

АНАЛИЗ SFR-СОВМЕСТИМОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ФИРМЫ SiLabs: ИНТЕРФЕЙС PCA

Олег Николайчук
onic@ch.moldpac.md

Статья опубликована: Схемотехника, 2005, №2, 8-10

В рамках настоящей статьи цикла произведен системный анализ совместимости подсистемы интерфейса PCA, описаны управляющие регистры, отмечены некоторые особенности.

Практически все микроконтроллеры фирмы Silicon Laboratories (SiLabs) [1], кроме семейства F2xx, оснащаются интерфейсом программируемого массива-счетчика - PCA (Programmable Counter/Timer Array).

Прежде, чем обратиться к анализу SFR совместимости, напомним читателю, что собственно представляет собой узел интерфейса PCA. Этот узел состоит из специализированного шестнадцати битного таймера/счетчика с времязадающим узлом (Timebase) и несколькими модулями захвата / сравнения - ССМ (Capture/Compare Module). Базовый времязадающий узел (Timebase) может подавать на вход шестнадцати битного таймера/счетчика PCA одну из четырех частот: системную частоту тактирования, деленную на 12 или 4, выход переполнения таймера 0 или внешний счетный вход - ЕСІ (External Clock Input). У некоторых семейств этот времязадающий узел несколько модифицирован.

Каждый из модулей захвата / сравнения ССМ может быть запрограммирован на выполнение определенного набора функций. Например базовый набор функций состоит из четырех: переключаемая по фронту защелка, программный счетчик, высокоскоростной выход и широтно-импульсный модулятор - PWM (Pulse Width Modulator). Естественно, что внешний счетный вход и выходы модулей захвата / сравнения ССМ могут быть настроены с помощью Crossbar на необходимые выводы портов ввода/вывода или заданы, как источник прерывания. Кроме того, в некоторых из семейств микроконтроллеров на базе расширенного PCA может быть реализован таймер реального времени - RTC (Real Time Clock) и охранный таймер WDT (Watchdog Timer).

Подсистема интерфейса программируемого массива-счетчика PCA является практически самой объемной по числу входящих в нее SFR регистров. Это количество достигает у некоторых семейств 22 регистров. В состав подсистемы входят: PCA0CN – регистр управления PCA; PCA0CPH0 - PCA0CPH5 – до 6 регистров старшего байта захвата; PCA0CPL0 - PCA0CPL5 - до 6 регистров младшего байта захвата; PCA0CPM0 - PCA0CPM5 – до 6 регистров модуля сравнения; регистры старшего PCA0H и младшего PCA0L байтов счетчика PCA; а также регистр управления режимом PCA0MD.

Следует отметить, что среди полноформатных семейств, три ранних семейства (F00x, F01x и F02x) имеют по пять модулей захвата/сравнения ССМ, а более поздние семейства (F04x, F06x, F12x и F13x) – по шесть модулей ССМ. Среди малоформатных семейств микроконтроллеров - два семейства (F31x и F32x) оснащены пятью модулями захвата/сравнения ССМ, а остальные (F30x, F33x и F35x) – только тремя модулями. Подчеркнем еще раз, что семейство F2xx вообще не оснащено интерфейсом PCA.

Регистры SFR интерфейса программируемого массива-счетчика - PCA приведены в таблице 1.

Рассмотрение таблицы 1 позволяет сделать ряд важных выводов:

1. Говорить о полной адресной совместимости SFR-регистров интерфейса программируемого массива-счетчика PCA, к сожалению, не приходится. Адресная совместимость наблюдается только в отношении регистров управления PCA0CN, регистров модулей сравнения PCA0CPM0 - PCA0CPM5, регистров данных PCA0H и PCA0L, а также регистров управления режимом PCA0MD, т.к. только у этих регистров SFR адреса одинаковы для всех семейств.

2. У остальных регистров SFR-адреса совместимы для трех групп семейств. Первая группа – ранние полноформатные семейства (F00x, F01x и F02x). Вторая группа – современные полноформатные семейства (F04x, F06x, F12x и F13x). Третья группа – все малоформатные семейства (F30x, F31x, F32x, F33x и F35x).

Таблица 1

Название регистра	Назначение	Адрес SFR регистра												
		F00x	F01x	F02x	F04x	F06x	F12x	F13x	F2xx	F30x	F31x	F32x	F33x	F35x
	Регистры интерфейса PCA													
PCA0CN	Управление PCA	0xD8	0xD8	0xD8	0xD8/0	0xD8/0	0xD8/0	0xD8/0	-	0xD8	0xD8	0xD8	0xD8	0xD8
PCA0CPH0	Старший байт захвата 0 PCA	0xFA	0xFA	0xFA	0xFC/0	0xFC/0	0xFC/0	0xFC/0	-	0xFC	0xFC	0xFC	0xFC	0xFC
PCA0CPH1	Старший байт захвата 1 PCA	0xFB	0xFB	0xFB	0xFE/0	0xFE/0	0xFE/0	0xFE/0	-	0xEA	0xEA	0xEA	0xEA	0xEA
PCA0CPH2	Старший байт захвата 2 PCA	0xFC	0xFC	0xFC	0xFA/0	0xFA/0	0xFA/0	0xFA/0	-	0xEC	0xEC	0xEC	0xEC	0xEC
PCA0CPH3	Старший байт захвата 3 PCA	0xFD	0xFD	0xFD	0xEC/0	0xEC/0	0xEC/0	0xEC/0	-	-	0xEE	0xEE	-	-
PCA0CPH4	Старший байт захвата 4 PCA	0xFE	0xFE	0xFE	0xEE/0	0xEE/0	0xEE/0	0xEE/0	-	-	0xFE	0xFE	-	-
PCA0CPH5	Старший байт захвата 5 PCA	-	-	-	0xE2/0	0xE2/0	0xE2/0	0xE2/0	-	-	-	-	-	-
PCA0CPL0	Младший байт захвата 0 PCA	0xEA	0xEA	0xEA	0xFB/0	0xFB/0	0xFB/0	0xFB/0	-	0xFB	0xFB	0xFB	0xFB	0xFB
PCA0CPL1	Младший байт захвата 1 PCA	0xEB	0xEB	0xEB	0xFD/0	0xFD/0	0xFD/0	0xFD/0	-	0xE9	0xE9	0xE9	0xE9	0xE9
PCA0CPL2	Младший байт захвата 2 PCA	0xEC	0xEC	0xEC	0xE9/0	0xE9/0	0xE9/0	0xE9/0	-	0xEB	0xEB	0xEB	0xEB	0xEB
PCA0CPL3	Младший байт захвата 3 PCA	0xED	0xED	0xED	0xEB/0	0xEB/0	0xEB/0	0xEB/0	-	-	0xED	0xED	-	-
PCA0CPL4	Младший байт захвата 4 PCA	0xEE	0xEE	0xEE	0xED/0	0xED/0	0xED/0	0xED/0	-	-	0xFD	0xFD	-	-
PCA0CPL5	Младший байт захвата 5 PCA	-	-	-	0xE1/0	0xE1/0	0xE1/0	0xE1/0	-	-	-	-	-	-
PCA0CPM0	Модуль 0 захвата/сравнения	0xDA	0xDA	0xDA	0xDA/0	0xDA/0	0xDA/0	0xDA/0	-	0xDA	0xDA	0xDA	0xDA	0xDA
PCA0CPM1	Модуль 1 захвата/сравнения	0xDB	0xDB	0xDB	0xDB/0	0xDB/0	0xDB/0	0xDB/0	-	0xDB	0xDB	0xDB	0xDB	0xDB
PCA0CPM2	Модуль 2 захвата/сравнения	0xDC	0xDC	0xDC	0xDC/0	0xDC/0	0xDC/0	0xDC/0	-	0xDC	0xDC	0xDC	0xDC	0xDC
PCA0CPM3	Модуль 3 захвата/сравнения	0xDD	0xDD	0xDD	0xDD/0	0xDD/0	0xDD/0	0xDD/0	-	-	0xDD	0xDD	-	-
PCA0CPM4	Модуль 4 захвата/сравнения	0xDE	0xDE	0xDE	0xDE/0	0xDE/0	0xDE/0	0xDE/0	-	-	0xDE	0xDE	-	-
PCA0CPM5	Модуль 5 захвата/сравнения	-	-	-	0xDF/0	0xDF/0	0xDF/0	0xDF/0	-	-	-	-	-	-
PCA0H	Старший байт данных PCA	0xF9	0xF9	0xF9	0xFA/0	0xFA/0	0xFA/0	0xFA/0	-	0xFA	0xFA	0xFA	0xFA	0xFA
PCA0L	Младший байт данных PCA	0xE9	0xE9	0xE9	0xF9/0	0xF9/0	0xF9/0	0xF9/0	-	0xF9	0xF9	0xF9	0xF9	0xF9
PCA0MD	Управление режимом PCA	0xD9	0xD9	0xD9	0xD9/0	0xD9/0	0xD9/0	0xD9/0	-	0xD9	0xD9	0xD9	0xD9	0xD9

Регистр управления интерфейсом PCA (программируемого массива-счетчика) - PCA0CN расположен по SFR адресу 0xD8 во всех семействах микроконтроллеров фирмы SiLabs (за исключением семейства F2xx). Назначение битов этого регистра приведено в таблице 2.

Таблица 2

Название регистра — PCA0CN, PCA Control Register (Регистр управления программируемого массива/счетчика PCA)								
SFR адрес — 0xD8			Значение после сброса — 0000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F00x, F01x, F02x, F31x, F32x	CF	CR	-	CCF4	CCF3	CCF2	CCF1	CCF0
F04x, F06x, F12x, F13x	CF	CR	CCF5	CCF4	CCF3	CCF2	CCF1	CCF0
F30x, F33x, F35x	CF	CR	-	-	-	CCF2	CCF1	CCF0

CF (PCA Counter/Timer Overflow Flag) - флаг переполнения счетчика/таймера. Флаг аппаратно устанавливается при переходе значения в счетчике от 0xFFFF к 0x0000. При этом может генерироваться прерывание, если оно разрешено. Флаг может обнуляться только программно.

CR (PCA Counter/Timer Run Control) - бит разрешения (1) /запрещения (0) работы счетчика PCA.

CCFn (PCA Module n Capture/Compare Flag) - флаг захвата соответствующего модуля. Флаг устанавливается аппаратно, когда происходит захват. при этом может генерироваться прерывание, если оно разрешено. Флаг может обнуляться только программно.

Регистры старшего (PCA0CPH0 - PCA0CPH5) и младшего (PCA0CPL0 - PCA0CPL5) байтов захвата расположены по различным адресам у различных семейств микроконтроллеров (см.табл.1). Их назначение однозначно соответствует их названию.

Регистры модулей сравнения PCA0CPM0 - PCA0CPM5 имеют сложную структуру, но располагаются по одинаковым адресам во всех семействах. Назначение битов этих регистров приведено в таблице 3.

Таблица 3

Название регистра — PCA0CPMn, - PCA Module Capture/Compare Registers (Регистры модуля n захвата/сравнения PCA)								
SFR адрес — PCA0CPM0 - 0xDA PCA0CPM1 - 0xDB PCA0CPM2 - 0xDC PCA0CPM3 - 0xDD PCA0CPM4 - 0xDE PCA0CPM5 - 0xDF			Значение после сброса — 0000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F00x, F01x, F02x,	-	ECOMn	CAPPn	CAPNn	MATn	TOGn	PWMn	ECCFn
F04x, F06x, F12x, F13x, F30x, F31x, F32x, F33x, F35x	PWM16n	ECOMn	CAPPn	CAPNn	MATn	TOGn	PWMn	ECCFn

CAPNn (Capture Negative Function Enable) - бит разрешения (1) режима захвата по отрицательному перепаду;

CAPPn (Capture Positive Function Enable) - бит разрешения (1) режима захвата по положительному перепаду;

ECCFn (Capture/Compare Flag Interrupt Enable) - бит разрешения (1) флаг прерывания;

ECOMn (Comparator Functions Enable) – бит разрешения (1) режима компаратора;

MATn (Match Function Enable) - бит разрешения (1) режима состязаний;

PWM16n (16-bit Pulse Width Modulation Enable) – бит разрешения (1) режима 16-битного широтно-импульсного модулятора;

PWMn (Pulse Width Modulation Mode Enable) - бит разрешения (1) режима 8-битного широтно-импульсного модулятора;

TOGn (Toggle Function Enable) - бит разрешения (1) переключений по потенциалу на входе CEXn.

Регистры старшего PCA0H и младшего PCA0L байтов счетчика PCA расположены по различным адресам у ранних и остальных семейств микроконтроллеров (см.табл.1). У ранних семейств (F00x, F01x, F02x) они расположены по SFR адресам 0xF9 и 0xE9 соответственно. У остальных семейств они располагаются по SFR адресам 0xFA и 0xF9 соответственно.

Регистры управления режимом PCA0MD располагаются у всех семейства по одному и тому же SFR адресу - 0xD9. Назначение битов этих регистров приведено в таблице 4.

Таблица 4

Название регистра — PCA0MD, PCA Mode Register (Регистр управления режимом PCA)								
SFR адрес — 0xD9			Значение после сброса — 0000000b (0x00)					
Семейства	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
F00x, F01x	CIDL	-	-	-	-	CPS1	CPS0	ECF
F02x, F04x, F06x, F12x, F13x, F30x, F31x, F32x, F33x, F35x	CIDL	-	-	-	CPS2	CPS1	CPS0	ECF

CIDL (PCA Counter/Timer Idle Control) - бит управления режимом энергосбережения. Если бит очищен (0) - PCA продолжает функционировать, когда ядро переходит в Idle режим, а если бит установлен (1) - PCA приостанавливается, когда ядро переходит в Idle режим.

CPS2-0 (PCA Counter/Timer Pulse Select) - биты выбора источника счетных импульсов:

000 - Источником счета является системная частота, деленная на 12;

001 - Источником счета является системная частота, деленная на 4;

010 - Источником счета являются импульсы переполнение таймера 0;

011 - Источником счета является «отрицательный» перепад уровней (с высокого в низкий) на ECI входе с максимальной частотой, выше, чем системная частота, деленная на 4;

100 - Источником счета является системная частота;

101 - Источником счета является внешняя частота, деленная на 8;

110 – Зарезервировано;

111 – Зарезервировано.

ECF (PCA Counter/Timer Overflow Interrupt Enable) – бит разрешения (1) установки CF флага (PCA0CN.7);

В заключение рассмотрения вопроса о SFR совместимости интерфейса программируемого массива-счетчика PCA следует отметить, что адресная совместимость этого интерфейса достаточно низкая, что обусловлено различиями адресов SFR регистров для различных семейств микроконтроллеров. В тоже время, назначения битов функционально идентичных регистров практически совпадает, что позволяет говорить о высокой функциональной совместимости.

В ряде предыдущих статей мы рассмотрели практически все периферийные подсистемы, которыми оснащаются микроконтроллеры фирмы SiLabs, за исключением тех, которые встречаются только в 1-2 семействах и являются уникальными. Следовательно, рассмотрение их совместимости теряет смысл. К таким системам относятся интерфейсы CAN (F04x, F06x), USB (F32x), DMA (F06x), CACHE (F12x, F13x) и PLL (F12x, F13x). Кроме того, мы опустим рассмотрение вопроса о совместимости таймеров различных семейств, поскольку они многократно описаны в различной технической и популярной литературе и работа с ними, как правило, не вызывает особых трудностей.

Таким образом, следующие статьи цикла будут посвящены вопросам изучения SFR совместимости аналоговых подсистем микроконтроллеров фирмы SiLabs.

Литература:

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