

Уровень сигнала VBUS (USB)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0x007B/ 15	-
----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------	---

Прежде чем приступить к анализу содержимого таблицы, сделаем некоторые замечания по содержанию.

- Во-первых, все адреса векторов прерываний приведены в стандартном шестнадцатеричном виде языка C.
- Во-вторых, через косую черту за адресами векторов прерываний приведены номера прерываний, соответствующие приоритетности.
- Приоритет по сбросу – наивысший.

Напомним читателю, что после слияния фирм Cygnal и SiLabs, ставших единой фирмой SiLabs, последняя приняла новую классификацию своих микроконтроллеров, согласно которой: микроконтроллеры семейств F00x, F01x, F02x и F12x относятся к прецизионным системам со смешанными сигналами (прецизионным микросистемам сбора данных); семейство F2xx отнесено к микроконтроллерам общего применения; семейства F04x и F06x – к CAN микроконтроллерам; семейства F30x, F31x и F33x – к малоформатным микроконтроллерам (с сокращенным количеством стандартных портов); а семейство F32x – к USB микроконтроллерам. Однако старая классификация оказалась более удобной для анализа SFR совместимости видимо потому, что ей руководствовались разработчики микроконтроллеров при их создании. Согласно старой классификации все семейства разделялись на две группы: полноформатные микроконтроллеры сбора данных – семейства F00x, F01x, F02x, F04x, F06x, F12x, F2xx, и малоформатные микроконтроллеры – семейства F30x, F31x, F32x и F33x.

Сведения, приведенные в таблице 1, представляют значительный интерес, поскольку публикации на тему SFR совместимости в специальной литературе отсутствуют. Анализ таблицы 1 позволяет сделать ряд важных выводов, облегчающих деятельность, как профессиональных разработчиков микроконтроллерных систем, так и начинающих любителей микроконтроллерной техники. Приведем некоторые, наиболее важные выводы:

1. Микроконтроллеры различных семейств имеют различное количество векторов прерываний, варьирующееся от 12(F30x) до 21.
2. Все семейства по количеству векторов прерываний разделяются на две группы: полноформатные микроконтроллеры (F00x - F2xx) имеют 20-21 вектор прерываний, а малоформатные (F30x - F33x) – до 14 векторов прерываний.
3. Вектора прерываний от 0 до 5, включая вектор прерывания сброса, являются стандартными и одинаковы для всех семейств микроконтроллеров.
4. Начиная с 6 по 15, прерывания у прецизионных микроконтроллеров (F00x, F01x, F02x и F12x) и CAN микроконтроллеров (F04x и F06x) различаются по назначению, но последовательно следуют в порядке увеличения номера прерывания, а начиная с 16 никакой системы в прерываниях не просматривается, что связано с различным составом встроенной аналоговой и цифровой периферии этих микроконтроллеров.
5. Подсистема прерываний семейства микроконтроллеров F30x (за исключением стандартных прерываний, см. п.3) не соответствует подсистеме прерываний ни одного другого семейства.
6. Подсистемы прерываний трех оставшихся малоформатных микроконтроллеров (F31x - F33x) почти полностью совпадают, за исключением того, что у семейства F33x отсутствует вектор прерывания второго (отсутствующего в составе периферии) компаратора, а у семейства F32x добавлены два вектора прерываний, соответствующие вновь введенному интерфейсу USB.

Теперь приведем несколько практических примеров применения сведений, полученных таблицы:

Из анализа таблицы следует, например, что подпрограммы обработки прерываний интерфейса SPI будут одинаковыми для всех семейств, у которых этот интерфейс имеется (отсутствует только в семействе F30x). Такой же вывод можно сделать для второго последовательного порта UART1 и таймера 4, которые имеются у семейств F02x, F04x, F06x и F12x. В отношении подпрограмм обработки прерываний интерфейса SMBus также существует преимущество у всех семейств, за исключением F2xx, у которого этот интерфейс отсутствует, и F30x, у которого отличается номер прерывания (и, соответственно, адрес). Преимущество существует и для прерываний таймера 3 для всех семейств, за исключением тех, у которых таймер 3 отсутствует (F2xx и F30x). Таких примеров может быть приведено достаточно много, и читатель

сам легко может сделать соответствующие выводы в отношении подпрограмм обработки прерываний того или иного периферийного устройства.

В таблице 2 показаны SFR адреса стандартных общесистемных регистров и регистров прерываний. Как видно из рассмотрения этой таблицы, все семейства имеют основные регистры прерываний IE и приоритетов IP и первые дополнительные регистры прерываний EIE1 и приоритетов EIP1. Кроме того, все семейства, кроме F30x, F31x и F33x имеют еще вторые дополнительные регистры прерываний EIE2 и приоритетов EIP2.

Таблица 2

Название регистра	Назначение	Адрес SFR регистра										
		F00x	F01x	F02x	F04x	F06x	F12x	F2xx	F30x	F31x	F32x	F33x
	Стандартные регистры											
ACC	Аккумулятор	0xE0	0xE0	0xE0	0xE0/A	0xE0/A	0xE0/A	0xE0	0xE0	0xE0	0xE0	0xE0
B	Регистр B	0xF0	0xF0	0xF0	0xF0/A	0xF0/A	0xF0/A	0xF0	0xF0	0xF0	0xF0	0xF0
PSW	Слово состояния	0xD0	0xD0	0xD0	0xD0/A	0xD0/A	0xD0/A	0xD0	0xD0	0xD0	0xD0	0xD0
SP	Указатель стека	0x81	0x81	0x81	0x81/A	0x81/A	0x81/A	0x81	0x81	0x81	0x81	0x81
DPL	Младший байт DPTR	0x82	0x82	0x82	0x82/A	0x82/A	0x82/A	0x82	0x82	0x82	0x82	0x82
DPH	Старший байт DPTR	0x83	0x83	0x83	0x83/A	0x83/A	0x83/A	0x83	0x83	0x83	0x83	0x83
PCON	Управление питанием	0x87	0x87	0x87	0x87/A	0x87/A	0x87/A	0x87	0x87	0x87	0x87	0x87
	Регистры прерываний											
IE0	Разрешение прерываний 0	0xA8	0xA8	0xA8	0xA8/A	0xA8/A	0xA8/A	0xA8	0xA8	0xA8	0xA8	0xA8
EIE1	Разрешение прерываний 1	0xE6	0xE6	0xE6	0xE6/A	0xE6/A	0xE6/A	0xE6	0xE6	0xE6	0xE6	0xE6
EIE2	Разрешение прерываний 2	0xE7	0xE7	0xE7	0xE7/A	0xE7/A	0xE7/A	0xE7	-	-	0xE7	-
IP0	Приоритеты прерываний 0	0xB8	0xB8	0xB8	0xB8/A	0xB8/A	0xB8/A	0xB8	0xB8	0xB8	0xB8	0xB8
EIP1	Приоритеты прерываний 1	0xF6	0xF6	0xF6	0xF6/A	0xF6/A	0xF6/A	0xF6	0xF6	0xF6	0xF6	0xF6
EIP2	Приоритеты прерываний 2	0xF7	0xF7	0xF7	0xF7/A	0xF7/A	0xF7/A	0xF7	-	-	0xF7	-

Не смотря на то, что основные регистры прерываний IE (см. Табл.3) и приоритетов IP (см. Табл.4), вообще говоря, относятся к стандартным регистрам, для одного из малоформатных семейств F32x в них заменен один из битов.

Таблица 3

Название регистра:	IE - Interrupt Enable – Основной регистр прерываний							
SFR адрес:	0xA8		Значение после сброса:			0000000b (0x00)		
Семейства	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x-F31x, F33x	EA	IEGF0	ET2	ES0	ET1	EX1	ET0	EX0
F32x	EA	ESPI0	ET2	ES0	ET1	EX1	ET0	EX0
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Поскольку назначение битов этих регистров стандартное, с ними можно ознакомиться в [3-6]. Мы же ограничимся лишь тем, что опишем отличия, введенные разработчиками фирмы SiLabs. Все изменения сводятся только к тому, что стандартный бит - флаг общего назначения (бит 6), используемый для программного контроля в семействе F32x заменен на бит - ESPI0 (Enable SPI0 Interrupt) - флаг разрешения прерывания интерфейса SPI0.

Таблица 4

Название регистра:	IP - Interrupt Priority – Основной регистр приоритетов							
SFR адрес:	0xB8		Значение после сброса:			0000000b (0x00)		
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x-F31x, F33x	-	-	PT2	PS0	PT1	PX1	PT0	PX0
F32x	-	PSPI0	PT2	PS0	PT1	PX1	PT0	PX0
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Стандартный регистр приоритетов IP также отличается только введением для семейства F32x нового бита PSPI0 (SPI0 Interrupt Priority) – бита установки приоритета прерывания интерфейса SPI0.

Намного сложнее обстоят дела с дополнительными регистрами прерываний EIE1 и EIE2. В них расположения одноименных битов отличаются для различных семейств. Работа с этими регистрами к тому же осложняется тем, что они не являются бит адресуемыми. Полная картина расположения битов разрешения прерываний приведена в таблицах 5 и 6 для дополнительных регистров прерывания EIE1 и EIE2 соответственно.

Таблица 5

Название регистра:	EIE1 - Extended Interrupt Enable 1 – Первый дополнительный регистр прерываний							
SFR адрес:	0xE6		Значение после сброса:			0000000b (0x00)		
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x-F02x, F12x, F2xx	ECP1R	ECP1F	ECP0R	ECP0F	EPCA0	EWADC0	ESMB0	ESPIO
F04x	-	CP2IE	CP1IE	CP0IE	EPCA0	EWADC0	ESMB0	ESPIO
F06x	EADC0	CP2IE	CP1IE	CP0IE	EPCA0	EWADC0	ESMB0	ESPIO
F30x	-	-	ECP0R	ECP0F	EPCA0	EADC0	EWADC0	ESMB0
F31x	ET3	ECPI	ECP0	EPCA0	EADC0	EWADC0	-	ESMB0
F32x	ET3	ECPI	ECP0	EPCA0	EADC0	EWADC0	EUSB0	ESMB0
F33x	ET3	-	ECP0	EPCA0	EADC0	EWADC0	-	ESMB0
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Таблица 6

Название регистра:	EIE2 - Extended Interrupt Enable 2 – Второй дополнительный регистр прерываний							
SFR адрес:	0xE7		SFR адрес:			0000000b (0x00)		
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x, F01x, F2xx	EXVLD	-	EX7	EX6	EX5	EX4	EADC0	ET3
F02x	EXVLD	ES1	EX7	EX6	EADC1	ET4	EADC0	ET3
F04x	-	ES1	ECAN0	EADC2	EWADC2	EX4	EADC0	ET3
F06x	EDMA0	ES1	ECAN0	EADC2	EWADC2	ET4	EADC1	ET3
F12x	-	ES1	-	EADC2	EWADC2	ET4	EADC0	ET3
F32x	-	-	-	-	-	-	-	EVBUS
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Примечания:

1. Установка любого из битов разрешает прерывание, обнуление - запрещает.
2. В зарезервированные биты рекомендуется **записывать только 0!** Читаются эти биты, как 0.

Далее приведены назначения битов дополнительных регистров прерывания EIE1 и EIE2 в алфавитном порядке.

CP2(1,0)IF - Enable Interrupt Requests of Comparator 2(1,0) - бит разрешения прерывания при перепаде на выходе компараторов 2(1,0).

EADC0 - Enable ADC0 End of Conversion Interrupt - бит разрешения прерывания по завершению преобразования от ADC0.

EADC1 - Enable ADC1 End of Conversion Interrupt - бит разрешения прерывания завершения преобразования ADC1.

EADC2 - Enable ADC1 End of Conversion Interrupt - бит разрешения прерывания завершения преобразования ADC2;

ECAN0- Enable CAN Controller Interrupt - бит разрешения прерывания от CAN контроллера.

ECP0 - Enable Interrupt of Comparator0 - бит разрешения прерывания (1) при перепаде на выходе компаратора 0;

ECP0F - Enable Comparator 0 Rising Falling Interrupt - бит разрешения прерывания при отрицательном перепаде на выходе компаратора 0.

ECP0R - Enable Comparator 0 Rising Edge Interrupt - бит разрешения прерывания при положительном перепаде на выходе компаратора 0.

ECP1(0) - Enable Interrupt of Comparator1(0) - бит разрешения прерывания (1) при перепаде на выходе компараторов 1(0);

ECP1F - Enable Comparator 1 Rising Falling Interrupt - бит разрешения прерывания при отрицательном перепаде на выходе компаратора 1.

ECP1R - Enable Comparator 1 Rising Edge Interrupt - бит разрешения прерывания при положительном перепаде на выходе компаратора 1.

EDMA0 - Enable DMA0 Interrupt - бит разрешения прерывания интерфейса прямого доступа;

EPCA0 - Enable Programmable Counter Array (PCA0) Interrupt - бит разрешения прерывания от программируемого массива-счетчика 0.

ES1 - Enable UART1 Interrupt - бит разрешения прерывания от второго последовательного порта UART2.

ESMB0 - Enable SMBus 0 Interrupt - бит разрешения прерывания от интерфейса SMBus.

ESPI0 - Enable Serial Peripheral Interface 0 Interrupt - бит разрешения прерывания от интерфейса SPI.

ET3 - Enable Timer 3 Interrupt - бит разрешения прерывания от таймера 3.

ET4 - Enable Timer 4 Interrupt - бит разрешения прерывания от таймера 4.

EUSB0 - Enable USB 0 Interrupt - бит разрешения прерывания от интерфейса USB.

EVBUS - Enable VBAU Level Interrupt - бит разрешения прерывания от состояния линии VBUS интерфейса USB.

EWADC0 - Enable Window Comparison ADC0 Interrupt - бит разрешения прерывания от "окна" аналого-цифрового преобразователя 0.

EWADC2 - Enable Window Comparison ADC2 Interrupt - бит разрешения прерывания компаратора окна ADC2.

EX4 - Enable External Interrupt 4 - бит разрешения прерывания внешнего входа 4.

EX5 - Enable External Interrupt 5 - бит разрешения прерывания внешнего входа 5.

EX6 - Enable External Interrupt 6 - бит разрешения прерывания внешнего входа 6.

EX7 - Enable External Interrupt 7 - бит разрешения прерывания внешнего входа 7.

EXVLD - Enable External Clock Source Valid (XTLVLD) Interrupt - бит разрешения прерывания от внешнего тактового генератора.

Аналогичная картина наблюдается и для дополнительных регистров приоритетов EIP1 и EIP2. В них расположения одноименных битов также отличаются для различных семейств. Полная картина расположения битов разрешения прерываний приведена в таблицах 7 и 8 для дополнительных регистров приоритетов EIP1 и EIP2 соответственно.

Таблица 7

Название регистра:	EIP1 - Extended Interrupt Priority 1 - Первый дополнительный регистр приоритетов		
SFR адрес:	0xF6	Значение после сброса:	0000000b (0x00)

	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x, F01x, F02x, F12x, F2xx	PCP1R	PCP1F	PCP0R	PCP0F	PPCA0	PWADC0	PSMB0	PSPI0
F04x	-	PCP2	PCP1	PCP0	PPCA0	PWADC0	PSMB0	PSPI0
F06x	PADC0	PCP2	PCP1	PCP0	PPCA0	PWADC0	PSMB0	PSPI0
F30x	-	-	PCP0R	PCP0F	PPCA0	PADC0C	PWADC0	PSMB0
F31x	PT3	PCP1	PCP0	PPCA0	PADC0	PWADC0	-	PSMB0
F32x	PT3	PCP1	PCP0	PPCA0	PADC0	PWADC0	PUSB0	PSMB0
F33x	PT3	-	PCP0	PPCA0	PADC0	PWADC0	-	PSMB0
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Таблица 8

Название регистра:		EIP2 - Extended Interrupt Priority 2 - Второй дополнительный регистр приоритетов						
SFR адрес:		0xF7		Значение после сброса:		00000000b (0x00)		
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
F00x, F01x, F2xx	PXVLD	-	PX7	PX6	PX5	PX4	PADC0	PT3
F02x	PXVLD	EP1	PX7	PX6	PADC1	PT4	PADC0	PT3
F04x	-	EP1	PX7	PADC2	PWADC2	PT4	PADC0	PT3
F06x	PDMA0	PS1	PCAN0	PADC2	PWADC2	PT4	PADC0	PT3
F12x	-	PS1	-	PADC2	PWADC2	PT4	PADC0	PT3
F32x	-	-	-	-	-	-	-	PVBUS
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

Примечания:

1. Установка любого из битов означает присвоение высокого приоритета, обнуление - низкого приоритета.
2. В зарезервированные биты рекомендуется **записывать только 0!** Читаются эти биты, как 0.

Далее описаны назначения битов дополнительных регистров приоритетов EIP1 и EIP2 в алфавитном порядке.

EADC0C - Enable ADC0 Conversion Complite Interrupt - бит определяет уровень приоритета прерывания завершения преобразования аналого-цифрового преобразователя 0.

EP1 - UART1 Interrupt Prioritz Control - бит определяет уровень приоритета последовательного порта UART1.

PADC0 - ADC0 End of Conversion Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания завершения преобразования ADC0.

PADC1 - ADC1 End of Conversion Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета завершения преобразования ADC1.

PADC2 - ADC2 End Of Conversion Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания б от внешнего входа.

PCAN0 - CAN Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета CAN интерфейса.

PCP0 - Comparator 0 (CP0) Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 0.

PCP0F - Comparator 0 (CP0) Falling Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 0 при отрицательном перепаде выходного уровня.

PCP0R - Comparator 0 (CP0) Rising Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 0 при положительном перепаде выходного уровня.

PCP1 - Comparator 1 (CP1) Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 1.

PCP1F - Comparator 1 (CP1) Falling Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 1 при отрицательном перепаде выходного уровня.

PCP1R - Comparator 1 (CP1) Rising Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 1 при положительном перепаде выходного уровня.

PCP2 - Comparator 2 (CP2) Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета компаратора 2.

PDMA0 - DMA0 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета DMA0.

PPCA0 - Programmable Counter Array (PCA0) Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета программируемого массива-счетчика 0.

PS1 - UART1 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета UART1;

PSMB0 - SMBus 0 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета интерфейса SMBus.

PSPI0 - Serial Peripheral Interface 0 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета интерфейса SPI.

PT3 - Timer 3 Interrupt Priority Control - бит определения уровня приоритета таймера 3.

PT4 - Timer 4 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета таймера 4.

PUSB0 - USB 0 Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета интерфейса USB.

PVBUS - VBUS Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания состояния линии VBUS интерфейса USB.

PWADC0 - ADC0 Window Comparator Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета функции "окна" аналого-цифрового преобразователя ADC0.

PWADC2 - ADC2 Window Comparator Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета "окна" ADC2.

PX4 - External Interrupt 4 Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания 4 от внешнего входа.

PX5 - External Interrupt 5 Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания 5 от внешнего входа.

PX6 - External Interrupt 6 Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания 6 от внешнего входа.

PX7 - External Interrupt 7 Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания 7 от внешнего входа.

PXVLD - External Clock Source Valid (XTLVLD) Interrupt Priority Control - бит определяет уровень приоритета прерывания о нормализации функционирования внешнего тактового генератора.

В заключение этого раздела следует отметить, что некоторые семейства микроконтроллеров фирмы SiLabs имеют еще SFR регистры, косвенно связанные с подсистемой прерывания и предназначенные для назначения выводов для внешних векторов прерываний, однако эти регистры мы рассмотрим в одной из следующих статей цикла в разделе конфигурации ресурсов микропроцессоров.

(Продолжение следует)

Литература:

1. <http://www.silabs.com>
2. О. Николайчук Семейства X51 микроконтроллеров фирмы Cygnal // Компоненты и технологии, 2002, №1, 86-91.
3. О. Николайчук X51-совместимые микроконтроллеры фирмы Cygnal / М.: ООО "ИД СКИМЕН", 2002.-472с.,илл.
4. Embedded Microcontrollers and Processors / US, Intel Corporation, vol.1, 1992.
5. Atmel Corporation Microcontroller Data Book / US, Atmel Corporation, 1995.
6. Однокристалльные микро ЭВМ (Справочник) / М., МИКАП, 1994.