

АНАЛИЗ SFR-СОВМЕСТИМОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ SiLabs: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Олег Николайчук
onic@ch.moldpac.md

Статья опубликована:

Схемотехника, 2005, №8,12-14

В рамках настоящей статьи цикла произведен системный анализ совместимости подсистемы дополнительного аналого-цифрового преобразователя, описаны управляющие регистры, отмечены некоторые особенности.

Дополнительный аналого-цифровой преобразователь (обозначаемый как ADC1 или ADC2) имеется не во всех микроконтроллерах фирмы Silicon Laboratories (SiLabs) [1]. Аналого-цифровой преобразователь называют дополнительным, поскольку кроме него в этих же микроконтроллерах имеется еще как минимум один главный аналого-цифровой преобразователь.

Вообще говоря, дополнительный аналого-цифровой преобразователь имеется только у 4 из 15 выпускаемых семейств микроконтроллеров (по состоянию на 01.06.2005): F02x, F04x, F06x и F12x, так что говорить о какой то совместимости всех семейств не приходится. Однако для этих семейств узел достаточно интересен и заслуживает внимания. Основные параметры дополнительных аналого-цифровых преобразователей ADC2 всех вышеуказанных семейств микроконтроллеров приведены в таблице 1.

Таблица 1

ТИП	Разрядность ADC0	Количество каналов	Скорость преобразования, ksp/s	Тип входов	Программируемый усилитель	Оконный детектор	Температурный датчик	Источник опорного напряжения, В
F020, F021, F022, F023	8	8	500	М	0.5;1;2;4	-	-	2.43
F040, F041, F042, F043	8	8	500	М	0.5;1;2;4	+	-	2.43
F120, F121, F122, F123	8	8	500	М	0.5;1;2;4	+	-	2.43
F060, F061, F062, F063	10	8	200	М	-	+	+	2.43

Примечания:

1. В графе «Скорость преобразования» указано предельное количество тысяч измерений в секунду (ksp/s).
2. В графе «Тип входов» символом «И» - обозначены микроконтроллеры, имеющие индивидуальные входы ADC, а символом «М» - мультиплицированные входы (обычно со выводами порта P1).

Анализ таблицы 1 позволяет сделать следующие выводы:

1. Дополнительный аналого-цифровой преобразователь имеется только у семейств микроконтроллеров: F02x, F04x, F06x и F12x;
2. У всех вышеперечисленных семейств микроконтроллеров входы дополнительного аналого-цифрового преобразователя мультиплексированы с выводами порта ввода/вывода P1.

3. Аналоговый мультиплексор перечисленных моделей имеет 8 входов, которые могут работать как в однополярном, так и в дифференциальном режиме.
4. Семейства F02x, F04x и F12x имеют второй встроенный мультиплексный усилитель PGA, включенный между выходом второго аналогового мультиплексора AMUX2 и входом собственно аналого-цифрового преобразователя. Усилитель PGA имеет коэффициент усиления 0.5, 1, 2 и 4.
5. Все перечисленные семейства имеют встроенный источник опорного напряжения 2.43 В.
6. Все семейства, кроме F02x имеют встроенную оконную функцию.

Регистры SFR дополнительного аналого-цифрового преобразователя ADC2 приведены в таблице 2.

Таблица 2

Название регистра	Назначение	Адрес SFR регистра			
		F02x	F04x	F06x	F12x
ADC2CF	Конфигурация ADC2	0xAB	0xBC/2	0xBC/2	0xBC/2
ADC2CN	Управление ADC2	0xAA	0xE8/2	0xE8/2	0xE8/2
AMX2SL	Выбор каналов AMUX2	0xAC	0xBB/2	0xBB/2	0xBB/2
AMX2CF	Конфигурация AMUX2	-	0xBA/2	0xBA/2	0xBA/2
ADC2(L)	Младший байт данных ADC2	0x9C	0xBE/2	0xBE/2	0xBE/2
ADC2H	Старший байт данных ADC2	-	-	0xBF/2	-
ADC2GT(L)	Младший байт верхнего порога ADC2	-	0xC4/2	0xC4/2	0xC4/2
ADC2GTH	Старший байт верхнего порога ADC2	-	-	0xC5/2	-
ADC2LT(L)	Младший байт нижнего порога ADC2	-	0xC6/2	0xC6/2	0xC6/2
ADC2LTH	Старший байт нижнего порога ADC2	-	-	0xC7/2	-

Подсистема дополнительного аналого-цифрового преобразователя ADC2 представлена 10 SFR регистрами:

Подсистема дополнительного аналого-цифрового преобразователя микроконтроллеров фирмы SiLabs представлена следующими регистрами:

ADC2CF - Конфигурация ADC2;

ADC2CN - Управление ADC2;

AMX2SL - Выбор каналов AMUX2;

AMX2CF - Конфигурация AMUX2;

ADC2(L) - Младший байт данных ADC2;

ADC2H - Старший байт данных ADC2;

ADC2GT(L) - Младший байт верхнего порога ADC2;

ADC2GTH - Старший байт верхнего порога ADC2;

ADC2LT(L) - Младший байт нижнего порога ADC2;

ADC2LTH - Старший байт нижнего порога ADC2.

Прежде всего, отметим, что выходные данные и пороги дополнительных аналого-цифровых преобразователей размещаются в двух байтах для 10-разрядного ADC2 семейства F06x, и в одном байте (младшем в семействе F06x) для 8-разрядных ADC2 семейств F02x, F04x и F12x. Соответственно, для семейства F06x в обозначениях регистров для младшего байта добавляется буква "L", а для старшего байта – буква "H".

Выходные данные семейства F06x размещаются в двух байтах: младший байт в регистре ADC2L, расположенном по SFR адресу 0xBE/2 (страница 2), старший байт в регистре ADC2H, расположенном по SFR адресу 0xBF/2. Для остальных описываемых семейств, очевидно используется только младший байт, однако в семействах F04x и F12x он располагается по такому же SFR адресу 0xBE/2, а для семейства F02x – по SFR адресу 0x9C.

Пороговая функция в дополнительном аналого-цифровом преобразователе семейства F02x отсутствует.

Значения нижнего порога семейства F06x размещаются в двух байтах: младший байт в регистре ADC2LTL, расположенном по SFR адресу 0xC6/2 (страница 2), старший байт в регистре ADC2LTH, расположенном по SFR адресу 0xC7/2. Для семейств F04x и F12x используется только младший байт ADC2LT, расположенный по такому же SFR адресу.

Значения верхнего порога семейства F06x также размещаются в двух байтах: младший байт в регистре ADC2GTL, расположенном по SFR адресу 0xC4/2 (страница 2), старший байт в регистре ADC2GTH, расположенном по SFR адресу 0xC5/2. Для семейств F04x и F12x используется только младший байт ADC2GT, расположенный по такому же SFR адресу.

Регистр конфигурации аналогового мультиплексора AMX2CF в семействе F02x отсутствует. В остальных описываемых семействах он располагается по SFR адресу 0xBA/2 (см. табл. 3).

Таблица 3

Название регистра — AMX2CF, - AMUX2 Configuration Register (Регистр конфигурации аналогового мультиплексора 2)								
SFR адрес — 0xBA/2			Значение после сброса - 00000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F04x, F06x, F12x	-	-	-	-	PIN67IC	PIN45IC	PIN23IC	PIN01IC

Биты 7:4 - не используются, при чтении из них возвращаются нулевые значения, при записи их значения игнорируются. Остальные четыре бита определяют конфигурацию пар входов, например, AIN67IC определяет пару аналоговых входов P2.6 и P2.7. Если соответствующий бит равен 1 (установлен), то входы используются, как независимые однополярные. Если бит - равен 0 (обнулен), пара выводов работает как дифференциальные входы, причем вход с меньшим номером является неинвертирующим, а вход с большим номером является инвертирующим. Например, для PIN67IC вход P2.6 - прямой (неинвертирующий), а вход P2.7 - инверсный (инвертирующий).

Регистр выбора канала AMX2SL имеет одинаковую структуру, хотя и располагается по различным SFR адресам. В семействе F02x регистр расположен по адресу 0xAC. В остальных семействах – по адресу 0xBB/2 (см. табл. 4).

Таблица 4

Название регистра — AMX2(1)SL, - AMUX2(1) Channel Select Register (Регистр выбора каналов аналогового мультиплексора AMUX2 (1))								
SFR адрес F02x— 0xAC F04x, F06x, F12x – 0xBB/2			Значение после сброса - 00000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F02x, F04x, F06x, F12x	-	-	-	-	-	AMXA D2	AMXA D1	AMXA D0

Однако, не смотря на идентичность в названиях битов различных семейств, их функции различаются.

Для семейства F02x биты AMX1AD2-0 (AMUX1 Address Bits) определяют выбор канала мультиплексора: 000 - выбран канал AIN1.0; 001 - выбран канал AIN1.1; 010 - выбран канал AIN1.2; 011 - выбран канал AIN1.3; 100 - выбран канал AIN1.4; 101 - выбран канал AIN1.5; 110 - выбран канал AIN1.6; 111 - выбран канал AIN1.7.

Для семейств F04x, F06x и F12x описываемые биты используются для нахождения комбинации входов в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5

		AMX2AD2-0							
		000	001	010	011	100	101	110	111
AMX2CF Bits 3-0	0000	P2.0	P2.1	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5	P2.6	P2.7
	0001	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5	P2.6	P2.7
	0010	P2.0	P2.1	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	P2.4	P2.5	P2.6	P2.7
	0011	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	P2.4	P2.5	P2.6	P2.7
	0100	P2.0	P2.1	P2.2	P2.3	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	P2.6	P2.7
	0101	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	P2.2	P2.3	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	P2.6	P2.7
	0110	P2.0	P2.1	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	P2.6	P2.7
	0111	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	P2.6	P2.7
	1000	P2.0	P2.1	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5	+CP2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1001	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1010	P2.0	P2.1	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	P2.4	P2.5	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1011	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	P2.4	P2.5	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1100	P2.0	P2.1	P2.2	P2.3	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1101	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	P2.2	P2.3	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1110	P2.0	P2.1	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	+(P2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)
	1111	+(P2.0) -(P2.1)	-(P2.0) +(P2.1)	+(P2.2) -(P2.3)	-(P2.2) +(P2.3)	+(P2.4) -(P2.5)	-(P2.4) +(P2.5)	+CP2.6) -(P2.7)	-(P2.6) +(P2.7)

Регистр управления ADC1(2)CN семейства F02x располагается по SFR адресу 0xAA, а для семейств F04x, F06x, F12x – по SFR адресу 0xE8/2. Рассмотрим назначение отдельных битов регистра управления ADC1(2)CN (см. табл. 6).

Таблица 6

Название регистра — ADC1(2)CN, - ADC1(2) Control Register (Регистр управления ADC1(2))								
SFR адрес F02x — 0xAA, F04x, F06x, F12x – 0xE8/2			Значение после сброса - 0000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F02x	AD1EN	AD1TM	AD1INT	AD1BUSY	AD1CM2	AD1CM1	AD1CM0	-
F04x, F12x	AD2EN	AD2TM	AD2INT	AD2BUSY	AD2CM2	AD2CM1	AD2CM0	AD2WINT
F06x	AD2EN	AD2TM	AD2INT	AD2BUSY	AD2CM1	AD2CM0	AD2WINT	-

AD1(2)EN - Бит разрешения работы ADC1(2). Если бит=0, дополнительный аналого-цифровой преобразователь выключен, если же бит =1- дополнительный аналого-цифровой преобразователь включен;

AD1(2)TM - Бит задания режима слежения. Если бит равен 0 - слежение выключено до начала преобразования, в противном случае - режим слежения задается битами AD1(2)STM2-0.

AD1(2)INT - Флаг прерывания завершения преобразования, устанавливается в 1 после завершения преобразования. Бит необходимо обнулять программно.

AD1(2)BUSY - Бит занятости. При чтении если бит очищен (равен 0) - преобразование завершено или после сброса не было преобразований. При перепаде уровней с высокого в низкий генерирует прерывание, если оно разрешено. Если при чтении бит установлен (равен 1) - ADC занят

преобразованием. При записи обнуленный бит игнорируется. Если при записи бит установлен – запускается преобразование, если $AD1(2)TM = 000b$.

Биты $AD1(2)CM2-0$ определяют режимы задания запуска преобразования. Если $AD1TM=0$:

000 - Преобразование начинается при установке бита $AD1BUSY$;

001 - Преобразование начинается при переполнении таймера 3;

010 - Преобразование начинается по перепаду уровней с низкого в высокий на входе $CNVSTR$;

011 - Преобразование начинается при переполнении таймера 2;

1xx - Преобразование начинается при установке бита $AD0BUSY$, т.е. синхронный запуск $ADC0$ и $ADC1$.

Если $AD1TM=1$, то:

000 - Слежение начинается при установке бита $AD1BUSY$ и продолжается 3 такта;

001 - Слежение начинается при переполнении таймера 3 и продолжается 3 такта;

010 - Слежение начинается при низком уровне на входе $CNVSTR$, преобразование начинается по перепаду уровней с низкого в высокий на входе $CNVSTR$;

011 - Слежение начинается при переполнении таймера 2 и продолжается 3 такта;

1xx - Слежение начинается при установке бита $AD0BUSY$, т.е. синхронный запуск $ADC0$ и $ADC1$.

$AD2WINT$ - флаг прерывания сравнения окна ADC , аппаратно устанавливается в 1 при сравнении. Очистка (стирание) флага должно производиться программно.

Регистр конфигурации $ADC1(2)CF$ семейства $F02x$ располагается по SFR адресу $0xAB$, а для семейств $F04x$, $F06x$, $F12x$ – по SFR адресу $0xEC/2$. Рассмотрим назначение отдельных битов регистра управления $ADC1(2)CF$ (см. табл. 7).

Таблица 7

Название регистра — $ADC1(2)CF$, - $ADC1(2)$ Configuration Register (Регистр конфигурации $ADC1(2)$)								
SFR адрес $F02x$ — $0xAB$, $F04x$, $F06x$, $F12x$ — $0xEC/2$			Значение после сброса - $11111000b$ ($0xF8$)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
$F02x$	$AD1SC4$	$AD1SC3$	$AD1SC2$	$AD1SC1$	$AD1SC0$	-	$AMP1GN1$	$AMP1GN0$
$F04x$, $F06x$, $F12x$	$AD2SC4$	$AD2SC3$	$AD2SC2$	$AD2SC1$	$AD2SC0$	-	$AMP2GN1$	$AMP2GN0$

$AD1SC4-0$ – биты определяют период преобразования по примерной формуле:

$$AD1SC = (SYSCLK / CLK1) - 1, \quad (1)$$

где $AD1SC$ - код периода преобразования аналого-цифрового преобразователя $ADC1$;
 $SYSCLK$ - системная тактовая частота;
 $CLK1$ - частота аналого-цифрового преобразователя $ADC1$.

$AMP1GN1-0$ – биты определяют коэффициент усиления входного усилителя PGA :

00 - коэффициент усиления равен 0.5;

01 - коэффициент усиления равен 1;

10 - коэффициент усиления равен 2;

11 - коэффициент усиления равен 4.

Таким образом, мы рассмотрели все SFR регистры дополнительного аналого-цифрового преобразователя. Очевидно, что регистры этой подсистемы обладают только ограниченной SFR совместимостью, и только среди семейств $F04x$, $F06x$ и $F12x$.

Литература:

1. <http://www.silabs.com>