

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЛЕКЦИЯ 4

ЕЛЕМЕНТНА БАЗА НА ВГРАДЕНИТЕ СИСТЕМИ

ОСНОВНИ ТИПОВЕ ЕДНОЧИПОВИ МИКРОКОМПЮТРИ (МИКРОКОНТРОЛЕРИ)

ЕМК PIC (Microchip Technology)

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Едночипови микрокомпютри

Основни типове ЕМК:

- 8051 / MCS51 (Intel)

Едночипов 8-битов ЕМК, Харвардска архитектура, разработен от Intel по NMOS технология (1980) , по-късно като CMOS устройство (т.нар. С-версии – 80C51, значително по-ниска консумация).

Произвеждан в оригиналния си вид до около средата на 90-те години. Сега – различни аналози , функционално подобрени (8051-съвместими): Atmel, Infineon Technologies, NXP (Philips), Maxim Int. Products (Dallas Semiconductors), Cypress Semiconductor, OKI Data, Signetics и др.

Фамилията включва следните ресурси: ЦП, on-chip осцилатор, 2 бр. 16-bit таймера, 4 бр. I/O порта, сериен порт, 128 байта RAM, 4 KB PROM. Разширение на паметта – до 128 KB (чрез 64 KB външна програмна памет).



SAB-C515-LN – Infineon Technology



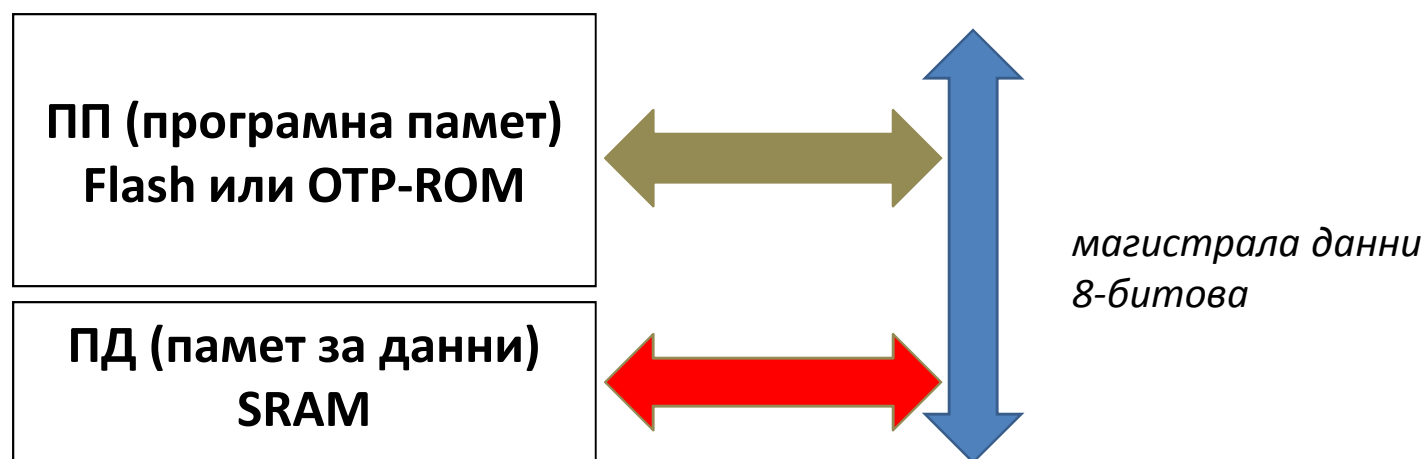
Signetics SCN8051H
(40-pin plastic DIP)

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

EMK PIC (Microchip Technology)

Особености на архитектурата на фамилия PIC18F

- 8-битов RISC ЦП;
- Харвардски тип /разделена ПП и ПД/.



PIC18F - серия съвременни PIC EMK с Flash ПП (F-flash). Типични /най-често ползвани/ представители на фамилията: PIC18F2221, PIC18F2321, PIC18F4221, PIC18F4321. За развойни цели – честа промяна на програмния код;

PIC18C – OTP-ROM: при крайни пазарни приложения с EMK PIC18.

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Ресурси на някои ЕМК от фамилия PIC18F

| | PIC18F2221 | PIC18F2321 | PIC18F4221 | PIC18F4321 |
|-------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Flash /ПП/ | 4К | 8К | 4К | 8К |
| EEPROM | 256bt | | | |
| SRAM /ПД/ | 512bt | | | |
| Честота Fmax | 40MHz | | | |
| I/O портове | A÷E ⁰ | | A÷E | |
| Таймери | 4 бр. | | | |
| SCI | Да | | | |
| 10-bit ADC | 10 канала | | 13 канала | |
| Набор инструкции | 75 (83 –разширен набор) | | | |
| Брой изводи | 28 | | 40/44 | |

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

PIC18F vs HC11

| | PIC18 (Microchip Technology) | HC11 (Motorola/Freescale) |
|------------------------------|---|--------------------------------------|
| В производство от | 2000 (1989) | 1985 |
| Дължина на данните | 8-bit | 8-bit |
| Архитектура | Харвард | Фон-Нойман |
| Тип инструкции | RISC | CISC |
| Набор инструкции | 75 | 144 |
| On-chip Flash памет | да | не |
| PWM таймерна функция | да | не |
| АЦП | 10-bit | 8-bit |
| Тактов честота - Fmax | 40MHz | 8MHz |
| Видове адресации | 6 | 6 |

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ - ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

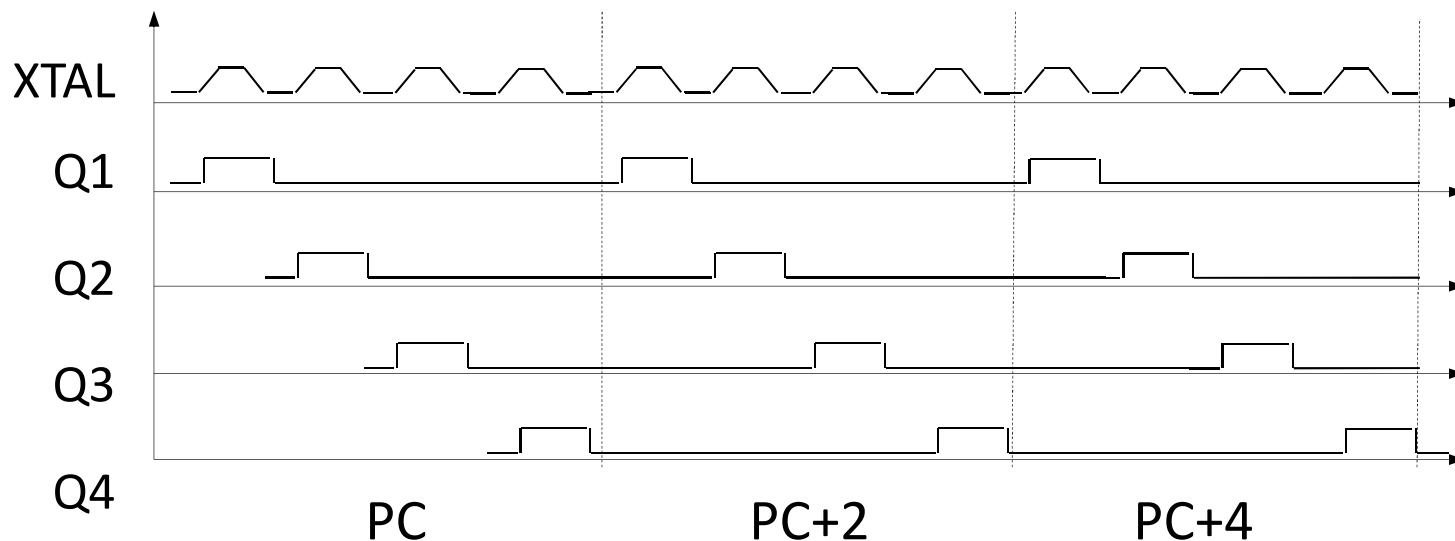
EMK PIC18F – специфични особености

- PC (програмен брояч) – 21–битов /адресира до 2МВ ПП/;
- 12–битов адрес за данни /адресира до 4К ПД/;
- Таймер: поддържа функциите:
 - IC (input capture);
 - OC (output compare);
 - PWM (pulse width modulation – ШИМ);
- 16–битови инструкции;
- 2–стъпково /pipelining/ изпълнение на инструкциите.

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЕМК PIC18F – специфични особености

Тактова система – външният източник (XTAL) – формира 4 отделни незастъпващи се поредици Q1 ÷ Q4. Изпълнение на инструкциите



| | | |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Изпълнява инструкция от адрес PC-2 | | |
| Зарежда инструкция от адрес PC | Изпълнява инструкция от адрес PC | |
| | Зарежда инструкция от адрес PC+2 | Изпълнява инструкция от адрес PC+2 |
| | | Зарежда инструкция от адрес PC+4 |

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Организация на паметта за данни /ПД/ в ЕМК PIC18F

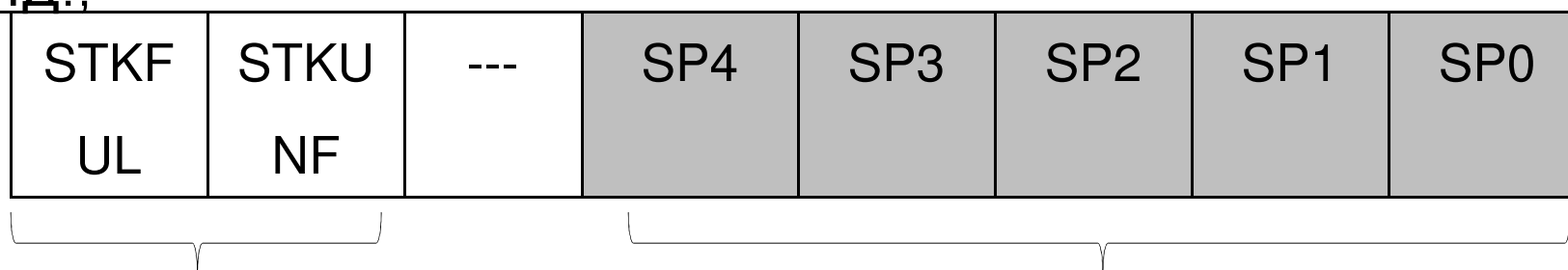
- 4K адресируема ПД;
- 16 бр. банки (Bank0÷Bank15);
- Достъп /адресиране/:
 - чрез пълен 12-битов адрес;
 - чрез 8-битов (low order) адрес и 4-битов указател на Банката (bank pointer).

| Адреси | # на банка |
|--------|------------|
| FFF | Bank 15 |
| F00 | |
| ... | |
| 1FF | Bank 1 |
| 100 | |
| 0FF | Bank 0 |
| 000 | |

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Регистри на ЦП на ЕМК PIC18F

- ✓ Разположени в паметта за данни /ПД/;
- ✓ Всеки регистър има свой собствен 12-битов адрес;
- WREG – 8-битов акумулатор (0xFE8);
- SP /STKPTR/ (0xFFC) – указател на стека (8-битов). Стекът в PIC18F: група от 31 бр. 21-бит. регистри – не е част от ПП или ПД!;



флагове stack overflow/underflow за адресиране на стека

- PC – програмен брояч (общо 21-битов). Съдържа адреса на следващата изпълнима инструкция. След Reset – към адрес 0.
Включва: PCL (PC Low byte) → PC[7:0] (0xFF9);
PCLATH (PC Latch High) → PC[15:8] (0xFFA);
PCLATU (PC Latch Upper) → PC[20:16] / 5 бита / (0xFFB).

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Регистри на ЦП на ЕМК PIC18F

- **Table Pointer** – 21–битов регистър. Служи като указател по отношение на ПП при прехвърляне на данни между ПП и ПД. Състои се от три регистъра с адреси (0xFF6), (0xFF7), (0xFF8).
- **BSR (Bank Select Register)** – 8–битов регистър (0xFE0) от който само първите 4 бита BSR [3:0] служат за избор на адрес на банка (от 0 до F), останалите са нула. Осигурява горните 8 бита на 12–битовия адрес в ПД. Служи за директна адресация в ПД.
- **FSR (File Select Register)** – Състои се от 3 бр. 16–битови регистри (FSR0, FSR1, FSR2). Горните 4 бита на всеки са нула, долните 12 бита съдържат адрес от ПД. Ползват се при работа с масиви и при достъп от типа 'Pointer'. Всеки от тях се състои от 2 8–битови регистъра:
 - FSR0 → FSR0H (0xFEА) , FSR0L (0xFE9);
 - FSR1 → FSR1H (0xFE2) , FSR1L (0xFE1);
 - FSR2 → FSR2H (0xFDA) , FSR2L (0xFD9).

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Регистри на ЦП на ЕМК PIC18F

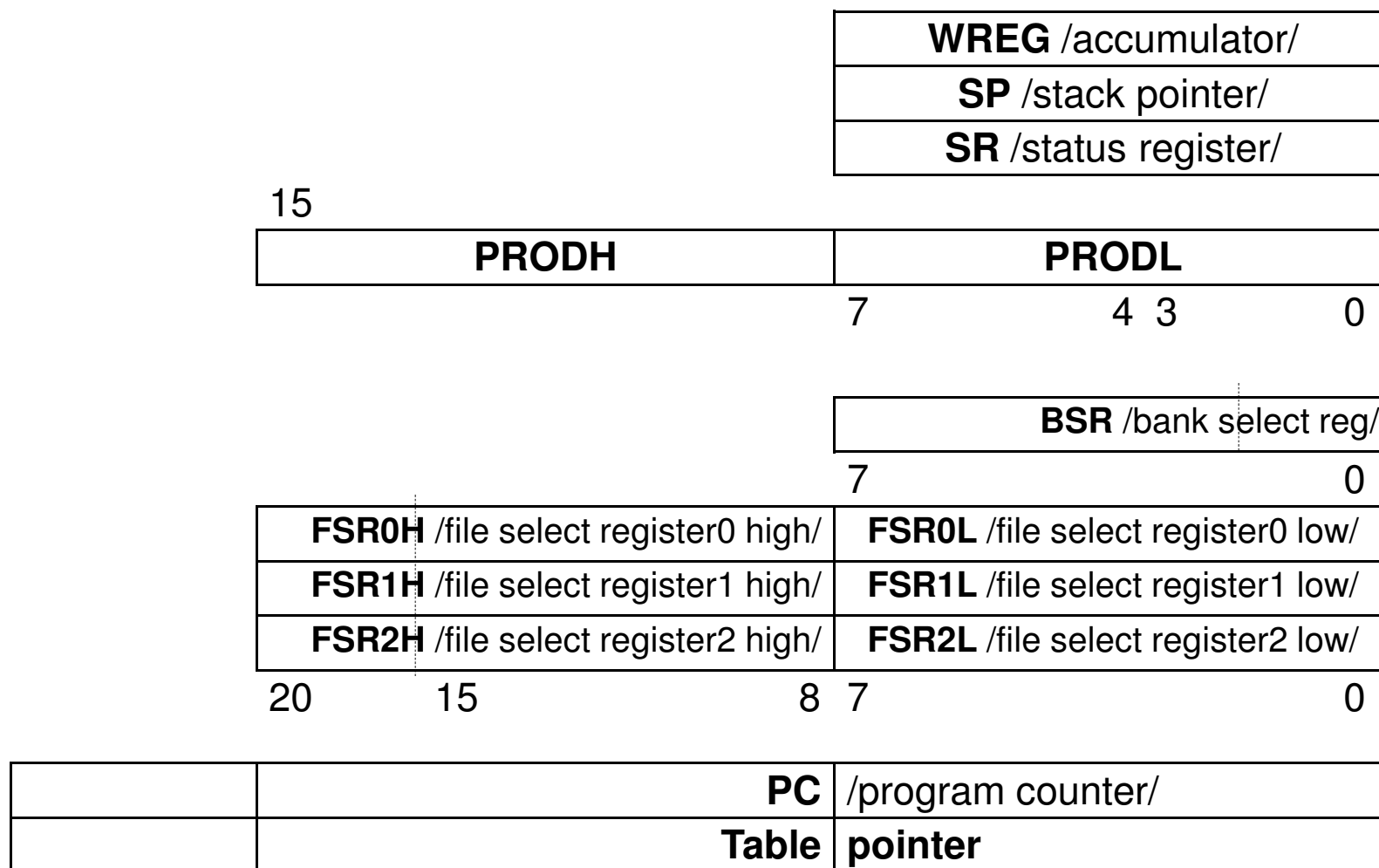
- **PRODH/PRODL** – общо 16-битова структура, състояща се от 2 бр. 8-битови регистри. PIC18 има специални инструкции за директно умножение /без знак/. **PRODH/PRODL** служи за съхранение на 16-битовия резултат от умножението. Адреси, съответно: **PRODH (0xFF4)**, **PRODL (0xFF3)**.
- **SR** – 8-битов статус регистър (**0xFD8**). Съдържа 5 флагови бита за:

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|---|----|---|----|---|
| --- | --- | --- | N | OV | Z | DC | C |
|-----|-----|-----|---|----|---|----|---|

- C (carry) – при пренос от сумиране/изваждане;
- DC (digit carry) – пренос от младшите 4 бита към старшите или обратно при сумиране/изваждане;
- Z (zero) – при нулев резултат
- OV (overflow) – при аритметично препълване;
- N (negative) – при “1” в най-старшия /знаков/ бит.

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Регистри на ЦП на ЕМК PIC18F - обобщена схема



ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЕМК PIC18F – структура на паметта, функционално предназначение, карта на паметта

Структура на паметта. Физическа реализация

- ❑ SRAM – памет за данни /ПД/;
- ❑ Flash – програмна памет /ПП/.
- ❑ EEPROM /в някои фамилии, напр. при PIC18F4321 – 256bt/ – също за съхранение на данни – критични данни!
Обикновено такива, които само се четат /т.нар. ‘Read-mostly’ mode/: $t_{\text{read}} \ll t_{\text{write}}$ при EEPROM.
 - ❖ не е част от общата карта на паметта;
 - ❖ адресира се индиректно чрез SPRs (special purpose registers);
 - ❖ може допълнително да се защити от четене и/или запис от други потребители – софтуерно чрез запис в съответните битове на SPRs.

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Карта на ПП при ЕМК PIC18F4321

- имплементация – Flash; Максимален обем до 2МВ;
- организация при PIC18F4321 – 8КВ (4Кx16): т.е. помещава до 4096 16-битови инструкции.
- РС (21-битов) адресира инструкцията, която ще се зарежда. За избягване от “разминаване” при работа с 16 или 32-битови инструкции $\rightarrow \text{LSB}_{\text{PC}} = '0'$.
PC=PC+2; +4 и т.н. (т.е. PC е винаги четно число).
- STACK – адресира се отделно от ПП. Включва 31 бр. 21-битови регистри,
т.е. организация 31x21 LIFO. Управление от 5-битов SP.
- Четене/запис
(pop from/push to) – през SPRs.
- On-chip ПП – от адрес \$000019 – за разполагане на приложни потребителски програми;
- частта от паметта между адреси \$002000 и \$1FFFFFF (най-горните адреси) не се ползва – от тях винаги се чете '0'.

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Карта на ПП при ЕМК PIC18F4321

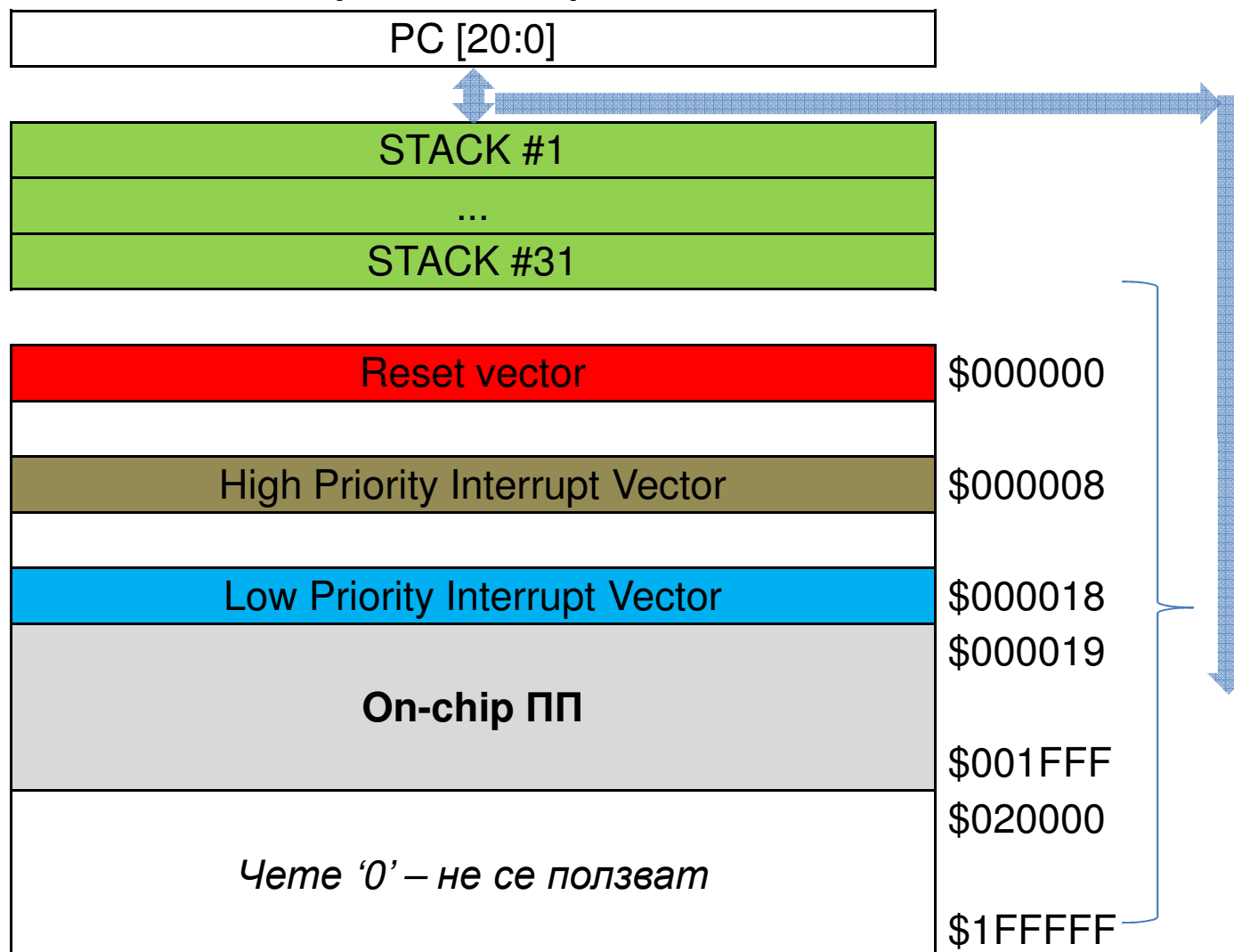
Прекъсвания – вектори

- ✓ **Reset** – обслужваща процедура от адрес \$000000;

- ❖ **Прекъсвания /стандартни/ – 2 вида:**
 - с висок приоритет (обслужваща процедура от адрес \$000008) – до 16 байта обем;
 - с нисък приоритет (обслужваща процедура от адрес \$000018) – без ограничения по отношение на обема.

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Карта на ПП при ЕМК PIC18F4321



доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Карта на ПД при ЕМК PIC18F

- имплементация – SRAM;
- обем до 4К байта. Всяка клетка от ПД се адресира се с 12 адресни шини / $2^{12}=4096$ /;
- включва: GPR (general purpose registers) – с общо предназначение: за съхранение на данни и текущи адреси,
SPR (special purpose registers) – със специално предназначение /т.нар. ‘dedicated’ регистри/: за контрол на I/O функции, статус, прекъсвания, АЦП, вкл. регистрите на ЦП;
- достъп – чрез директна (по-рядко) или индиректна адресация ;
- организация в банки – ускорен достъп при големи обеми памет: 16 банки x 256 байта. Всяка инструкция – целия 12-битов адрес или 8-битов адрес и 4-бита pointer на банката (разположен в BSR – в своите младши 4 бита: BSR[3:0]);
- Разположените данни в ПД се наричат “file registers”, т.е. области от GPR или SPR.

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

Карта на ПД при МК PIC18F4321

BSR [3:0]

| | | | |
|---------------|------|--|-------------------------|
| 0000 (Bank0) | \$00 | Access RAM ----- | \$000 |
| | \$FF | GPR | \$07F \$080 \$0FF |
| 0001 (Bank1) | | GPR | \$100 \$1FF |
| 0010 (Bank2) | | Неизползвани при PIC18F4321 /чете се 00 от тях/ | |
| ... | | | |
| 1110 (Bank14) | | | |
| 1111 (Bank15) | \$00 | Неизползвани | \$F00 |
| | \$FF | SFR ----- | \$F7F \$F80 \$FFF |

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЕМК PIC18F4321

Видове адресации

- ❑ Непосредствена – съдържа директно след КОД аргументи (константи или символни променливи). Аргументите – в WREG BSR, но не и във файловите регистри /GPR,SPR/.
- ❑ Вътрешна – без операнди само КОД.
Пример: Команда **DAW** – настройва WREG след сумиране на числа в BCD код.
- ❑ Директна /абсолютна/ – включва адреса като част от инструкцията след КОД. Специфицира адреса като такъв от файловите регистри или от access RAM. Част от КОД от адреса в самия себе си.
Пример: Команда **MOVWF** 0x50 – прехвърля съдържанието на WREG във файловия регистър от ПД с адрес 0x50 (в банка 0 – при необходимост от друга банка – промяна в регистър BSR).

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЕМК PIC18F4321

Видове адресации

- **Индиректна** – използва регистър като указател (pointer) за адреса в ПД. Използват се следните регистрите FSR0, FSR1, FSR2 от ЦП. Всеки FSR се асоциира с т.нар. “индиректен файл” /регистър/ – INDF, както следва FSR0→IND0; FSR1→IND1; FSR2→IND2

Пример: Инициализация – команда **LFSR** 0,0x0010 ; Зарежда в регистър FSR0 адрес 0x0010.

Варианти – индиректна в постинкрементен режим. Стойността на регистъра FSR се увеличава с +1 след прочитането му – т.е. отива се на следващия адрес;

индиректна в преинкрементен режим. Стойността на регистъра FSR се увеличава с +1 преди прочитането му – т.е. отива се на предходния адрес

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

ЕМК PIC18F4321

Видове адресации

- ❑ **Относителна** – всички инструкции под условие за разклонение при проверка, както и безусловната инструкция за преход **BRA**. Проверяват се флаговете C,Z,OV,N. Определя се 8-битово относително отместване от текущия адрес.

Забележка: Поради това, че условните инструкции са 16-битови, то относително отместване предварително се умножава по 2 преди да се зареди в PC+2;

- ❑ **Побитова** – специфицират конкретен бит с който оперират
Пример: Команда **BCF** 0x12,4 – нулира бит '4' от регистъра за данни (клетка от ПД) с адрес 0x12.

Източник: M.Rafiquzzaman, Microcontroller Theory and Applications with the PIC18F, John Wiley and Sons Inc., 2011, p.478, ISBN 13 978-0470-94769-2.

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София

ВГРАДЕНИ СИСТЕМИ

КРАЙ НА ЛЕКЦИЯТА

доц. д-р А.Тодоров, гл. ас. К. Райнова кат."Компютърни системи",ФКСУ – ТУ-София