

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR CÂMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO

EC45C - Sistemas Microcontrolados Turmas: C51A/C51B

Prática L9 – Módulo CCP: modo PWM.

Objetivos:

- Criar um *firmware* com foco na geração de um sinal PWM.
- Simular o *firmware* no Proteus.
- Testar o firmware no kit didático XM118.
- Agrupar os arquivos gerados para envio pelo Moodle.

Módulo CCP - Modo PWM

No modo PWM, o módulo CCP pode gerar sinais modulados em largura de pulso (PWM - Pulse Width Modulation), que consiste em uma onda quadrada com período fixo e largura de pulso variável.

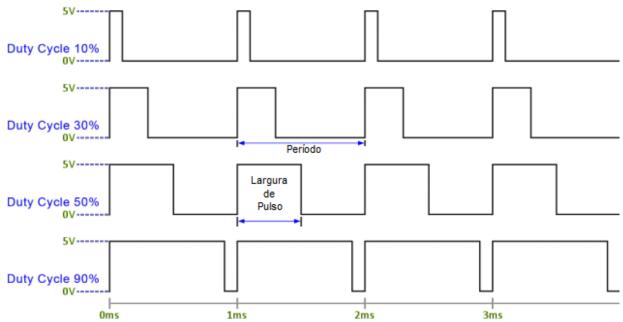


Figura 1: Sinais PWM com diferentes duty cycles.

A largura do pulso em estado lógico alto dividida pelo período do sinal define o *duty cycle* (ou ciclo de trabalho) do sinal PWM.

A maior parte das aplicações de PWM para microcontroladores se aproveita da propriedade da energia de um sinal retangular ser proporcional ao seu *duty cycle* (a energia de um sinal está relacionada com a área entre o sinal e o eixo do tempo). Vamos imaginar que um sinal PWM é aplicado a uma lâmpada. Um *duty cycle* de 100% (sinal sempre em '1') fará a lâmpada acender em sua potência máxima; já um sinal com 70% de tempo em alto entrega a lâmpada 70% da potência máxima, e assim por diante. Essa propriedade é utilizada no acionamento de cargas DC, controle de motores, etc.

Outra característica importante do PWM é que, se o sinal for filtrado, podemos obter níveis analógicos proporcionais ao *duty cycle*.

O CCP precisa de uma base de tempo para designar o período do sinal PWM e utiliza o Timer 2 para conseguir essa base. Isso pode ser observado no diagrama de blocos do PWM.

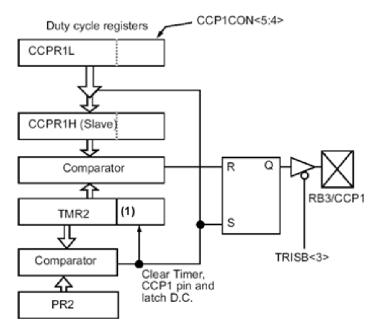


Figura 2: Diagrama funcional do módulo CCP em modo PWM.

A geração do sinal PWM é feita da seguinte forma: cada vez que TMR2 coincide com PR2, o pino RB3/CCP1 é setado e TMR2 é reiniciado. Isso nos dá a frequência do sinal. O *duty cycle* é definido comparando o CCPR1H concatenado com os bits 5 e 4 de CCP1CON com TMR2 concatenado com mais dois bits, da pré-escala ou gerados pelos ciclos Q. Quando há a coincidência, o pino RB3/CCP1 é zerado. As concatenações nos dão 10 bits de resolução. Esse processo pode ser observado na figura a seguir.

O registro CCPR1H não é acessível para leitura no modo PWM. O *duty cycle* é configurado através de CCP1L e dos bits 4 e 5 de CCP1CON. Esse valor 'e atualizado em CCPR1H e nos bits de latch a cada período.

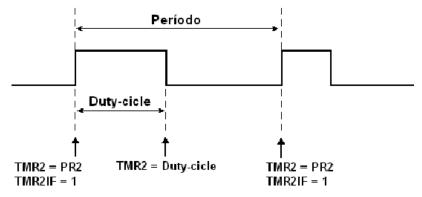


Figura 3: Diagrama funcional do módulo CCP em modo PWM.

Configurar o PWM se resume a estabelecer sua frequência e seu *duty cycle*. De posse desses dois parâmetros, é possível calcular os valores de cada registro.

O período é o inverso da frequência e é configurado através de PR2 e da pré-escala do TMR2 e pode ser calculado através da equação 1:

$$T_{PWM} = (PR2 + 1) \times 4 \times T_{OSC} \times PS \tag{1}$$

Onde:

 T_{PWM} = Período do PWM;

PR2 = Registro de comparação do Timer2;

 T_{OSC} = Período de um clock do oscilador externo;

PS = pré-escala do TMR2.

Para encontrar o valor de PR2 a partir de um dado período, pode ser usada a equação 2.

$$PR2 = \frac{T_{PWM}}{4 \times T_{OSC} \times PS} - 1 \tag{2}$$

O valor de PR2 deve ser inteiro e menor que 256. Logo, em alguns casos, será necessário arredondar esse valor, o que pode gerar um pequeno erro entre a frequência desejada e a real. Com valores diferentes de pré-escala podemos chegar a valores menores que 256 e a aproximações que levem a um erro menor.

O duty cycle por sua vez é configurado através de CCPR1L e dos bits 4 e 5 de CCP1CON. Geralmente se especifica o duty cycle em porcentagem do tempo total. Assim, dado um duty cycle (DC), o tempo de pulso (t_p) correspondente a ele é encontrado pela equação 3:

$$t_p = T_{PWM} \times DC \tag{3}$$

ou pela equação 4:

$$t_p = DC[9:0] \times T_{OSC} \times PS \tag{4}$$

Lembrando que DC[9:0] é um valor de 10 bits obtido pelos oito bits mais significativos armazenados no registrador CCP1RL mais os dois bits menos significativos armazenados nos bits 5 e 4 de CCP1CON. Isto define a resolução máxima do CCP em modo PWM: 10 bits.

Detalhes sobre os registradores que configuram os módulos CCP em modo PWM podem ser encontrados na seção 15 do *datasheet* do PIC18F4550.

ATIVIDADES

1- Download do circuito de simulação.

Acesse a plataforma Moodle e faça o *download* do circuito L9.pdsprj e da biblioteca NXLCD. Salve os arquivos no seguinte diretório de trabalho:

{Disciplina} {Turma} {Grupo} {Número do roteiro}

Ex: C:\EC45C C51A B1 L9

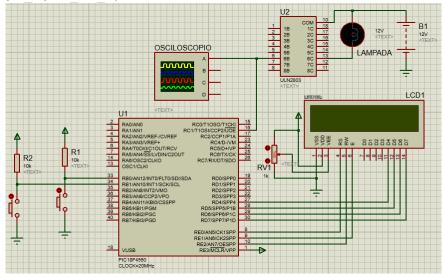


Figura 4: Circuito da atividade L9.

2- Desenvolvimento do firmware.

Crie um novo projeto no MPLAB denominado L9 e salve-o no diretório de trabalho criado na atividade anterior.

Desenvolva um firmware capaz de:

- Configurar o CCP2 para gerar na saída RC1 um sinal PWM com frequência de 4 kHz e razão cíclica variável a partir de ajustes do usuário.
- Ajustar a razão cíclica do sinal PWM a partir de comandos do usuário por meio dos botões conectados a RB0 e RB1. Utilize as interrupções externas INT0 e INT1.
 - A cada aperto do botão conectado a RB0, a razão cíclica deve ser incrementada em 10%.
 Caso haja aperto do botão RB0 e a razão cíclica já for máxima (100%), mantenha-a em 100 %:
 - A cada aperto do botão conectado a RB1, a razão cíclica deve ser decrementada em 10%.
 Caso haja aperto do botão RB0 e a razão cíclica já for mínima (0%), mantenha-a em 0 %.
- Escrever no display alfanumérico as seguintes informações:
 - o Linha 1: 12 Vdc Lampada
 - Linha 2: Duty-Cycle = XX%, onde XX é o valor percentual da razão cíclica do sinal PWM em questão.
 - o Atualize o LCD somente quando houver modificação no valor da razão cíclica.

Observações sobre o kit didático XM118:

Possui um cristal de 20 MHz.

Para que o sinal de PWM chegue à lâmpada, o pino 4 do DIP switch CH3 deve ser ligado.

3- Simulação do firmware gerado no Proteus.

Simule o firware no Proteus e apresente o funcionamento ao professor.

4- Gravação e execução do código de máquina no microcontrolador

Grave o código de máquina no microcontrolador e apresente o funcionamento ao professor.

5- Envio dos resultados para plataforma Moodle.

Compacte o diretório de trabalho com o projeto do *firmware* L9 em um arquivo <u>.zip</u>.

Nomeie o arquivo obedecendo o seguinte formato: {Disciplina}_{Turma}_{Grupo}_{Número do roteiro}.zip Ex: EC45C_C51A_G1_L9.zip

Envie o arquivo compactado acessando a atividade "L9".