

## **1. Introdução**

A modulação por largura de pulso (PWM) é uma técnica amplamente utilizada na eletrônica para controlar a potência média entregue a um dispositivo. Essa técnica envolve a geração de um sinal digital com uma largura de pulso variável, permitindo o controle preciso da intensidade de um componente sem a necessidade de alterar sua tensão de alimentação.

O PWM é aplicado em uma variedade de dispositivos eletrônicos, como motores, fontes de alimentação, controle de brilho em LEDs e conversores de energia. Sua popularidade se deve às suas características vantajosas, como eficiência energética, controle preciso e baixo custo de implementação.

A essência do PWM está no fato de que um sinal de pulso com uma largura de pulso variável pode controlar a quantidade média de energia entregue a um dispositivo. Ao variar a largura do pulso, é possível ajustar a potência média fornecida, resultando em um controle eficiente e preciso.

## **2. Princípio de funcionamento do PWM**

O princípio de funcionamento do circuito PWM baseia-se na variação da largura do pulso do sinal digital gerado. Esse sinal consiste em uma série de pulsos com uma amplitude fixa e uma duração que pode ser ajustada. A largura do pulso representa a fração de tempo em que o sinal está em nível alto (geralmente 5V) em relação ao período total do sinal.

A relação entre a largura do pulso e a tensão média do sinal é crucial para o controle da potência entregue ao dispositivo. Quando a largura do pulso é aumentada, a tensão média aumenta, resultando em uma maior potência média fornecida. Da mesma forma, uma redução na largura do pulso resulta em uma menor tensão média e, portanto, menor potência média.

O sinal PWM é gerado por meio de circuitos eletrônicos específicos, que podem incluir osciladores, comparadores e circuitos lógicos. Esses componentes trabalham em conjunto para produzir um sinal digital com largura de pulso variável, de acordo com a configuração desejada.

## **5. Vantagens e desvantagens do PWM**

### **Vantagens do PWM:**

**Eficiência energética:** O PWM permite o controle preciso da potência entregue a um dispositivo. Ao ajustar a largura do pulso do sinal PWM, é possível controlar a quantidade média de energia fornecida ao componente, resultando em uma utilização eficiente da energia.

**Controle preciso:** O PWM oferece um controle altamente preciso da intensidade ou velocidade de um dispositivo. A variação da largura do pulso permite ajustar finamente a potência média entregue, possibilitando um controle detalhado e suave.

**Compatibilidade com uma ampla gama de dispositivos:** O PWM é compatível com uma variedade de dispositivos eletrônicos, como motores, lâmpadas, bobinas e LEDs. Isso o torna uma técnica versátil para o controle de diferentes componentes.

**Baixo custo de implementação:** O circuito PWM pode ser implementado com componentes eletrônicos básicos, tornando-o uma solução de controle de baixo custo.

### **Desvantagens do PWM:**

**Interferência e ruídos elétricos:** O chaveamento rápido do sinal PWM pode gerar interferências e ruídos elétricos indesejados, que podem afetar outros componentes ou sistemas próximos. É necessário adotar medidas adequadas de filtragem e blindagem para minimizar esses efeitos.

**Necessidade de filtragem adequada:** Como o sinal PWM consiste em pulsos rápidos, é necessário aplicar um filtro passa-baixas para suavizar o sinal e obter uma forma de onda mais contínua. Isso é importante para evitar oscilações indesejadas e garantir um comportamento estável do componente controlado.

**Complexidade do projeto:** O projeto do circuito PWM pode se tornar mais complexo dependendo das especificações e requisitos do componente controlado. Isso inclui o dimensionamento correto dos componentes, seleção de transistores de potência adequados e considerações de dissipação de calor.

## **6. Aplicações do circuito PWM em diferentes áreas**

O circuito PWM possui uma ampla gama de aplicações em diferentes áreas da eletrônica. Vamos explorar algumas dessas aplicações para entender a versatilidade dessa técnica:

**Controle de motores:** O controle de velocidade de motores de corrente contínua (DC) é uma das aplicações mais comuns do circuito PWM. Ao variar a largura do pulso do sinal PWM enviado ao motor, é possível ajustar a potência média fornecida, controlando assim sua velocidade de rotação. Essa aplicação é utilizada em robótica, automação industrial, ventiladores, impressoras 3D e muitas outras áreas.

**Fontes de alimentação chaveadas:** As fontes de alimentação chaveadas usam o circuito PWM para converter a tensão de entrada em uma tensão de saída regulada. O PWM controla o chaveamento dos transistores de potência, permitindo um controle preciso da tensão média fornecida ao componente. Esse tipo de fonte de alimentação é amplamente utilizado em eletrônicos de consumo, computadores, sistemas de energia solar e muito mais.

**Controle de brilho em LEDs:** O circuito PWM é usado para controlar o brilho em LEDs (Light Emitting Diodes). Ao variar a largura do pulso do sinal PWM aplicado ao LED, é possível ajustar a quantidade média de corrente entregue, o que resulta em um controle eficiente do brilho. Essa aplicação é comumente encontrada em iluminação residencial, displays digitais, telas de dispositivos móveis e iluminação automotiva.

**Controle de servo motores:** Servo motores são amplamente utilizados em aplicações de controle de posição, como em braços robóticos, aeromodelismo e automação industrial. O circuito PWM é utilizado para controlar a posição desses motores, fornecendo pulsos com largura variável para indicar o ângulo desejado. O sinal PWM determina a posição do eixo do servo motor.

**Sistemas de áudio digital:** O circuito PWM é empregado em sistemas de áudio digital, como amplificadores de áudio Classe D. Nesses sistemas, o sinal de áudio é convertido em um sinal PWM, que é amplificado e, posteriormente, filtrado para reproduzir o sinal de áudio original. A utilização do PWM nesse contexto permite uma alta eficiência energética e baixa distorção, resultando em um som de alta qualidade.

### **Slide 1**

Boa tarde, nós vamos apresentar nosso trabalho sobre modulação por largura de pulso. Eu sou a Camila, ele é o Bernardo e ele é o Alexandre

### **Slide 2**

Nós vamos falar sobre (ler tópicos da agenda)

### **Slide 3**

O escopo do projeto é desenvolver um circuito com transmissor, receptor e canal que use sinais reais, e nós decidimos implementar a modulação por largura de pulso

### **Slide 4**

Primeiro vamos começar falando o que é pwm

A modulação por largura de pulso (PWM) é uma técnica amplamente utilizada na eletrônica para controlar a potência média entregue a um dispositivo. Essa técnica envolve a geração de um sinal com uma largura de pulso variável, permitindo o controle eficiente e preciso da intensidade dessa entrega sem a necessidade de alterar sua tensão de alimentação.

### **Slide 5**

Nós vamos explicar mais pra frente o funcionamento do circuito, mas basicamente, o princípio de funcionamento do circuito PWM baseia-se na variação da largura do pulso do sinal gerado.

Esse sinal é uma série de pulsos com uma amplitude fixa e uma duração ajustável.

Já sobre a largura, existe uma relação entre a largura do pulso e a tensão média do sinal que é usada para o controle da potência entregue ao dispositivo. Quando a largura do pulso é aumentada, a tensão média aumenta, resultando em uma maior potência média fornecida. Da mesma forma, uma redução na largura do pulso resulta em uma menor tensão média e, portanto, menor potência média.

### **Slide 6**

Agora sobre as vantagens e desvantagens do pwm, as vantagens são:

- **Resistência a ruído:** os sinais do processador para o sistema controlado estão no formato digital, sem a necessidade de conversão digital para analógico. Manter o sinal no formato digital minimiza o impacto do ruído. O ruído pode afetar apenas o sinal digital se for forte

o suficiente para alterar a lógica 1 para a lógica 0 ou a lógica 0 para a lógica 1.

- **Controle preciso:** O PWM oferece um controle altamente preciso da intensidade ou velocidade de um dispositivo. A variação da largura do pulso permite ajustar finamente a potência média entregue, possibilitando um controle detalhado e suave.
- **Compatibilidade com uma ampla gama de dispositivos:** O PWM é compatível com uma variedade de dispositivos eletrônicos, como motores, lâmpadas, bobinas e LEDs. Isso o torna uma técnica versátil para o controle de diferentes componentes.
- **Baixo custo de implementação:** O circuito PWM pode ser implementado com componentes eletrônicos básicos, tornando-o uma solução de controle de baixo custo.

As desvantagens são:

- **Perda de chaveamento em altas frequências:** ao dissipar muita potência, tem-se produção de calor e outras perdas
- **Necessidade de filtragem adequada:** Como o sinal PWM consiste em pulsos rápidos, é necessário aplicar um filtro passa-baixas para suavizar o sinal e obter uma forma de onda mais contínua. Isso é importante para evitar oscilações indesejadas e garantir um comportamento estável do componente controlado.
- **Complexidade do projeto:** O projeto do circuito PWM pode se tornar mais complexo dependendo das especificações e requisitos do componente controlado. Isso inclui o dimensionamento correto dos componentes, seleção de transistores de potência adequados e considerações de dissipação de calor.

## **Slide 7**

Finalmente, algumas aplicações do pwm são:

- **Controle de motores:** O controle de velocidade de motores de corrente contínua (DC) é uma das aplicações mais comuns do circuito PWM. Ao variar a largura do pulso do sinal PWM enviado ao motor, é possível ajustar a potência média fornecida, controlando assim sua velocidade de rotação. Essa aplicação é utilizada em robótica,

automação industrial, ventiladores, impressoras 3D e muitas outras áreas.

- **Fontes de alimentação chaveadas:** As fontes de alimentação chaveadas usam o circuito PWM para converter a tensão de entrada em uma tensão de saída regulada. O PWM controla o chaveamento dos transistores de potência, permitindo um controle preciso da tensão média fornecida ao componente. Esse tipo de fonte de alimentação é amplamente utilizado em eletrônicos de consumo, computadores, sistemas de energia solar e muito mais.
- **Controle de brilho em LEDs:** O circuito PWM é usado para controlar o brilho em LEDs (Light Emitting Diodes). Ao variar a largura do pulso do sinal PWM aplicado ao LED, é possível ajustar a quantidade média de corrente entregue, o que resulta em um controle eficiente do brilho. Essa aplicação é comumente encontrada em iluminação residencial, displays digitais, telas de dispositivos móveis e iluminação automotiva.
- **Controle de servo motores:** Servo motores são amplamente utilizados em aplicações de controle de posição, como em braços robóticos, aeromodelismo e automação industrial. O circuito PWM é utilizado para controlar a posição desses motores, fornecendo pulsos com largura variável para indicar o ângulo desejado. O sinal PWM determina a posição do eixo do servo motor.
- **Sistemas de áudio digital:** O circuito PWM é empregado em sistemas de áudio digital, como amplificadores de áudio Classe D. Nesses sistemas, o sinal de áudio é convertido em um sinal PWM, que é amplificado e, posteriormente, filtrado para reproduzir o sinal de áudio original. A utilização do PWM nesse contexto permite uma alta eficiência energética e baixa distorção, resultando em um som de alta qualidade.