

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**Д.А. Пестунов, В.В. Яковлев**

## **Реализация ШИМ на PIC-контроллерах**

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы  
по курсу «Основы микропроцессорной техники» для студентов IV курса,  
обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и  
201000 «Биотехнические системы и технологии»

Издательство  
Томского политехнического университета  
2010

УДК 681.325.5-181.48(076.5)

ББК 32.973.26-04я73

П278

**Пестунов Д.А.**

П278 Реализация ШИМ на PIC-контроллерах: методические рекомендации к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Основы микропроцессорной техники» для студентов, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии» / Пестунов Д.А., Яковлев В.В. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 16 с.

**УДК 681.325.5-181.48(076.5)**

**ББК 32.973.26-04я73**

Методические указания рассмотрены и рекомендованы  
к изданию методическим семинаром кафедры  
Промышленной и медицинской электроники ИНК  
«25» ноября 2010 г.

*Рецензент*

Кандидат технических наук,  
Заведующий лабораторией «Микропроцессорной техники»  
*Пономарев С.В.*

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет», 2010

© Пестунов Д.А., Яковлев В.В., 2010

© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2010

# Реализация ШИМ на PIC-контроллерах

## 1. Цель работы

Изучение основ работы модуля CCP (Capture, Compare, Modulation – Захват, Сравнение, Модуляция) в режиме ШИМ (Широтно-импульсная модуляция) в микроконтроллерах серии PIC16 и составлении программ. Получение практических навыков по работе с инструментально отладочными средствами отладки микропроцессорных систем.

## 2. Введение

ШИМ (широтно-импульсная модуляция) представляет собой импульсный сигнал постоянной частоты и переменной скважности, т.е. отношения длительности импульса к периоду его следования. С помощью задания скважности можно менять среднее напряжение на выходе ШИМ, а постоянно меняя скважность – формировать сигнал любой формы, например синусоиду, как показано на рис. 1.

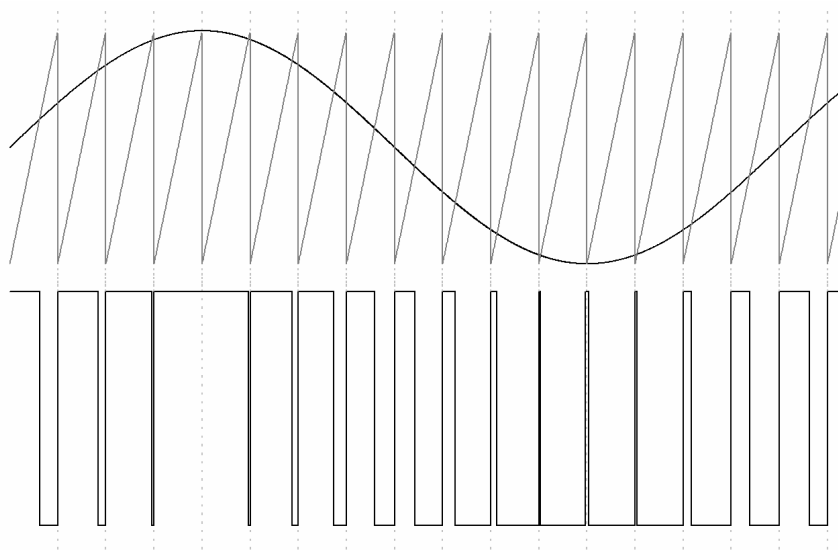


Рис. 1. Широтно-модулированный сигнал можно получить, сравнивая сигнал требуемой формы с «пилой».

Основное достоинство импульсных регуляторов и стабилизаторов напряжения с ШИМ – высокий КПД работы, который достигается за счет работы силовых преобразователей в ключевом режиме. В данном случае силовой преобразователь (обычно в роли преобразователя выступает транзистор) работает не в режиме сопротивления, а в режиме ключей, т.е. транзистор либо полностью закрыт, при этом ток через него практически не течет, либо открыт так, что сопротивление его канала минимальное, и, соответственно, минимальное падение напряжения. В обоих случаях выделяемая на ключе мощность значительно меньше мощности, передаваемой в нагрузку. Однако чтобы на нагрузку подавалось среднее

напряжение, импульсный сигнал сглаживается LC-фильтром (рис. 2), который рассчитывается с учетом частоты работы ШИМ, а также зависит от характера нагрузки.

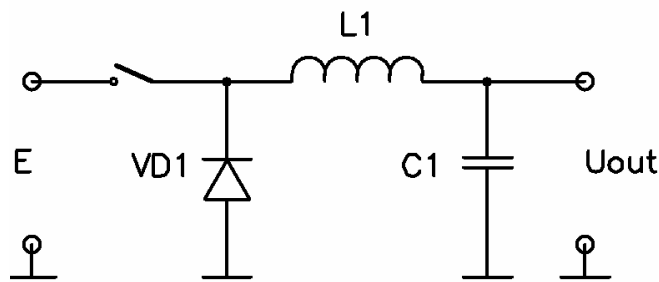


Рис. 2. Схема силовой части понижающего преобразователя постоянного напряжения

Теперь остается сформировать управляющий сигнал для ключевых элементов. В большинстве устройств на долю ШИМ контроллера приходится не просто формирование последовательности импульсов определенной частоты, но и регулировка их скважности для поддержания определенного уровня выходного напряжения  $U_{out}$  (рис. 2) в зависимости от изменения входного напряжения  $E$  и нагрузки.

TL494 – один из самых популярных ШИМ контроллеров, однако возможности его весьма ограничены. Для построения многофункциональных источников питания или устройств, содержащих в себе импульсные преобразователи, обычно используют микроконтроллеры, в большинство из которых встроен модуль, реализующий ШИМ.

### 3. Модуль ССР в PIC контроллерах

Функцию широтно-импульсной модуляции в PIC-контроллерах легко реализовать, используя модуль ССР (Capture/Compare/PWM – Захват/Сравнение/ШИМ). В контроллерах серии PIC16F87х имеется два модуля ССР: ССР1 и ССР2, которые используют выходы порта PORTC: RC2/ССР1 и RC1/ССР2. Каждый модуль имеет в своем распоряжении по два 8-ми разрядных регистра ССР1L(0x15)<sup>1</sup> и ССР1H(0x16) для модуля ССР1 и ССР2L(0x1b) и ССР2H(0x1c) для модуля ССР2, которые могут использоваться в качестве:

- 16-разрядного регистра захвата данных;
- 16-разрядного регистра сравнения;
- двух 8-разрядных регистров ШИМ.

<sup>1</sup> в скобках указаны адреса регистров в памяти данных. 0x15 – такая форма записи числа воспринимается компилятором MPLAB как шестнадцатиразрядное, то же самое, что и 15h

В регистрах SSP1CON(0x17) и SSP2CON(0x1D) находятся биты управления текущим режимом работы модулей SSP1 и SSP2, соответственно, а также два младших бита, задающих длительность импульса для режима ШИМ (см. табл. 1).

**Таблица 1**

Регистр SSPxCON (адреса 0x17/0x1D)								
U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
-	-	SSPxX	SSPxY	SSPxM3	SSPxM2	SSPxM1	SSPxM0	
Бит 7								Бит 0

Обозначения: R – читаемый разряд; W – записываемый разряд; U - физически бит не существует, при обращении читается как 0; при включении контроллера или после его сброса все биты регистра сброшены в 0.

Назначение битов регистра состояния:

Биты 7-8: **Не используются** – читаются как «0»

Биты 5-4: **SSPxX:SSPxY** – младшие биты скважности ШИМ, восемь старших находится в регистре **SSPxL**.

Биты 3-0: **SSPxM3:SSPxM0** – Режим работы модуля SSPx

0000 = модуль SSPx выключен (сброс модуля SSPx)

0100 = захват по каждому заднему фронту сигнала

0101 = захват по каждому переднему фронту сигнала

0110 = захват по каждому 4-му переднему фронту сигнала

0111 = захват по каждому 16-му переднему фронту сигнала

1000 = сравнение, устанавливает выходной сигнал (устанавливается флаг SSPxIF в «1»)

1001 = сравнение, сбрасывает выходной сигнал (устанавливается флаг SSPxIF в «1»)

1010 = сравнение, на выходной сигнал не влияет (устанавливается флаг SSPxIF в «1»)

1011 = сравнение, триггер специальных функций (устанавливается флаг SSPxIF в «1», на вывод SSPx не влияет). SSP1 – сброс таймера TMR1. SSP2 – сброс таймера TMR1, запуск преобразования АЦП (если АЦП включено).

11xx = ШИМ режим.

В режим ШИМ оба модуля используют ресурсы таймера TMR2, при этом в случае одновременной работы, оба ШИМ будут иметь одинаковые частоту и фазу. Работа модулей SSP1 и SSP2 идентична, за исключением функционирования, так называемого триггера специального события (дополнительную информацию по работе модулей SSP PIC16F87x смотрите в технической документации DS30292C Microchip Technology Incorporated,

USA). В ШИМ режиме модуль CCP1 использует вывод RC2/CCP1 в качестве выхода генерации ШИМ, а модуль CCP2 – RC1/CCP2. Далее будет описана работа модуля CCP1 в режиме ШИМ, модуль CCP2 работает аналогично.

Вывод RC2 нужно настроить на выход сбросом соответствующего бита в регистре направления TRISC.

На рис. 3 показана функциональная схема модуля CCP1 в режиме ШИМ.

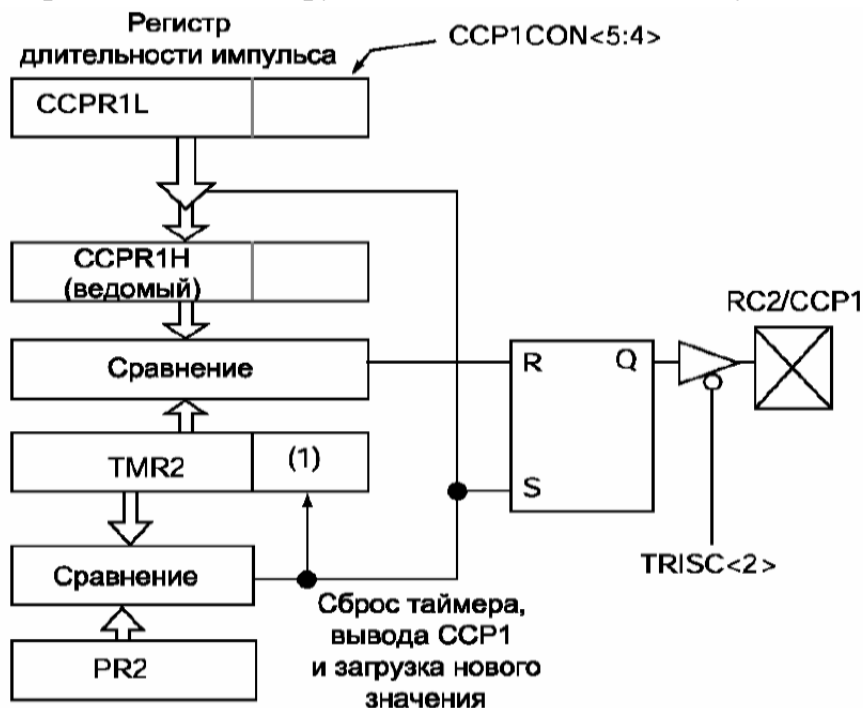


Рис. 3. Структурная схема модуля CCP1 в режиме ШИМ.

На рис. 4 показана временная диаграмма одного цикла ШИМ. Период ШИМ определяется настройками таймера TMR2 и содержимым регистра PR2 и может быть вычислен по формуле

$$\text{Период ШИМ} = [(PR2)+1] * 4 T_{osc} * \text{коэффициент делителя TMR2.}$$

$$\text{Частота ШИМ} = 1/\text{период ШИМ.}$$

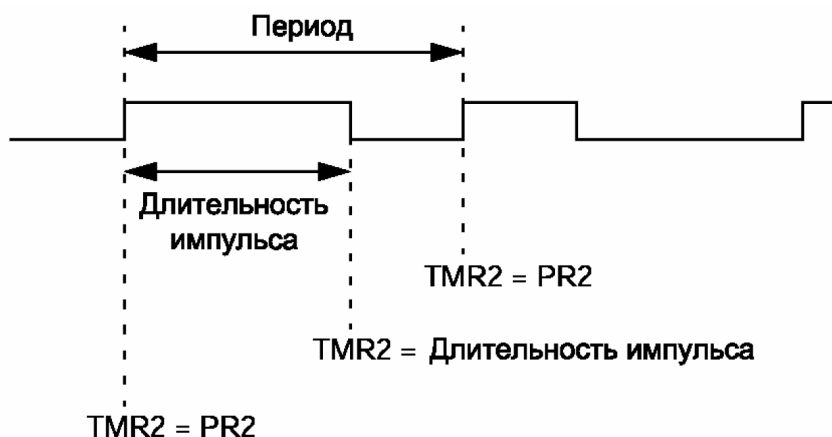


Рис. 4. Временная диаграмма одного цикла ШИМ

Когда TMR2 сравнивается с PR2, выполняются следующие действия:

- TMR2 сбрасывается в '0';
- Устанавливается высокий уровень сигнала на выходе CCP1 (если длительность импульса нулевая, то высокий уровень устанавливаться не будет);
- Модуль ШИМ начинает новый цикл, загружая значение из регистра CCP1L в CCP1H.

**Примечание!** Выходной делитель TMR2 не влияет на частоту ШИМ. Он может использоваться для отсчета времени, когда необходимо изменить скважность ШИМ.

Скважность ШИМ определяется значениями регистра CCP1L и двух битов CCP1CON<5:4>, причем старшие 8 бит сохраняются в CCP1L. Для вычисления длительности сигнала высокого уровня применяется формула:

Длительность импульса ШИМ = (CCP1L:CCP1CON<5:4>) \* 4T<sub>OSC</sub> \* коэффициент делителя TMR2.

Значение CCP1L:CCP1CON<5:4> может быть изменено в любое время, но значение в регистре CCP1H не изменится пока не произойдет соответствие TMR2 и PR2. Регистр CCP1H и внутренняя 2-разрядная защелка образуют буфер ШИМ, который необходим при записи нового значения длительности импульса ШИМ, поэтому в этом режиме регистр CCP1H программно не доступен для записи.

Когда значение CCP1 и внутренней 2-разрядной защелки совпадет по значению TMR2 и внутреннему 2-разрядному счетчику, вывод RC2/CCP1 будет сброшен в '0'.

**Примечание!** Если длительность импульса ШИМ больше периода ШИМ, вывод CCP1 не будет иметь низкий уровень сигнала.

Рекомендуемая последовательность настройки модуля CCP в ШИМ режиме:

1. Установить период ШИМ в регистре PR2;
2. Установить длительность импульса в регистрах CCP1L и CCP1CON<5:4>;
3. Настроить вывод CCP1 как выход, сбросив бит TRISC<2>;
4. Настроить делитель и включить TMR2 в регистре T2CON;
5. Включить CCP1 в режиме ШИМ.

В таблице 2 приведен регистр управления таймером 2.

Таблица 2

Регистр **T2CON**: регистр управления таймера 2 (адрес 0x12)

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	<b>TOUTPS3</b>	<b>TOUTPS2</b>	<b>TOUTPS1</b>	<b>TOUTPS0</b>	<b>TMR2ON</b>	<b>T2CKPS1</b>	<b>T2CKPS0</b>
Бит 7							Бит 0

Обозначения: R – читаемый разряд; W – записываемый разряд; U - физически бит не существует, при обращении читается как 0; при включении контроллера или после его сброса все биты регистра сброшены в 0.

Назначение битов регистра T2CON приведено ниже.

Биты 6-3: **TOUTPS3:TOUTPS0** – коэффициент деления постделителя

0000 = 1:1

0001 = 1:2

0010 = 1:3

.....

1111 = 1:16

Бит 2: **TMR2ON** – управление таймером 2

1 = таймер2 включен

0 = таймер2 выключен

Биты 1-0: **T2CKPS1:T2CKPS0** – коэффициент деления предделителя

00 = 1:1

01 = 1:4

1x = 1:16

#### 4. Оборудование

- Компьютер IBM PC/AT с установленным ПО MPLAB IDE.
- Программатор-отладчик MPLAB ICD-I.
- Демонстрационная плата MPLAB-ICD с установленным микроконтроллером PIC16F877.
- Источник питания 9В, 0.2 А.

#### 5. Пример использования модуля CCP

```
LIST P=16f877, R=DEC
ERRORLEVEL 0, -302
INCLUDE <p16f877.inc>
```

```
STACK_W EQU 0x71
```

```
STACK_STATUS EQU 0x72
```



*; Директивой EQU можно присвоить любой ячейке памяти  
; данных уникальное имя (ячейку с адресом 0x71  
; назвали STACK\_W)*

*; А почему здесь не использовать ячейку с адресом  
; 0x70, 0x20 или 0x21? Какой еще директивой можно  
; присвоить имя?*

```
        ORG      0x0
        NOP
MY_RESET CLRF   INTCON
        GOTO    BEGIN
        ORG      0x4
```

*; Директива ORG указывает компилятору на адрес в па-  
; мяти, с которого будет располагаться программа, на-  
; писанная под ней.*

*; В данном случае с адреса 4! Вам он о чем-нибудь  
; говорит?*

```
        MOVWF   STACK_W
        MOVF    STATUS, W
        MOVWF   STACK_STATUS
        BCF     STATUS, RP0
        BCF     STATUS, RP1
```

*; Сохранили содержимое аккумулятора и регистра STATUS  
; в памяти данных - т.е. как бы создали свой  
; искусственный стек*

```
;  
;      ...      ...  
;  
;      ...      ...  
;  
;      ...      ...
```

*; здесь Вы можете поместить подпрограмму обработки  
; прерываний*

```
INT_RETURN MOVF   STACK_STATUS, W
          MOVWF   STATUS
          MOVF    STACK_W, W
          RETFIE
```

*; После вытаскиваем из стека STATUS и аккумулятор и  
; возвращаемся в основную программу*

```
BEGIN
```

*; В начале любой программы производим инициализацию  
; периферии: портов и модулей контроллера*

```
        BANKSEL   TRISB          ;BANK1
```

*; BANKSEL - это директива выбора банка, в котором*

*;находится приведенный регистр. А как переключиться  
;между банками иначе? Все ли здесь правильно?*

```
MOVLW 0xFF  
MOVWF PR2  
CLRF TRISC  
CLRF ADCON1
```

*;Порт C настроили на вывод. А как настроили АЦП?*

```
BCF STATUS,RP0 ;BANK0  
CLRF CCPR1L  
BCF CCP1CON,5  
BCF CCP1CON,4  
MOVLW B'00000100'  
MOVWF T2CON  
MOVLW B'00001111'  
MOVWF CCP1CON
```

*;Настроили модули таймера TMR2 и CCP1. Как настроили  
;- см. справочник*

```
MOVLW B'10010001'  
MOVWF ADCON0
```

*;Еще поработали с модулем АЦП.*

*;Может необходимо еще что-нибудь настроить?*

*;\_\_\_\_\_BASIC\_PROGRAM\_LOOP\_\_\_\_\_*

*;Когда все настроено, можно с ними работать.*

*;Попробуйте разобраться, что делают эти 6 строчек*

*;программы: )*

**BASIC\_PROGRAM\_LOOP**

```
BSF ADCON0,GO  
WAIT_ADC BTFSC ADCON0,GO  
GOTO WAIT_ADC  
MOVF ADRESH,W  
MOVWF CCPR1L  
GOTO BASIC_PROGRAM_LOOP
```

*;Попробуйте написать программу, которая выполняет  
;эту задачу, не используя ресурсы модуля CCP*

```
END
```

## 6. Варианты заданий

1. При сбросе контроллера яркость светодиода HL1 (см. схему прил. 3) плавно нарастает.
2. По нажатию кнопки 'RB0' яркость светодиода HL2 плавно нарастает, а при отпускании гаснет, но в 2 раза быстрее.
3. Свечение светодиода HL2 плавно меняется от максимальной до минимальной яркости и наоборот. По нажатию кнопки 'RB0' яркость диода фиксируется.
4. По нажатию кнопки 'RB0' яркость светодиод HL1 плавно нарастает, а яркость светодиода HL2 спадает.
5. Яркость светодиода HL2 меняется в зависимости от положения движка переменного резистора.
6. Яркость светодиодов HL1 и HL2 меняются в зависимости от положения движка переменного резистора, причем обратно пропорционально друг другу.
7. По нажатию кнопки 'RB0' яркость светодиода HL1 устанавливается согласно входному напряжению на входе RA0/AN0, а при отпускании гаснет.
8. По нажатию кнопки 'RB0' яркости светодиодов HL1 и HL2 плавно достигают значения соответствующего входному напряжению на входе RA0/AN0, причем светодиод HL1 с уровня минимальной яркости, HL2 – максимальной.

## 7. Контрольные вопросы

1. Какой период ШИМ задан программой, показанной в примере?
2. Чем определяется период ШИМ?
3. Какой минимальный коэффициент заполнения ШИМ обеспечивает модуль ССР контроллера?
4. Чем определяется длительность импульса?
5. Возможна ли работа с модулем ССР по прерываниям?
6. Возможна ли работа обоих модулей ССР1 и ССР2 в режиме ШИМ?
7. Какую минимальную скважность ШИМ ( $>1$ ) обеспечивает модуль ССР контроллера?
8. С какими регистрами работают модули ССР1 и ССР2?
9. Какими могут быть периоды ШИМ, если  $F_{OSC}=5\text{МГц}$ ?

# Приложение 1

## Карта памяти данных контроллера PIC16F877

Банк 0		Банк 1		Банк 2		Банк 3	
Регистр	Адрес	Регистр	Адрес	Регистр	Адрес	Регистр	Адрес
<b>INDF</b>	00h	<b>INDF</b>	80h	<b>INDF</b>	100h	<b>INDF</b>	180h
<b>TMR0</b>	01h	<b>OPTION_REG</b>	81h	<b>TMR0</b>	101h	<b>OPTION_REG</b>	181h
<b>PCL</b>	02h	<b>PCL</b>	82h	<b>PCL</b>	102h	<b>PCL</b>	182h
<b>STATUS</b>	03h	<b>STATUS</b>	83h	<b>STATUS</b>	103h	<b>STATUS</b>	183h
<b>FSR</b>	04h	<b>FSR</b>	84h	<b>FSR</b>	104h	<b>FSR</b>	184h
<b>PORTA</b>	05h	<b>TRISA</b>	85h	-	105h	-	185h
<b>PORTB</b>	06h	<b>TRISB</b>	86h	<b>PORTB</b>	106h	<b>TRISB</b>	186h
<b>PORTC</b>	07h	<b>TRISC</b>	87h	-	107h	-	187h
<b>PORTD</b>	08h	<b>TRISD</b>	88h	-	108h	-	188h
<b>PORTE</b>	09h	<b>TIRSE</b>	89h	-	109h	-	189h
<b>PCLATH</b>	0Ah	<b>PCLATH</b>	8Ah	<b>PCLATH</b>	10Ah	<b>PCLATH</b>	18Ah
<b>INTCON</b>	0Bh	<b>INTCON</b>	8Bh	<b>INTCON</b>	10Bh	<b>INTCON</b>	18Bh
<b>PIR1</b>	0Ch	<b>PIE1</b>	8Ch	<b>EEDATA</b>	10Ch	<b>EECON1</b>	18Ch
<b>PIR2</b>	0Dh	<b>PIE2</b>	8Dh	<b>EEADR</b>	10Dh	<b>EECON2</b>	18Dh
<b>TMR1L</b>	0Eh	<b>PCON</b>	8Eh	<b>EEDATH</b>	10Eh	-	18Eh
<b>TMR1H</b>	0Fh	-	8Fh	<b>EEADRH</b>	10Fh	-	18Fh
<b>T1CON</b>	10h	-	90h	Регистры общего назначения (16 байт)	110h	Регистры общего назначения (16 байт)	190h
<b>TMR2</b>	11h	<b>SSPCON2</b>	91h				
<b>T2CON</b>	12h	<b>PR2</b>	92h				
<b>SSBUF</b>	13h	<b>SSPADD</b>	93h				
<b>SSPCON</b>	14h	<b>SSPSTAT</b>	94h				
<b>CCPR1L</b>	15h	-	95h				
<b>CCPR1H</b>	16h	-	96h				
<b>CCP1CON</b>	17h	-	97h				
<b>RCSTA</b>	18h	<b>TXSTA</b>	98h				
<b>TXREG</b>	19h	<b>SPBRG</b>	99h				
<b>RCREG</b>	1Ah	-	9Ah				
<b>CCPR2L</b>	1Bh	-	9Bh				
<b>CCPR2H</b>	1Ch	-	9Ch				
<b>CCP2CON</b>	1Dh	-	9Dh				
<b>ADRESH</b>	1Eh	<b>ADRESL</b>	9Eh				
<b>ADCON0</b>	1Fh	<b>ADCON1</b>	9Fh				
Регистры общего назначения (96 байт)	20h	Регистры общего назначения (80 байт)	0A0h	Регистры общего назначения (80 байт)	0A0h	Регистры общего назначения (80 байт)	0A0h
			0EFh				16Fh
			Обращение к регистрам 70h- 7Fh банка 0	0F0h	Обращение к регистрам 70h- 7Fh банка 0	170h	Обращение к регистрам 70h- 7Fh банка 0
	7Fh		0FFh		17Fh		1FFh

Система команд PIC16F877

№	Мнемокод	Описание	Изм. флаги	Цикл	Прим.
1.	<b>ADDWF f,d</b>	Сложение W с f	C, DC, Z	1	1,2
2.	<b>ANDWF f,d</b>	Логическое И W и f		1	1,2
3.	<b>CLRF f</b>	Сброс регистра f	Z	1	2
4.	<b>CLRW</b>	Сброс регистра W	Z	1	
5.	<b>COMF f,d</b>	Инверсия регистра f	Z	1	1,2
6.	<b>DECF f,d</b>	Декремент регистра f	Z	1	1,2
7.	<b>DECFSZ f,d</b>	Декремент f и пропуск следующей команды, если результат декремента равен 0	—	1(2)	1,2,3
8.	<b>INCF f,d</b>	Инкремент регистра f	Z	1	1,2
9.	<b>INCFSZ f,d</b>	Инкремент f и пропуск следующей команды, если результат декремента равен 0	—	1(2)	1,2,3
10.	<b>IORWF f,d</b>	Логическое ИЛИ W и f	Z	1	1,2
11.	<b>MOVF f,d</b>	Пересылка регистра f	Z	1	1,2
12.	<b>MOVWF f</b>	Пересылка W в f		1	
13.	<b>NOP</b>	Холостая команда	—	1	
14.	<b>RLF f,d</b>	Сдвиг f влево через перенос	C	1	1,2
15.	<b>RRF f,d</b>	Сдвиг f вправо через перенос	C	1	1,2
16.	<b>SUBWF f,d</b>	Вычитание W из f	C, DC, Z	1	1,2
17.	<b>SWAPF f,d</b>	Обмен местами тетрад в f	—	1	1,2
18.	<b>XORWF f,d</b>	Исключающее ИЛИ W и f	Z	1	1,2
19.	<b>BCF f,b</b>	Сброс бита b в регистре f	—	1	1,2
20.	<b>BSF f,b</b>	Установка бита b в регистре f	—	1	1,2
21.	<b>BTFSC f,b</b>	Пропустить следующую команду, если бит b, в регистре f равен нулю	—	1(2)	3
22.	<b>BTFSS f,b</b>	Пропустить следующую команду, если бит b, в регистре f равен единице	—	1(2)	3
23.	<b>ADDLW k</b>	Сложение константы с W.	C, DC,Z	1	
24.	<b>ANDLW k</b>	Логическое И константы и W	Z	1	
25.	<b>CALL k</b>	Вызов подпрограммы	—	2	
26.	<b>CLRWDT</b>	Сброс сторожевого таймера (WDT)	TO,PD	1	
27.	<b>GOTO k</b>	Переход по адресу k	—	2	
28.	<b>IORLW k</b>	Логическое ИЛИ константы и W	Z	1	
29.	<b>MOVLW k</b>	Пересылка константы в W	—	1	
30.	<b>RETFIE</b>	Возврат из прерывания.	—	2	
31.	<b>RETLW k</b>	Возврат из подпрограммы с загрузкой константы в W	—	2	
32.	<b>RETURN</b>	Возврат из подпрограммы.	—	2	
33.	<b>SLEEP</b>	Переход в режим SLEEP	TO,PD	1	
34.	<b>SUBLW k</b>	Вычитание W из константы.	C, DC,Z	1	
35.	<b>XORLW k</b>	Исключающее ИЛИ константы и W	Z	1	

### Описание полей кода операции

Символ	Описание
f	Адрес регистра (0x00-0x7F) – файл
W	Рабочий регистр
b	Номер бита в 8-ми разрядном регистре
k	Константа
d	Регистр назначения: d=0 - результат в регистре W d=1 - результат в регистре f По умолчанию d=1

#### Примечания:

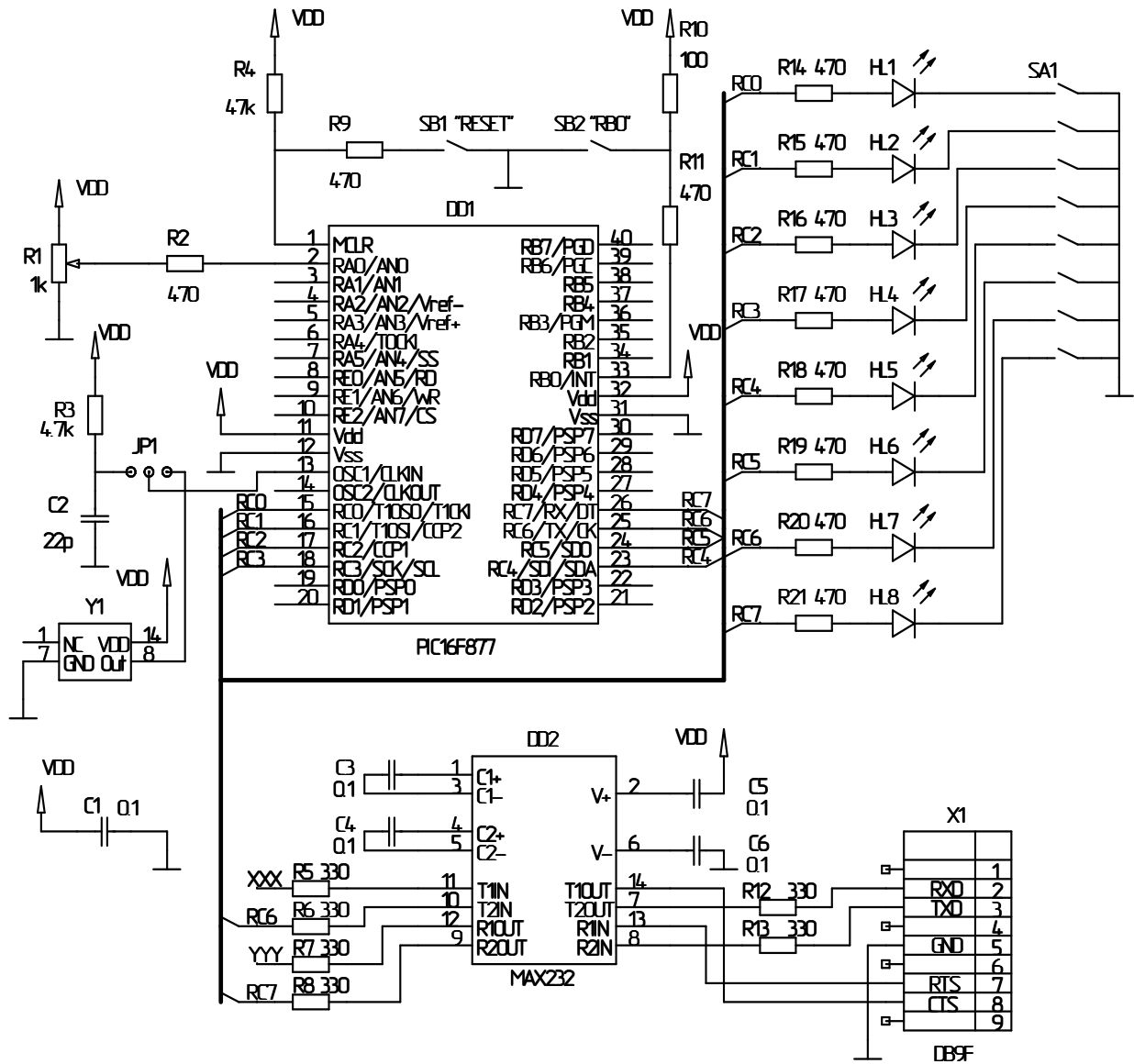
1. Когда модифицируется регистр порта ввода/вывода, (например MOVF PORTB,1), значение считывается непосредственно с ножек микросхемы. Например, если в регистре порта «1», а контакты конфигурированы как входы и внешнее устройство установит низкий уровень, то в регистр данных будут записаны «0».

2. Если команда выполняется над регистром TMR0 (когда d=1, результат записывается в регистр таймера 0), то предделитель, будет обнулен.

3. Если счетчик программ (PC) изменяется или результат проверки условия истинен, то команда выполняется за два цикла. Во втором цикле выполняется команда NOP.

# Приложение 3

## Фрагменты принципиальной схемы демонстрационной платы



Учебное издание

Пестунов Дмитрий Александрович  
Яковлев Владислав Викторович

## Реализация ШИМ на PIC-контроллерах

Методические рекомендации к выполнению лабораторной работы по курсу «Основы микропроцессорной техники» для студентов IV курса, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и наноэлектроника» и 201000 «Биотехнические системы и технологии»


Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета

Подписано к печати 25.11.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,84.  
Заказ . Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru