

Introdução aos sistemas de modulação de pulsos

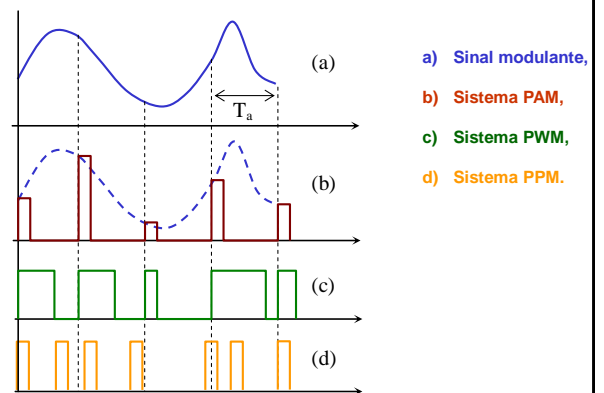
Introdução

- ❖ Os sistemas de modulação de pulsos utilizam como portadora um trem de pulsos retangulares periódicos para transportar o sinal de informação.
 - Algum parâmetro destes pulsos (amplitude, duração ou posição) é variado de acordo com o sinal modulante.
 - Estes sistemas são muito utilizados em sistemas de controle e instrumentação.
- ❖ Existem três tipos de sistemas de modulação de pulsos:
 - Modulação por amplitude dos pulsos (**PAM** – *pulse amplitude modulation*).
 - Modulação por posição dos pulsos (**PPM** – *pulse position modulation*).
 - Modulação por largura (duração) dos pulsos (**PWM** – *pulse width modulation*).

introdução - continuação

- ❖ Nos sistemas PAM e PPM, os pulsos são projetados para ter duração curta de forma que na maior parte de cada intervalo de transmissão eles apresentam tensão nula.
 - As principais razões para este procedimento são:
 - Utilizando pulsos com ciclo de trabalho estreito consegue-se economia de potência.
 - O intervalo ocioso entre dois pulsos consecutivos pode ser preenchido por outros pulsos representando diferentes mensagens.
 - Este último procedimento é chamado de multiplexação por divisão do tempo (TDM).
- ❖ Os sistemas PWM têm aplicação em sistemas de controle, fontes chaveadas, etc.

Sistemas de modulação de pulsos



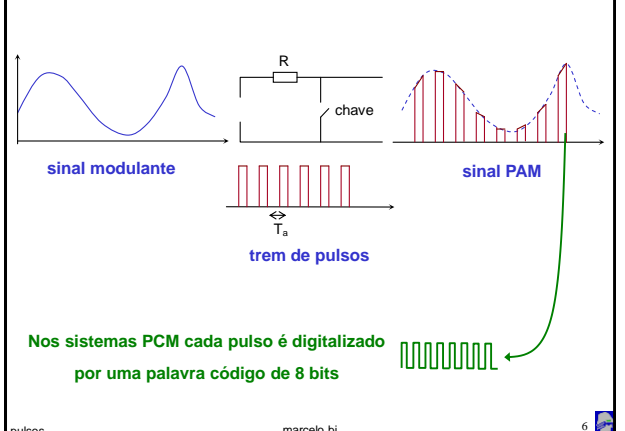
Modulação por amplitude de pulsos

- ❖ Na modulação PAM a amplitude de cada pulso varia diretamente com o sinal modulante.
 - Pode ser provado (teorema da amostragem) que para um sinal cuja componente de frequência mais alta é f_{MAX} , o espaçamento máximo entre dois pulsos consecutivos deve ser tal que:

$$T_a \leq \frac{1}{2f_{MAX}}$$

$T_a \rightarrow$ período de amostragem
 - neste caso o sinal pode ser recuperado (demodulado) completamente sem distorção.
 - Esta técnica é utilizada nos sistemas digitais PCM (*pulse code modulation* – modulação por código de pulsos) onde cada pulso modulado é codificado digitalmente com palavras de 8 bits e depois transmitido.

Modulador PAM



Modulação por largura e posição de pulsos

- ❖ A modulação por largura de pulso (**PWM**) e a modulação por posição de pulso (**PPM**) são técnicas de modulação que consistem em variar, respectivamente, a largura (ou duração) e a posição relativa dos pulsos.
 - Na modulação PWM a largura do pulso da portadora varia diretamente com a tensão (amplitude) do sinal modulante.
 - Na modulação PPM a posição do pulso varia com a tensão do sinal modulante em relação a uma referência, enquanto que sua duração permanece constante.
 - Nestes dois sistemas, a amplitude dos pulsos permanece constante, apresentando um desempenho superior em relação ao sistema PAM analógico.
- ❖ Os sistemas PWM e PPM são muito similares e a modulação PPM é obtida a partir da modulação PWM.

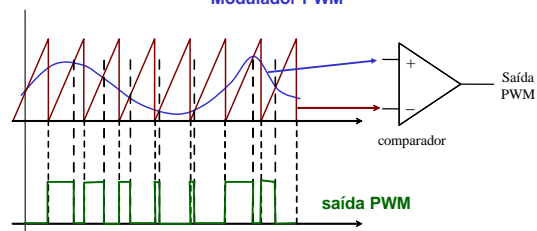
pulsos

marcelo bi

7



Modulador PWM



- ❖ Na entrada positiva do comparador é aplicado o sinal modulante e na negativa uma onda dente de serra. Conforme a diferença entre as tensões for positiva ou negativa na saída do comparador teremos uma tensão positiva ou nula.
- ❖ Observe que os pulsos de saída apresentam larguras diferentes pois a comparação é feita em pontos diferentes de cada rampa.

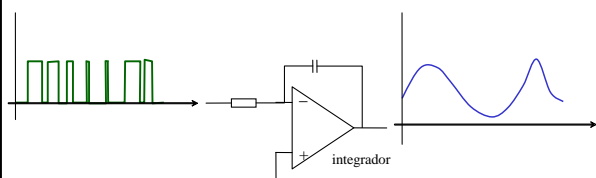
pulsos

marcelo bi

8



Demodulador PWM



- ❖ Um simples filtro integrador pode ser usado para converter os pulsos PWM para a forma original do sinal modulante, com mostra a figura acima.

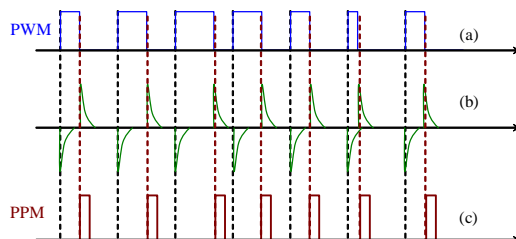
pulsos

marcelo bi

9



Modulador PPM



- ❖ A modulação PPM é obtida diferenciando e invertendo os pulsos PWM.
- ❖ A posição dos pulsos é variável e proporcional ao sinal modulante original. Observe que agora os pulsos apresentam largura fixa e desde que ela seja suficientemente pequena conseguimos uma economia de potência em relação ao sistema PWM.

pulsos

marcelo bi

10



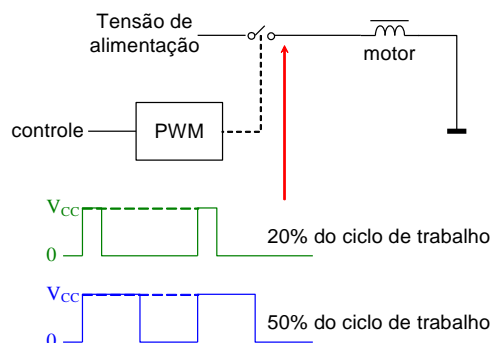
Exemplo de aplicação do PWM

- ❖ A modulação PWM pode ser utilizada para controlar a velocidade de um motor DC. O controle da velocidade é feito através do chaveamento em alta frequência da tensão de alimentação fornecida ao motor.
 - A tensão é convertida em uma onda quadrada que alterna entre a tensão máxima (V_{CC}) e a tensão nula, fornecendo uma série de pulsos de tensão ao motor.
 - Se a velocidade de chaveamento é suficientemente alta a velocidade do motor permanece estável.
 - A velocidade é controlada pela variação da largura dos pulsos (PWM). Como somente durante um determinado intervalo de tempo é aplicada a tensão no motor, a potência média e assim, velocidade do motor pode ser variada variando a largura dos pulsos.
- Veja figura a seguir:

pulsos

marcelo bi

11



pulsos

marcelo bi

12

