

# Aplikace Embedded systémů v Mechatronice



Michal Bastl

# Opakovani práce s registry

XC8 umožňuje zapis `__at(adresa)`

```
volatile unsigned char LATA __at(0xF89);
```

Další možnost je využít struktury a bitová pole (umožňuje přístup s tečkou)

```
typedef struct {  
    unsigned char :1;  
    unsigned char :1;  
    unsigned char :1;  
    unsigned char :1;  
    unsigned char leds :3;  
    unsigned char :1;  
}LATD_reg;
```

```
volatile LATD_reg MyLEDs __at(0xF8C);
```

`MyLEDs.leds += 1;` inkrementuje hodnotu na led 4,5,6

Na jiných platformách pak podobně:

```
#define LATD (*(volatile unsigned char*)0xF8C)
```

```
LATD ^= (1<<2);
```

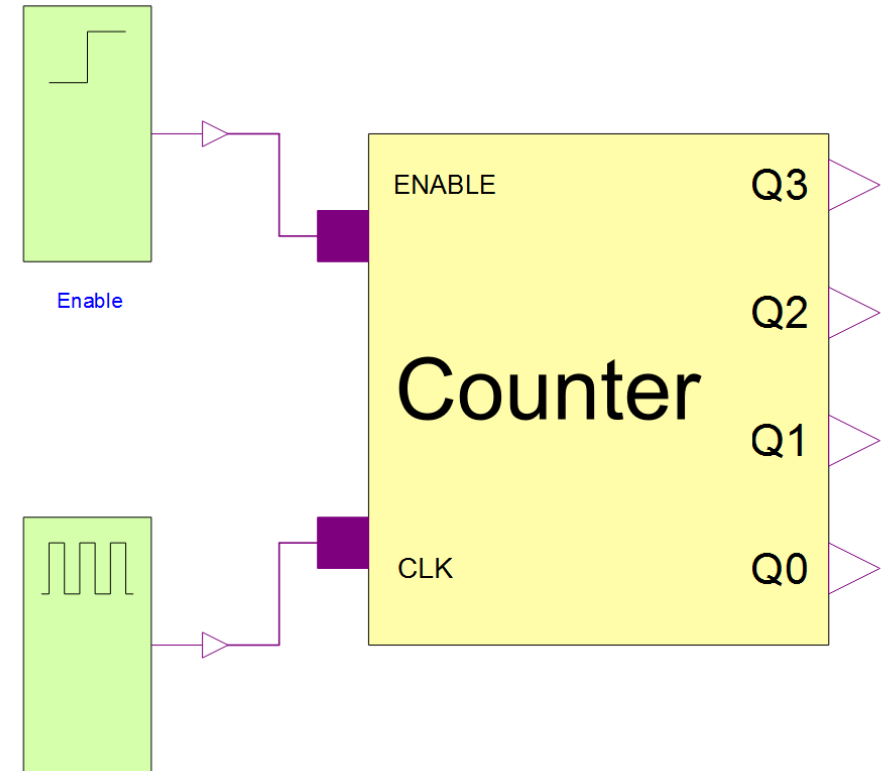
ARM cmsis:

```
#define __IO volatile  
typedef struct  
{  
    __IO uint32_t MODER;  
    __IO uint32_t OTYPER;  
    __IO uint32_t OSPEEDR;  
    __IO uint32_t PUPDR;  
    __IO uint32_t IDR;  
    __IO uint32_t ODR;  
    __IO uint16_t BSRRL;  
    __IO uint16_t BSRRH;  
    __IO uint32_t LCKR;  
    __IO uint32_t AFR[2]; /  
} GPIO_TypeDef;
```

```
GPIO_TypeDef * td = 0x08000;  
td -> MODER = 0x12;
```

# Timer

- Timer je periferie MCU. Jedná se o obvod k odměřování času. Jde v podstatě o binarní čítač, který načítá počet pulzů referenčního signálu.
- Zdroj signálu může být upraven děličkou
- Aktuální stav čítače je možné vyčíst z příslušných registrů
- PIC18: 16-bit 1/3/5, 8-bit 2/4/6
- čas se odvozuje od frekvence zdrojového signálu



# Timer1/3/5

## 12.13 Register Definitions: Timer1/3/5 Control

### REGISTER 12-1: TXCON: TIMER1/3/5 CONTROL REGISTER

R/W-0/u	R/W-0/u	R/W-0/u	R/W-0/u	R/W-0/u	R/W-0/u	R/W-0/0	R/W-0/u
TMRxCS<1:0>	TxCKPS<1:0>	TxSOSCEN	TxSYNCR	TxRD16	TMRxON		
bit 7							bit 0

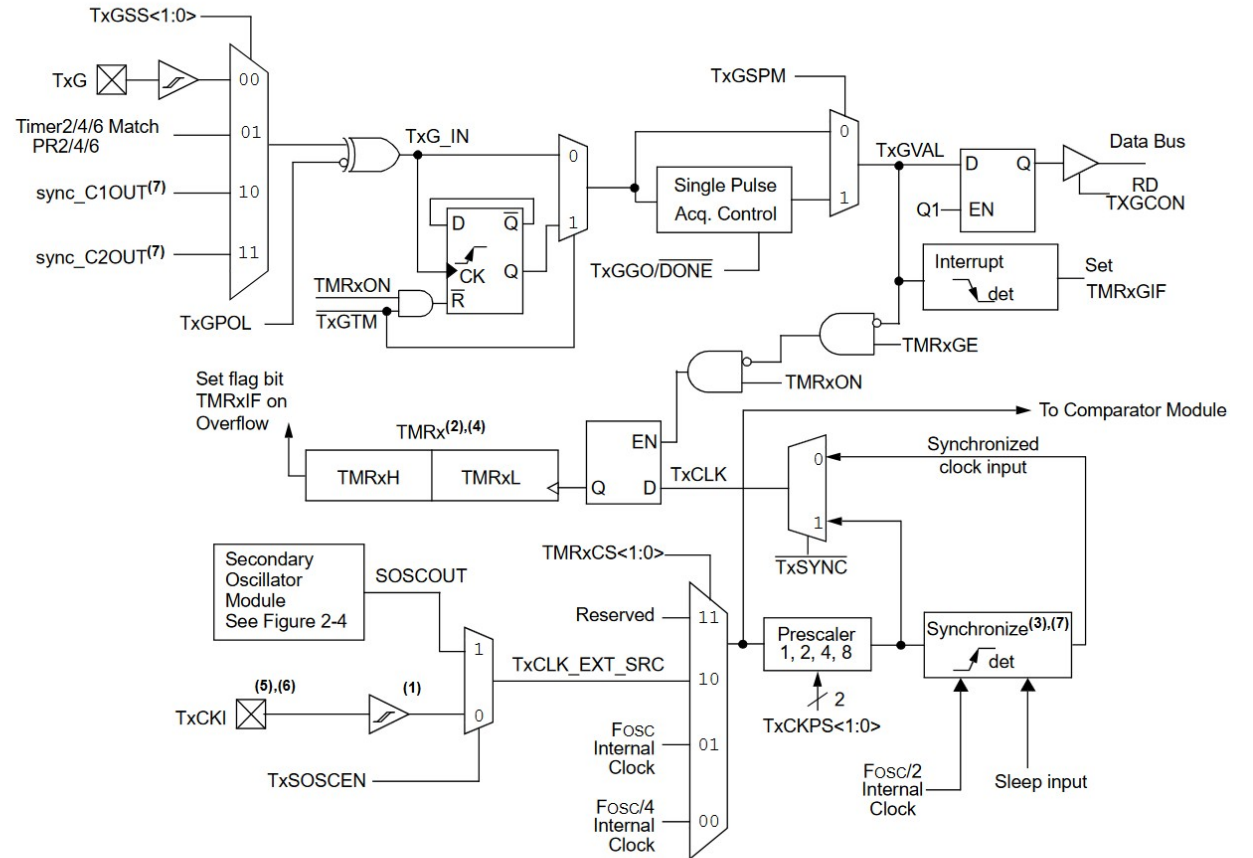
#### Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
u = Bit is unchanged	x = Bit is unknown	-n/n = Value at POR and BOR/Value at all other Resets
'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	

- **TMRxCS** nastavuje zdroj signalu
- **TxCKPS** Nastavuje před-děličku
- **TMRxON** Spouští timer

$$T_{period} = \frac{1}{f_{source}} \cdot DIV$$

**Jak nastavit na 1ms??**



# Použití timeru 1/3/5

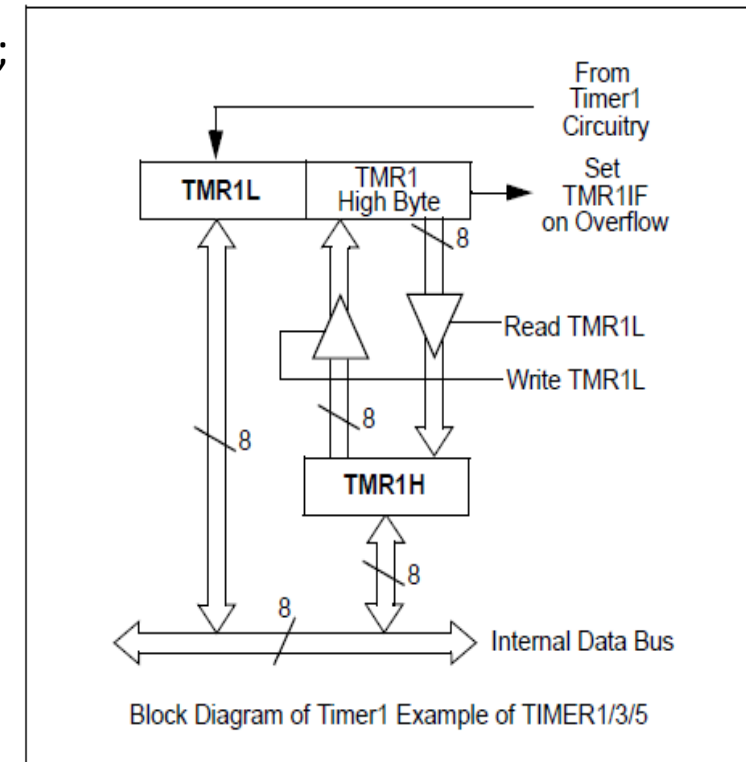
Nastavení timeru (inicializace periferie):

```
void init(void){  
  
    // set pins as outputs  
    TRISDbits.TRISD2 = 0;  
  
    // Timer  
    T1CONbits.TMR1CS = 0b00; // TMR1 source (FOSC/4)  
    T1CONbits.T1CKPS = 0b11; // TMR1 prescaler (1:8)  
    T1CONbits.TMR1ON = 1;    // TMR1 on  
}
```

- Při čtení TMRxL dojde k přesunu hodnoty v TMRxH
- To umožňuje získat správnou hodnotu „najednou“

Použití v kódu:

```
void main(void)  
{  
    init();  
    while(1){  
        if(TMR1 >= 50000){  
            LATDbits.LATD2 ^= 1;;  
            TMR1 = 0;  
        }  
    }  
}
```



# Timer2/4/6

## 13.6 Register Definitions: Timer2/4/6 Control

REGISTER 13-1: TxCON: TIMER2/TIMER4/TIMER6 CONTROL REGISTER

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TxOUTPS<3:0>			TMRxON	TxCKPS<1:0>		
bit 7							bit 0

### Legend:

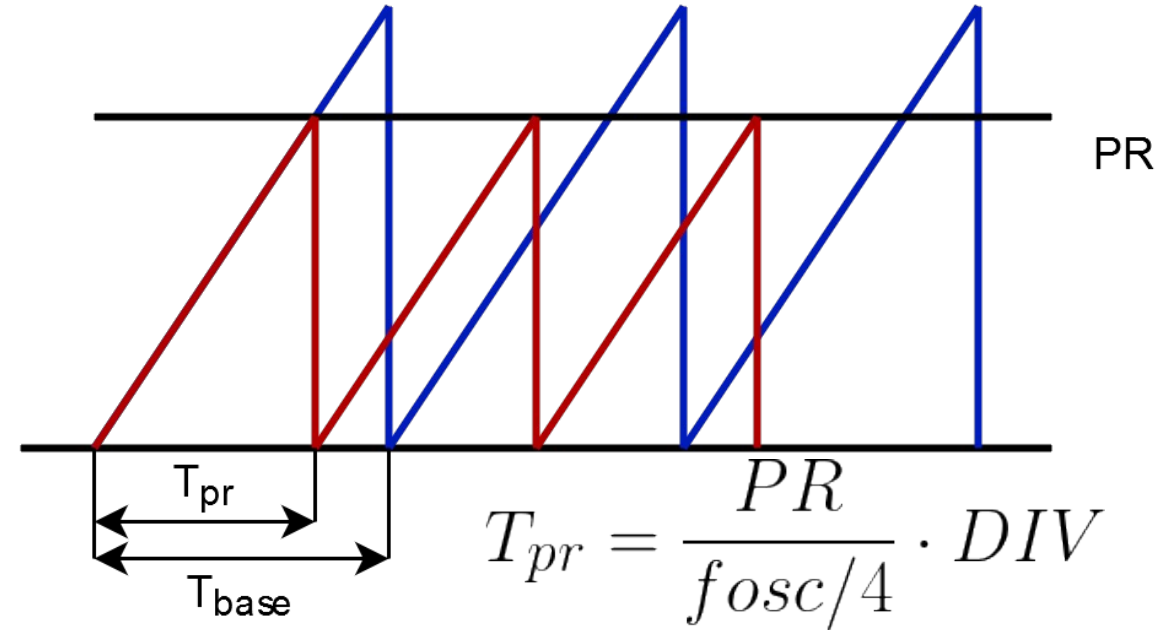
R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
u = Bit is unchanged      x = Bit is unknown      -n/n = Value at POR and BOR/Value at all other Resets  
'1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared

bit 7      **Unimplemented:** Read as '0'  
bit 6-3      **TxOUTPS<3:0>:** TimerX Output Postscaler Select bits

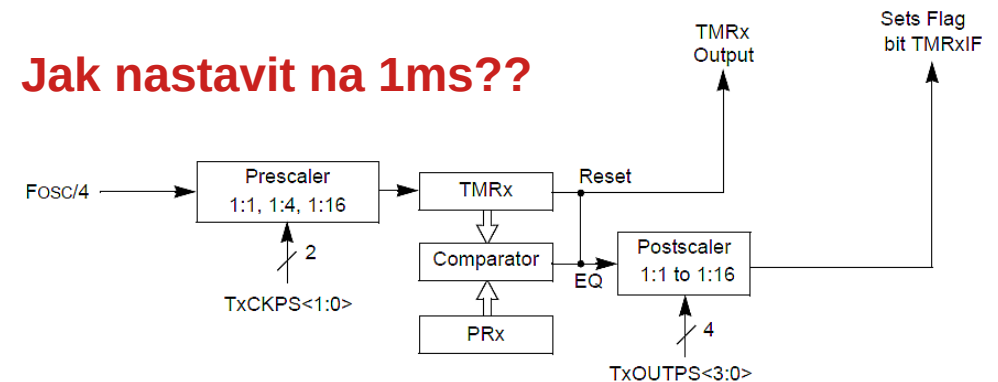
0000 = 1:1 Postscaler  
0001 = 1:2 Postscaler  
0010 = 1:3 Postscaler  
0011 = 1:4 Postscaler  
0100 = 1:5 Postscaler  
0101 = 1:6 Postscaler  
0110 = 1:7 Postscaler  
0111 = 1:8 Postscaler  
1000 = 1:9 Postscaler  
1001 = 1:10 Postscaler  
1010 = 1:11 Postscaler  
1011 = 1:12 Postscaler  
1100 = 1:13 Postscaler  
1101 = 1:14 Postscaler  
1110 = 1:15 Postscaler  
1111 = 1:16 Postscaler

bit 2      **TMRxON:** TimerX On bit  
1 = TimerX is on  
0 = TimerX is off

bit 1-0      **TxCKPS<1:0>:** Timer2-type Clock Prescale Select bits  
00 = Prescaler is 1  
01 = Prescaler is 4  
1x = Prescaler is 16



## Jak nastavit na 1ms??



# Použití timeru 2/4/6

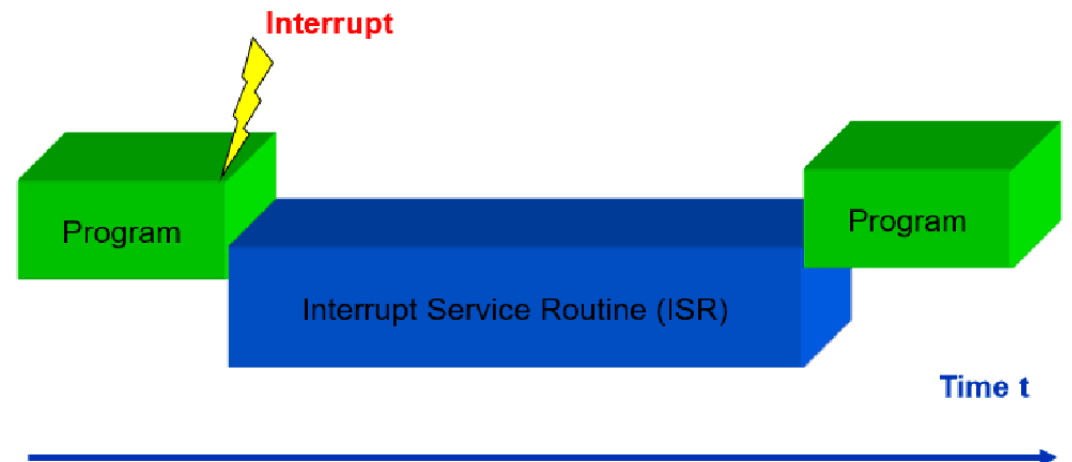
```
void init(void){  
  
    TRISDbits.TRISD2 = 0;          // RD2 jako vystup  
  
    T2CONbits.T2CKPS = 0b01;      // deleni /4  
    PR2 = 200;                    // hodnota period registru  
    T2CONbits.T2OUTPS = 0b1001;   // jednou za 10 pretečení  
    TMR2IE = 1;                   // povoleni preruseni pro TMR1  
    TMR2IF = 0;                   // smazani priznaku (pro jistotu)  
    PEIE = 1;                     // povoleni preruseni od periferii  
    TMR2ON = 1;                   // spusteni TMR1  
    GIE = 1;                      // globalni povoleni preruseni  
}
```

```
void __interrupt() T2_ISR_HANDLER(void){  
    volatile static int count=0;  
    if (TMR2IF && TMR2IE ){  
        if (count >= 500){  
            LED ^= 1;  
            count = 0;  
        }  
        count++;  
        TMR2IF = 0;  
    }  
}
```



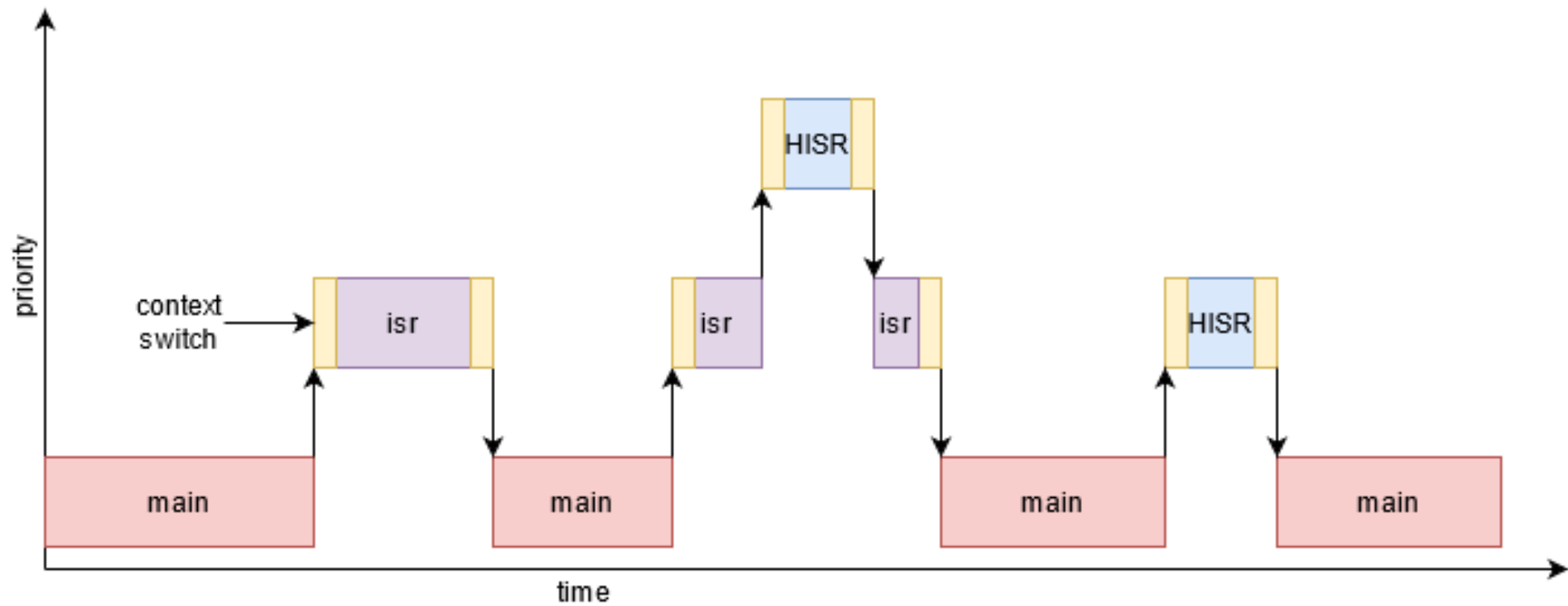
# Interrupt(přerušení)

- Jedná se o techniku, která umožňuje procesoru zpracovávat Asynchronní události.
- Kontrolér obsahuje řadič přerušení, který po vyvolání události přeruší program a obslouží přerušení. Poté se vrací zpět.
- Poslední instrukce je dokončena. Adresa následující je uložena do zásobníku a po návratu z obsluhy přerušení se pokračuje.
- PIC18 má pouze dvě lokace paměti pro vektor přerušení 0x0008 a 0x0018
- Má jen dvě priority přerušení



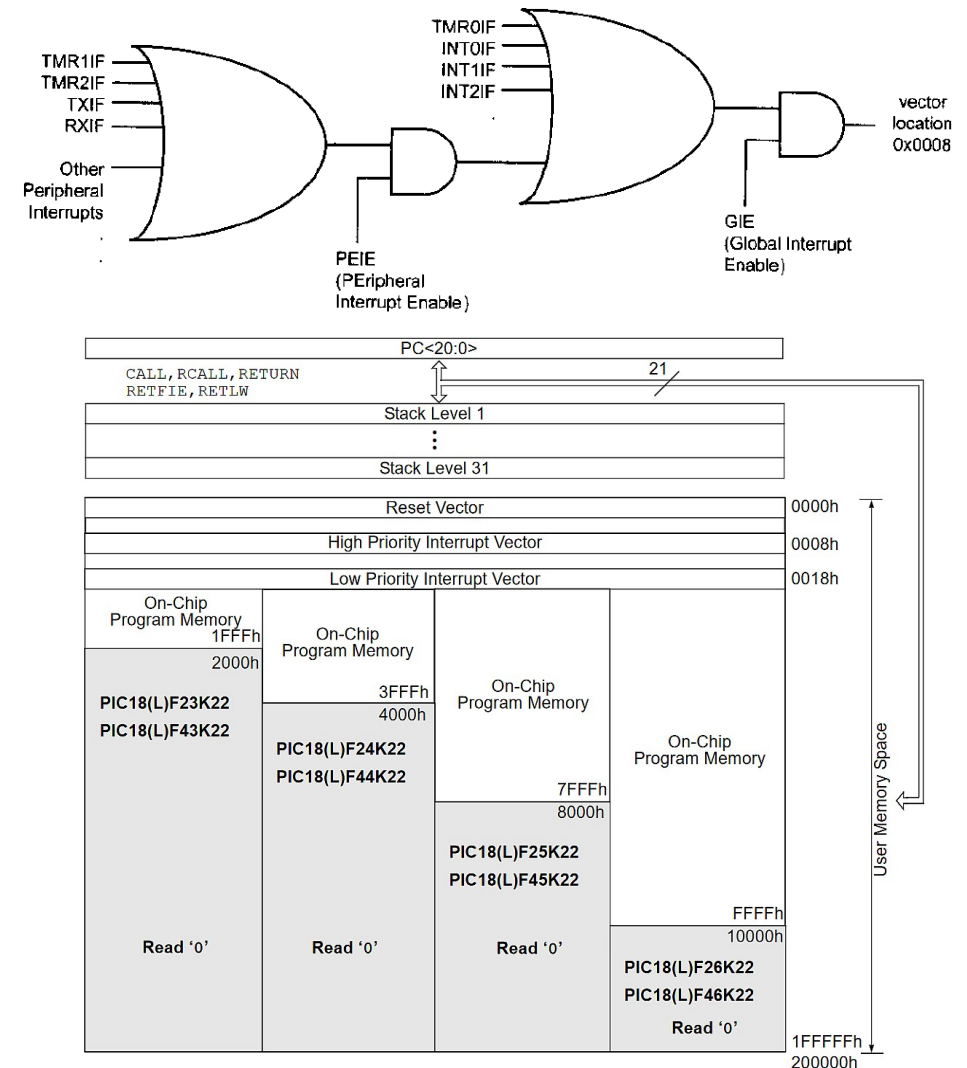


# Interrupt(přerušení)



# Interrupt(přerušení)

- Zdrojem přerušení mohou být různé události
- Kompletní seznam nalezne uživatel v datasheetu
- Lze zmínit např. přerušení od timeru, ADC převodníků, změna stavu pinu, komunikační sběrnice (příjem dat) apod.
- Ve cvičeních budeme pracovat s přerušením, které je vyvolané přetečením registru Timeru.
- Budeme tedy v přesných časových intervalech vykonávat program, který naprogramujeme do tzv. obsluhy přerušení.
- Tato obsluha se nazývá ISR tedy interrupt-service-routine.



# registry přerušení

## 9.8 Register Definitions: Interrupt Control

### REGISTER 9-1: INTCON: INTERRUPT CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
bit 7							bit 0

#### Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

bit 7

**GIE/GIEH:** Global Interrupt Enable bit

When IPEN = 0:

1 = Enables all unmasked interrupts

0 = Disables all interrupts including peripherals

When IPEN = 1:

1 = Enables all high priority interrupts

0 = Disables all interrupts including low priority

bit 6

**PEIE/GIEL:** Peripheral Interrupt Enable bit

// interrupts

T1CONbits.TMR1CS = 0b00;

T1CONbits.T1CKPS = 0b11; // TMR1 prescaler

T1CONbits.TMR1ON = 1; // TMR1 on

/\* init - interrupts \*/

PEIE = 1; // global interrupt enable

GIE = 1; // peripheral interrupt enable

TMR1IE = 1; // enable TMR1 interrupt

# registry přerušení

**REGISTER 9-9:    PIE1: PERIPHERAL INTERRUPT ENABLE (FLAG) REGISTER 1**

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	ADIE	RC1IE	TX1IE	SSP1IE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
bit 7							bit 0

**Legend:**

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

```
// interrupts
```

```
T1CONbits.TMR1CS = 0b00;
```

```
T1CONbits.T1CKPS = 0b11; // TMR1 prescaler
```

```
T1CONbits.TMR1ON = 1;    // TMR1 on
```

```
/* init - interrupts */
```

```
PEIE = 1;    // global interrupt enable
```

```
GIE = 1;    // peripheral interrupt enable
```

```
TMR1IE = 1;    // enable TMR1 interrupt
```

# Interrupt - proměnné

- Předání informací mezi hlavním programem a obsluhou přerušení se provádí pomocí globálních proměnných.
- Tyto proměnné musí být typu volatile, což zakazuje proměnnou optimalizovat.
- Změna této proměnné je vyvolána asynchronní událostí.
- Globální proměnná se založí někde mimo funkci main() v globálním prostoru.
- Fakt, že se proměnná mění z více míst programu je častý zdroj problémů a chyb. }

```
volatile unsigned char flag = 0; // globalni promenna
```

```
void __interrupt() T1_ISR_HANDLER(void){  
    // staticka promenna nelze pouzit mimo ISR  
    volatile static int i = 0  
    if (TMR1IF && TMR1IE ){// kontrola priznaku  
        if (i >= 500) {  
            flag = 1;        // nastaveni vlajky  
            i = 0;  
        }  
        i++;  
        TMR1 = DELAY; // nastaveni registru TMR1  
        TMR1IF = 0;  
    }  
}
```

# Zápis ISR

- Zápis se provádí vytvořením speciální funkce
- Používá se klíčové slovo `__interrupt`
- Pokud není dále specifikováno jedná se o vysokou prioritu
- proměnné, které používám v ISR by měly být deklarovaný s užitím klíčového slova `volatile` (nebudou provedeny žádné optimalizace)
- Používají se globální proměnné, před funkcí `main`.

Tuto funkci ISR nelze volat z kódu.  
Provádí se s příznakem přerušení  
Interrupt flag!

```
//global variable
volatile char flag = 0;

void __interrupt ISR(void){
    if(TMR1IE & TMR1IF){
        TMR1 = 0xffff - ISR_PERIOD;
        flag = 1;
        TMR1IF = 0;
    }
}

while(1){
    if(flag){
        LED1 = ~LED1;
        flag = 0;
    }
}
```

# Zápis ISR

**REGISTER 9-4: PIR1: PERIPHERAL INTERRUPT REQUEST (FLAG) REGISTER 1**

U-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	ADIF	RC1IF	TX1IF	SSP1IF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
bit 7							bit 0

**Legend:**

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Příznak přerušení je vyvolán přetečením TMR1 → začne se vykonávat ISR:

- kontrola zda je interrupt TIMER1 zapnutý a zda došlo ke změně příznaku (interrupt flag)
- Nastavení hodnoty do TMR1 registru
- přepsání proměnné, která se používá v hlavní smyčce
- Smazání příznaku přerušení (interrupt flag)
- Množství kódu v ISR se snažím omezovat
- Pokud nedojde ke smazání příznaku, už se nevyvolá (je zamaskován)

```
//global variable  
volatile char flag = 0;
```

```
void __interrupt ISR(void){  
    if(TMR1IE & TMR1IF){  
        TMR1 = 0xffff - ISR_PERIOD;  
        flag = 1;  
        TMR1IF = 0;  
    }  
}
```

```
while(1){  
    if(flag){  
        LED1 = ~LED1;  
        flag = 0;  
    }  
}
```



# Použití timeru 2/4/6

```
void init(void){  
  
    TRISDbits.TRISD2 = 0;          // RD2 jako vystup  
  
    T2CONbits.T2CKPS = 0b01;      // deleni /4  
    PR2 = 200;                    // hodnota period registru  
    T2CONbits.T2OUTPS = 0b1001;   // jednou za 10 pretečení  
    TMR2IE = 1;                   // povoleni preruseni pro TMR1  
    TMR2IF = 0;                   // smazani priznaku (pro jistotu)  
    PEIE = 1;                     // povoleni preruseni od periferii  
    TMR2ON = 1;                   // spusteni TMR1  
    GIE = 1;                       // globalni povoleni preruseni  
}
```

```
void __interrupt() T2_ISR_HANDLER(void){  
    volatile static int count=0;  
    if (TMR2IF && TMR2IE ){  
        if (count >= 500){  
            LED ^= 1;  
            count = 0;  
        }  
        count++;  
        TMR2IF = 0;  
    }  
}
```

# Více zdrojů přerušení

```
T1CONbits.TMR1CS = 0b00;
T1CONbits.T1CKPS = 0b11; // TMR1 prescaler
T1CONbits.TMR1ON = 1;    // TMR1 on

T5CONbits.TMR5CS = 0b00;
T5CONbits.T5CKPS = 0b11; // TMR1 prescaler
T5CONbits.TMR5ON = 1;    // TMR1 on

/* init - interrupts */
PEIE = 1;    // global interrupt enable
GIE = 1;     // peripheral interrupt enable
TMR1IE = 1;  // enable TMR1 interrupt
TMR5IE = 1;  // enable TMR1 interrupt
```

```
void __interrupt ISR(void){
    if(TMR1IE && TMR1IF){
        TMR1 = 0x8000;
        LED1 ^= 1;
        TMR1IF = 0;
    }

    if(TMR5IE && TMR5IF){
        TMR5 = 0;
        LED2 ^= 1;
        TMR5IF = 0;
    }
}

while(1){
    asm("NOP");
}
```

# Priority přerušení

```
void init(void){

    TRISDbits.TRISD2 = 0;        // RD2 jako vystup
    TRISDbits.TRISD3 = 0;        // RD3 jako vystup

    IPEN = 1;                    // rozliseni priorit
    // timer 2
    T2CONbits.T2CKPS = 0b01;     // deleni /4
    PR2 = 200;                   // hodnota period registru
    T2CONbits.T2OUTPS = 0b1001;  // jednou za 10 pretečení
    TMR2IP = 0;                  // low prioritá
    TMR2IE = 1;                  // povoleni preruseni pro TMR1
    TMR2IF = 0;                  // smazani priznaku (pro jistotu)
    // timer 1
    T1CONbits.TMR1CS = 0b00;     // timer 1 zdroj
    T1CONbits.T1CKPS = 0b11;     // timer1 delicka
    TMR1IE = 1;
    TMR1IF = 0;
    TMR2ON = 1;                  // spusteni TMR1
    TMR1ON = 1;
    GIEL = 1;                    // povoleni preruseni
    GIEH = 1;                    // povoleni preruseni
}
```

```
void __interrupt(high_priority) T1_ISR(void){

    if (TMR1IF && TMR1IE ){      // kontrola priznaku IF
        TMR1 = DELAY;
        LED1 ^= 1;
        TMR1IF = 0;              // smazani IF jinak nedojde k
    }
}

void __interrupt(low_priority) T2_ISR(void){
    volatile static int count=0;
    if (TMR2IF && TMR2IE ){      // kontrola priznaku IF
        if (count >= 500){
            LED2 ^= 1;
            count = 0;
        }
        count++;
        TMR2IF = 0;              // smazani IF jinak nedojde k
    }
}
```

# Debouncing s ISR

Doba kmitání: Max: 10 ms

Reakce softwaru: do 50 ms

- Možné řešení je kontrolovat stisknutí v ISR.
- Perioda 3-6 ms
- Pokud je BTN1 = 1 tak plním akumulátor:

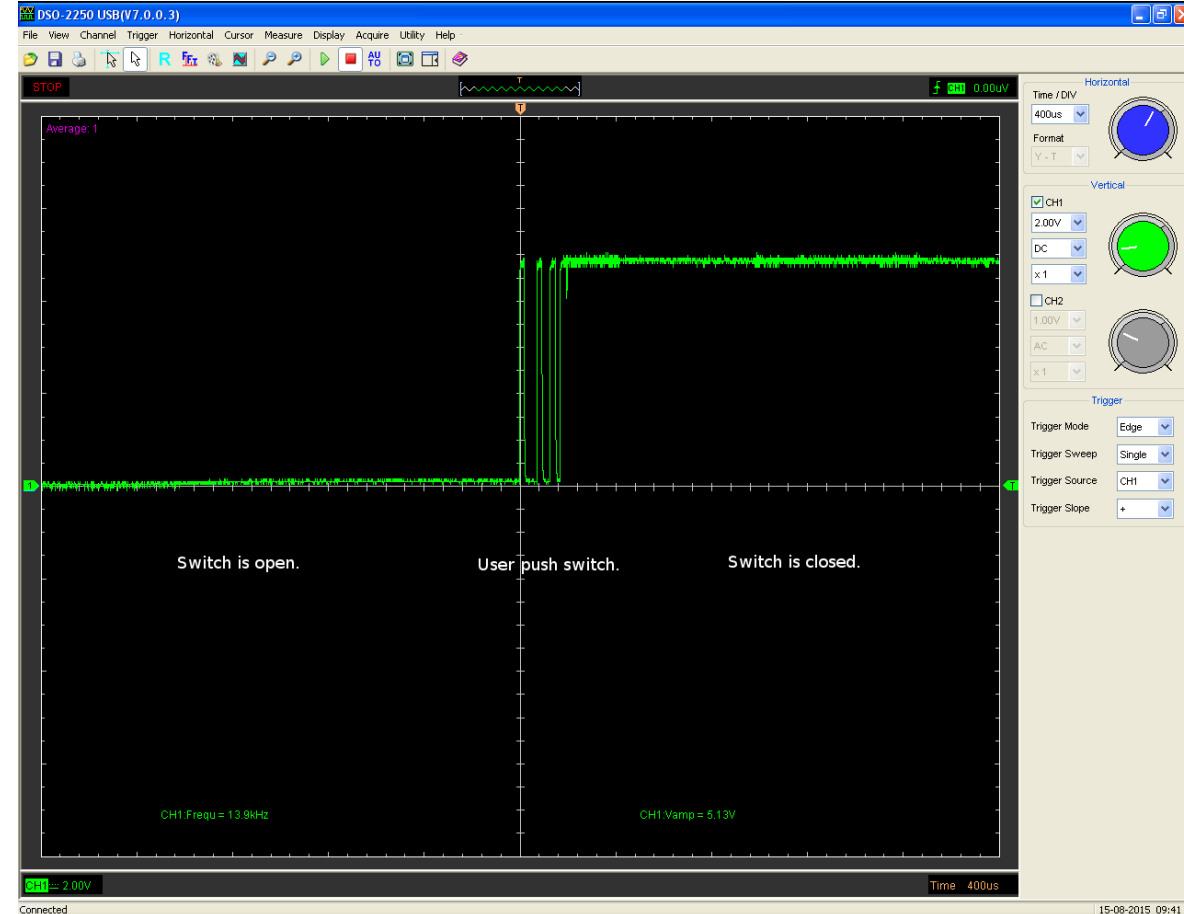
```
void ISR(void){  
    btnacc <= 1;  
    btnacc |= BTN1;   přidám na konec stav BTN1  
}
```

```
00000001  
00000011  
00000111
```

....

```
01111111
```

detekce vzestupné hrany



# LCD

## RAYSTAR OPTRONICS RX1602A3-BIW-TS:

řadič: ST7032

sběrnice: I2C

### Použití:

```
#include <stdio.h>
```

```
#include "lcd.h,"
```

```
LCD_Init();
```

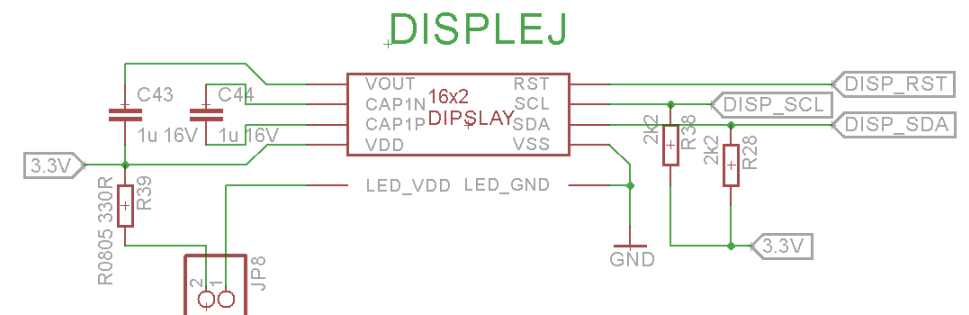
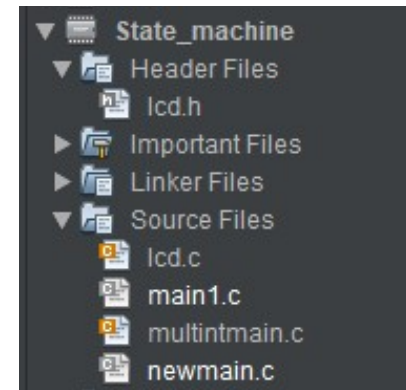
```
char text[16];
```

```
sprintf(text, "Mechlab je bozi!"); //funkce z stdio.h
```

```
LCD_ShowString(1,text);
```

```
if(BTN1){
```

```
LCD_Clear(); //smazání
```



# LCD-funkce

- Umožňuje ovládat oba řádky displeje
- Uživateli slouží tyto funkce:

void LCD\_Init(void)

void LCD\_ShowString(char lineNum, char textData[])

void LCD\_Clear(void)

void LCD\_Reset(void)

Ukázka zahrnutí knihovny do projektu

```
void main(void) {  
  
    REV_init();  
    LCD_init();  
    bool flag = true;  
    char count = 0;  
    char text[17];  
    int32_t pot1;  
    int16_t pot2;  
  
  
    sprintf(text, "Mechlab je bozi!");  
    LCD_ShowString(1, text);  
    sprintf(text, "                ");
```