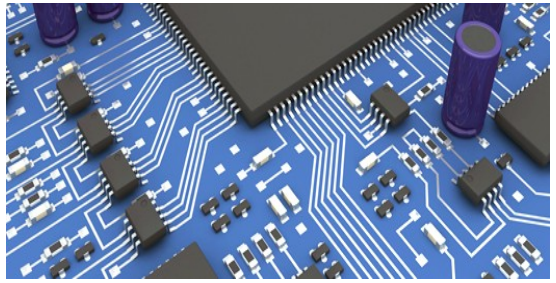
# Aplikace Embedded systémů v Mechatronice

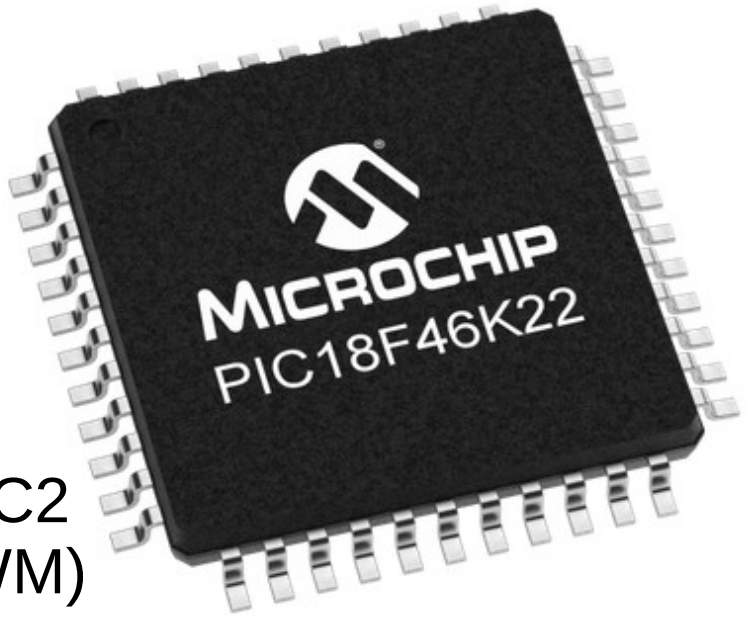
MPLAB® X IDE

Michal Bastl

# PIC18

## PIC18F46k22: MCU mikrokontrolér

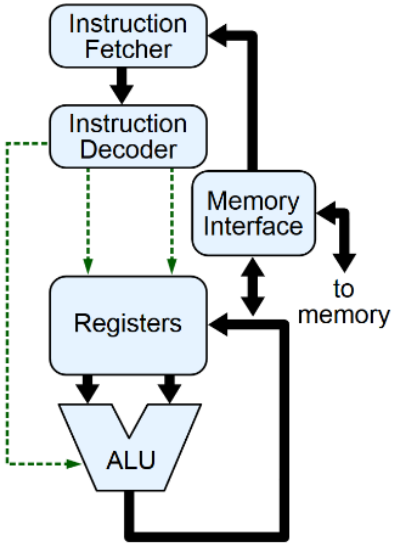
| | |
|---|---|
| Program Memory Type | Flash |
| Program Memory Size (KB) | 64 |
| CPU Speed (MIPS/DMIPS) | 16 |
| SRAM (B) | 3,896 |
| Data EEPROM/HEF (bytes) | 1024 |
| Digital Communication Peripherals: | 2-UART, 2-SPI, 2-I2C2 |
| Capture/Compare/PWM Peripherals: | 2 CCP, 3 ECCP (PWM) |
| Timers | 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 |

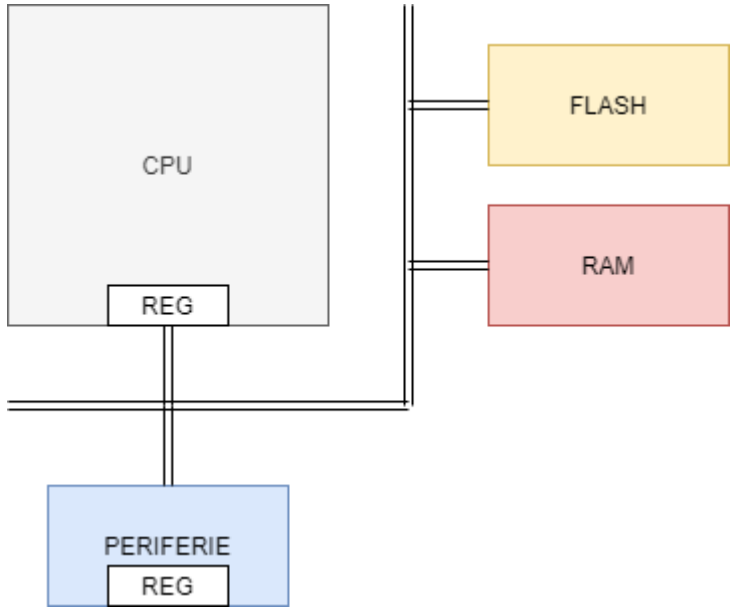


# PIC18

**PIC18 obsahuje:**
FLASH – program, nastaveni, konstanty
RAM – data, temp data překladače
CPU a PERIFERIE obsahují registry (malé rychlé paměti)
Registry periferie jsou programátorsky dostupné na specifické adrese.

- řadič instrukcí - sekvenční automat (IF + ID)
- registry - pracovní paměť
- aritmeticko-logická jednotka - vykonává operace
- řadič sběrnic(e) - umožňuje přístup k datové a programové paměti (memory interface)

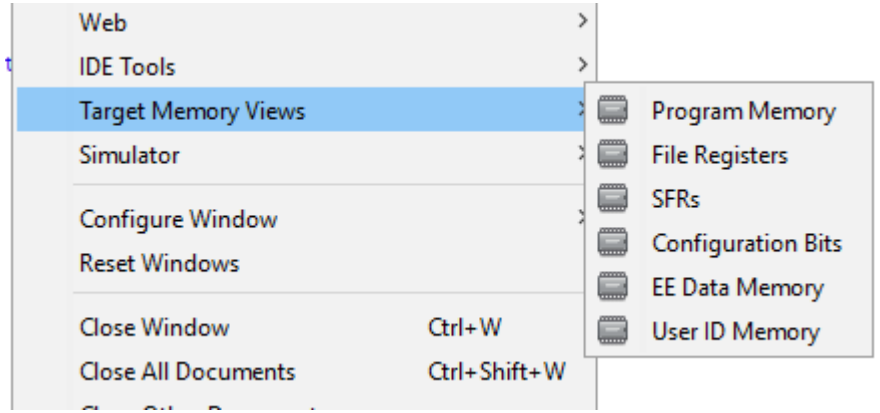


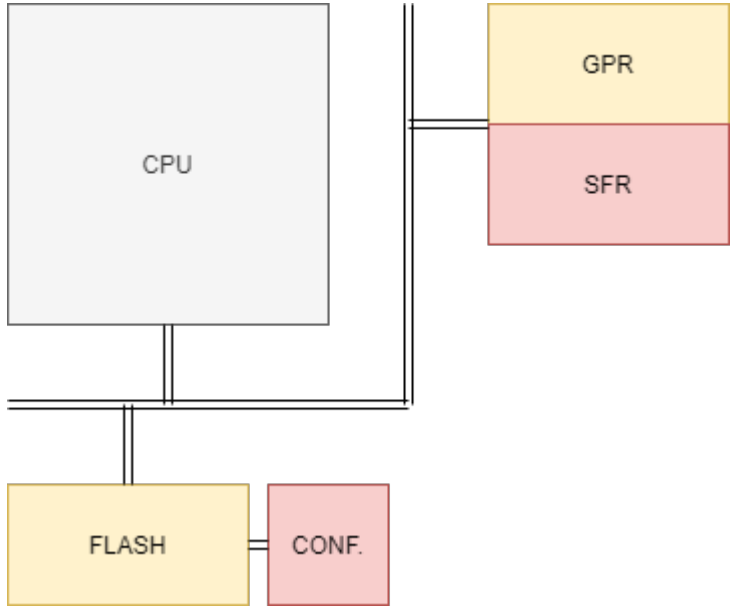



# PIC18

**PIC18 obsahuje:**
**Paměť flash:** slouží pro nahrání programu (pro váš program)
sekce configuration bits

**Paměť RAM:** (random access):
GPR General Purpose Registersl (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

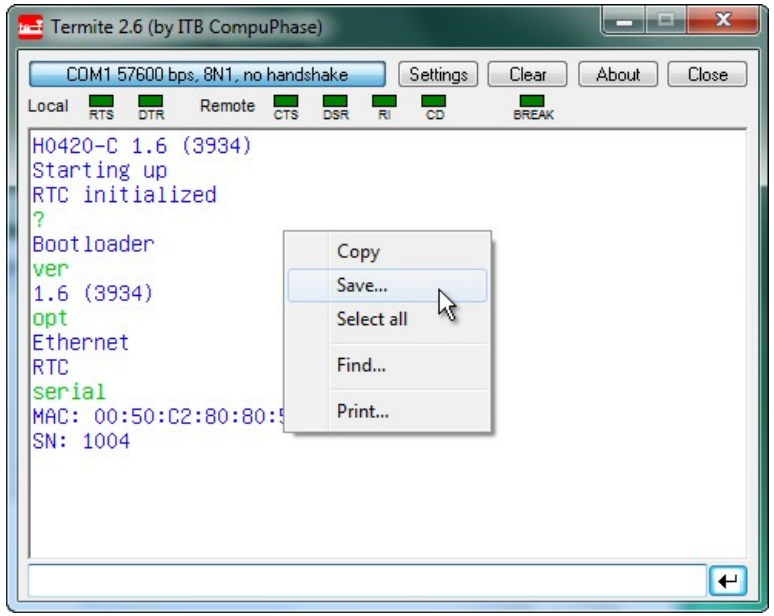
V předmětu REV budeme programovat v jazyce C. Vytvoření strojového kódu, který je složen z instrukcí má na starost překladač XC8

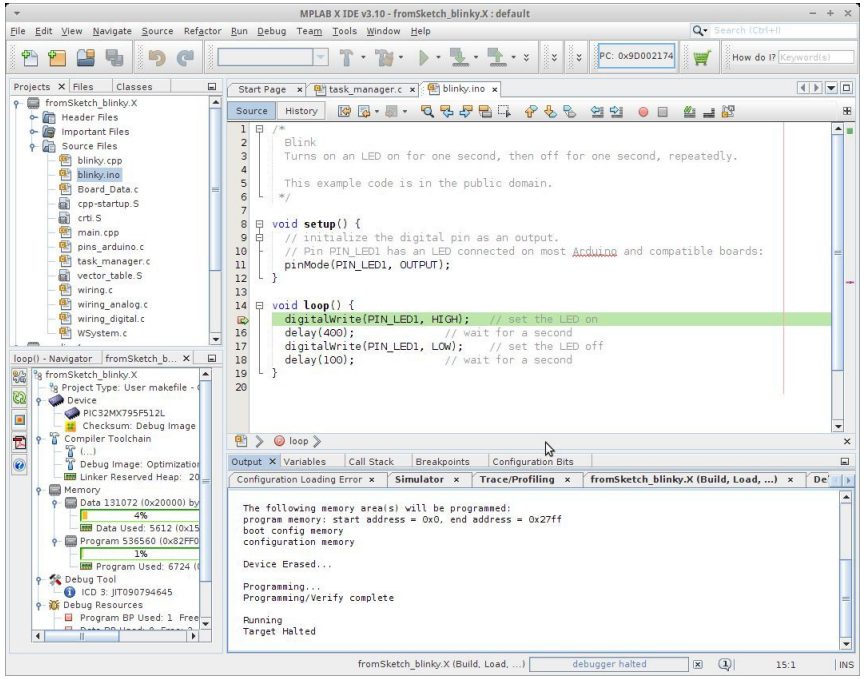
```
!     init();
0xFF9C: CALL 0xFF90, 0
0xFF9E: NOP
!
!     while(true){
!         if (PORTA & (1 << 2)){
0xFFA0: BTFSS PORTA, 2, ACCESS
0xFFA2: BRA 0xFFAA
!             LATD ^= (1 << 2);
0xFFA4: MOVLW 0x4
0xFFA6: XORWF LATD, F, ACCESS
!         }
0xFFA8: BRA 0xFFAC
!         else{
!             LATD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

# Ukázka potřebných nástrojů

## Software:

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



# Nastavení konfiguračních bitů

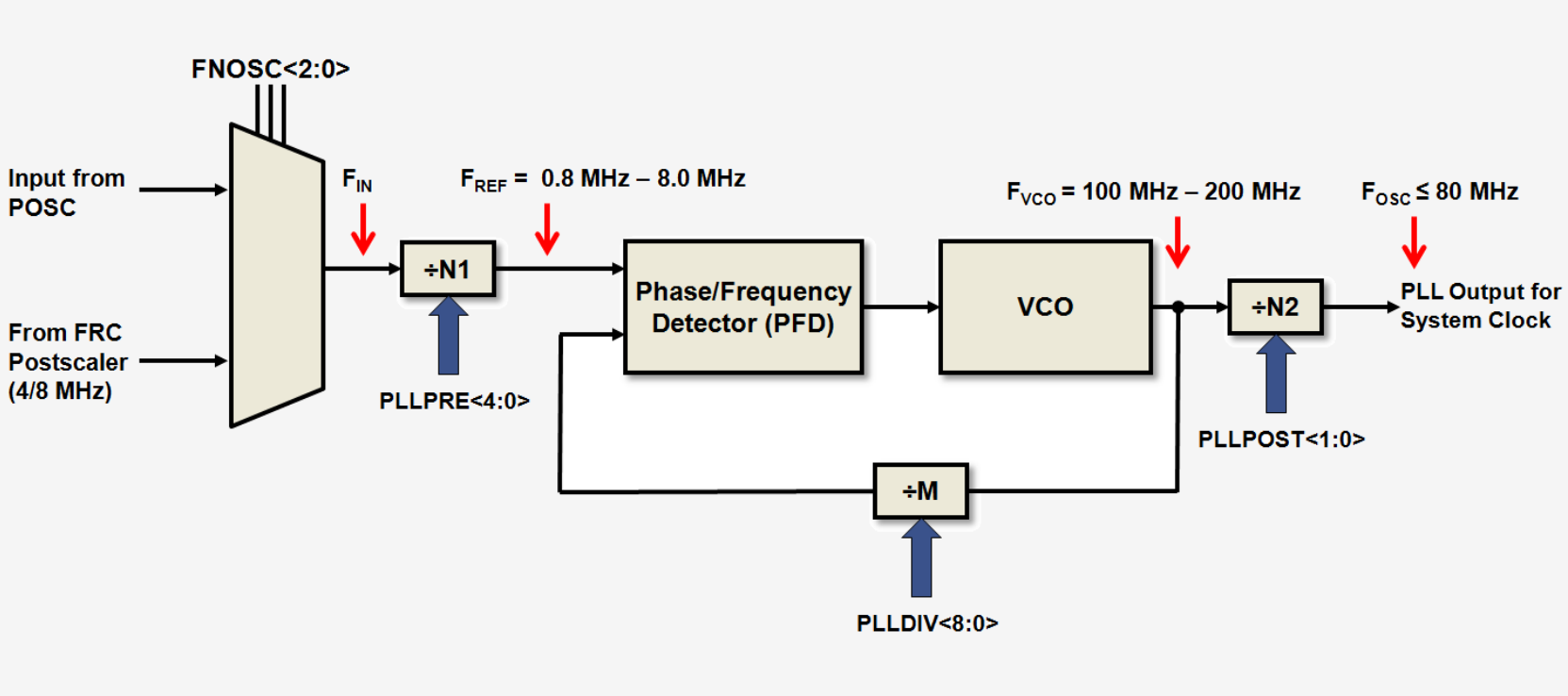
- Nastavení konfiguračních bitů se provádí během zavedení programu do MCU
- Nastavení konfiguračních bitů se potom standardně nemění
- V konfiguračních bitech jsou informace o základním nastavení MCU jako zdroj clocku, wdt, fail-safe apod
- Nastavení konfiguračních bitů se provádí pomocí direktivy #pragma

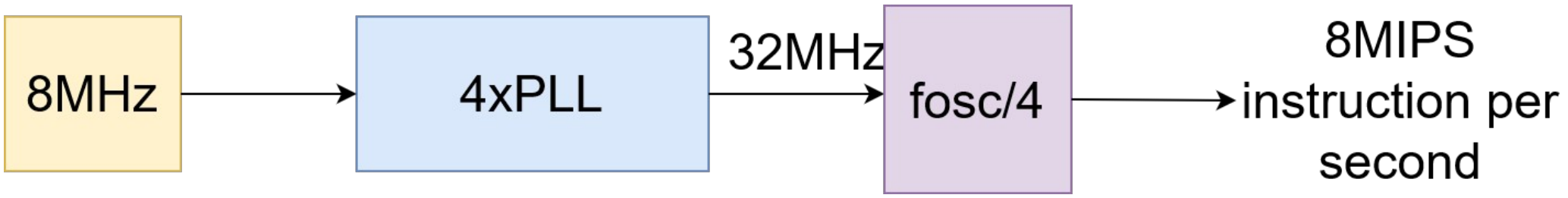
Minimalistické nastavení: (zbytek podle defaultní hodnoty)

```
#pragma config FOSC = HSMP
#pragma config PLLCFG = ON
#pragma config WDTEN = OFF
```

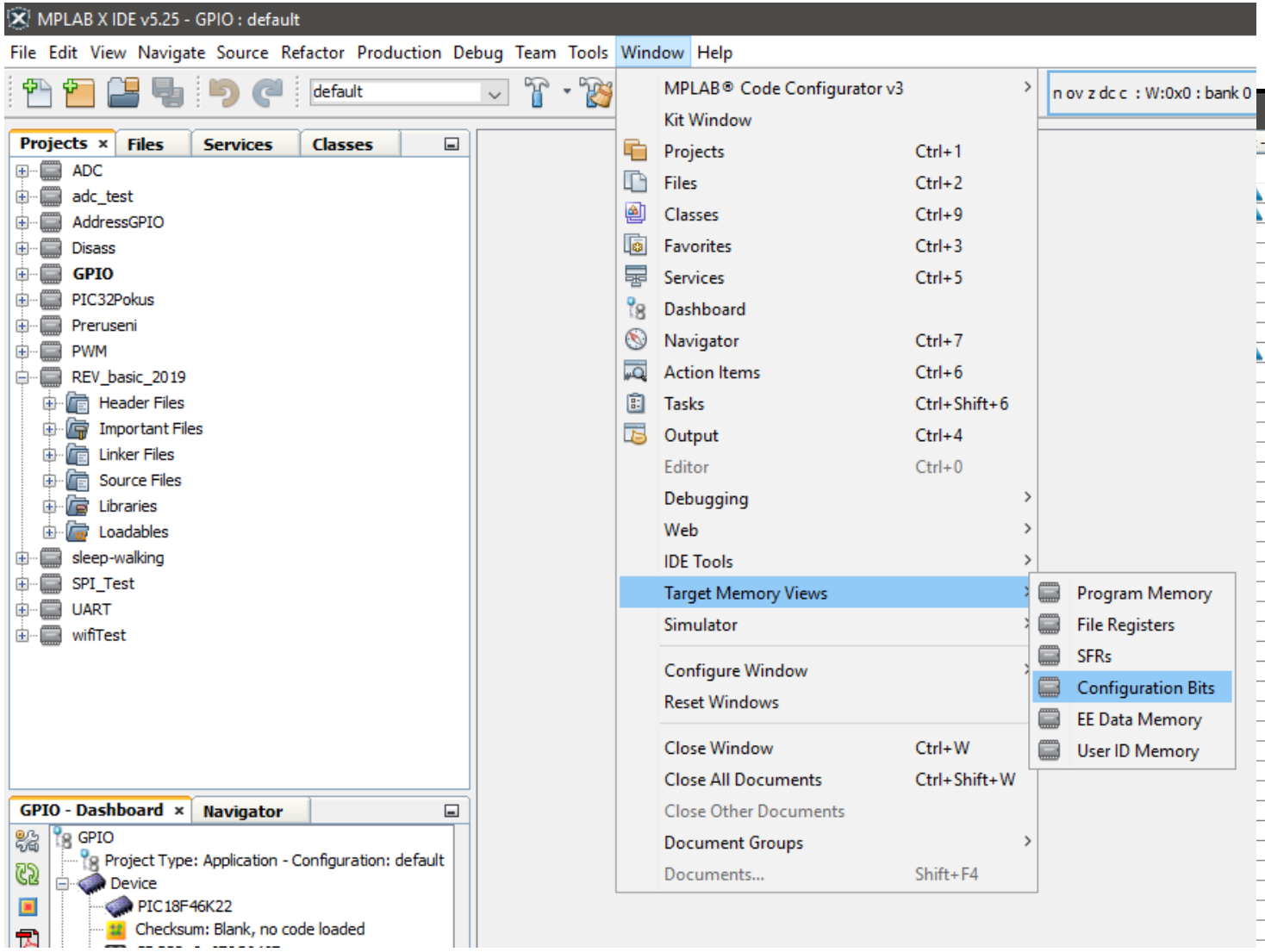
# PLL

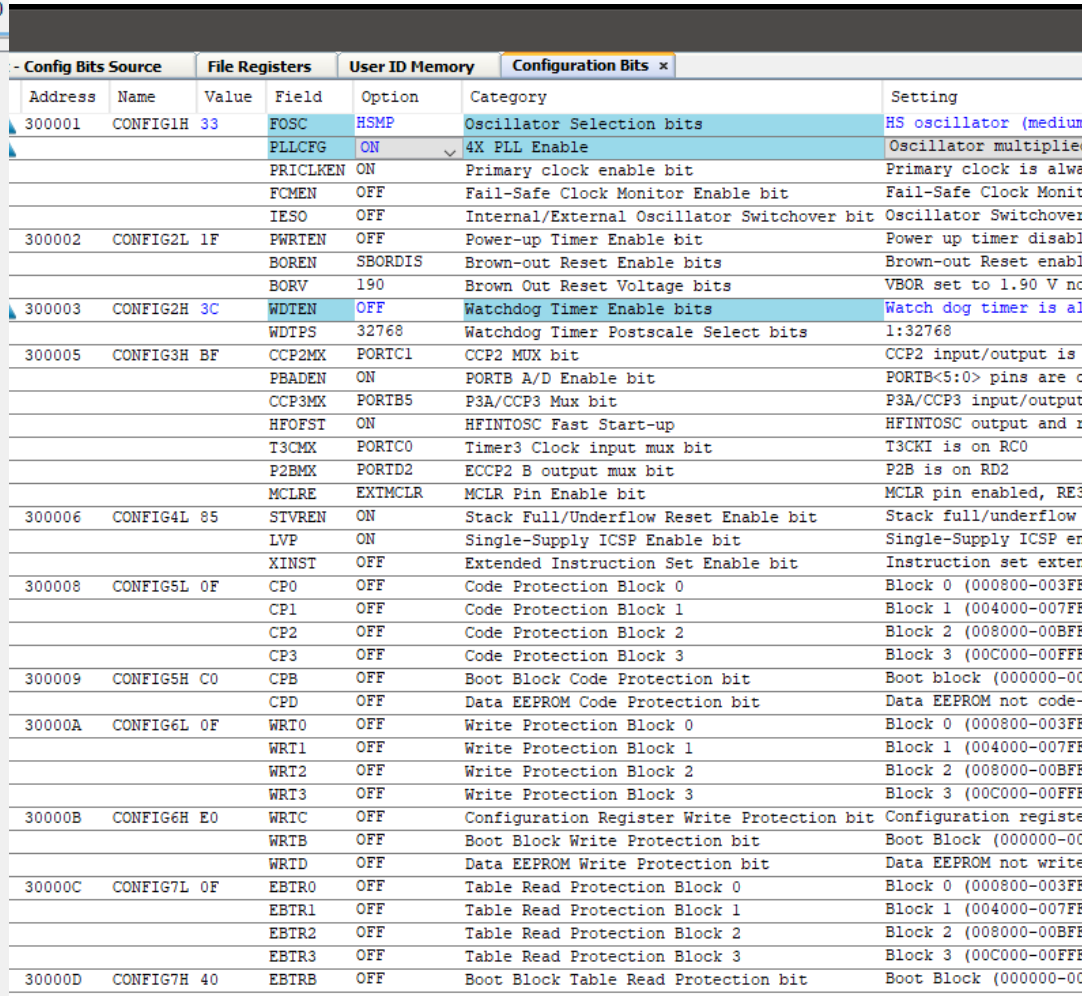
Schema PLL:



# Snadné nastavení v MPLAB



# Práce s dokumentaci

- Datasheet je strukturovaný a najdeme zde kapitoly podle jednotlivých periferii. GPIO, timer, ADC apod.
- Datasheet rozhodne 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

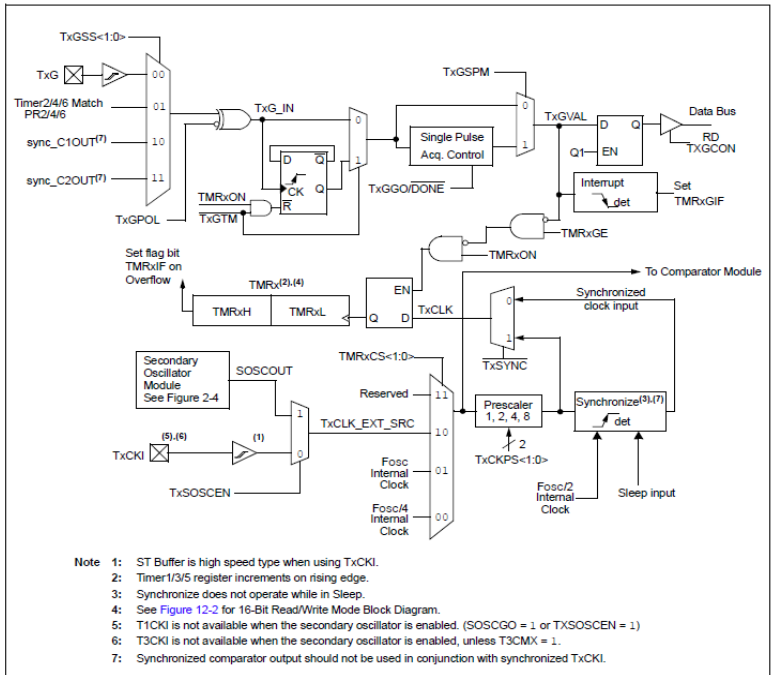
**12.0 TIMER1/3/5 MODULE WITH GATE CONTROL**

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**




Note 1: ST Buffer is high speed type when using TxCKI.
2: Timer1/3/5 register increments on rising edge.
3: Synchronize does not operate while in Sleep.
4: See Figure 12-2 for 16-Bit Read/Write Mode Block Diagram.
5: T1CKI is not available when the secondary oscillator is enabled. (SOSCGO = 1 or TXSOSCEN = 1)
6: T3CKI is not available when the secondary oscillator is enabled, unless T3CMX = 1.
7: Synchronized comparator output should not be used in conjunction with synchronized TxCKI.

# 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

- Napriklad 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 | —(2) | F5Fh | CCPR3H |
| FFEh | TOSH | FD6h | TMR0L | FAEh | RCREG1 | F86h | —(2) | F5Eh | CCPR3L |
| FFDh | TOSL | FD5h | T0CON | FADh | TXREG1 | F85h | —(2) | F5Dh | CCP3CON |
| FFCh | STKPTR | FD4h | —(2) | FACh | TXSTA1 | F84h | PORTE | F5Ch | PWM3CON |
| FFBh | PCLATU | FD3h | OSCCON | FABh | RCSTA1 | F83h | PORTD(3) | F5Bh | ECCP3AS |
| FFAh | PCLATH | FD2h | OSCCON2 | FAAh | EEADRH(4) | 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(1) | 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(1) | FC7h | SSP1STAT | F9Fh | IPR1 | F77h | CM2CON1 | F4Fh | TMR5L |
| FEEh | POSTINC0(1) | FC6h | SSP1CON1 | F9Eh | PIR1 | F76h | SPBRGH2 | F4Eh | T5CON |
| FEDh | POSTDEC0(1) | FC5h | SSP1CON2 | F9Dh | PIE1 | F75h | SPBRG2 | F4Dh | T5GCON |
| FECh | PREINC0(1) | FC4h | ADRESH | F9Ch | HLVDCON | F74h | RCREG2 | F4Ch | TMR6 |
| FEBh | PLUSW0(1) | FC3h | ADRESL | F9Bh | OSCTUNE | F73h | TXREG2 | F4Bh | PR6 |
| FEAh | FSR0H | FC2h | ADCON0 | F9Ah | —(2) | F72h | TXSTA2 | F4Ah | T6CON |
| FE9h | FSR0L | FC1h | ADCON1 | F99h | —(2) | F71h | RCSTA2 | F49h | CCPTMRS0 |
| FE8h | WREG | FC0h | ADCON2 | F98h | —(2) | F70h | BAUDCON2 | F48h | CCPTMRS1 |
| FE7h | INDF1(1) | FBFh | CCPR1H | F97h | —(2) | F6Fh | SSP2BUF | F47h | SRCON0 |
| FE6h | POSTINC1(1) | FBEh | CCPR1L | F96h | TRISE | F6Eh | SSP2ADD | F46h | SRCON1 |
| FE5h | POSTDEC1(1) | FBDh | CCP1CON | F95h | TRISD(3) | F6Dh | SSP2STAT | F45h | CTMUCONH |
| FE4h | PREINC1(1) | FBCh | TMR2 | F94h | TRISC | F6Ch | SSP2CON1 | F44h | CTMUCONL |
| FE3h | PLUSW1(1) | FBBh | PR2 | F93h | TRISB | F6Bh | SSP2CON2 | F43h | CTMUICON |
| FE2h | FSR1H | FBAh | T2CON | F92h | TRISA | F6Ah | SSP2MSK | F42h | VREFCON0 |
| FE1h | FSR1L | FB9h | PSTR1CON | F91h | —(2) | F69h | SSP2CON3 | F41h | VREFCON1 |
| FE0h | BSR | FB8h | BAUDCON1 | F90h | —(2) | F68h | CCPR2H | F40h | VREFCON2 |
| FDFh | INDF2(1) | FB7h | PWM1CON | F8Fh | —(2) | F67h | CCPR2L | F3Fh | PMD0 |
| FDEh | POSTINC2(1) | FB6h | ECCP1AS | F8Eh | —(2) | F66h | CCP2CON | F3Eh | PMD1 |
| FDDh | POSTDEC2(1) | FB5h | —(2) | F8Dh | LATE(3) | F65h | PWM2CON | F3Dh | PMD2 |
| FDCh | PREINC2(1) | FB4h | T3GCON | F8Ch | LATD(3) | F64h | ECCP2AS | F3Ch | ANSELE |
| FDBh | PLUSW2(1) | 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 | —(2) | 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);     // nastaveni RD2 jako výstup
    TRISC |= 0b1;           // nastavení RC0 jako vstup

    while(1){

        if (PORTC & 0b1){               //  kontrola stisknutí BTN1
            LATD ^= (1 << 2);           //  prevrácení LED1 pomocí XOR
        }
        for(long i=1; i<100000; i++);   //  cekání...
    }
    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 stisknuti BTN1
            LATDbits.LATD2 ^= 1;        //  prevráceni LED1 pomoci XOR
        }
        for(long i=1; i<100000; i++);   //  cekani...
    }
    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 .

Přiklad nastavuje část registru s názvem IRCF na 111 která znamená 16MHz víz printscreen

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

Masky:

| & | \| | ^ |
|---|---|---|
| 10011110 | 10011110 | 10011110 |
| 00001111 | 00000001 | 00001111 |
| 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(1) | 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 |

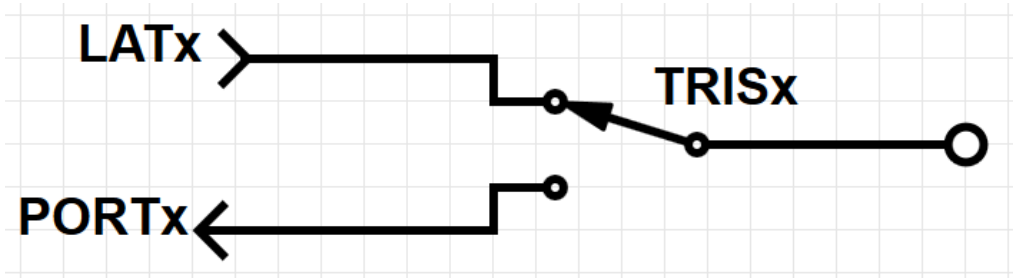
bit 7 **IDLEN:** Idle Enable bit
1 = Device enters Idle mode on SLEEP instruction
0 = Device enters Sleep mode on SLEEP instruction

bit 6-4 **IRCF<2:0>:** Internal RC Oscillator Frequency Select bits(2)
111 = HFINTOSC – (16 MHz)
110 = HFINTOSC/2 – (8 MHz)
101 = HFINTOSC/4 – (4 MHz)
100 = HFINTOSC/8 – (2 MHz)
011 = HFINTOSC/16 – (1 MHz)(3)

If INTSRC = 0 and MFIOSEL = 0:
010 = HFINTOSC/32 – (500 kHz)
001 = HFINTOSC/64 – (250 kHz)
000 = LFINTOSC – (31.25 kHz)

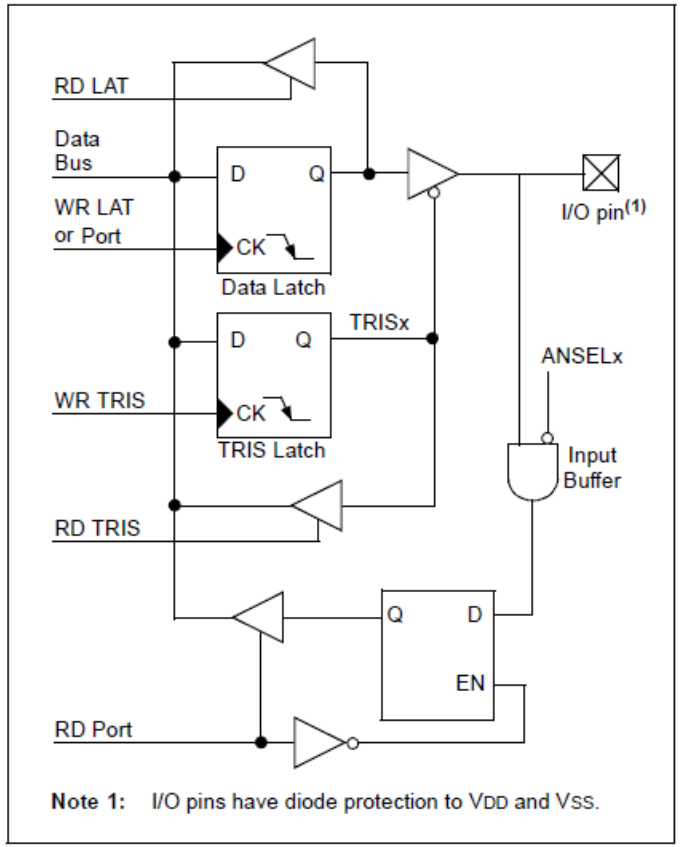
# GPIO pin

- 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**

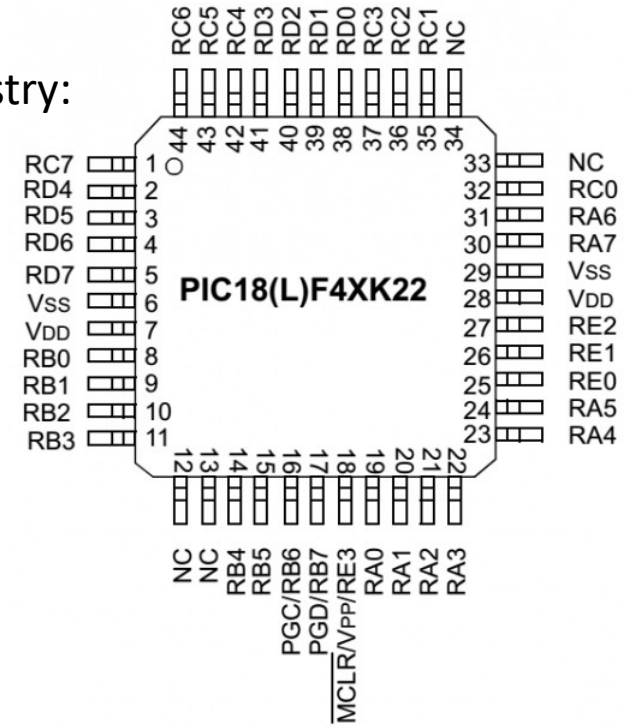


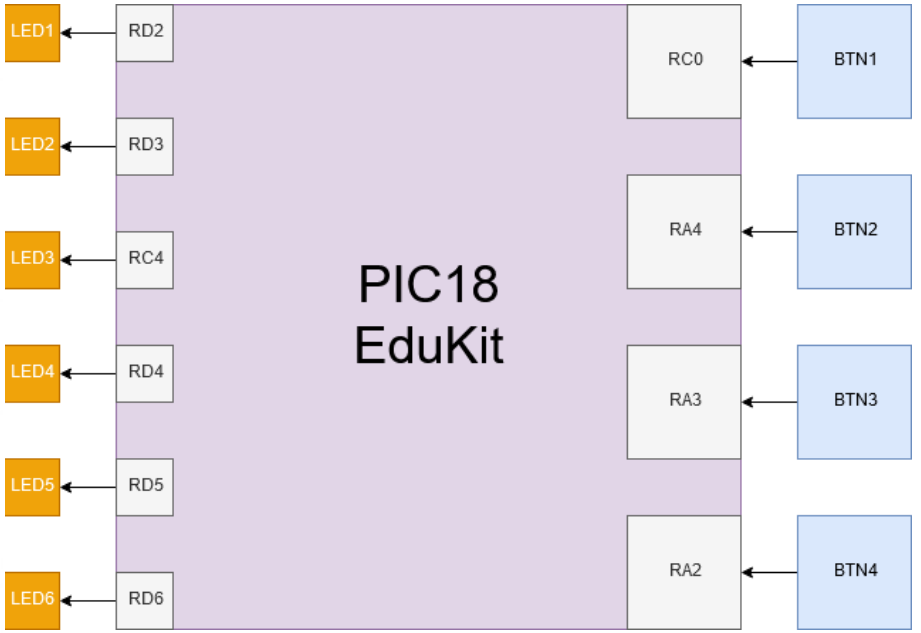

Note 1: I/O pins have diode protection to VDD and VSS.

# 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.

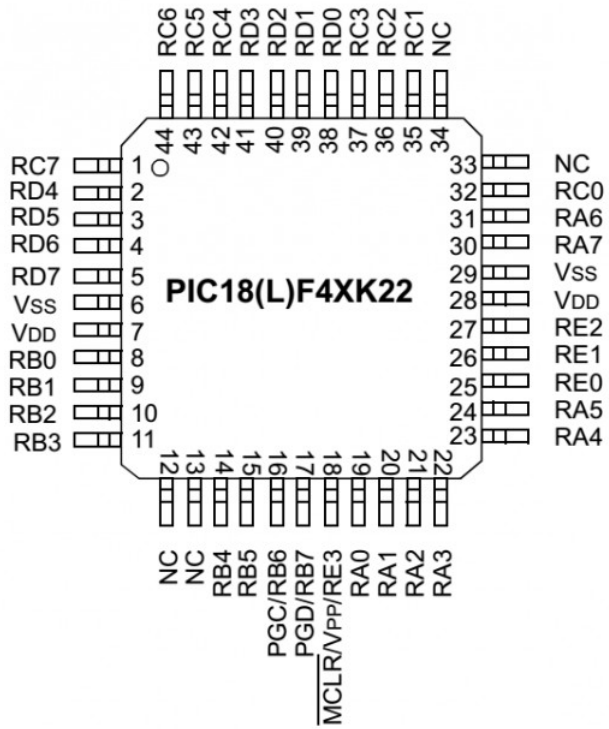
**REGISTER 10-8: TRISx: PORTx TRI-STATE REGISTER(1)**

| 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;
```

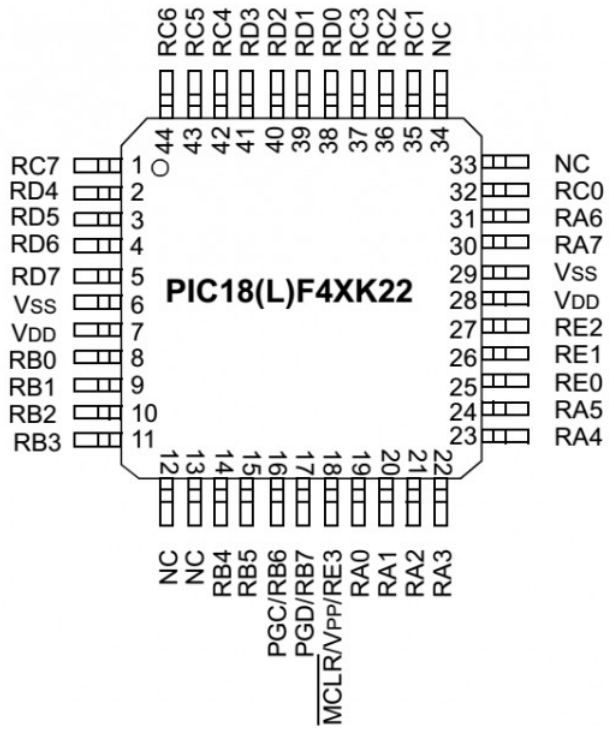
# LATx

**REGISTER 10-10: LATx: PORTx OUTPUT LATCH REGISTER(1)**

| 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(2)




```
LATDbits.LATD2 = 1;                 //zapis logicke 1 na pin
LATDbits.RD2 = 1;                   //totez alternativni nazev s nazvem pinu

LATD = 0xFF;                        //prepsani vsech RD pinu na 1

LATDbits.LATD2 = ~LATDbits.LATD2;   //prevraceni pinu
LATDbits.LATD2 ^= 1;                //xor je často rychlejsi
```

# PORTx

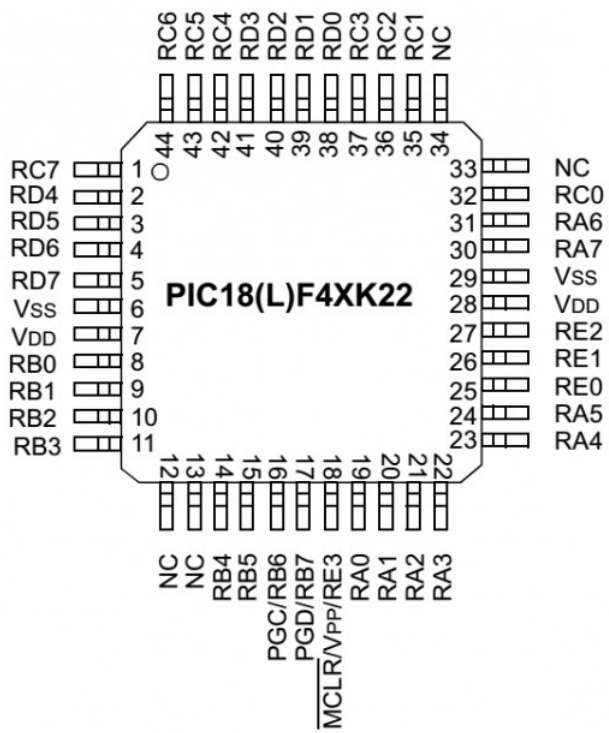
## 10.9 Register Definitions – Port Control

**REGISTER 10-1: PORTX(1): 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(2)




```
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 cele části kódu

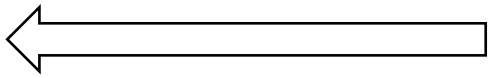
```
#define True     1
#define False    0
#define ledOn(led)      do{ led = 0;}while(0)
#define ledOff(led)     do{ led = 1;}while(0)
#define ledToggle(led)  do{ led = ~led;}while(0)
```

Na EduKitu se přečte zmáčknuté 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
}
```



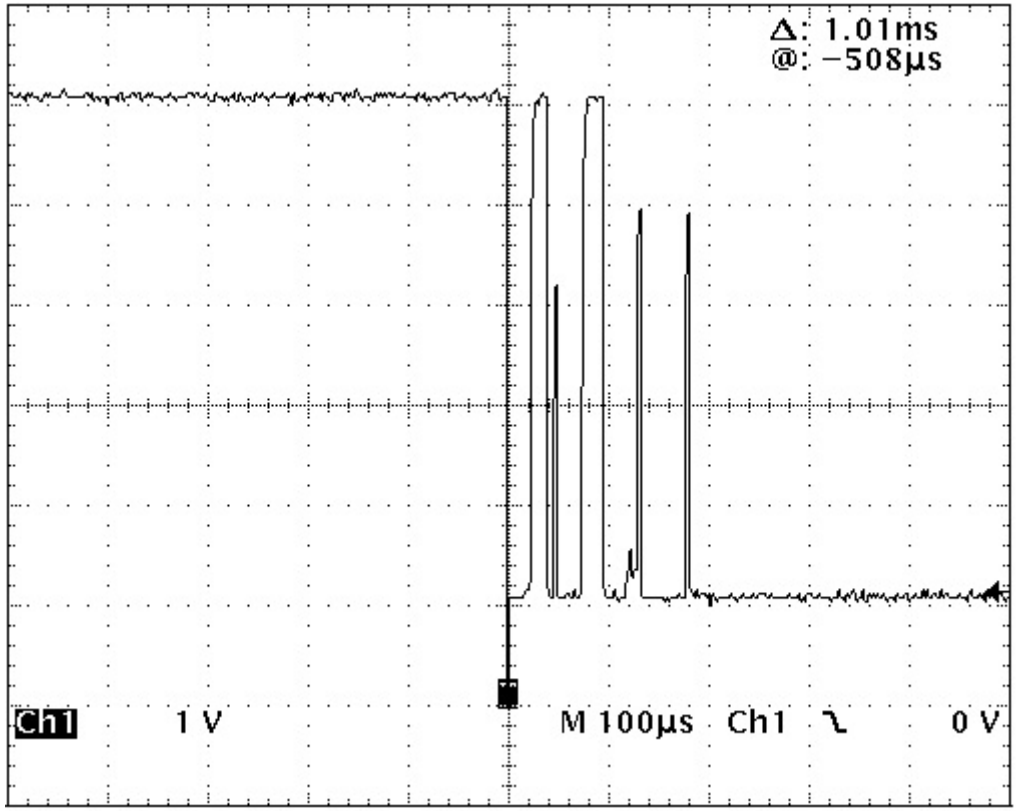
Na cvičení bude pracovat s funkcí obsluhující LED na kitu. Zápis probíhá pomocí proměnné typu char. Kolik a jaké led se rozsvítí po zápisu hodnoty 6dec?

```
void init(void){
    ANSELA = 0x00;
    ANSELC = 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 přečíst tlačítko, počkat a přečíst znovu



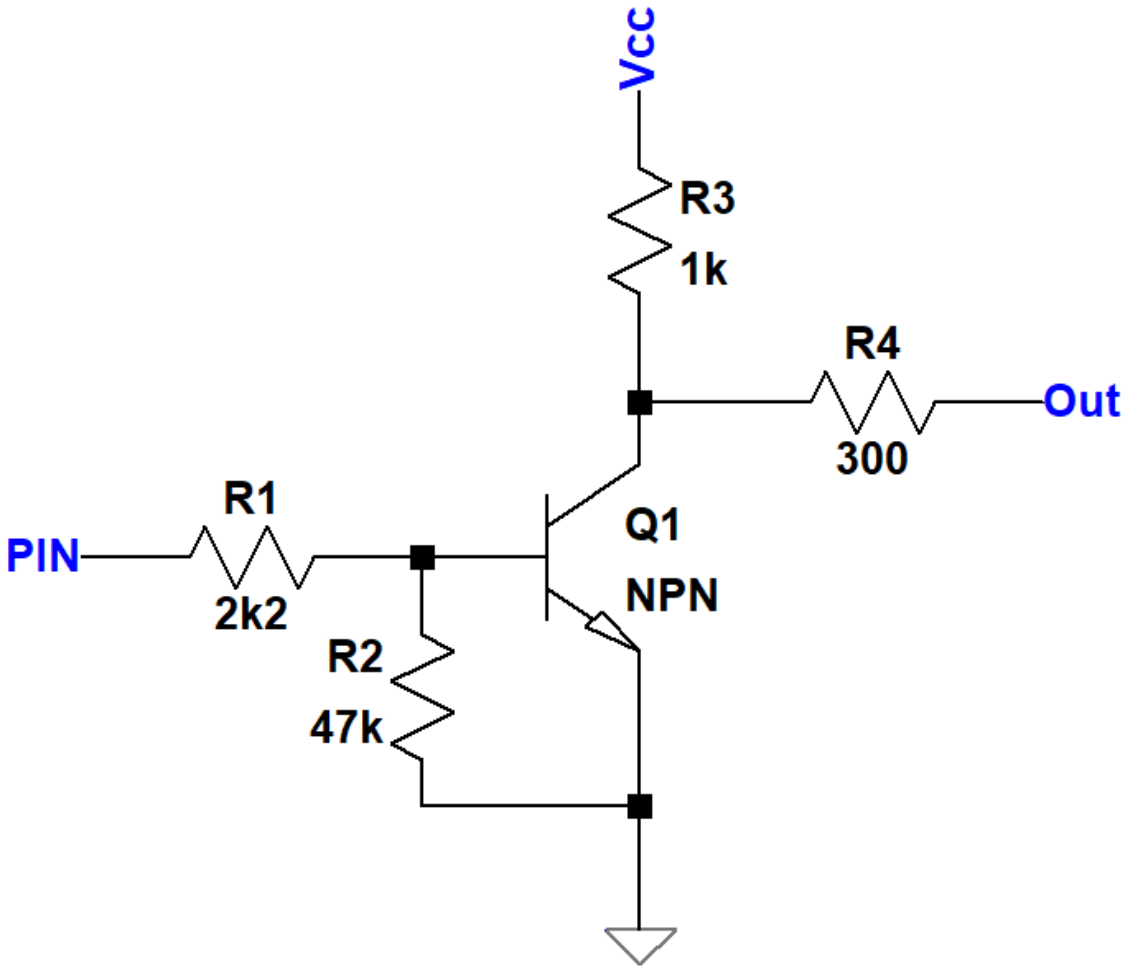
# GPIO příklady

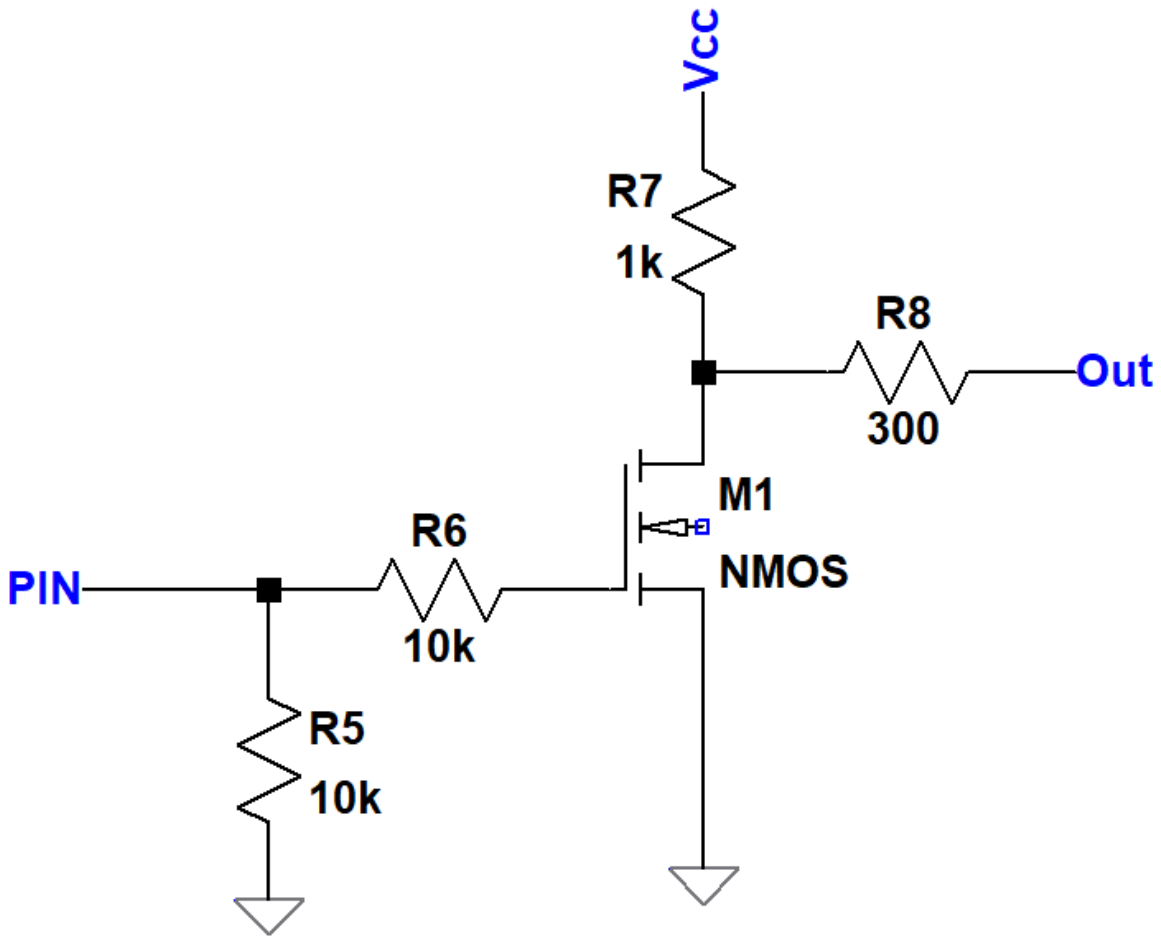
```
void main(void)
{
   init();
   unsigned char leds = 63;

   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

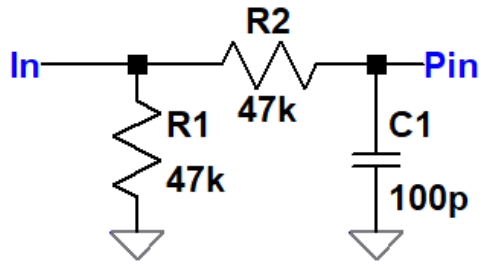
```
while(1){
      if(BTN1 | BTN2 | BTN3 | BTN4){
         __delay_ms(10);
         if(BTN1){
            ledToggle(LED1);
            while(BTN1);
         }
         else if(BTN2){
            ledToggle(LED2);
            while(BTN2);
         }
         else if(BTN3){
            ledToggle(LED3);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

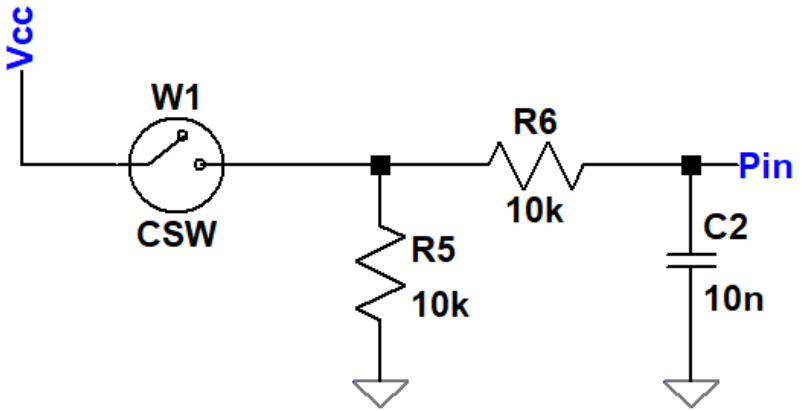
# Hardware

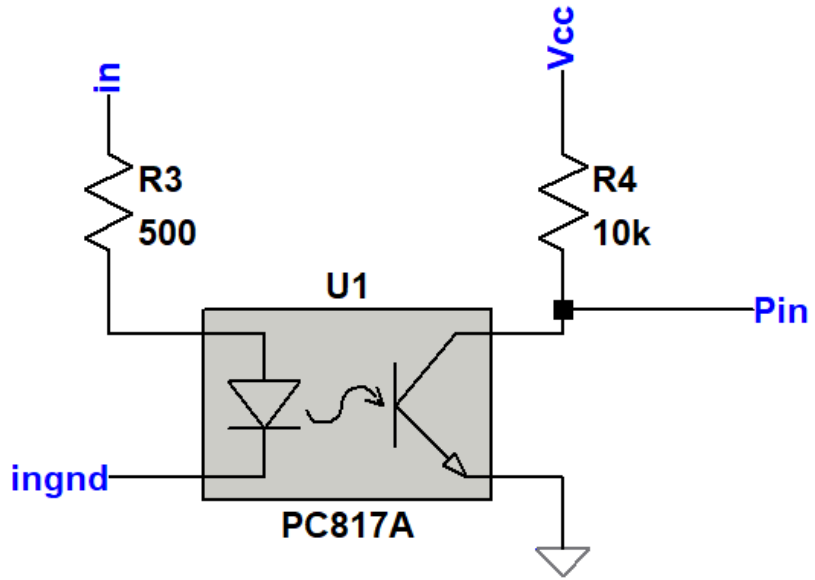

Vcc
R3
1k
R4
300
Out
R1
PIN
2k2
Q1
NPN
R2
47k

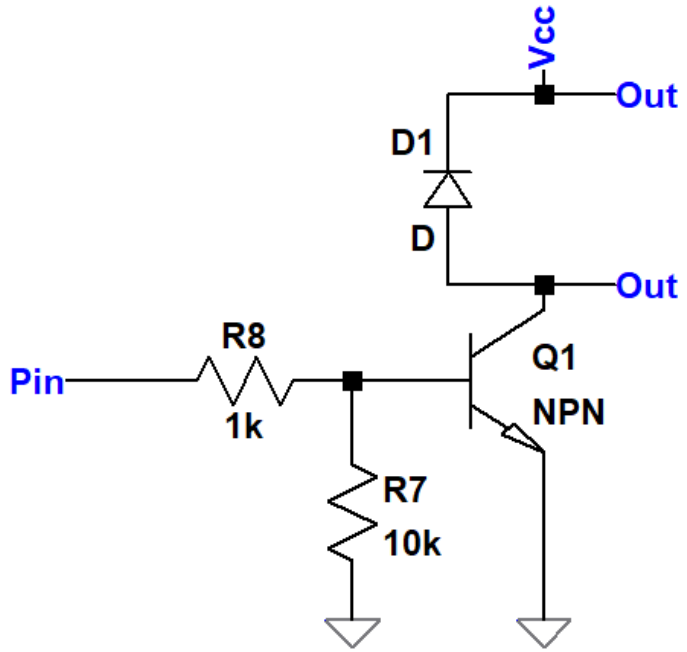

Vcc
R7
1k
R8
300
Out
M1
NMOS
R6
10k
PIN
R5
10k

# Hardware


In
R2
47k
Pin
R1
47k
C1
100p


Vcc
W1
CSW
R6
10k
Pin
R5
10k
C2
10n


in
R3
500
Vcc
R4
10k
U1
Pin
ingnd
PC817A


Vcc
Out
D1
D
Out
R8
Pin
1k
Q1
NPN
R7
10k