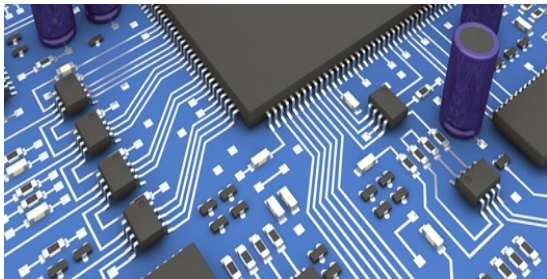


# Aplikace Embedded systémů v Mechatronice



Michal Bastl

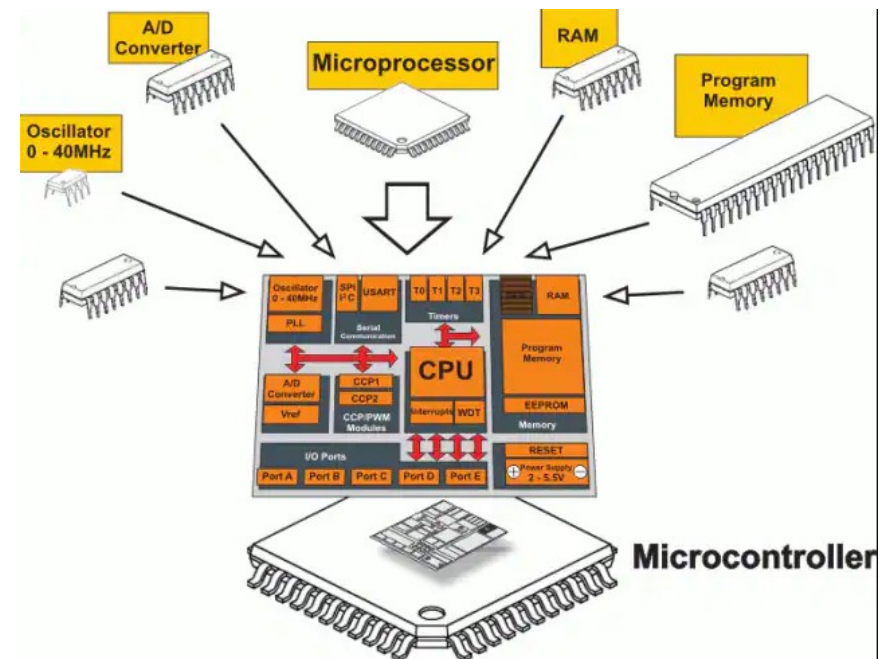
# Vestavěný systém (MCU)

## MCU v jednom pouzdře:

- Procesorové jádro (např. ARM Cortex-M, AVR, RISC-V, PIC)
- Paměť (ROM, RAM, Flash)
- Periferie (GPIO, UART, SPI, I2C, ADC, PWM)
- Taktovací obvody (interní/externí oscilátor)
- Napájení a spotřeba energie

## Přehled populárních MCU

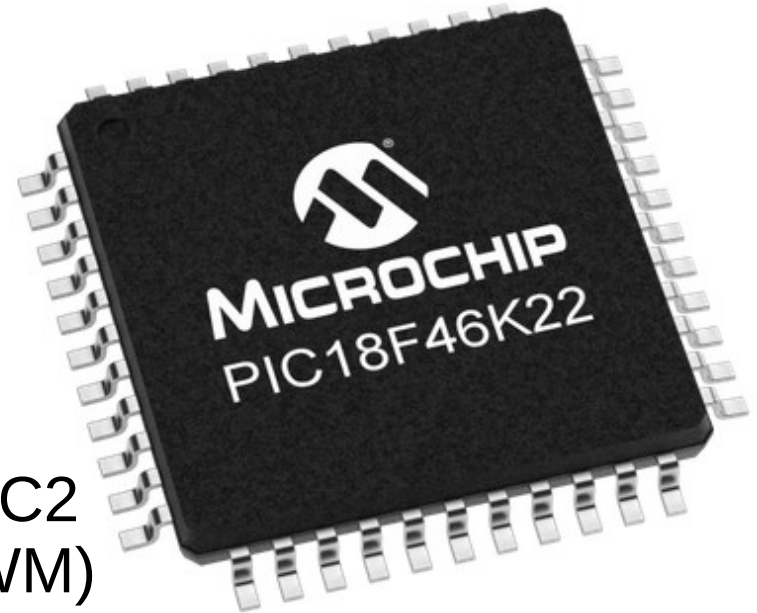
- ARM Cortex-M (STMicroelectronics STM32, NXP, TI, Nordic)
- AVR (Microchip ATmega, ATtiny)
- ESP32 (WiFi + Bluetooth)
- PIC (Microchip PIC16, PIC32)
- RISC-V (SiFive, GD32)



# PIC18

## PIC18F46k22: MCU mikrokontrolér

Program Memory Type	Flash
Program Memory Size (KB)	64
CPU Speed (MIPS/DMIPS)	16
SRAM (B)	3,896
Data EEPROM/HEF (bytes)	1024
Digital Communication Peripherals:	2-UART, 2-SPI, 2-I2C2
Capture/Compare/PWM Peripherals:	2 CCP, 3 ECCP (PWM)
Timers	3 x 8-bit, 4 x 16-bit
ADC Input	28 ch, 10-bit
Number of Comparators	2
Temperature Range (°C)	-40 to 125
Operating Voltage Range (V)	1.8 to 5.5



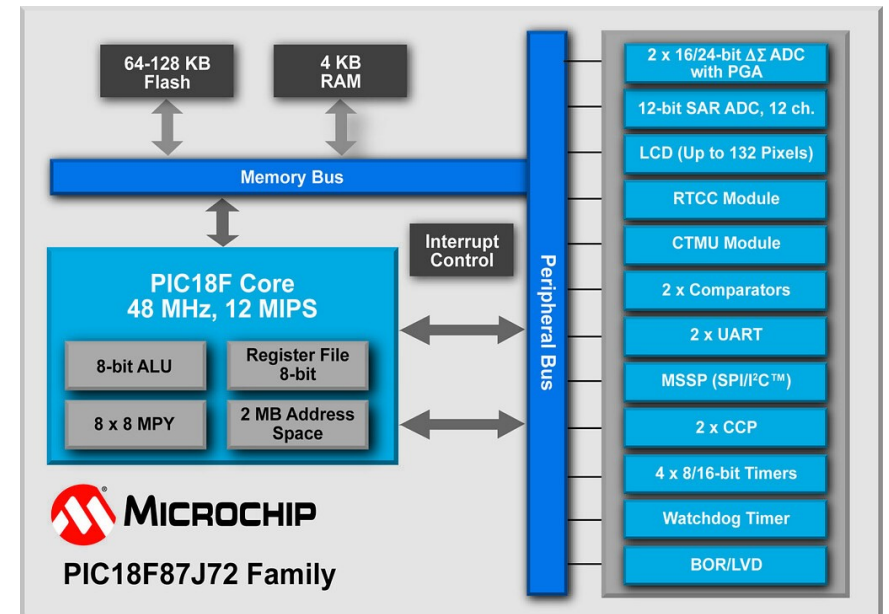
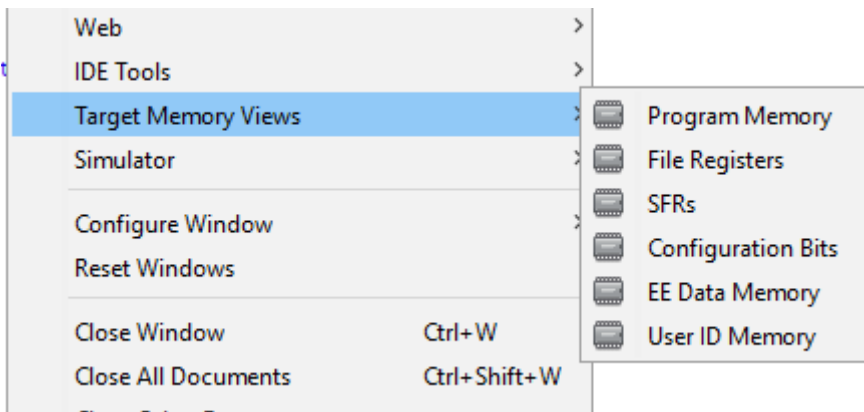
# PIC18

**PIC18 obsahuje:**

**Paměť flash:** slouží pro nahrání programu (pro váš program)  
sekce configuration bits

**Paměť RAM:** (random access):

GPR General Purpose Registers (pro vaše data)  
sekce SFR special function registers (periferie)



# Instrukce, instrukční sada

Instrukce je elementární operace, kterou je procesor schopen vykonat. Kód se pak skládá z mnoha takových instrukcí.

PIC18 má instrukční sadu o rozsahu 75 instrukcí. Většina instrukcí trvá čtyři takty oscilátoru. Tedy instrukční cyklus je čtvrtinový.  
64MHz = 16 MIPS

V předmětu REV budeme programovat v jazyce C. Vytvoření strojového kódu, který je složen z instrukcí má na starost překladač XC8

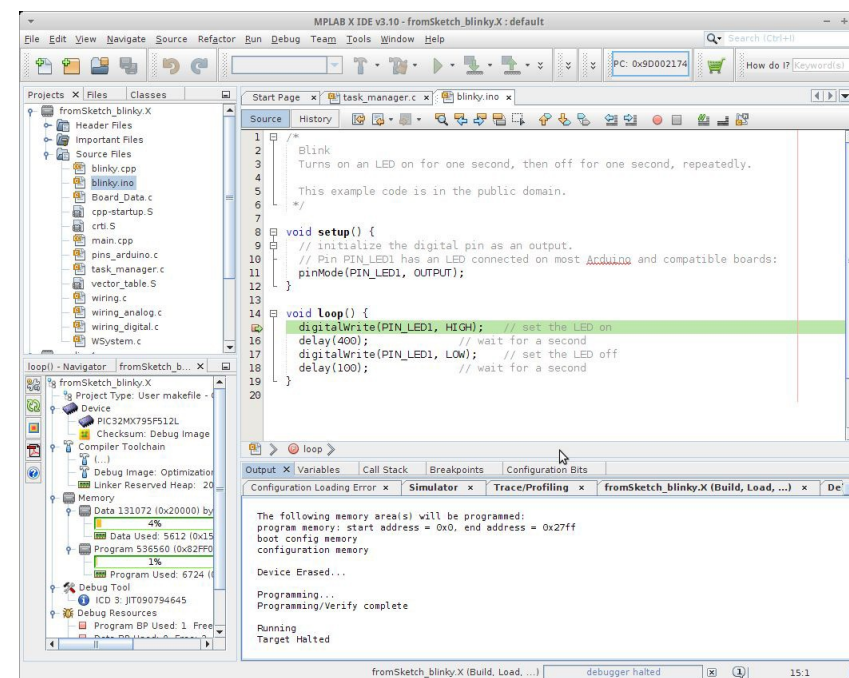
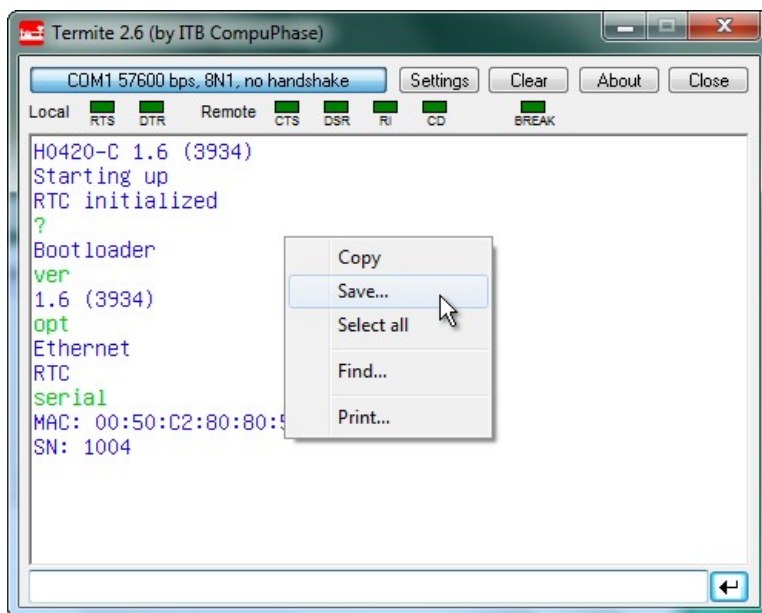
```
!     init();
0xFF9C: CALL 0xFF90, 0
0xFF9E: NOP
!
!     while(true){
!         if (PORTA & (1 << 2)){
0xFFA0: BTFSS PORTA, 2, ACCESS
0xFFA2: BRA 0xFFAA
!             LATD ^= (1 << 2);
0xFFA4: MOVLW 0x4
0xFFA6: XORWF LATD, F, ACCESS
!         }
0xFFA8: BRA 0xFFAC
!         else{
!             LATD &= ~(1 << 2);
0xFFAA: BCF LATD, 2, ACCESS
```



# Ukázka potřebných nástrojů

## Software:

- Microchip MPLAB
  - Termit
- vývojové prostředí + XC8  
sériový terminál



# Nastavení konfiguračních bitů

- Nastavení konfiguračních bitů se provádí během zavedení programu do MCU
- Nastavení konfiguračních bitů se potom standardně nemění
- V konfiguračních bitech jsou informace o základním nastavení MCU jako zdroj clock, wdt, fail-safe apod.
- Nastavení konfiguračních bitů se provádí pomocí direktivy `#pragma`

Minimalistické nastavení: (zbytek podle defaultní hodnoty)

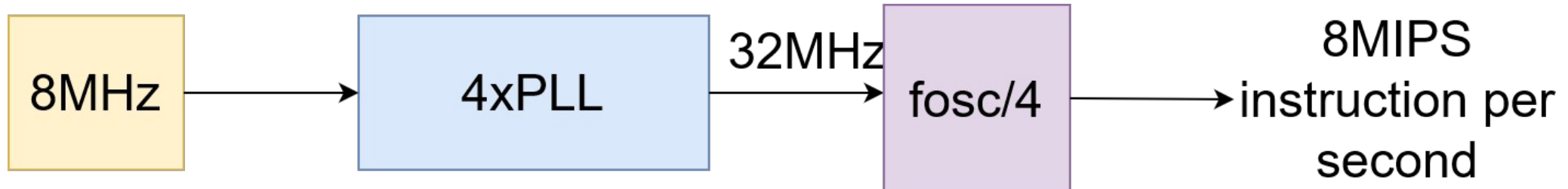
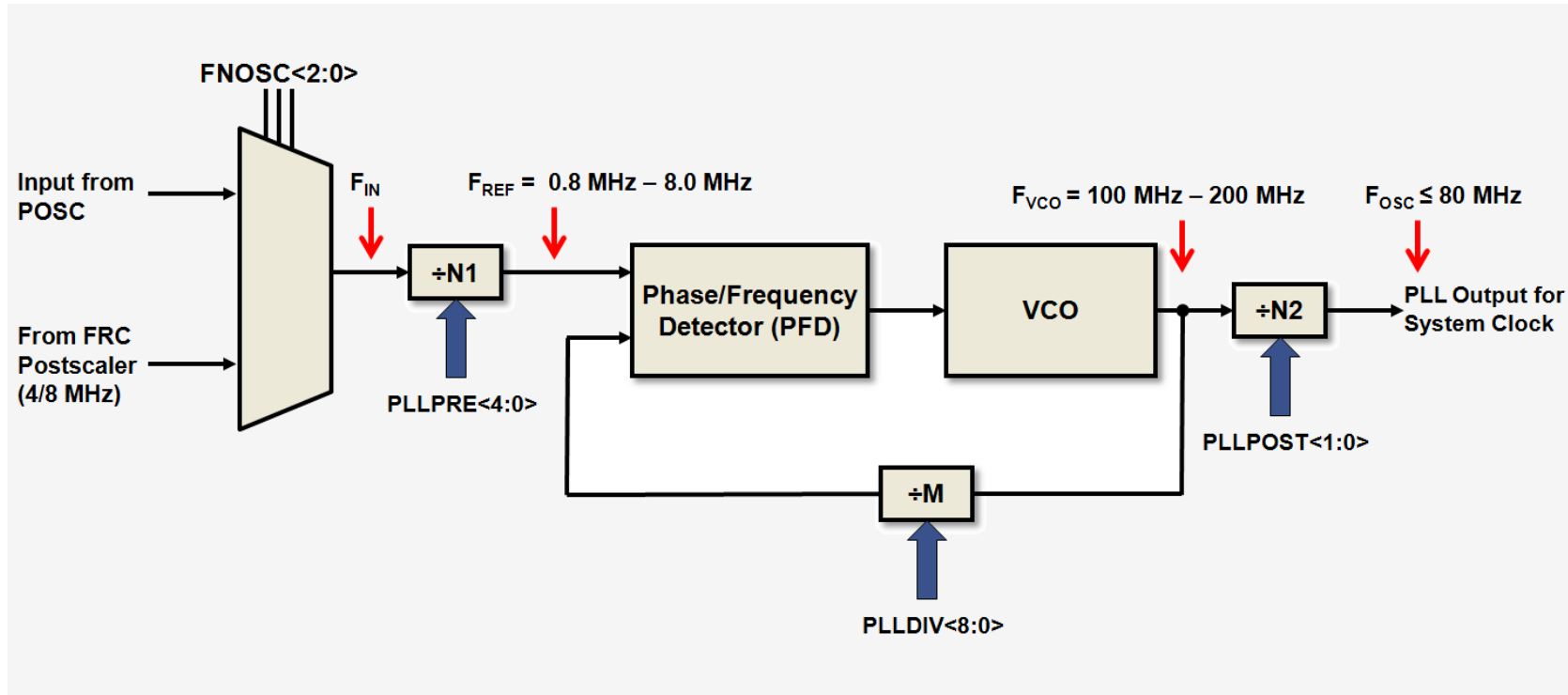
```
#pragma config FOSC = HSMP
```

```
#pragma config PLLCFG = ON
```

```
#pragma config WDTEN = OFF
```

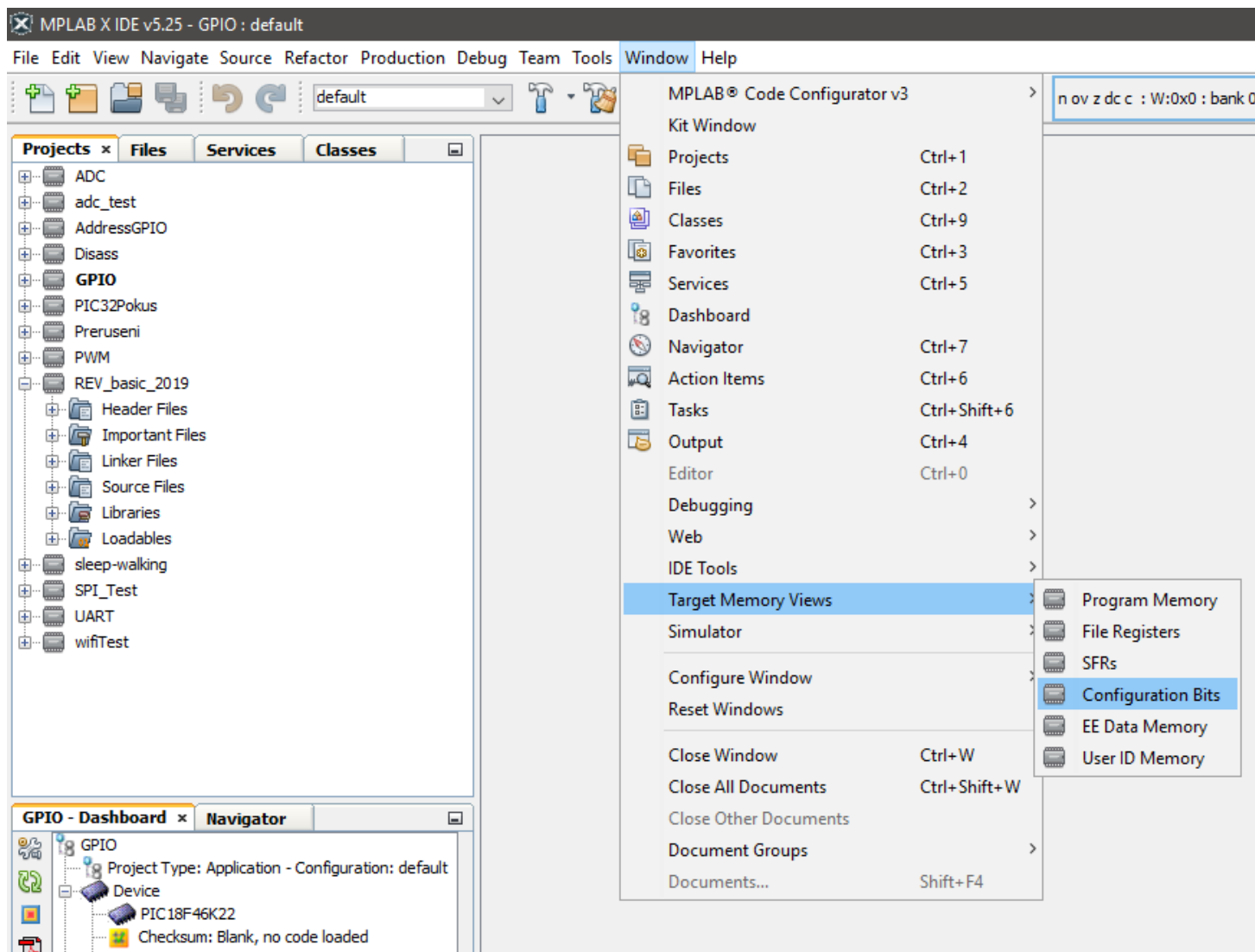
# PLL

Phase-locked loop:





# Snadné nastavení v MPLAB



- Config Bits Source							File Registers	User ID Memory	Configuration Bits	x	
Address	Name	Value	Field	Option	Category	Setting					
300001	CONFIG1H	33	FOSC	HSMP	Oscillator Selection bits	HS oscillator (medium)					
			PLLCFG	ON	4X PLL Enable	Oscillator multiplie					
			PR1CKEN	ON	Primary clock enable bit	Primary clock is alwa					
			FCMEN	OFF	Fail-Safe Clock Monitor Enable bit	Fail-Safe Clock Monit					
			IESO	OFF	Internal/External Oscillator Switchover bit	Oscillator Switchover					
300002	CONFIG2L	1F	PWRTEN	OFF	Power-up Timer Enable bit	Power up timer disabl					
			BOREN	SBORDIS	Brown-out Reset Enable bits	Brown-out Reset enabl					
			BORV	190	Brown Out Reset Voltage bits	VBOR set to 1.90 V nc					
300003	CONFIG2H	3C	WDTEN	OFF	Watchdog Timer Enable bits	Watch dog timer is al					
			WDTPS	32768	Watchdog Timer Postscale Select bits	1:32768					
300005	CONFIG3H	BF	CCP2MX	PORTC1	CCP2 MUX bit	CCP2 input/output is					
			PBADEN	ON	PORTB A/D Enable bit	PORTB<5:0> pins are c					
			CCP3MX	PORTB5	P3A/CCP3 Mux bit	P3A/CCP3 input/output					
			HFOFST	ON	HFINTOSC Fast Start-up	HFINTOSC output and i					
			T3CMX	PORTC0	Timer3 Clock input mux bit	T3CKI is on RCO					
			P2BMX	PORTD2	ECCP2 B output mux bit	P2B is on RD2					
			MCLRE	EXTMCLR	MCLR Pin Enable bit	MCLR pin enabled, RE3					
300006	CONFIG4L	85	STVREN	ON	Stack Full/Underflow Reset Enable bit	Stack full/underflow					
			LVP	ON	Single-Supply ICSP Enable bit	Single-Supply ICSP er					
			XINST	OFF	Extended Instruction Set Enable bit	Instruction set exter					
300008	CONFIG5L	0F	CP0	OFF	Code Protection Block 0	Block 0 (000800-003FF					
			CP1	OFF	Code Protection Block 1	Block 1 (004000-007FF					
			CP2	OFF	Code Protection Block 2	Block 2 (008000-00BFF					
			CP3	OFF	Code Protection Block 3	Block 3 (00C000-00FFF					
			CPB	OFF	Boot Block Code Protection bit	Boot block (000000-00					
300009	CONFIG5H	C0	CPD	OFF	Data EEPROM Code Protection bit	Data EEPROM not code-					
			WRT0	OFF	Write Protection Block 0	Block 0 (000800-003FF					
30000A	CONFIG6L	0F	WRT1	OFF	Write Protection Block 1	Block 1 (004000-007FF					
			WRT2	OFF	Write Protection Block 2	Block 2 (008000-00BFF					
			WRT3	OFF	Write Protection Block 3	Block 3 (00C000-00FFF					
			WRIC	OFF	Configuration Register Write Protection bit	Configuration registe					
30000B	CONFIG6H	E0	WRTB	OFF	Boot Block Write Protection bit	Boot Block (000000-00					
			WRID	OFF	Data EEPROM Write Protection bit	Data EEPROM not write					
			EBTR0	OFF	Table Read Protection Block 0	Block 0 (000800-003FF					
30000C	CONFIG7L	0F	EBTR1	OFF	Table Read Protection Block 1	Block 1 (004000-007FF					
			EBTR2	OFF	Table Read Protection Block 2	Block 2 (008000-00BFF					
			EBTR3	OFF	Table Read Protection Block 3	Block 3 (00C000-00FFF					
30000D	CONFIG7H	40	EBTRB	OFF	Boot Block Table Read Protection bit	Boot Block (000000-00					

# Práce s dokumentací

- Datasheet je strukturovaný a najdeme zde kapitoly podle jednotlivých periférií. GPIO, timer, ADC apod.
- Datasheet rozhodně není beletrie a nečte se tak!
- Není nutné znát přesně nastavení z hlavy. K tomu právě slouží datasheet

Datasheet:

- <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001412G.pdf>

## 12.0 TIMER1/3/5 MODULE WITH GATE CONTROL

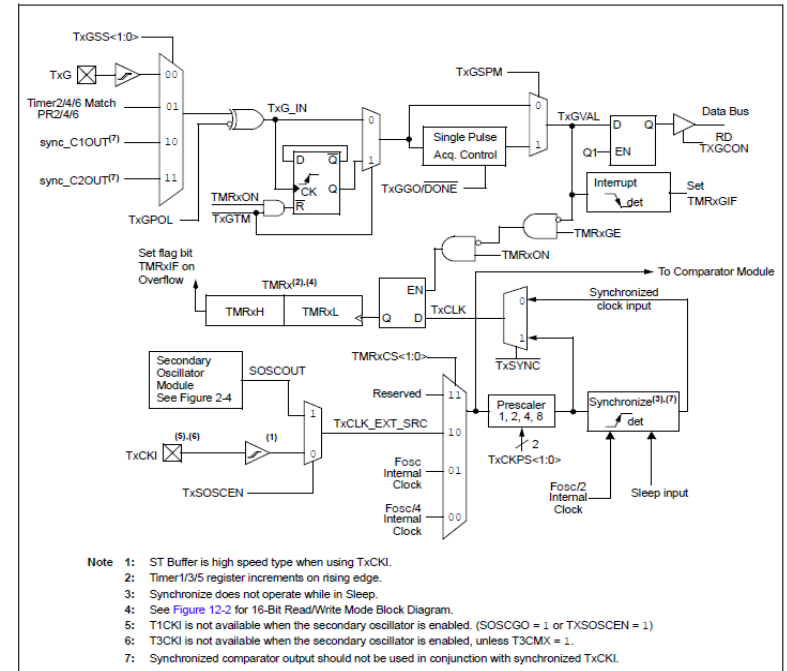
The Timer1/3/5 module is a 16-bit timer/counter with the following features:

- 16-bit timer/counter register pair (TMRxH:TMRxL)
- Programmable internal or external clock source
- 2-bit prescaler
- Dedicated Secondary 32 kHz oscillator circuit
- Optionally synchronized comparator out
- Multiple Timer1/3/5 gate (count enable) sources
- Interrupt on overflow
- Wake-up on overflow (external clock, Asynchronous mode only)
- 16-Bit Read/Write Operation
- Time base for the Capture/Compare function

- Special Event Trigger (with CCP/ECCP)
- Selectable Gate Source Polarity
- Gate Toggle mode
- Gate Single-pulse mode
- Gate Value Status
- Gate Event Interrupt

Figure 12-1 is a block diagram of the Timer1/3/5 module.

FIGURE 12-1: TIMER1/3/5 BLOCK DIAGRAM



# SFR

SFR – special function registers

- Jsou speciální registry, které slouží pro práci s periferiemi zařízení
- Každá periferie má své registry, ty mají svoji adresu v paměti
- Mají většinou intuitivní název např. ANSEL (analog selectio), PIE (peripheral interrupt enabled), TxCON (Timer configuration)
- V hlavičkovém souboru xc.h jsou zavedeny makra, které může programátor používat pro práci s periferiemi
- Je však možné pracovat přímo s adresou v dokumentaci na str.78 je mapa SFR
- Například registr ANSELA (analog-selection for port A) má adresu F38hex

TABLE 5-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER MAP FOR PIC18(L)F2X/4XK22 DEVICES

Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FFFh	TOSU	FD7h	TMR0H	FAFh	SPBRG1	F87h	— <sup>(2)</sup>	F5Fh	CCPR3H
FFEh	TOSH	FD6h	TMR0L	FAEh	RCREG1	F86h	— <sup>(2)</sup>	F5Eh	CCPR3L
FFDh	TOSL	FD5h	T0CON	FADh	TXREG1	F85h	— <sup>(2)</sup>	F5Dh	CCP3CON
FFCh	STKPTR	FD4h	— <sup>(2)</sup>	FACH	TXSTA1	F84h	PORTE	F5Ch	PWM3CON
FFBh	PCLATU	FD3h	OSCCON	FABh	RCSTA1	F83h	PORTD <sup>(3)</sup>	F5Bh	ECCP3AS
FFAh	PCLATH	FD2h	OSCCON2	FAAh	EEADRH <sup>(4)</sup>	F82h	PORTC	F5Ah	PSTR3CON
FF9h	PCL	FD1h	WDTCON	FA9h	EEADR	F81h	PORTB	F59h	CCPR4H
FF8h	TBLPTRU	FD0h	RCON	FA8h	EEDATA	F80h	PORTA	F58h	CCPR4L
FF7h	TBLPTRH	FCFh	TMR1H	FA7h	EECON2 <sup>(1)</sup>	F7Fh	IPR5	F57h	CCP4CON
FF6h	TBLPTRL	FCEh	TMR1L	FA6h	EECON1	F7Eh	PIR5	F56h	CCPR5H
FF5h	TABLAT	FCDh	T1CON	FA5h	IPR3	F7Dh	PIE5	F55h	CCPR5L
FF4h	PRODH	FCCh	T1GCON	FA4h	PIR3	F7Ch	IPR4	F54h	CCP5CON
FF3h	PRODL	FCBh	SSP1CON3	FA3h	PIE3	F7Bh	PIR4	F53h	TMR4
FF2h	INTCON	FCAh	SSP1MSK	FA2h	IPR2	F7Ah	PIE4	F52h	PR4
FF1h	INTCON2	FC9h	SSP1BUF	FA1h	PIR2	F79h	CM1CON0	F51h	T4CON
FF0h	INTCON3	FC8h	SSP1ADD	FA0h	PIE2	F78h	CM2CON0	F50h	TMR5H
FEFh	INDF0 <sup>(1)</sup>	FC7h	SSP1STAT	F9Fh	IPR1	F77h	CM2CON1	F4Fh	TMR5L
FEeh	POSTINC0 <sup>(1)</sup>	FC6h	SSP1CON1	F9Eh	PIR1	F76h	SPBRGH2	F4Eh	T5CON
FEDh	POSTDEC0 <sup>(1)</sup>	FC5h	SSP1CON2	F9Dh	PIE1	F75h	SPBRG2	F4Dh	T5GCON
FECh	PREINC0 <sup>(1)</sup>	FC4h	ADRESH	F9Ch	HLVDCON	F74h	RCREG2	F4Ch	TMR6
FEbh	PLUSW0 <sup>(1)</sup>	FC3h	ADRESL	F9Bh	OSCTUNE	F73h	TXREG2	F4Bh	PR6
FEAh	FSR0H	FC2h	ADCON0	F9Ah	— <sup>(2)</sup>	F72h	TXSTA2	F4Ah	T6CON
FE9h	FSR0L	FC1h	ADCON1	F99h	— <sup>(2)</sup>	F71h	RCSTA2	F49h	CCPTMRS0
FE8h	WREG	FC0h	ADCON2	F98h	— <sup>(2)</sup>	F70h	BAUDCON2	F48h	CCPTMRS1
FE7h	INDF1 <sup>(1)</sup>	FBFh	CCPR1H	F97h	— <sup>(2)</sup>	F6Fh	SSP2BUF	F47h	SRCON0
FE6h	POSTINC1 <sup>(1)</sup>	FBEh	CCPR1L	F96h	TRISE	F6Eh	SSP2ADD	F46h	SRCON1
FE5h	POSTDEC1 <sup>(1)</sup>	FBDh	CCP1CON	F95h	TRISD <sup>(3)</sup>	F6Dh	SSP2STAT	F45h	CTMUCONH
FE4h	PREINC1 <sup>(1)</sup>	FBCh	TMR2	F94h	TRISC	F6Ch	SSP2CON1	F44h	CTMUCONL
FE3h	PLUSW1 <sup>(1)</sup>	FBb	PR2	F93h	TRISB	F6Bh	SSP2CON2	F43h	CTMUICON
FE2h	FSR1H	FBAh	T2CON	F92h	TRISA	F6Ah	SSP2MSK	F42h	VREFCON0
FE1h	FSR1L	FB9h	PSTR1CON	F91h	— <sup>(2)</sup>	F69h	SSP2CON3	F41h	VREFCON1
FE0h	BSR	FB8h	BAUDCON1	F90h	— <sup>(2)</sup>	F68h	CCPR2H	F40h	VREFCON2
FDfh	INDF2 <sup>(1)</sup>	FB7h	PWM1CON	F8Fh	— <sup>(2)</sup>	F67h	CCPR2L	F3Fh	PMD0
FDEh	POSTINC2 <sup>(1)</sup>	FB6h	ECCP1AS	F8Eh	— <sup>(2)</sup>	F66h	CCP2CON	F3Eh	PMD1
FDDh	POSTDEC2 <sup>(1)</sup>	FB5h	— <sup>(2)</sup>	F8Dh	LATE <sup>(3)</sup>	F65h	PWM2CON	F3Dh	PMD2
FDCh	PREINC2 <sup>(1)</sup>	FB4h	T3GCON	F8Ch	LATD <sup>(3)</sup>	F64h	ECCP2AS	F3Ch	ANSELE
FDBh	PLUSW2 <sup>(1)</sup>	FB3h	TMR3H	F8Bh	LATC	F63h	PSTR2CON	F3Bh	ANSELD
FDAh	FSR2H	FB2h	TMR3L	F8Ah	LATB	F62h	IOCB	F3Ah	ANSELC
FD9h	FSR2L	FB1h	T3CON	F89h	LATA	F61h	WPUB	F39h	ANSELB
FD8h	STATUS	FB0h	SPBRGH1	F88h	— <sup>(2)</sup>	F60h	SLRCON	F38h	ANSELA

# Použití SFR v C

- Klíčové slovo volatile ještě uvidíme
- Použití tohoto slova v definici/deklaraci proměnné znamená, že zakazujeme optimalizace této proměnné

```
// REV GPIO
#pragma config FOSC = HSMP           // Oscillator Selection bits (HS oscillator (medium power 4-16 MHz))
#pragma config PLLCFG = ON           // 4X PLL Enable (Oscillator multiplied by 4)
#pragma config WDTEN = OFF           // Watchdog Timer Enable bits (Watch dog timer is always disabled. SWDTEN

volatile unsigned int TRISD          __at(0xf95);
volatile unsigned int TRISC          __at(0xf94);

volatile unsigned int LATD           __at(0xf8c);
volatile unsigned int PORTC          __at(0xf82);

int main(void) {

    TRISD &= ~(1 << 2);              // nastavení RD2 jako výstup
    TRISC |= 0b1;                    // nastavení RC0 jako vstup

    while(1){

        if (PORTC & 0b1){             // kontrola stisknutí BTN1
            LATD ^= (1 << 2);         // převrácení LED1 pomocí XOR
        }
        for(long i=1; i<100000; i++); // čekání...
    }
    return 0;                        // nikdy se neprovede
}
```

# Použití SFR v C

- Standardně se používá xc.h
- Makra SFR jsou v něm již hotová přesně pro náš MCU

```
// REV GPIO
#pragma config FOSC = HSMP           // Oscillator Selection bits (HS oscillator (medium power 4-16 MHz))
#pragma config PLLCFG = ON           // 4X PLL Enable (Oscillator multiplied by 4)
#pragma config WDTEN = OFF           // Watchdog Timer Enable bits (Watch dog timer is always disabled. SWDTEN

#include <xc.h>

#define LED1 LATDbits.LATD2
#define BTN1 PORTCbits.RC0

int main(void) {

    TRISDbits.TRISD2 = 0;
    TRISCbits.TRISC0 = 1;

    while(1){

        if (PORTCbits.RC0){           // kontrola stisknutí BTN1
            LATDbits.LATD2 ^= 1;      // převrácení LED1 pomocí XOR
        }
        for(long i=1; i<100000; i++); // čekání...
    }
    return 0;                        // nikdy se neprovede
}
```

# Práce s datasheetem

Práce s periferiemi vyžaduje manipulaci s SFR (special function registers).

V Datasheetu MCU nalezneme význam a popis nastavení .

Příklad nastavuje část registru s názvem IRCF na 111 která znamená 16MHz viz printscreen

```
OSCCON = (OSCCON & 0b10001111) | 0b01110000;
```

Masky:

&		^
10011110	10011110	10011110
<u>00001111</u>	<u>00000001</u>	<u>00001111</u>
00001110	10011111	10010001

## 2.3 Register Definitions: Oscillator Control

### REGISTER 2-1: OSCCON: OSCILLATOR CONTROL REGISTER

R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R-q	R-0	R/W-0	R/W-0
IDLEN	IRCF<2:0>			OSTS <sup>(1)</sup>	HFIOFS	SCS<1:0>	
bit 7							bit 0

#### Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

q = depends on condition

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

bit 7

**IDLEN:** Idle Enable bit

1 = Device enters Idle mode on SLEEP instruction

0 = Device enters Sleep mode on SLEEP instruction

bit 6-4

**IRCF<2:0>:** Internal RC Oscillator Frequency Select bits<sup>(2)</sup>

111 = HFINTOSC – (16 MHz)

110 = HFINTOSC/2 – (8 MHz)

101 = HFINTOSC/4 – (4 MHz)

100 = HFINTOSC/8 – (2 MHz)

011 = HFINTOSC/16 – (1 MHz)<sup>(3)</sup>

If INTSRC = 0 and MFIOSEL = 0:

010 = HFINTOSC/32 – (500 kHz)

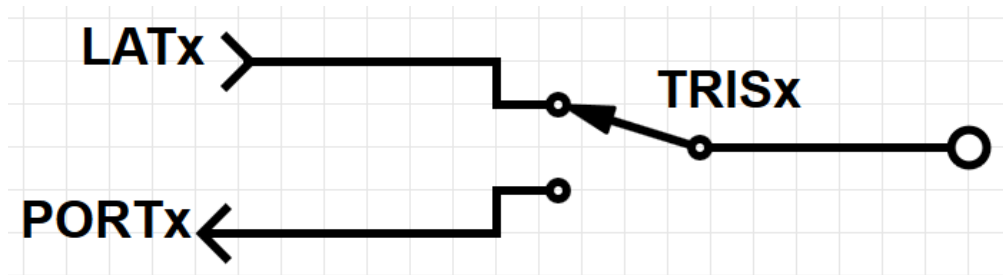
001 = HFINTOSC/64 – (250 kHz)

000 = LFINTOSC – (31.25 kHz)



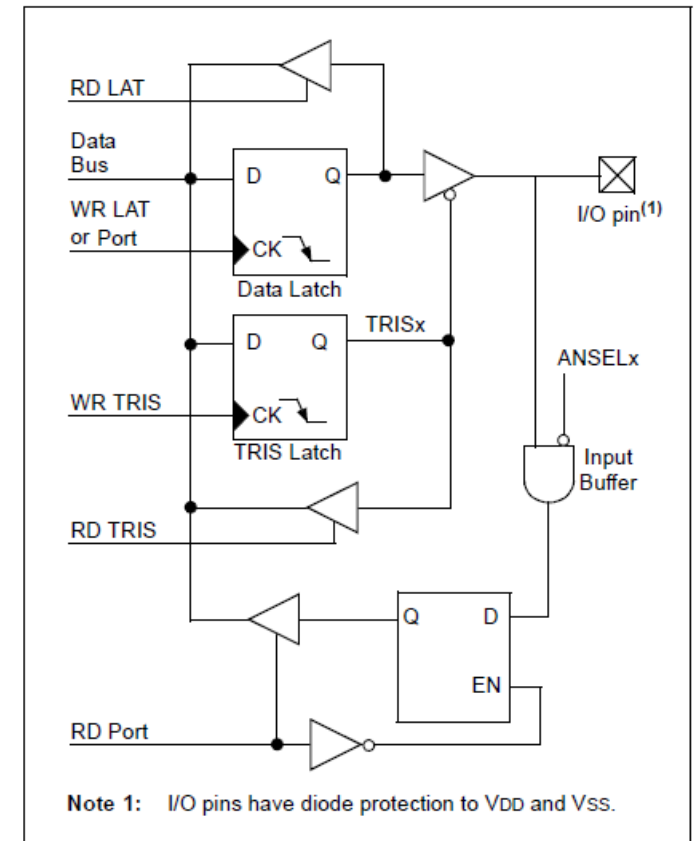
# GPIO pin

- General purpose input/output, tedy obecný vstupně/výstupní pin.
- Slouží k základní interakci MCU s okolním světem.
- Na GPIO pin lze zapisovat 1, tedy napětí blízké napájecímu 3.3V, nebo 0 napětí blízké 0V.
- V dalším režimu lze pinem číst napětí, pokud je blízké 0V čte se jako 0, nebo blízké 3,3V jako 1.



Zjednodušení

FIGURE 10-1: GENERIC I/O PORT OPERATION



# GPIO

Pro práci s I/O piny budeme používat tyto registry:

1. TRISx
2. LATx
3. PORTx
4. ANSELx

## TRISx

Lze interpretovat jako pomyslný přepínač a nastavuje zda bude pin vstup 1, a nebo výstup 0.

## ANSELx

Nastavuje pin do stavu pro čtení ADC což zatím nechceme.

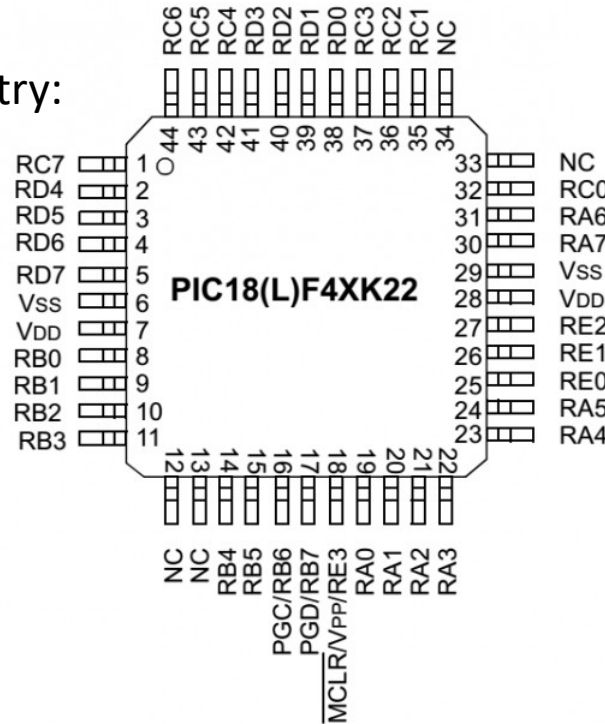
**Všechny vstupy, které sdílejí ADC, nebo komparátor!!**

## PORTx

Pokud je pin nastaven jako vstup, z tohoto registru lze přečíst stav příslušného pinu.

## LATx

Pokud je pin přepnut jako výstup, lze tímto registrem nastavovat logickou úroveň na pinu. Z tohoto registru lze číst aktuální nastavení i přepsat „nastavit“ požadovaný stav.



# TRISx

Nastavuje zda bude pin vstup 1, nebo výstup 0.

**REGISTER 10-8: TRISx: PORTx TRI-STATE REGISTER<sup>(1)</sup>**

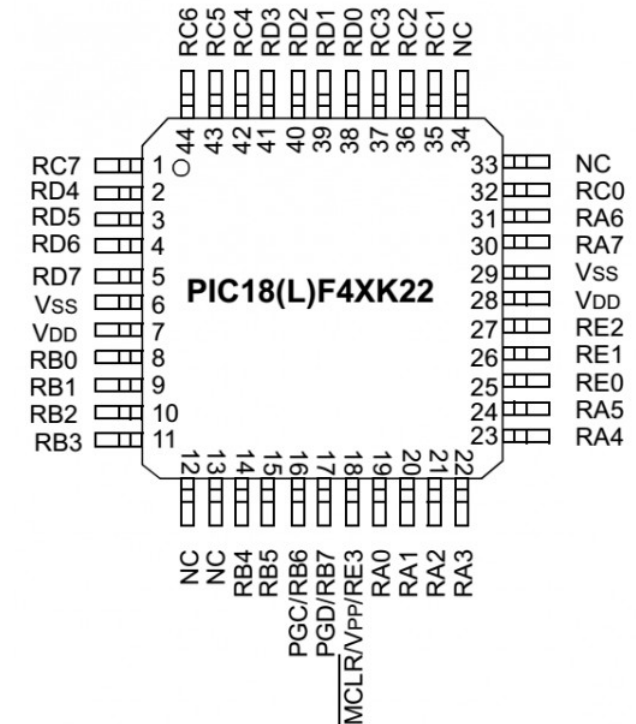
R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
TRISx7	TRISx6	TRISx5	TRISx4	TRISx3	TRISx2	TRISx1	TRISx0
bit 7							bit 0

**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 7-0      **TRISx<7:0>**: PORTx Tri-State Control bit  
 1 = PORTx pin configured as an input (tri-stated)  
 0 = PORTx pin configured as an output

**Note 1:** Register description for TRISA, TRISB, TRISC and TRISD.



**TRISD** = **0b00001111**;      //nastaveni portu D pulka pinu vstup, zbytek vystup

TRISDbits.**TRISD4** = **0**;      //nastaveni pomoci jednotlivych bitu

TRISDbits.**TRISD5** = **0**;

TRISDbits.**TRISD6** = **0**;

# LATx

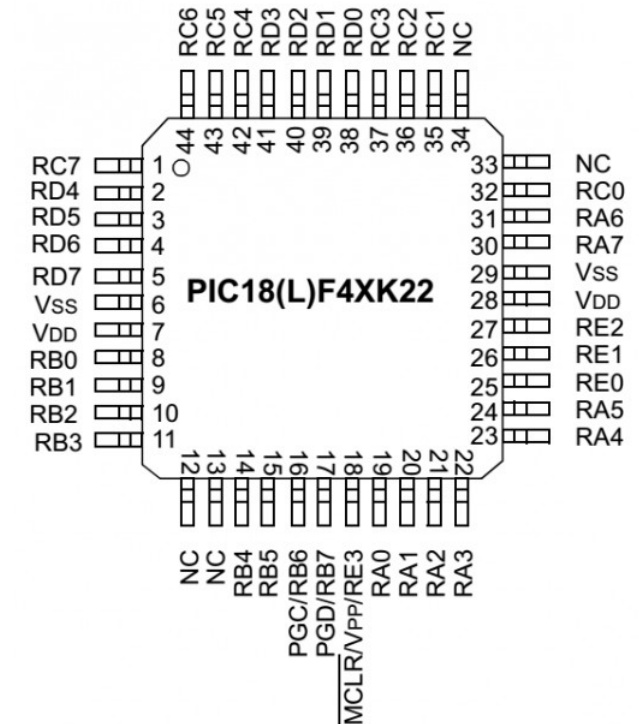
**REGISTER 10-10: LATx: PORTx OUTPUT LATCH REGISTER<sup>(1)</sup>**

R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u	R/W-x/u
LATx7	LATx6	LATx5	LATx4	LATx3	LATx2	LATx1	LATx0
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 7-0                      LATx<7:0>: PORTx Output Latch bit value<sup>(2)</sup>



```
LATDbits.LATD2 = 1;
```

//zapis logicke 1 na pin

```
LATDbits.RD2 = 1;
```

//totez alternativni nazev s nazvem pinu

```
LATD = 0xFF;
```

//prepsani vseh RD pinu na 1

```
LATDbits.LATD2 = ~LATDbits.LATD2;
```

//prevraceni pinu

```
LATDbits.LATD2 ^= 1;
```

//xor je čisto rychlejši

# PORTx

## 10.9 Register Definitions – Port Control

### REGISTER 10-1: PORTX<sup>(1)</sup>: PORTx REGISTER

R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x	R/W-u/x
Rx7	Rx6	Rx5	Rx4	Rx3	Rx2	Rx1	Rx0
bit 7				bit 0			

#### Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

'1' = Bit is set

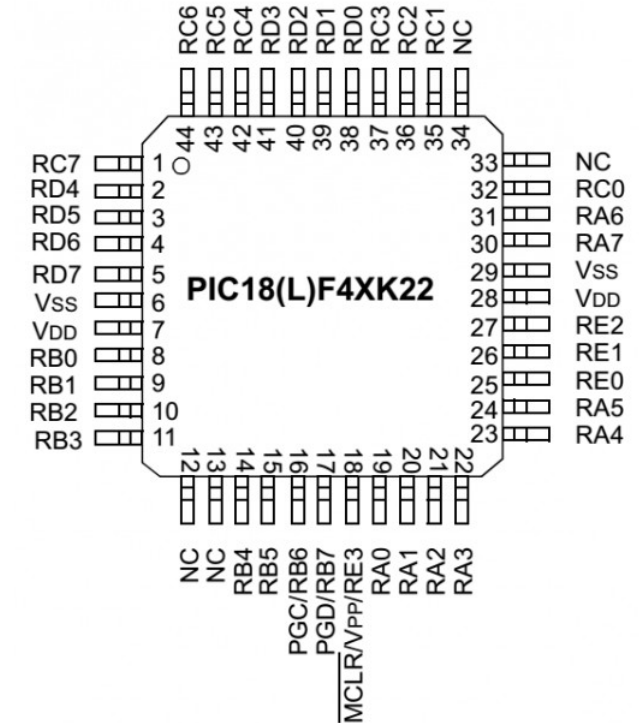
'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

-n/n = Value at POR and BOR/Value at all other Resets

bit 7-0      Rx<7:0>: PORTx I/O bit values<sup>(2)</sup>

```
if(PORTCbits.RC0 == 1){
    //magic happens here
}
```



# Uživatelská makra

```
#define BTN1 PORTCbits.RC0
#define BTN2 PORTAbits.RA4
#define BTN3 PORTAbits.RA3
#define BTN4 PORTAbits.RA2

#define LED1 LATDbits.LATD2
#define LED2 LATDbits.LATD3
#define LED3 LATCbits.LATC4
#define LED4 LATDbits.LATD4
#define LED5 LATDbits.LATD5
#define LED6 LATDbits.LATD6
```

V kódu pak používám definovaná makra namísto krkolomného zápisu.

```
if(BTN1){
    LED1 = 1;
}
```

V makru lze definovat i celé části kódu

```
#define True 1
#define False 0
#define ledOn(led) do{ led = 0;}while(0)
#define ledOff(led) do{ led = 1;}while(0)
#define ledToggle(led) do{ led = ~led;}while(0)
```

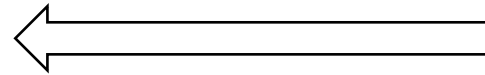
Na EduKitu se přečte zmáčkнутé tlačítko jako logická 1.

Naopak LED diody svítí na logickou 0



# Inicializace a nastavení GPIO

```
void driveLED(char in){
    in = ~in;
    LATD2 = in & 1;           //LED0
    LATD3 = in & 2 ? 1 : 0;    //LED1
    LATC4 = in & 4 ? 1 : 0;    //LED2
    LATD4 = in & 8 ? 1 : 0;    //LED3
    LATD5 = in & 16 ? 1 : 0;   //LED4
    LATD6 = in & 32 ? 1 : 0;   //LED5
}
```



Na cvičení bude pracovat s funkcí obsluhující LED na kitu. Zápis probíhá pomocí proměnné typu char. Kolik a jaké led se rozsvítí po zápisu hodnoty 6dec?

```
void init(void){
    ANSELA = 0x00;
    ANSELG = 0x00;

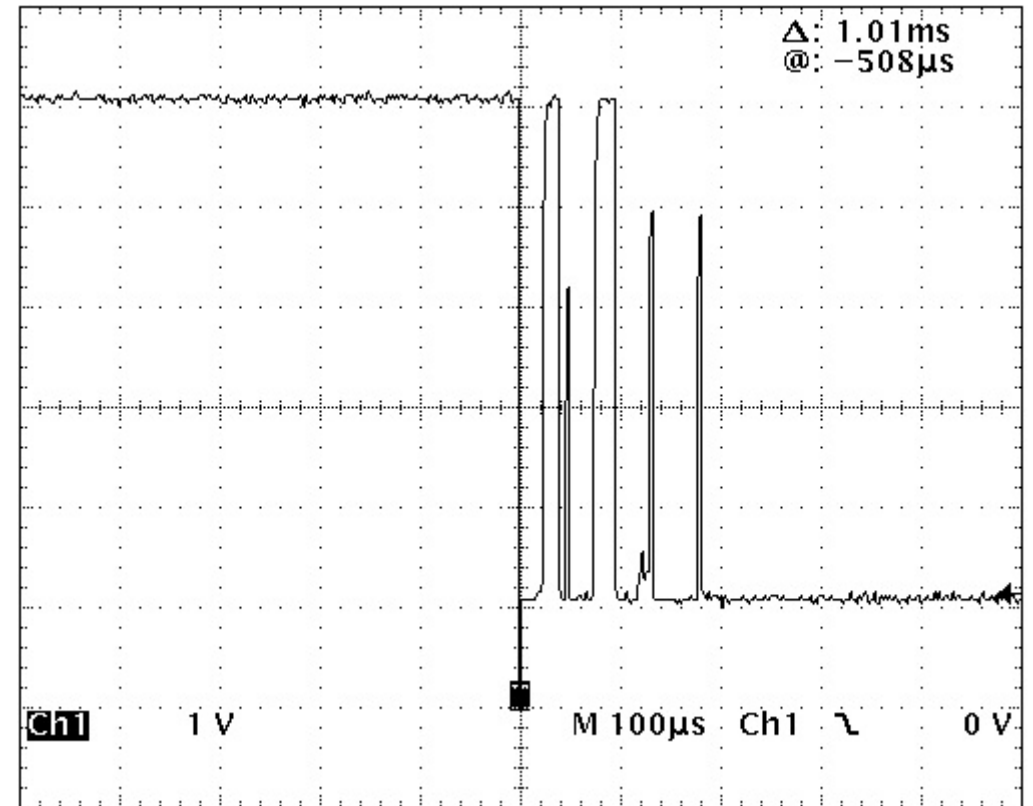
    // set pins as outputs
    TRISDbits.TRISD2 = 0;
    TRISDbits.TRISD3 = 0;
    TRISCbits.TRISC4 = 0;
    TRISDbits.TRISD4 = 0;
    TRISDbits.TRISD5 = 0;
    TRISDbits.TRISD6 = 0;

    // set pins as inputs
    TRISAbits.TRISA4 = 1;
    TRISAbits.TRISA3 = 1;
    TRISAbits.TRISA2 = 1;
    TRISCbits.TRISC0 = 1;

    LED1 = 1;
    LED2 = 1;
    LED3 = 1;
    LED4 = 1;
    LED5 = 1;
    LED6 = 1;
}
```

# Debouncing

- V praxi se může vyskytnout problém při stlačení tlačítka
- Ten se projevuje tak, že tlačítko se například vyhodnotí jako zmáčknuté vícekrát apod.
- Problém je třeba řešit jak vhodným HW tak nejlépe i v SW
- Tento jev trvá cca 5-10ms
- Nejednodušší (ne nejlepší) řešení je přechíst tlačítko, počkat a přechíst znovu



# GPIO příklady

```
void main(void)
{
    init();
    unsigned char leds = 63;

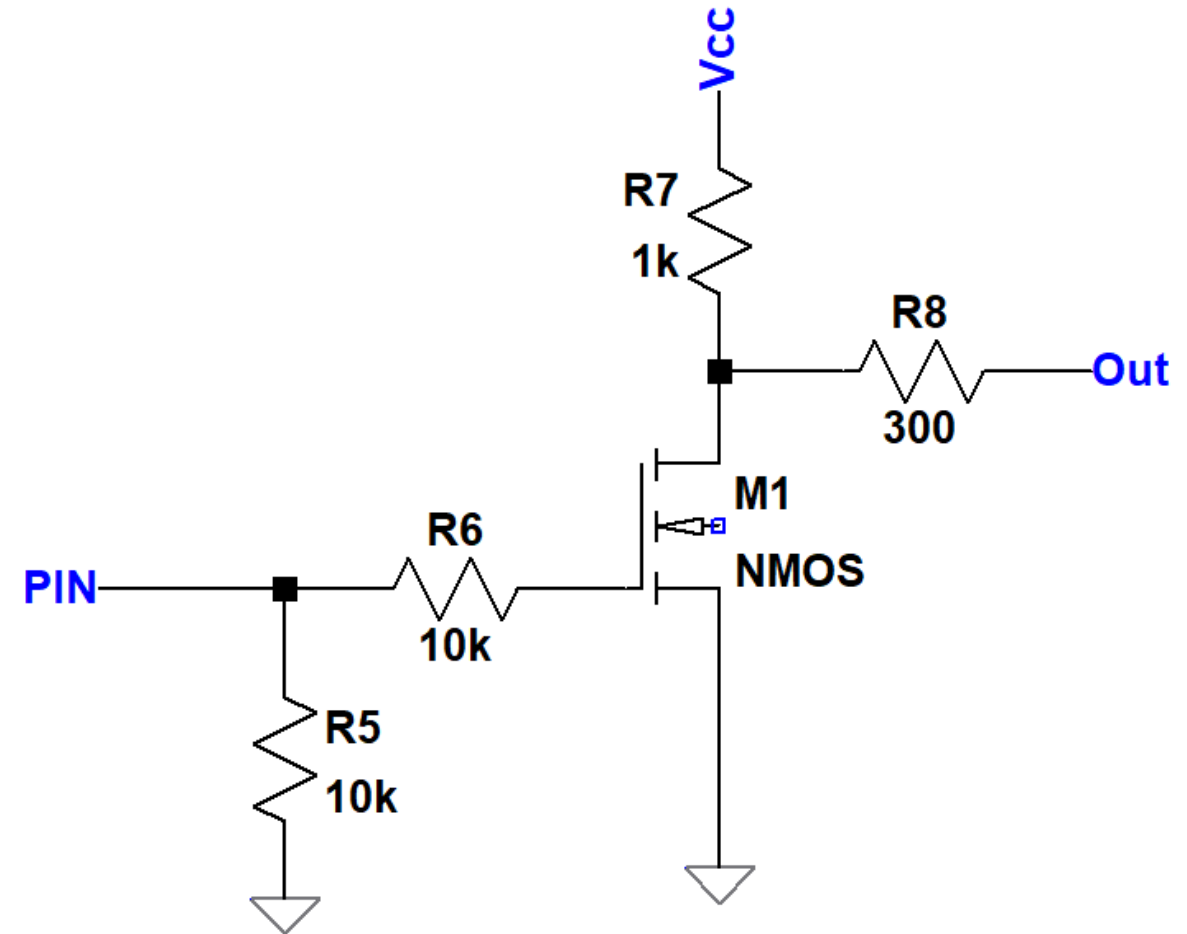
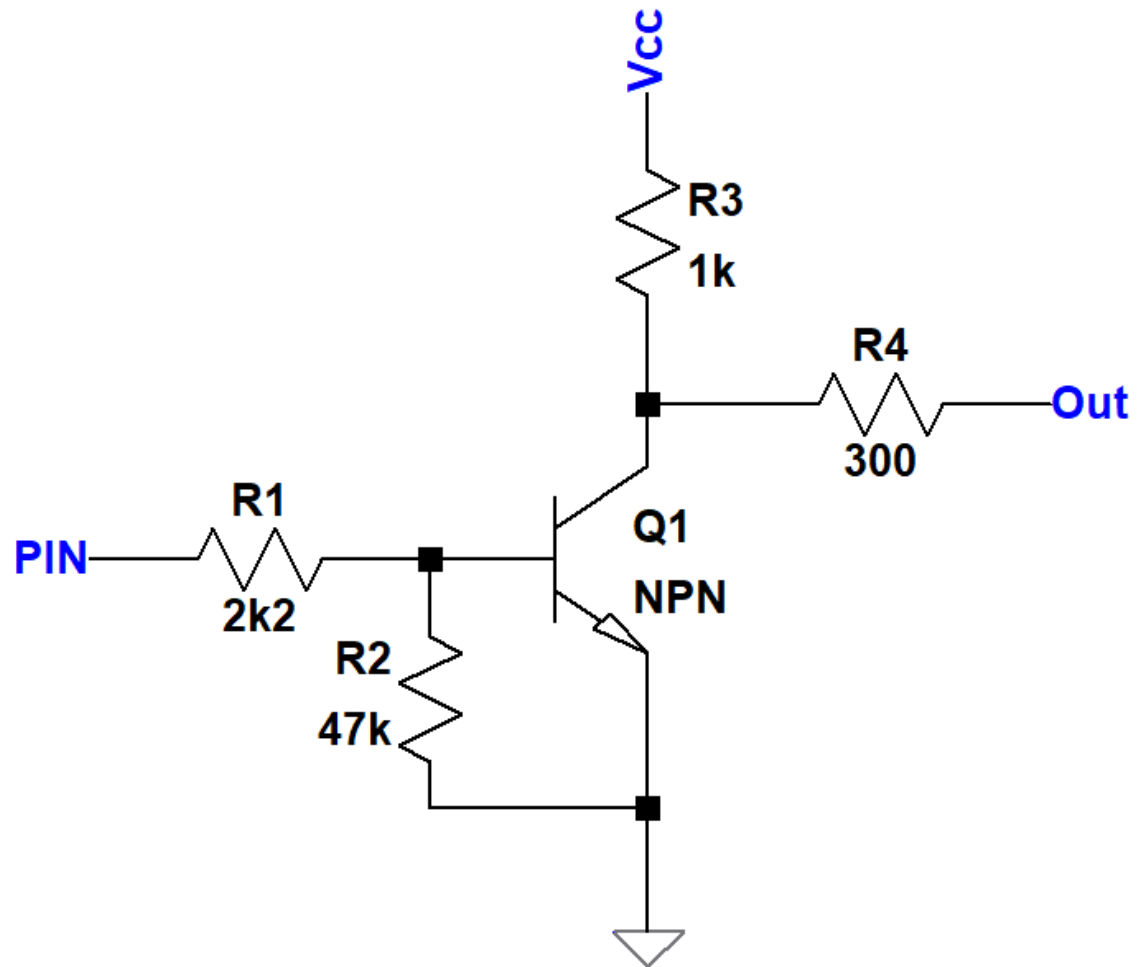
    while(True){
        __delay_ms(1000);
        leds ^= 63;
        driveLED(leds);
    }
}

void driveLED(char in){
    in = ~in;
    LATD2 = in & 1;           //LED0
    LATD3 = in & 2 ? 1 : 0;    //LED1
    LATC4 = in & 4 ? 1 : 0;    //LED2
    LATD4 = in & 8 ? 1 : 0;    //LED3
    LATD5 = in & 16 ? 1 : 0;   //LED4
    LATD6 = in & 32 ? 1 : 0;   //LED5
}
```

Přiložený kód převrací stav ledky  
po zmáčknutí příslušného tlačítka

```
while(1){
    if(BTN1 | BTN2 | BTN3 | BTN4){
        __delay_ms(10);
        if(BTN1){
            ledToggle(LED1);
            while(BTN1);
        }
        else if(BTN2){
            ledToggle(LED2);
            while(BTN2);
        }
        else if(BTN3){
            ledToggle(LED3);
            while(BTN3);
        }
        else if(BTN4){
            ledToggle(LED4);
            while(BTN4);
        }
    }
}
```

# Hardware



# Hardware

