

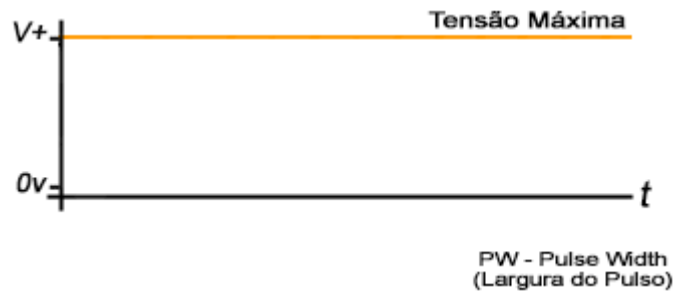
# PWM - Modulação Por Largura de Pulso

## Introdução

Com a necessidade de se controlar a tensão entregue aos sistemas eletrônicos, e por sua vez, a potência foi inventada nos anos 60 uma técnica eficaz e muito comum atualmente capaz de controlar a carga desejada, em substituição a técnica on-off, modulação por frequência (FM), ou até mesmo as técnicas que utilizavam cargas em serie, como resistores variáveis, para controlar a carga.

A técnica de PWM é empregada em diversas áreas da eletrônica, talvez a mais comum seja a utilização em fontes chaveadas mas também pode ser utilizada para controle de velocidade de motores, controle de luminosidade, controle de servo motores e diversas outras aplicações. PWM significa "Pulse Width Modulation" ou Modulação de Largura de Pulso, ou seja, através da largura do pulso de uma onda quadrada é possível o controle de potência ou velocidade.

Imagine uma chave simples liga e desliga, quando ligada 100% da tensão e da potencia é aplicada a carga, já quando a chave esta aberta a tensão é nula e assim a potência é 0. Quando controlamos o tempo que a chave fica ligada e conseqüentemente o tempo dela desligada podemos controlar a potencia média entregue a carga, por exemplo: a chave fica ligada 50% ligada e 50% desligada, isso quer dizer que em média temos 50% do tempo com corrente e 50% sem. Portanto a potência média aplicada na carga é a própria tensão média, ou seja, 50%, portanto quanto maior o tempo que o pulso se manter em nível lógico alto, ou seja, ligado maior a potencia entregue a carga, quanto menor o tempo em nível lógico alto menor a entrega de potencia.



A grande diferença entre um controle PWM e um controle FM - Frequência modulada, é que no PWM a frequência permanece fixa, normalmente em um valor alto suficiente para não afetar o funcionamento do equipamento a ser controlado e que a forma de onda resultante seja a mais suave possível, normalmente para controle de velocidade de motores por exemplo é utilizado dezenas de KHz, já pra controladores de luminosidade como "dimmer" de uma lâmpada podemos utilizar centenas de Hz, ou para aplicações de áudio ou fontes como as de computadores podemos utilizar centenas de KHz.

## Funcionamento

Considerando uma onda quadrada, para o funcionamento correto do PWM devemos variar a largura de pulso da onda, para efeito de calculo dois parâmetros são necessários o período e a largura do pulso propriamente dita, chamada de duty-cycle, definida em porcentagem segundo a formula:

$$DutyCycle = 100X \frac{LarguraDoPulso}{Periodo}$$

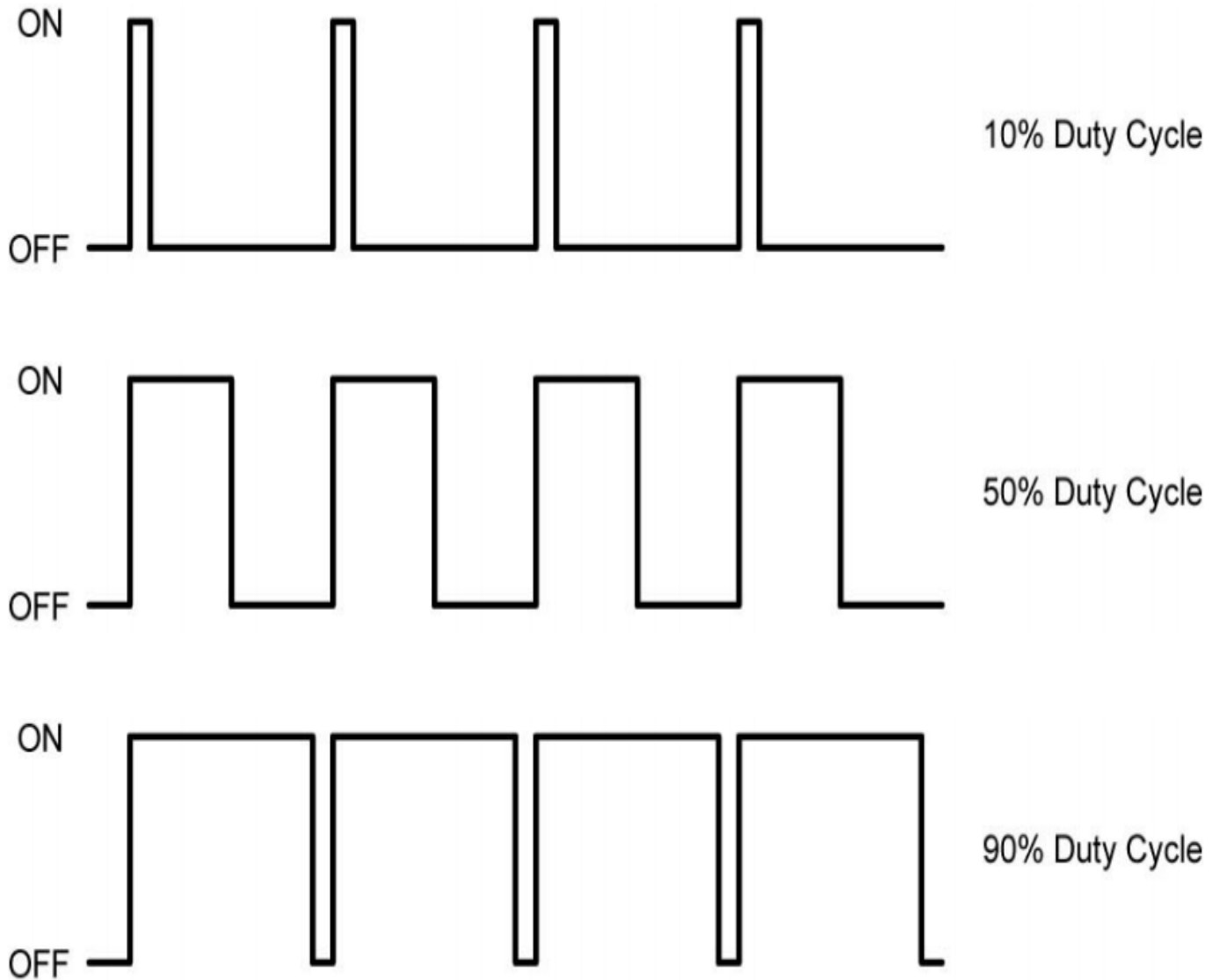
Onde:

**Duty-Cycle:** Valor em (%)

**Largura do pulso:** Tempo em que o sinal esta ligado.

**Período:** Tempo de um ciclo da onda.

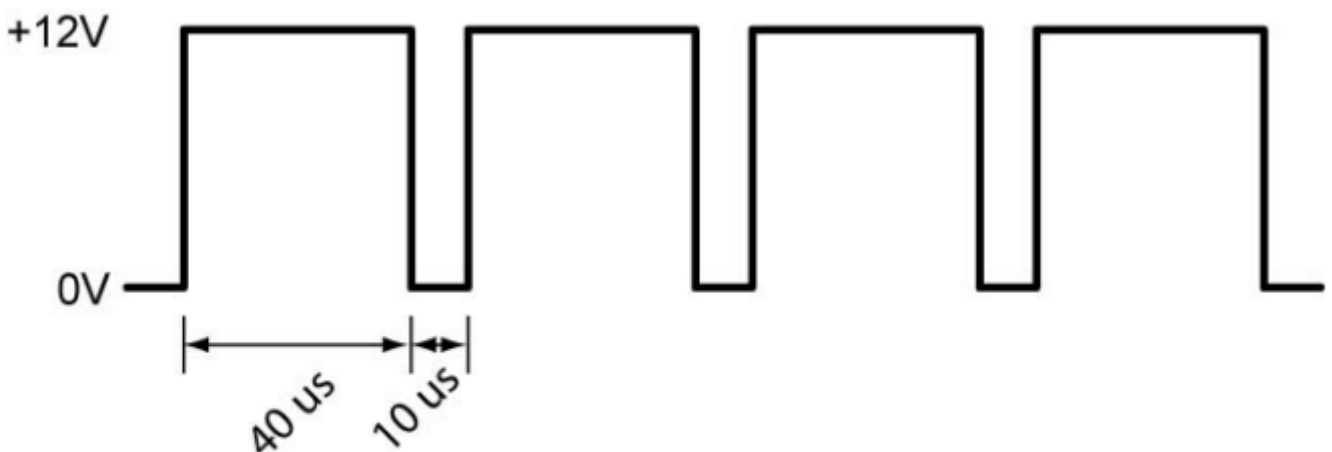
Alguns exemplos de forma de onda, variando a largura do pulso e conseqüentemente o duty-cycle:



## Exemplo

Para calcular o Duty-Cycle e a tensão média aplicada em uma carga considerando uma tensão de 12VDC e uma frequência de 20KHz, ou seja, período de 50us, com 40us de tempo ligado e 10us do tempo desligado temos:

### Calculo Duty Cycle



$$Periodo = LarguraDoPulso + TempoDesligado$$

$$Periodo = 40us + 10us$$

$$Periodo = 50us$$

$$DutyCycle = 100X \frac{LarguraDoPulso}{Periodo}$$

$$DutyCycle = 100 \times \frac{40us}{50us}$$

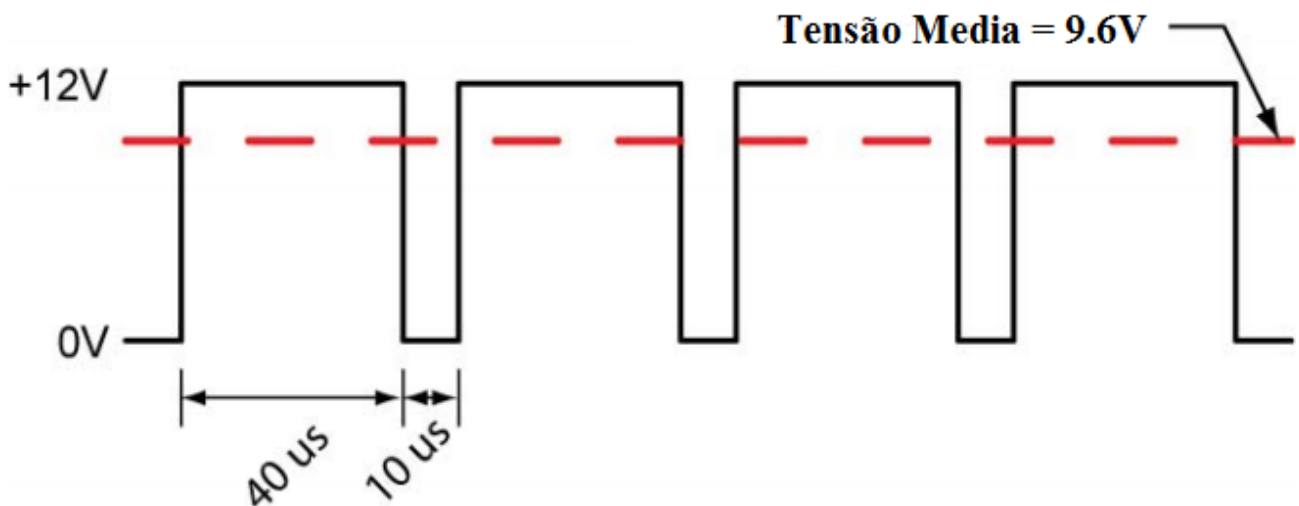
$$DutyCycle = 80\%$$

### Calculo da Tensão Média

$$TensaoMedia = TensaoAplicada \times DutyCycle$$

$$TensaoMedia = 12V \times 80\%$$

$$TensaoMedia = 9,6V$$



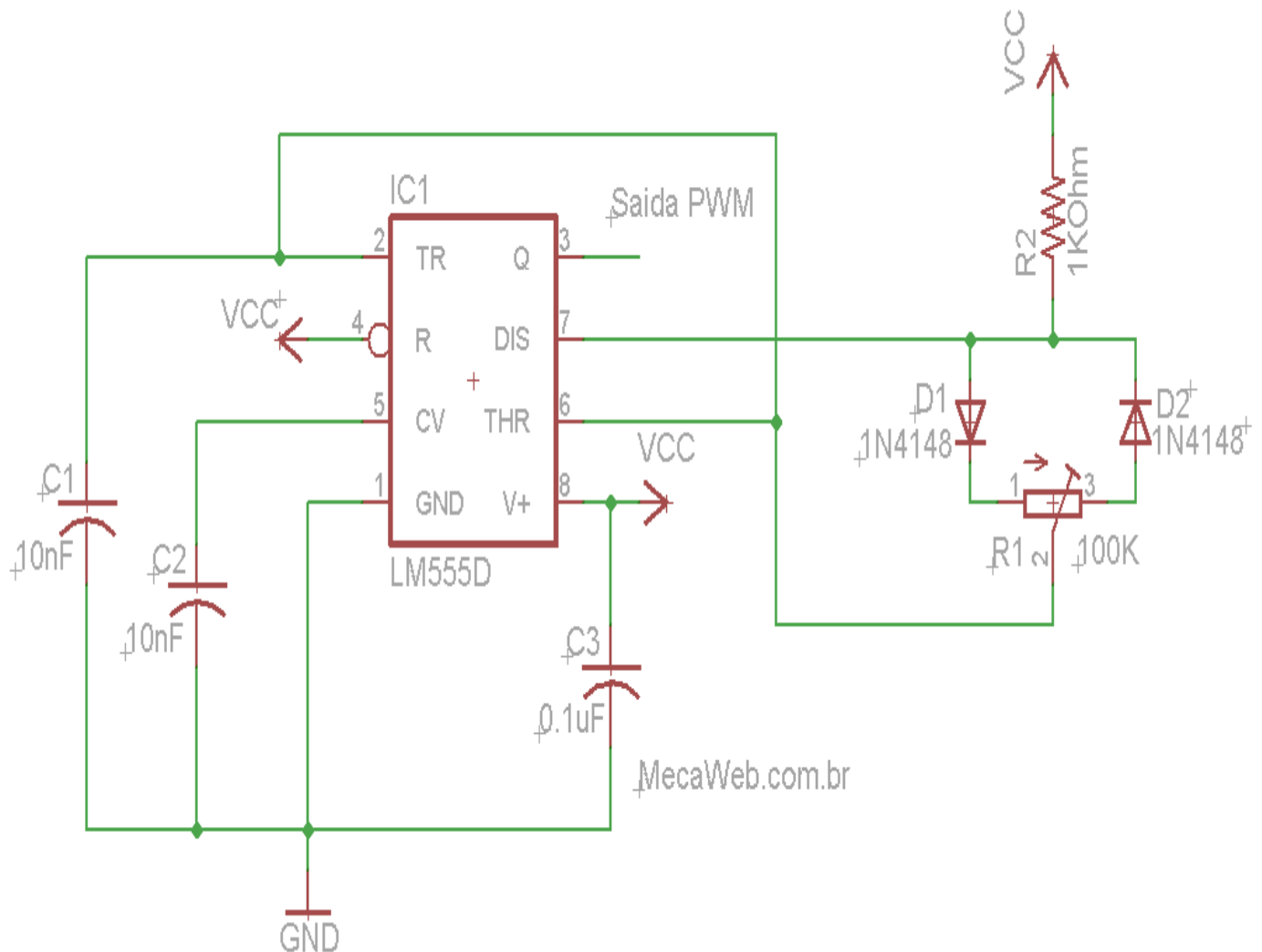
Desta forma concluímos que gerando uma forma de onda com Duty Cycle de 80% teremos como tensão média aplicada a carga 9,6V.

## Hardware

Para o controle da carga através do PWM é necessário um circuito eletrônico que pode ser dividido em duas partes, a primeira o circuito de controle que gera o sinal de PWM, ou seja, a onda quadrada com determinada frequência, e a segunda o circuito de potencia que acionara a carga.

## Circuito de controle

A maneira mais comum de se gerar o sinal de PWM é através de um microcontrolador que em sua grande maioria já possui pinos e instruções específicas para tal, porém também é possível gerar um sinal de PWM utilizando circuitos não microcontrolados, utilizando osciladores como segue o exemplo, neste caso é utilizado o oscilador 555, muito comum entre os estudantes de eletrônica, a frequência é fixa e a largura do pulso é alterada ajustando o potenciômetro.



## Circuito de Potência

O circuito de potência em geral utiliza um transistor como interface entre o sinal gerado pelo sistema de controle e a carga, idealmente as perdas de potência no transistor deveriam ser zero, porém isso não é possível, portanto devemos escolher um transistor que melhor se adéque a aplicação, como por exemplo os MOSFETs que em geral tem uma resistência quando ligado muito baixa, o que faz com que ele consuma muito pouco, conseqüentemente as perdas serão menores.

Segue um exemplo utilizando um transistor comum no mercado, lembrando que a carga poderá ser por exemplo um LED, motor DC, ou até mesmo uma resistência, porém é preciso verificar a capacidade de corrente do transistor!

