

# Aplikace Embedded systémů v Mechatronice

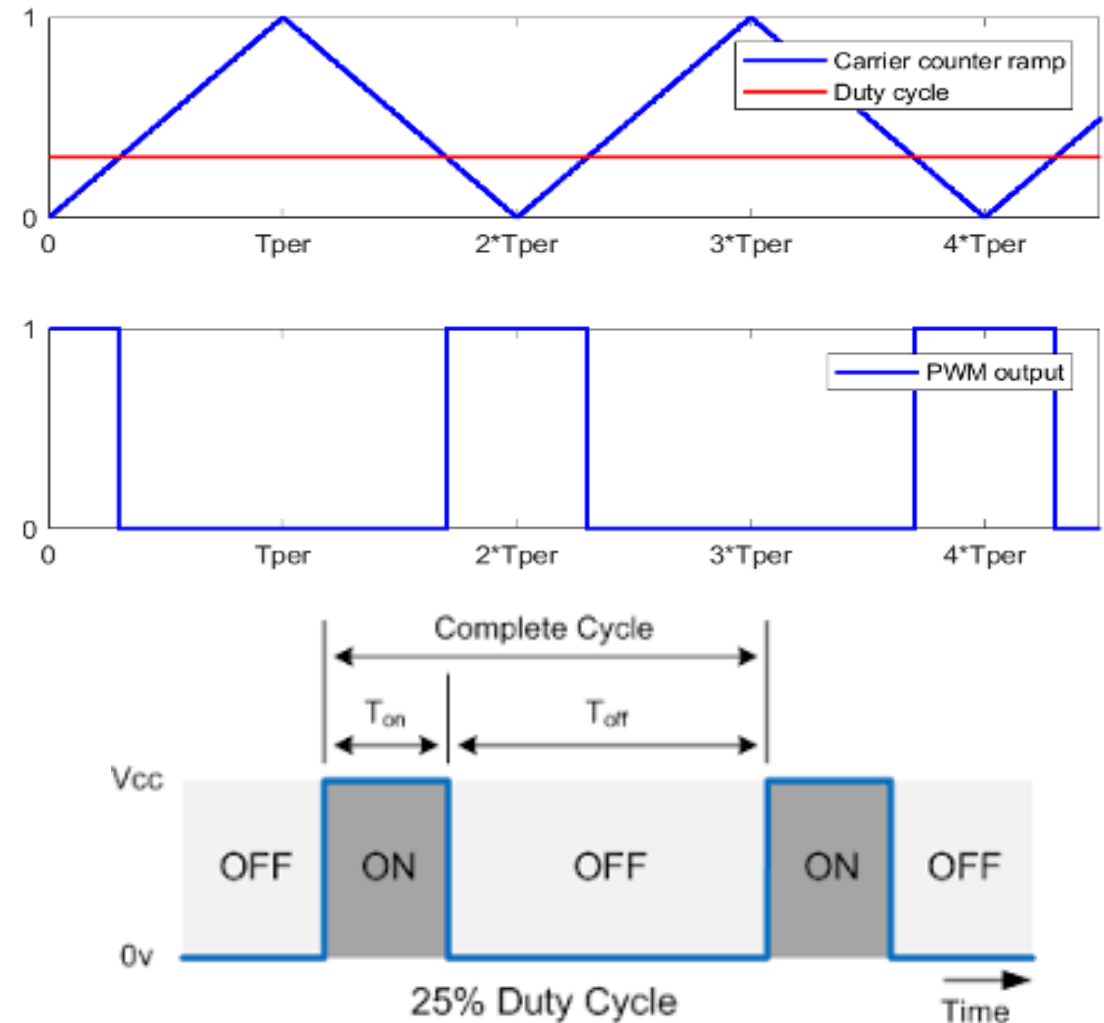


Michal Bastl

# PWM

## PWM – pulsně šířková modulace

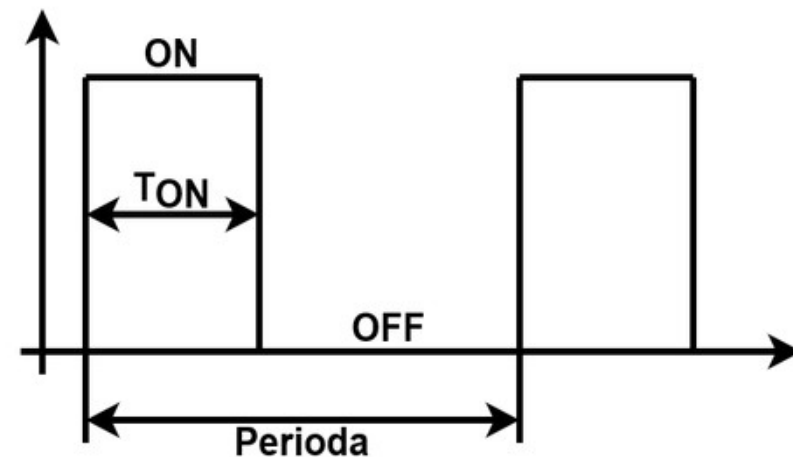
- používá se k regulaci výkonu.
- spínací součástky mají jen stavy.  
zapnuto/vypnuto (to je mnohem lepší z hlediska ztrát).
- je umožněna díky dynamickým vlastnostem  
(setrvačnost dějů).
- Například regulace jasu LED diody je možná,  
protože lidský zrak nepostihne rychlé přepínání.
- Ve skutečnosti LED rychle bliká.
- Elektrický pohon má zase setrvačnost a to jak  
elektrickou, tak mechanickou.



# PWM

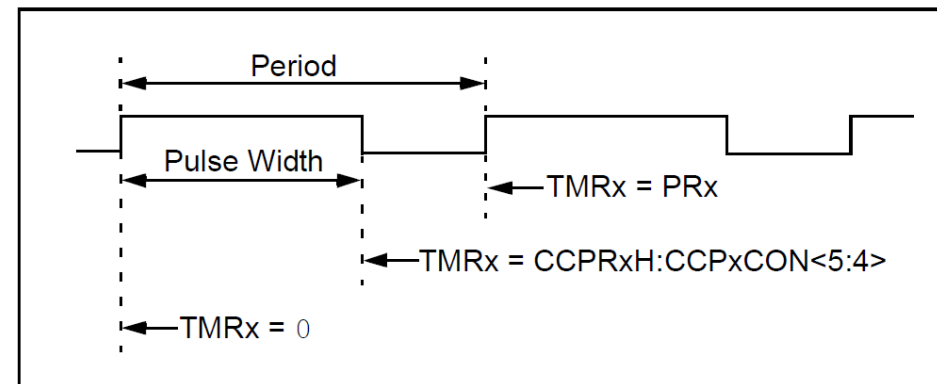
## Důležité parametry PWM:

- Frekvence-jedná se o frekvenci celého cyklu, tak je většinou fixní.
- V praxi se používají různé frekvence.
- V elektrických pohonech se nejčastěji setkáváme s frekvencemi 10-20 kHz.
- Jinde to může být různé-v audio aplikacích více jak 100 kHz.
- V topných systémech i jednotky Hz.
- Dalším parametrem je střída (duty cycle).
- Je to poměr zapnutého času k celkové periodě PWM.
- Právě střída se u PWM nastavuje a tím se reguluje výkon.
- Střída tedy může nabývat hodnot 0-1, respektive 0-100%.
- Střída 1 tedy znamená plný výkon, 0,5 pak poloviční.



$$DUTY = \frac{T_{ON}}{PERIOD}$$

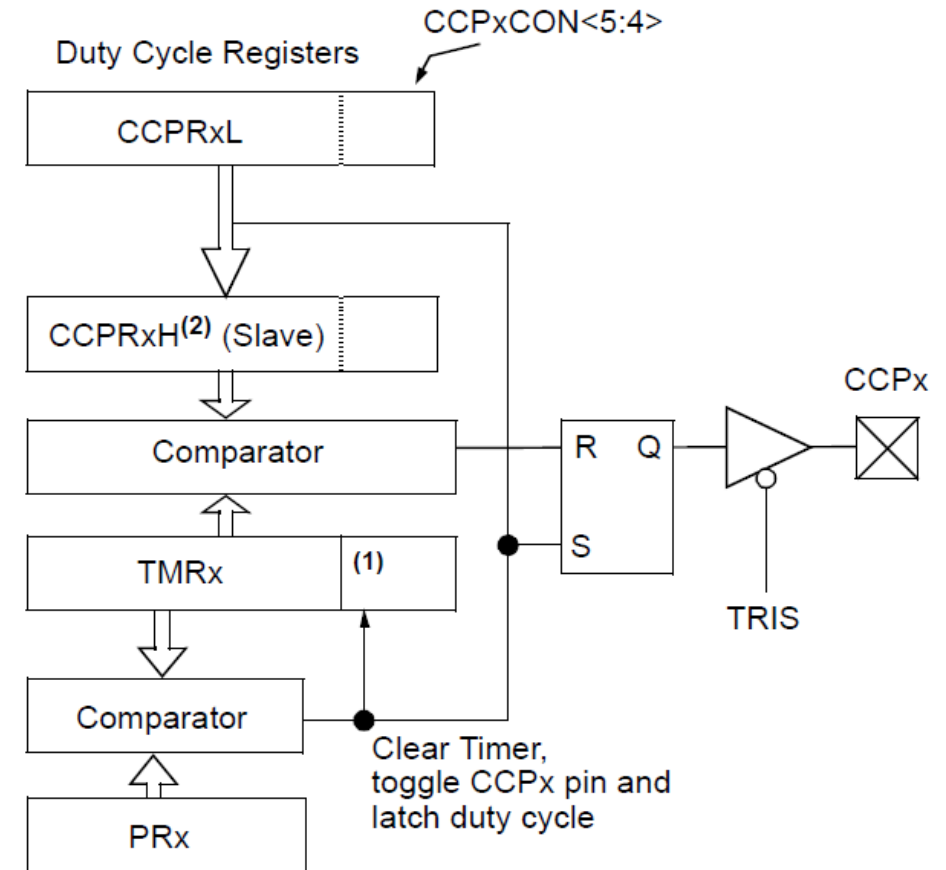
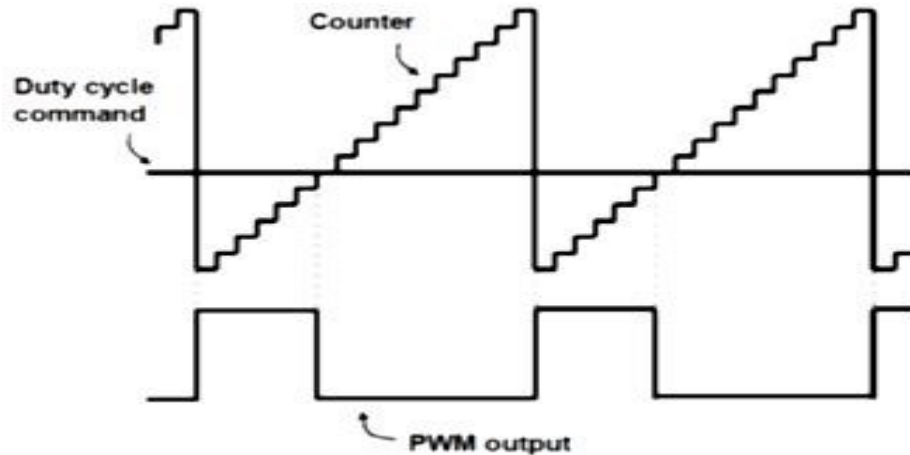
FIGURE 14-3: CCP PWM OUTPUT SIGNAL



# PWM PIC18

## Generátor PWM lze digitálně realizovat následovně:

- Mám čítač impulsů, což může být například TIMER na PIC18.
- Mám zdroj hodinových pulzů.
- Čítač načítá až do své maximální hodnoty poté přeteče.
- Tento signál by měl v podstatě trojúhelníkový průběh.
- Pomocí binárního komparátoru mohu porovnávat aktuální hodnotu čítače s dalším registrem.
- Výsledek komparace zobrazím na pin kontroléru.
- Pokud mám 8-bit čítač, který načítá až do 255 a nastavím hodnotu v registru 128 mám právě poloviční střihu na pinu.



### EQUATION 14-1: PWM PERIOD

$$PWMPeriod = [(PRx) + 1] \cdot 4 \cdot TOSC \cdot (TMRx \text{ Prescale Value})$$

**Note 1:**  $TOSC = 1/FOSC$

# PWM PIC18 postup

- 1) Nastavení pinů jako input
- 2) Zvolení Timeru CxTSEL v CCPTMRSx
- 3) Nastavení period registru Prx
- 4) Nastavení CCPxCON podle modu který chci
- 5) Vynulování TMRxIF
- 6) Zapnutí timeru
- 7) Počkám na první přetečení pomocí while
- 8) V PSTRxCON mohu nastavit steering (zapnu stejnou PWM na různé piny)
- 9) Nastavím piny jako output

```
//init - PWM
TRISDbits.RD5 = 1;           // vypnu pin P1B
TRISCbits.RC2 = 1;           // vypnu pin P1A
CCPTMRS0bits.C1TSEL = 0b00;  // Timer 2
PR2 = 199;                   // f = 10kHz
CCP1CONbits.P1M = 0b00;      // PWM single
CCP1CONbits.CCP1M = 0b1100;  // PWM single
CCPR1L = 0;                  // strida 0%
TMR2IF = 0;                  // az pretece timer
TMR2ON = 1;                  // staci zapnout defaultne
while(!TMR2IF){};           // cekam az jednou pretece
PSTR1CON |= 0b11;            // P1B a P1A

TRISDbits.RD5 = 0;           // zapnu pin P1B
TRISCbits.RC2 = 0;           // zapnu pin P1A
```

# PWM PIC18 registry

**REGISTER 14-2: CCPxCON: ENHANCED CCPx CONTROL REGISTER**

R/x-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PxM<1:0>		DCxB<1:0>		CCPxM<3:0>			
bit 7		bit 0					



# PWM PIC18 registry

**REGISTER 14-3: CCPTMRS0: PWM TIMER SELECTION CONTROL REGISTER 0**

R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
C3TSEL<1:0>		—	C2TSEL<1:0>		—	C1TSEL<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 7-6 **C3TSEL<1:0>**: CCP3 Timer Selection bits  
 00 = CCP3 – Capture/Compare modes use Timer1, PWM modes use Timer2  
 01 = CCP3 – Capture/Compare modes use Timer3, PWM modes use Timer4  
 10 = CCP3 – Capture/Compare modes use Timer5, PWM modes use Timer6  
 11 = Reserved

bit 5 **Unused**

bit 4-3 **C2TSEL<1:0>**: CCP2 Timer Selection bits  
 00 = CCP2 – Capture/Compare modes use Timer1, PWM modes use Timer2  
 01 = CCP2 – Capture/Compare modes use Timer3, PWM modes use Timer4  
 10 = CCP2 – Capture/Compare modes use Timer5, PWM modes use Timer6  
 11 = Reserved

bit 2 **Unused**

bit 1-0 **C1TSEL<1:0>**: CCP1 Timer Selection bits  
 00 = CCP1 – Capture/Compare modes use Timer1, PWM modes use Timer2  
 01 = CCP1 – Capture/Compare modes use Timer3, PWM modes use Timer4  
 10 = CCP1 – Capture/Compare modes use Timer5, PWM modes use Timer6  
 11 = Reserved

//init – PWM

PSTR1CON = 0b11;

CCPTMRS0bits.C1TSEL = 0b00;

PR2 = 200;

CCP1CON = 0b00001100;

CCPR1L = 200;

//P1A PWM

//timer2 will be used

//period

//enable PWM

//duty cycle

//init - timer2

T2CON = 0b00111101;

# PWM PIC18 registry

**REGISTER 14-7: PSTRxCON: PWM STEERING CONTROL REGISTER<sup>(1)</sup>**

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1
—	—	—	STRxSYNC	STRxD	STRxC	STRxB	STRxA
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 7-5	<b>Unimplemented:</b> Read as '0'
bit 4	<b>STRxSYNC:</b> Steering Sync bit 1 = Output steering update occurs on next PWM period 0 = Output steering update occurs at the beginning of the instruction cycle boundary
bit 3	<b>STRxD:</b> Steering Enable bit D 1 = PxD pin has the PWM waveform with polarity control from CCPxM<1:0> 0 = PxD pin is assigned to port pin
bit 2	<b>STRxC:</b> Steering Enable bit C 1 = PxC pin has the PWM waveform with polarity control from CCPxM<1:0> 0 = PxC pin is assigned to port pin
bit 1	<b>STRxB:</b> Steering Enable bit B 1 = PxB pin has the PWM waveform with polarity control from CCPxM<1:0> 0 = PxB pin is assigned to port pin
bit 0	<b>STRxA:</b> Steering Enable bit A 1 = PxA pin has the PWM waveform with polarity control from CCPxM<1:0> 0 = PxA pin is assigned to port pin

//init – PWM

PSTR1CON = 0b11;

CCPTMRS0bits.C1TSEL = 0b00;

PR2 = 200;

CCP1CON = 0b00001100;

CCPR1L = 200;

//P1A PWM

//timer2 will be used

//period

//enable PWM

//duty cycle

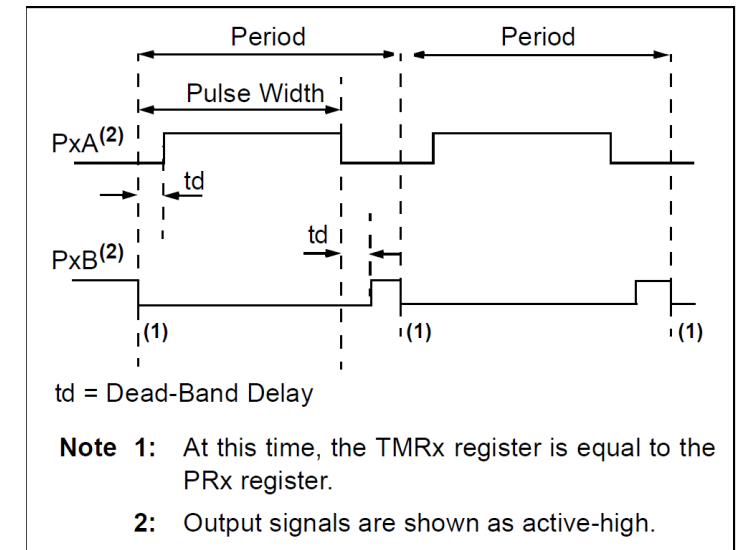
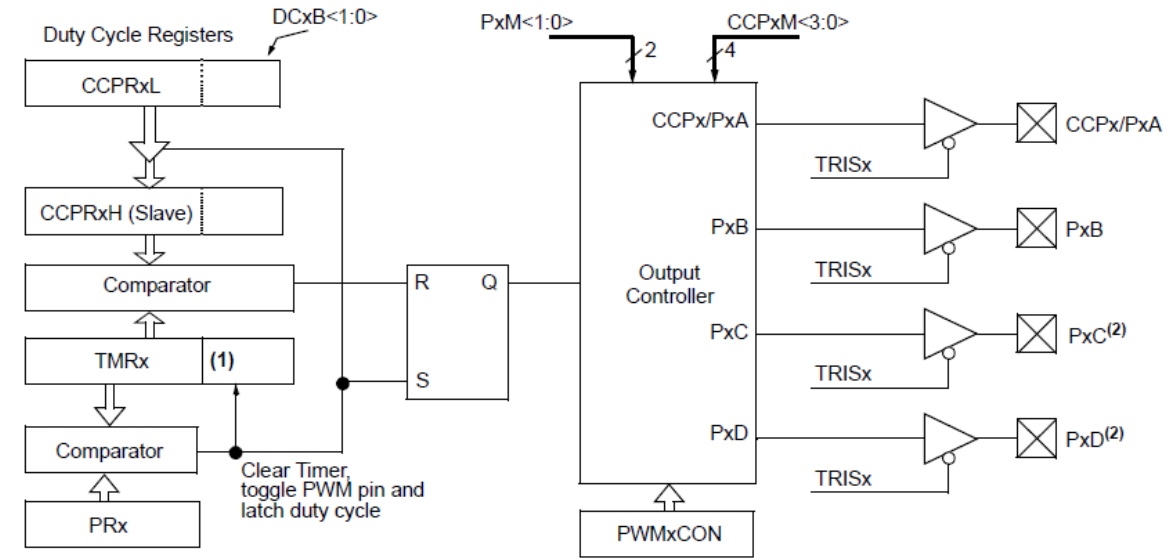
//init - timer2

T2CON = 0b00111101;



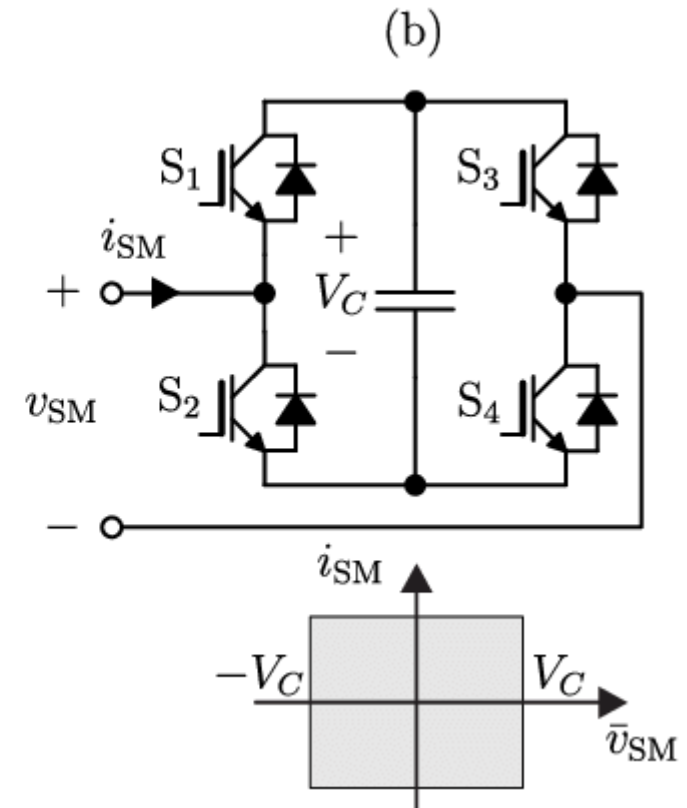
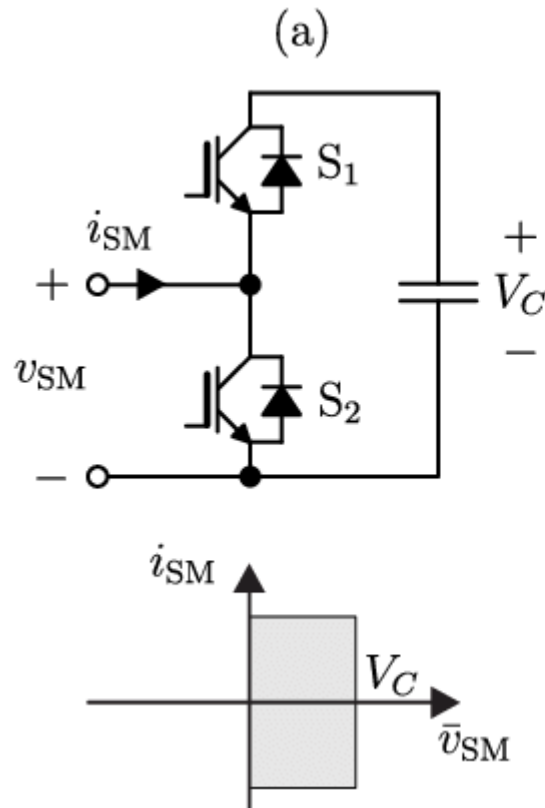
# PWM PIC18 módy

- Kromě jednoduchého single modů umožňuje PWM periferie další specializované konfigurace.
- Half-bridge.
- Full-bridge.
- Dále mohu v těchto konfiguracích generovat dead-time, což umožňuje spínat dva tranzistory nad sebou.
- Mezi sepnutím musí existovat určitý čas, než je předchozí tranzistor spolehlivě vypnut.
- Mezi další možnosti patří konfigurace shut-down modu, kde mohu definovat stav pinu P1A, P1B, P1C a P1D po vyvolání události.
- Událostí může být změna logické hodnoty na definovaném pinu MCU.



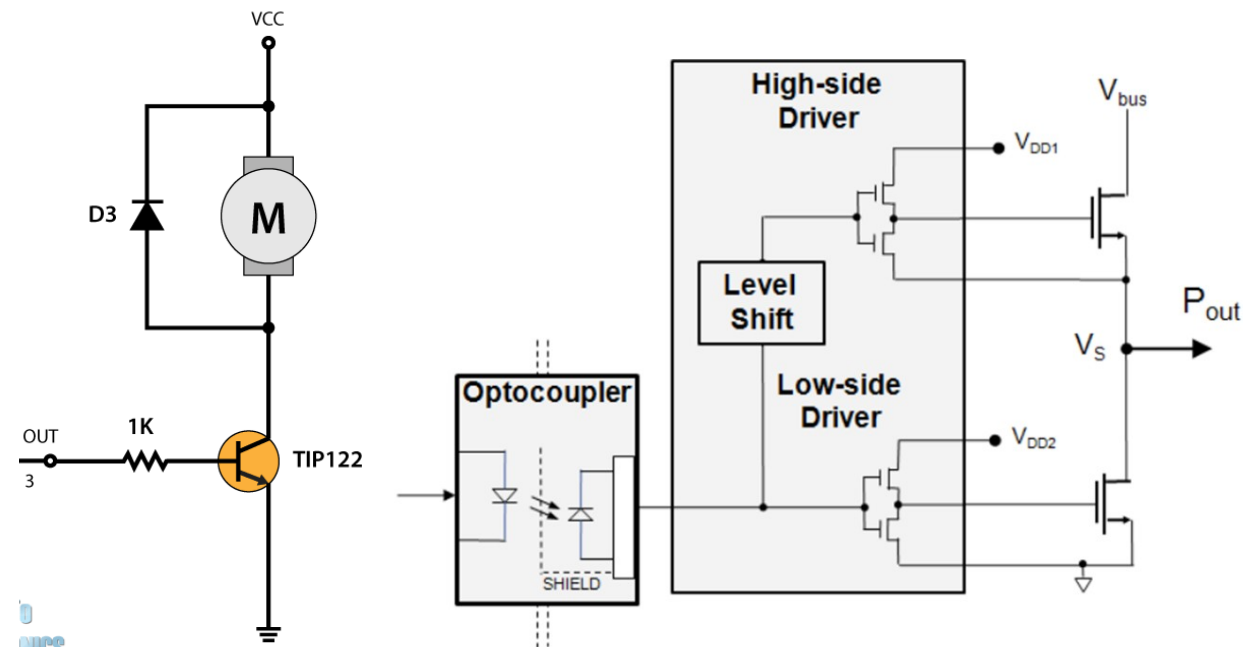
# PWM PIC18 módy

- Enhanced PWM modul obsahuje navíc módy half a full bridge
- Jedná se o dobře známá zapojení z výkonové elektroniky
- Ovládání DC motoru, power audio a nebo spínání výkonových transformátorů
- Half-bridge dokáže ovládat oba směry proudu
- Zatímco full-bridge již umožňuje operovat ve všech kvadrantech
- U motoru to například znamená, že je možné provozovat motorické a generátorické režimy v obou směrech

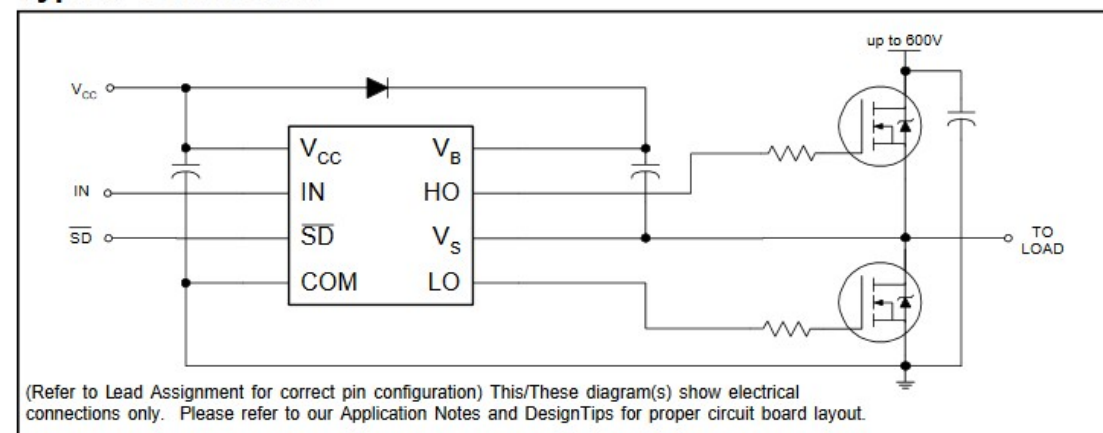


# Regulace výkonu

- Při použití N-MOS nastává problém se spínáním horního tranzistoru
- Řeší to použití speciálního zákaznického obvodu tzv. driveru
- Obvod řeší i dead-time, tedy ochranu proti sepnutí obou tranzistorů nad sebou do zkratu
- Infineon IR2104 ( vpravo dole)



Typical Connection



# PWM PIC18 módy

- Motor lze ovládat jedním PWM MOT IN 1 Pin P1A.
- MOT IN 2 pak pomocí běžného GPIO pinu volí DIR (směr motoru).
- Invertuje se i PWM!!!
- Tedy pokud máte hodnotu střídý 200, tak bude motor reagovat jako na 55.
- V jednom směru tedy platí střída **s** a v druhém **1-s**.

