раздела, задайте его, написав нам письмо по адресу support@microchip.ru.

Вопрос 1: Алгоритм программы работает неправильно.

Ответ 1:

1. Ошибочно адресатом результата выполнения команды может быть регистр W (d=0) вместо регистра памяти данных (d=1).
2. Неправильно настраиваются биты выбора банка памяти (RP1:RP0 или IRP) в регистре STATUS. Если используются прерывания, то возможно неправильно восстанавливаются биты регистра STATUS при выходе из обработки прерываний.

Вопрос 2: Не могу изменить флаги регистра STATUS.

Ответ 2:

Если обращение к регистру STATUS выполняется командой, которая воздействует на флаги Z, DC и C, то изменение этих трех битов командой заблокирована. Эти биты сбрасываются или устанавливаются согласно логике ядра микроконтроллера. Поэтому, чтобы изменить состояние битов регистра STATUS, рекомендуется использовать команды BCF и BSF.

5.10 Дополнительная литература

Дополнительная литература и примеры применения, связанные с этим разделом документации. Примеры применения не могут использоваться для всех микроконтроллеров среднего семейства (PIC16CXXX). Как правило примеры применения написаны для конкретной группы микроконтроллеров, но принципы примеров могут использоваться, сделав незначительные изменения (с учетом существующих ограничений).

Документы, связанные с ЦПУ и АЛУ микроконтроллеров PICmicro MCU:

Документ	Номер
Fixed Point Routines Математические подпрограммы с фиксированной точкой	AN617
IEEE 754 Compliant Floating Point Routines Математические подпрограммы с плавающей точкой, совместимые с IEEE 754	AN575
Digital Signal Processing with the PIC16C74 Цифровая обработка сигналов в PIC16C74	AN616
Math Utility Routines Математические gjlghjuhfvvs	AN544
Implementing IIR Digital Filters Реализация цифровых фильтров IIR	AN540
Implementation of Fast Fourier Transforms Выполнение быстрого преобразование Фурье	AN542
Tone Generation Генератор тона	AN543
Servo Control of a DC Brushless Motor Управление двигателем постоянного тока	AN532
Implementation of the Data Encryption Standard using the PIC17C42 Выполнение стандарта шифрования данных на PIC17C42	AN583
PIC16C5X / PIC16CXX Utility Math Routines Математические подпрограммы для PIC16C5X/PIC16CXX	AN526
Real Time Operating System for PIC16/17 Выполнение операций в режиме реального времени	AN585

Уважаемые господа!

ООО «Микро-Чип» поставляет полную номенклатуру комплектующих фирмы **Microchip Technology Inc** и осуществляет качественную техническую поддержку на русском языке.

С техническими вопросами Вы можете обращаться по адресу support@microchip.ru

По вопросам поставок комплектующих Вы можете обращаться к нам по телефонам:

(095) 963-9601

(095) 737-7545

и адресу sales@microchip.ru

На сайте

www.microchip.ru

Вы можете узнать последние новости нашей фирмы, найти техническую документацию и информацию по наличию комплектующих на складе.