

PIC16F87X

Модуль 10-разрядного АЦП в микроконтроллерах PIC16F87X (2-я редакция)

Перевод основывается на технической документации DS30292C
компании Microchip Technology Incorporated, USA.

© ООО «Микро-Чип»
Москва - 2001

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

Содержание

11.0 Модуль 10-разрядного АЦП.....	3
11.1 Временные требования к подключению канала АЦП	6
11.2 Выбор источника тактовых импульсов для АЦП	7
11.3 Настройка аналоговых входов	7
11.4 Аналого-цифровое преобразование.....	8
11.4.1 <i>Выравнивание результата преобразования</i>	8
11.5 Работа модуля АЦП в SLEEP режиме.....	9
11.6 Эффект сброса	9

11.0 Модуль 10-разрядного АЦП

Модуль аналого-цифрового преобразования (АЦП) имеет пять каналов у 28-выводных микросхем и восемь каналов у 40/44-выводных микросхем.

Входной аналоговый сигнал через коммутатор каналов заряжает внутренний конденсатор АЦП C_{HOLD} . Модуль АЦП преобразует напряжение, удерживаемое на конденсаторе C_{HOLD} в соответствующий 10-разрядный цифровой код методом последовательного приближения. Источник верхнего и нижнего опорного напряжения может быть программно выбран с выводов V_{DD} , V_{SS} , RA2 или RA3.

Допускается работа модуля АЦП в SLEEP режиме микроконтроллера, при этом в качестве источника тактовых импульсов для АЦП должен быть выбран RC генератор.

Для управления АЦП в микроконтроллере используется 4 регистра:

- регистр результата ADRESH (старший байт);
- регистр результата ADRESL (младший байт);
- регистр управления ADCON0;
- регистр управления ADCON1.

Регистр ADCON0 используется для настройки работы модуля АЦП, а с помощью регистра ADCON1 устанавливается, какие входы микроконтроллера будут использоваться модулем АЦП и в каком режиме (аналоговый вход или цифровой порт ввода/вывода).

Дополнительную информацию по работе с модулем АЦП смотрите в технической документации "PICmicro Mid-Range MCU Family Reference Manual" (DS33023).

ADCON0 (адрес 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/-DONE	-	ADON
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 7-6: **ADCS1:ADCS0:** Выбор источника тактового сигнала
 00 = $F_{OSC}/2$
 01 = $F_{OSC}/8$
 10 = $F_{OSC}/32$
 11 = F_{RC} (внутренний RC генератор модуля АЦП)

бит 5-3: **CHS2:CHS0:** Выбор аналогового канала
 000 = канал 0, (RA0/AN0)
 001 = канал 1, (RA1/AN1)
 010 = канал 2, (RA2/AN2)
 011 = канал 3, (RA3/AN3)
 100 = канал 4, (RA5/AN4)
 101 = канал 5, (RE0/AN5)⁽¹⁾
 110 = канал 6, (RE1/AN6)⁽¹⁾
 111 = канал 7, (RE2/AN7)⁽¹⁾

бит 2: **GO/-DONE:** Бит статуса модуля АЦП
 Если ADON=1
 1 = модуль АЦП выполняет преобразование (установка бита вызывает начало преобразования)
 0 = состояние ожидания (аппаратно сбрасывается по завершению преобразования)

бит 1: **Не используется:** читается как '0'

бит 0: **ADON:** Бит включения модуля АЦП
 1 = модуль АЦП включен
 0 = модуль АЦП выключен и не потребляет тока

Примечание 1. Эти каналы не реализованы в микроконтроллерах PIC16F873/ PIC16F876.

ADCON1 (адрес 9Fh)

R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
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: **ADFM**: Формат сохранения 10-разрядного результата
1 = правое выравнивание, 6 старших бит ADRESH читаются как '0'
0 = левое выравнивание, 6 младших бит ADRESL читаются как '0'

бит 6-4: **Не используются**: читаются как '0'

бит 3-0: **PCFG3:PCFG0**: Управляющие биты настройки каналов АЦП

PCGF3: PCGF0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	Кан./ V _{REF} ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	8/0
0001	A	A	A	A	V _{REF} ⁺	A	A	A	RA3	V _{SS}	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	5/0
0011	D	D	D	A	V _{REF} ⁺	A	A	A	RA3	V _{SS}	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	V _{DD}	V _{SS}	3/0
0101	D	D	D	D	V _{REF} ⁺	D	A	A	RA3	V _{SS}	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	V _{DD}	V _{SS}	0/0
1000	A	A	A	A	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	V _{DD}	V _{SS}	6/0
1010	D	D	A	A	V _{REF} ⁺	A	A	A	RA3	V _{SS}	5/1
1011	D	D	A	A	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	V _{DD}	V _{SS}	1/0
1111	D	D	D	D	V _{REF} ⁺	V _{REF} ⁻	D	A	RA3	RA2	1/2

A = аналоговый вход D = цифровой канал ввода/вывода

Примечания:

1. Эти каналы не реализованы в микроконтроллерах PIC16F873/ PIC16F876.
2. В этом столбце указывается число аналоговых каналов, доступных для выполнения преобразования, и число входов источника опорного напряжения.

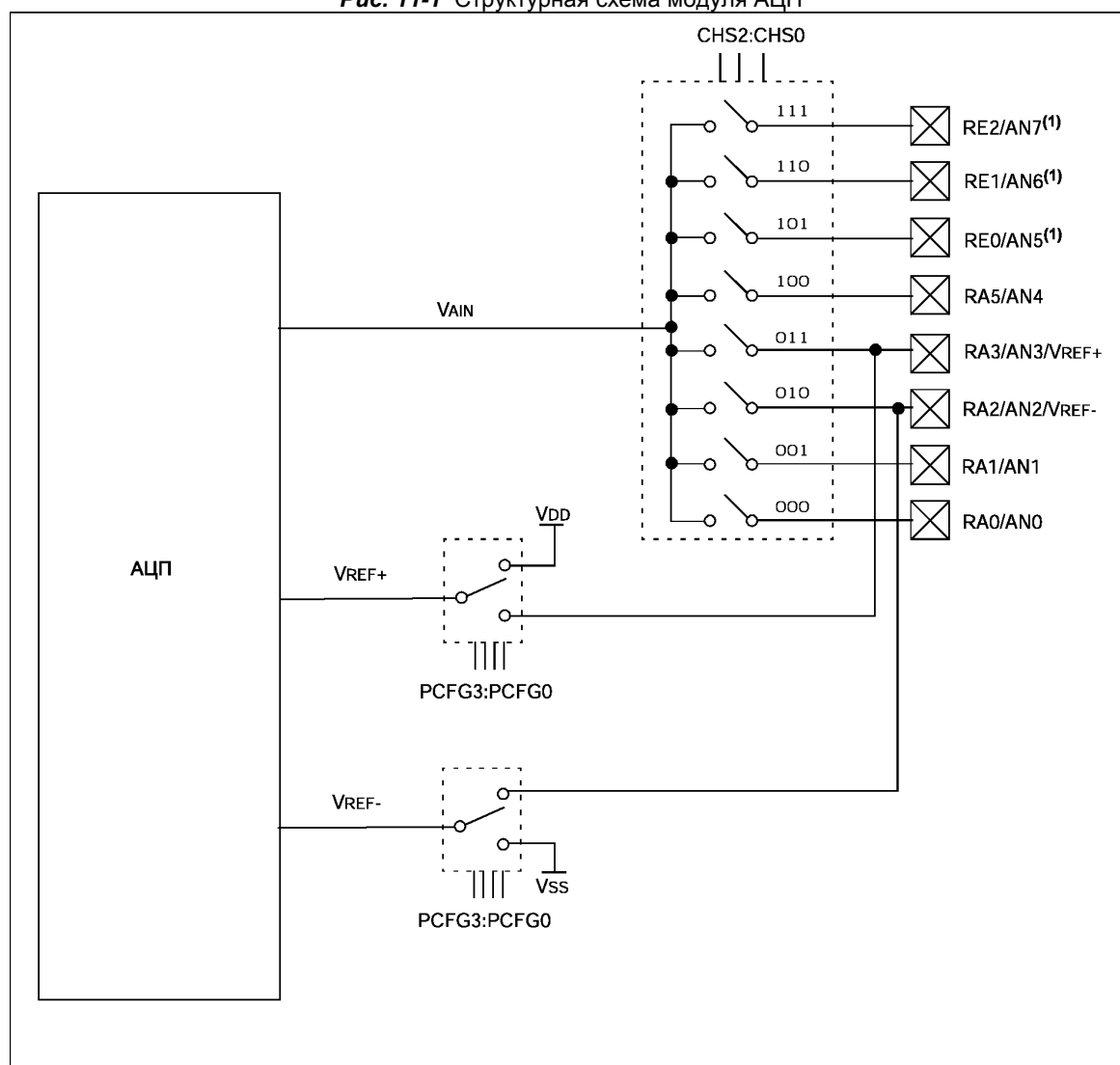
В регистре ADRESH:ADRESL сохраняется 10-разрядный результат аналого-цифрового преобразования. Когда преобразование завершено, результат преобразования записывается в регистр ADRESH:ADRESL, после чего сбрасывается флаг GO/-DONE (ADCON0<2>) и устанавливается флаг прерывания ADIF. Структурная схема модуля АЦП показана на рисунке 11-1.

После включения и конфигурации АЦП выбирается рабочий аналоговый канал. Соответствующие биты TRIS аналоговых каналов должны настраивать порт ввода/вывода на вход. Перед началом преобразования необходимо выдержать временную паузу, расчет которой приведен в разделе 11.1.

Рекомендованная последовательность действий для работы с АЦП:

1. Настроить модуль АЦП:
 - Настроить выходы как аналоговые входы, входы V_{REF} или цифровые каналы ввода/вывода (ADCON1);
 - Выбрать входной канал АЦП (ADCON0);
 - Выбрать источник тактовых импульсов для АЦП (ADCON0);
 - Включить модуль АЦП (ADCON0).
2. Настроить прерывание от модуля АЦП (если необходимо):
 - Сбросить бит ADIF в '0';
 - Установить бит ADIE в '1';
 - Установить бит PEIE в '1';
 - Установить бит GIE в '1'.
3. Выдержать паузу, необходимую для зарядки конденсатора C_{HOLD}.
4. Начать аналого-цифровое преобразование:
 - Установить GO/-DONE бит в '1' (ADCON0).
5. Ожидать, окончания преобразования:
 - Ждать, пока бит GO/-DONE не будет сброшен в '0'; ИЛИ
 - Ожидать прерывание по окончании преобразования.

6. Считать результат преобразования из регистров ADRESH:ADRESL, сбросить бит ADIF в '0', если это необходимо.
7. Для следующего преобразования необходимо выполнить шаги начиная с пункта 1 или 2. Время преобразования одного бита определяется как время T_{AD} . Минимальное время ожидания перед следующим преобразованием должно составлять не менее $2T_{AD}$.

Рис. 11-1 Структурная схема модуля АЦП

Примечание к рисунку 1. Эти каналы не реализованы в микроконтроллерах PIC16F873/ PIC16F876.

11.1 Временные требования к подключению канала АЦП

Для обеспечения необходимой точности преобразования, конденсатор C_{HOLD} должен успевать полностью заряжаться до уровня входного напряжения. Схема аналогового входа АЦП показана на рисунке 11-2. Сопротивления R_S и R_{SS} непосредственно влияют на время зарядки конденсатора C_{HOLD} . Величина сопротивления ключа выборки (R_{SS}) зависит от напряжения питания V_{DD} (см. рисунок 11-2). Максимальное рекомендуемое значение внутреннего сопротивления источника аналогового сигнала 10кОм. При меньших значениях сопротивления источника сигнала меньше суммарное время преобразования.

После того, как будет выбран один из нескольких аналоговых входных каналов, но прежде чем будет производиться преобразование, должно пройти определенное время. Для нахождения данного времени воспользуйтесь уравнением 11-1. Это уравнение дает результат с ошибкой в $\frac{1}{2}$ LSb (2048 шагов АЦП). Ошибка в $\frac{1}{2}$ LSb, это максимальная погрешность, позволяющая функционировать модулю АЦП с необходимой точностью.

Дополнительную информацию по расчету T_{ACQ} смотрите в технической документации "PICmicro Mid-Range MCU Family Reference Manual" (DS33023).

Уравнение 11-1 Вычисление временной задержки

$$\begin{aligned} T_{ACQ} &= \text{Время задержки усилителя} + \text{Время заряда конденсатора } C_{HOLD} + \text{Температурный коэффициент} \\ &= T_{AMP} + T_C + T_{COFF} \\ &= 2\text{мкс} + T_C + [(Температура - 25^\circ\text{C})(0.05\text{мкс}/^\circ\text{C})] \end{aligned}$$

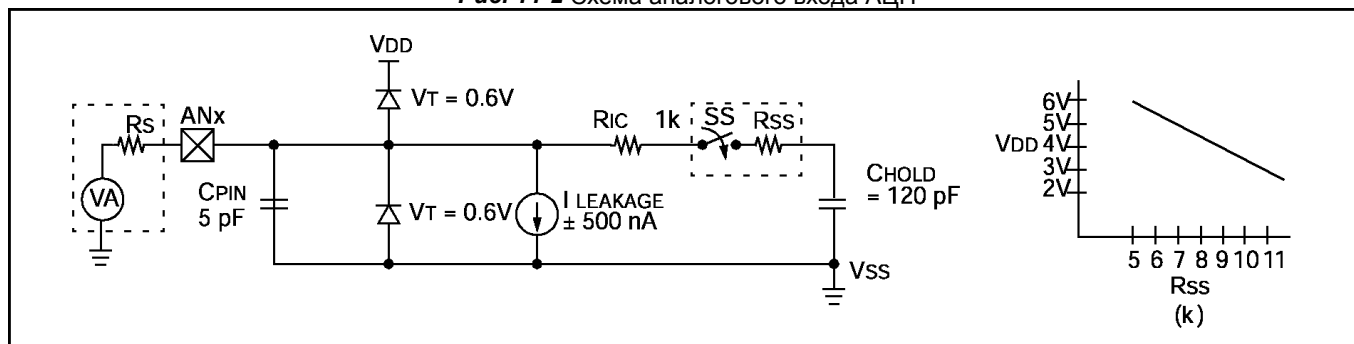
$$\begin{aligned} T_C &= -C_{HOLD} (R_{IC} + R_{SS} + R_S) \ln(1/2047) \\ &= -120\text{пФ} (1\text{кОм} + 7\text{кОм} + 10\text{кОм}) \ln(0.0004885) \\ &= 16.47\text{мкс} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{ACQ} &= 2\text{мкс} + 16.47\text{мкс} + [(50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})(0.05\text{мкс}/^\circ\text{C})] \\ &= 19.72\text{мкс} \end{aligned}$$

Примечания:

1. Напряжение источника опорного напряжения V_{REF} не влияет на уравнение.
2. Конденсатор C_{HOLD} после преобразования не разряжается.
3. Максимальное рекомендуемое значение внутреннего сопротивления источника аналогового сигнала 10кОм. Это необходимо для компенсации внутреннего тока утечки.
4. После того, как преобразование завершено, необходимо программно обеспечить задержку не менее $2.0T_{AD}$, прежде чем начнете следующее преобразование. В течение этого времени конденсатор C_{HOLD} не подключен к выбранному входному каналу АЦП.

Рис. 11-2 Схема аналогового входа АЦП



Обозначения:

C_{PIN}	- входная емкость;
V_T	- пороговое напряжение;
$I_{LEAKAGE}$	- ток утечки вывода;
R_{IC}	- сопротивление соединения;
SS	- переключатель защелки;
C_{HOLD}	- конденсатор защелки.

11.2 Выбор источника тактовых импульсов для АЦП

Время получения одного бита результата определяется параметром T_{AD} . Для 10-разрядного результата требуется как минимум $12T_{AD}$. Параметры тактового сигнала для АЦП определяются программно, T_{AD} может принимать следующие значения:

- $2T_{OSC}$;
- $8T_{OSC}$;
- $32T_{OSC}$;
- Внутренний RC генератор модуля АЦП (2-6мкс).

Для получения корректного результата преобразования необходимо выбрать источник тактового сигнала АЦП, обеспечивающий время T_{AD} не менее 1.6 мкс.

В таблице 11-1 указано максимальное значение тактовой частоты микроконтроллера для каждого режима синхронизирующего сигнала АЦП.

Таблица 11-1 Максимальное значение F_{OSC} удовлетворяющие требованию к T_{AD} (для микроконтроллеров с нормальным диапазоном напряжения питания (F))

Выбор T_{AD}		F_{OSC}
Режим	ADCS1:ADCS0	Максимум
$2T_{OSC}$	00	1.25МГц
$8T_{OSC}$	01	5МГц
$32T_{OSC}$	10	20МГц
RC ^(1,2,3)	11	Примечание 1

Примечания:

1. Типовое значение времени T_{AD} RC генератора АЦП равно 4мкс, может варьироваться от 2мкс до 6мкс.
2. Когда тактовая частота микроконтроллера больше 1МГц, рекомендуется использовать RC генератор АЦП только для работы в SLEEP режиме.
3. Для микроконтроллеров с расширенным диапазоном напряжений питания (LF) данные параметры смотрите в разделе электрических характеристик.

11.3 Настройка аналоговых входов

Регистры ADCON1, TRISA и TRISE отвечают за настройку выводов АЦП. Если выводы микросхемы настраиваются как аналоговые входы, то при этом должны быть установлены соответствующие биты в регистре TRIS. Если соответствующий бит сброшен в '0', вывод микросхемы настроен как цифровой выход, со значениями выходных напряжений V_{OH} или V_{OL} .

Модуль АЦП функционирует независимо от состояния битов CHS2:CHS0 и битов TRIS.

Примечания:

1. При чтении содержимого регистра порта нули будут установлены в тех разрядах, которые были настроены как аналоговые входы. Настроенные на цифровой вход каналы будут преобразовывать входные аналоговые уровни в цифровые, что однако не окажет влияния на точность преобразования.
2. Значения напряжений, подаваемых на выводы, настроены как аналоговые входы, включая выводы (AN7:AN0), могут влиять на ток потребления входного буфера, который может выйти за пределы значений, оговоренных в технической спецификации.

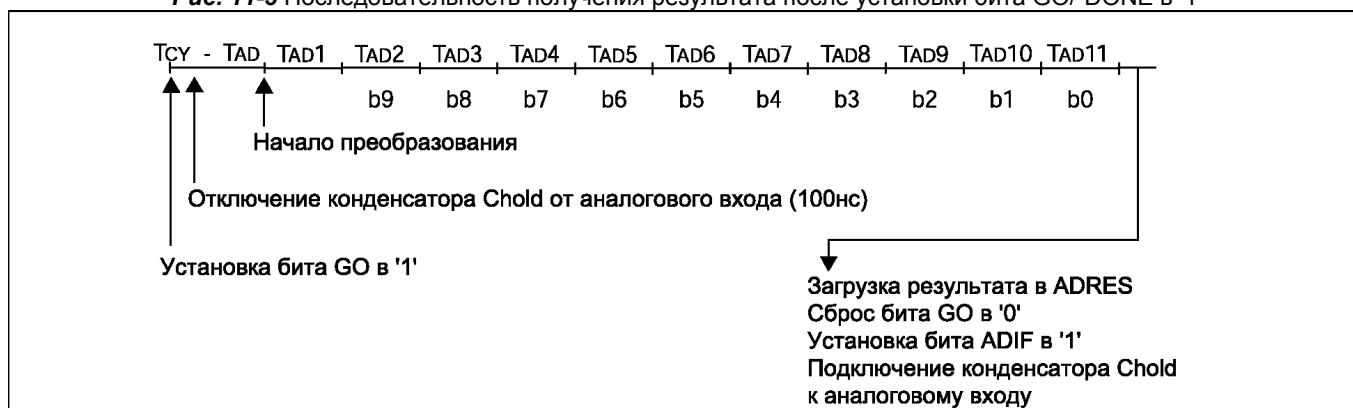
11.4 Аналого-цифровое преобразование

Сброс бита GO/DONE в '0' во время преобразования приведет к его прекращению. При этом регистры результата (ADRESH:ADRESL) не изменят своего содержимого. После досрочного завершения преобразования необходимо обеспечить временную задержку $2T_{AD}$. Выдержав требуемую паузу, можно начать новое преобразования установкой бита GO/DONE в '1'.

На рисунке 11-3 показана последовательность получения результата после установки бита GO/DONE в '1'.

Примечание. Бит GO/DONE и бит включения АЦП должны устанавливаться разными командами.

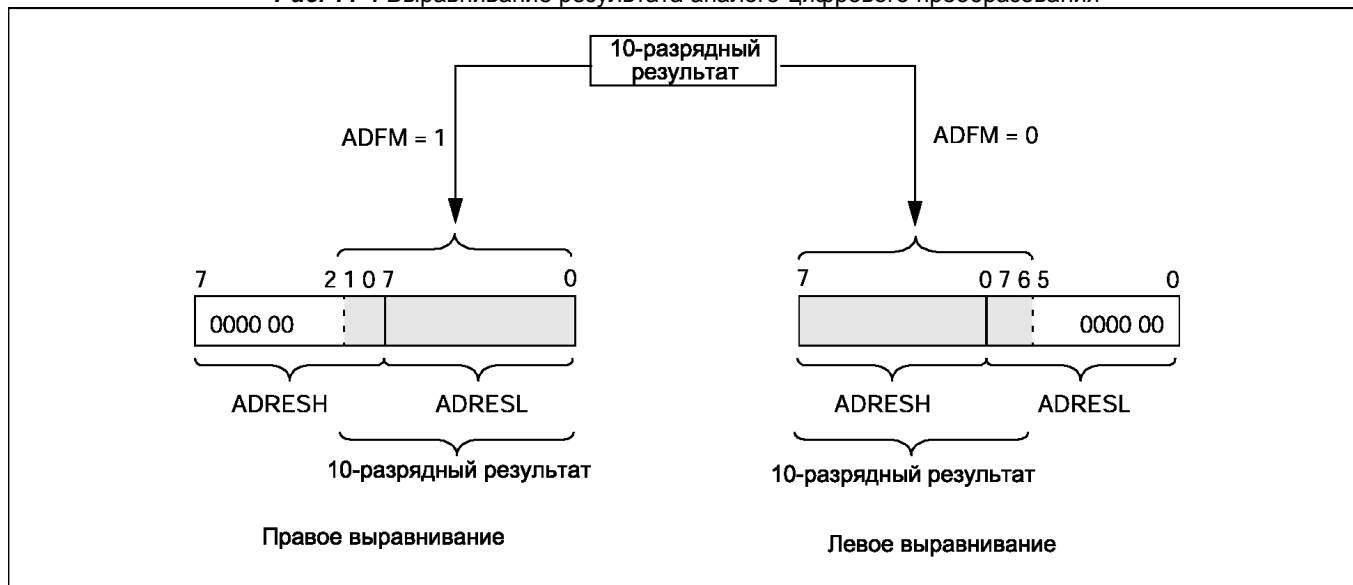
Рис. 11-3 Последовательность получения результата после установки бита GO/DONE в '1'



11.4.1 Выравнивание результата преобразования

10-разрядный результат преобразования сохраняется в спаренном 16-разрядном регистре ADRESH:ADRESL. Запись результата преобразования может выполняться с правым или левым выравниванием, в зависимости от значения бита ADFM (см. рисунок 11-4). Не задействованные биты регистра ADRESH:ADRESL читаются как '0'. Если модуль АЦП не используется, то 8-разрядные регистры ADRESH и ADRESL могут использоваться как регистры общего назначения.

Рис. 11-4 Выравнивание результата аналого-цифрового преобразования



11.5 Работа модуля АЦП в SLEEP режиме

Модуль АЦП может работать в SLEEP режиме микроконтроллера при условии, что источником импульсов преобразования АЦП будет внутренний RC генератор (ADCS1:ADCS0=11). При выборе RC генератора импульсов модуль АЦП сделает задержку в один машинный цикл перед началом преобразования. Это позволяет программе пользователя выполнить команду SLEEP, тем самым уменьшить “цифровой шум” во время преобразования. После завершения преобразования аппаратно сбрасывается бит GO/-DONE в '0', результат преобразования сохраняется в регистре ADRESH:ADRESL. Если разрешено прерывание от АЦП, то микроконтроллер выйдет из режима SLEEP. Если же прерывание было запрещено, то после преобразования модуль АЦП будет выключен, хотя бит ADON останется установленным.

Если был выбран другой источник тактовых импульсов АЦП (не внутренний RC генератор), то выполнение программой инструкции SLEEP прервет процесс преобразования и выключит модуль АЦП, оставив установленным бит ADON. Выключение модуля АЦП уменьшит ток потребления микроконтроллера.

Примечание. Для работы модуля АЦП в SLEEP режиме необходимо выбрать внутренний RC генератор (ADCS1:ADCS0=11), инструкция SLEEP должна быть выполнена сразу после команды, устанавливающей бит GO/-DONE в '1'.

11.6 Эффект сброса

При сбросе микроконтроллера значения всех его регистров устанавливаются по умолчанию. Сброс выключает модуль АЦП, а также останавливает процесс преобразования, если он был начат. Все выводы, используемые модулем АЦП, настраиваются как аналоговые входы.

Регистры ADRESH, ADRESL после сброса POR будут содержать неизвестное значение, а после остальных видов сброса не изменят своего значения.

Таблица 11-2 Регистры и биты связанные с работой модуля АЦП

Адрес	Имя	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Бит 0	Сброс POR, BOR	Другие сбросы
0Bh/8Bh	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF*	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1F	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE*	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1E	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
1Eh	ADRESH	Старший байт результата преобразования								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Eh	ADRESL	Младший байт результата преобразования								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/ -DONE	-	ADON	0000 00-0	0000 00-0
9Fh	ADCON1	ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	0--- 0000	0--- 0000
85h	TRISA	-	-	Регистр направления данных PORTA						--11 1111	--11 1111
05h	PORTA	-	-	Регистр защелки PORTA						--0x 0000	--0u 0000
89h*	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPM	-	Регистр напр. PORTE			0000 -111	0000 -111
09h*	PORTE	-	-	-	-	-	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu

Обозначения: - - не используется, читается как 0; u – не изменяется; x – не известно; q – зависит от условий.

Примечание*. Эти регистры/биты в микроконтроллерах PIC16F873, PIC16F876 не реализованы.

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.