

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

- Modulação: processo de modificação de um sinal eletromagnético para que possa ser transmitido de forma mais eficiente em um canal de comunicação (ar, cabo, fibra óptica)
- A maioria dos sinais não podem ser enviados diretamente através dos canais de transmissão devido a limitações práticas (tamanho de antenas, banda passante, etc).
- Uma onda portadora é utilizada como “meio de transporte” do sinal, cujas propriedades são mais convenientes aos meios de transmissão.
- O processo de modulação altera sistematicamente a onda portadora de acordo com a mensagem (sinal modulante), podendo incluir também uma codificação.

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

Tipos de modulação:

■ Modulação de Onda contínua:

- Modulação em amplitude (AM)
- Modulação em fase (PM)
- Modulação em freqüência (FM)
- Modulação de amplitude em quadratura (QAM)
- Modulação por divisão ortogonal de freqüência (OFDM)

■ Modulação por Pulsos:

- Modulação por pulso codificado (PCM)
- Modulação por largura de pulso (PWM)
- Modulação por amplitude de pulso (PAM)
- Modulação por posição de pulso (PPM)

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

Tipos de modulação:

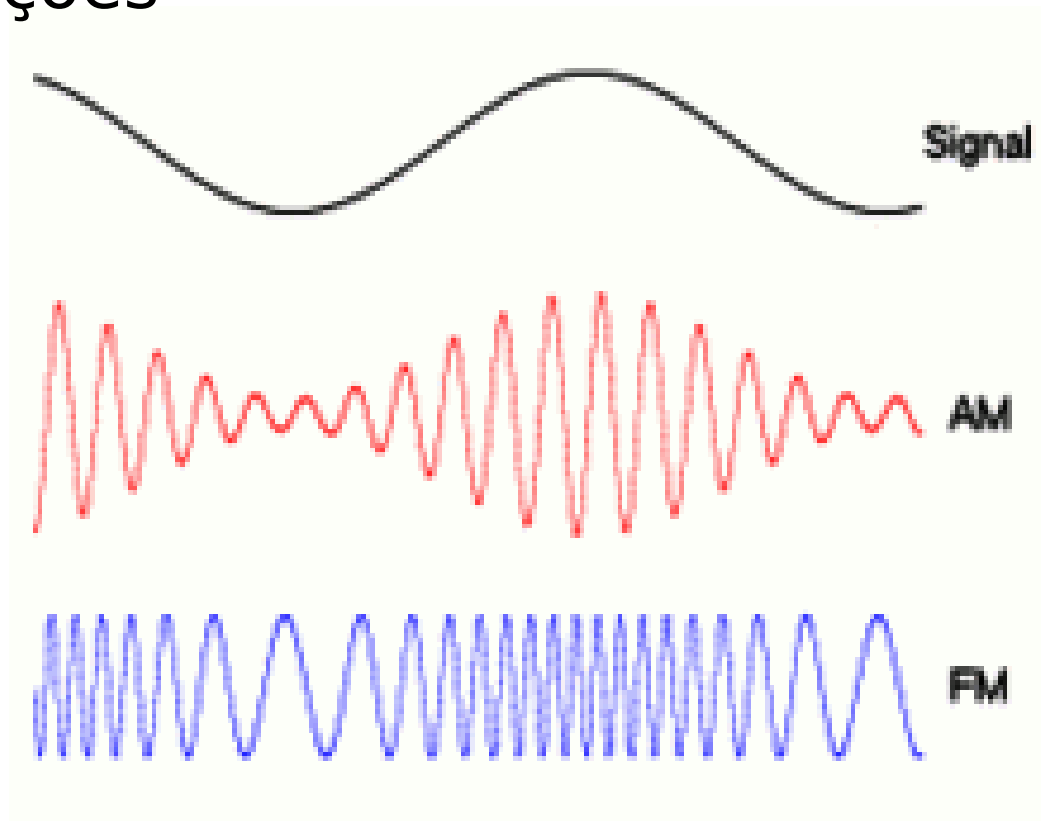
■ Modulação Digital:

- Modulação por chaveamento de amplitude (ASK)
- Modulação por chaveamento de frequência (FSK)
- Modulação por chaveamento de fase (PSK)
- Modulação por chaveamento de fase e amplitude (APSK ou APK)

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Modulações



TE241 – Técnicas de Modulação

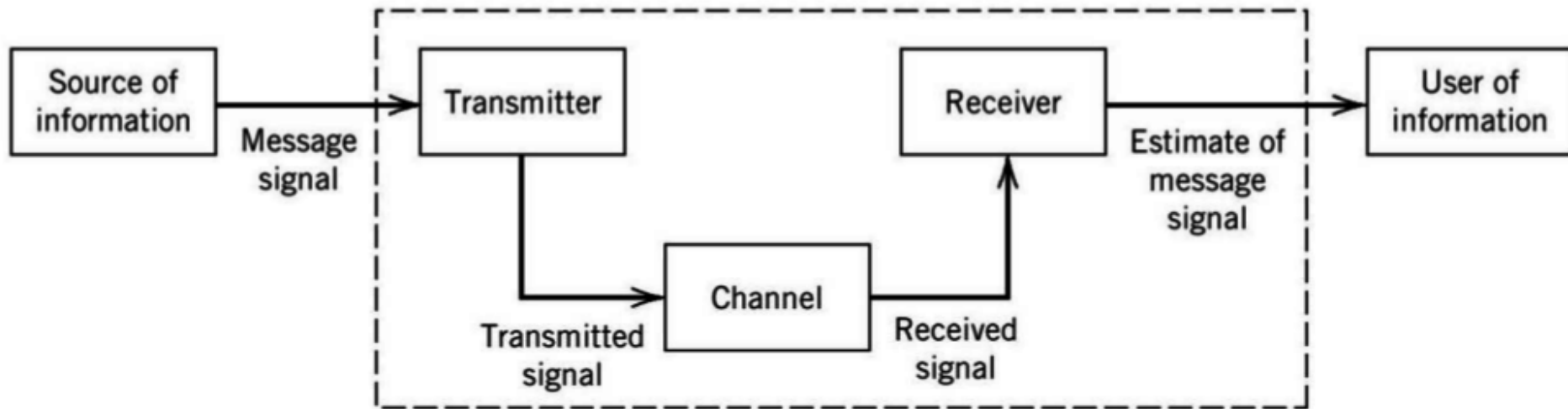
Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

- Processos de um Sistema de Comunicação
 - Geração de um *sinal de mensagem*.
 - Descrição da mensagem através de *símbolos* elétricos.
 - *Codificação* dos símbolos de acordo com o meio físico de transmissão.
 - *Transmissão* dos símbolos até o destino.
 - *Decodificação e reprodução* dos símbolos originais.
 - *Recriação* do sinal de mensagem original.

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Processos de um Sistema de Comunicação



TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

- Principais características de um sistema de comunicação
 - Potência Transmitida → (SNR: *Signal-to-Noise Ratio*, C/N , S/N , E_b/N_0)
 - Largura de Banda do Canal → Conteúdo Espectral
 - Taxa de Erro de Bits → (BER: *Bit Error Rate*)
 - Ruído
 - Atenuação
 - Distorção
 - Interferências

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

- Informação a ser transmitida/recebida
 - Fala, música, imagens, dados de computador, etc.
 - Caracterizada em termos do sinal que carrega a informação

Sinal

Função do tempo que contém informação sobre o comportamento de algum fenômeno

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Classificação dos sinais

● Sinais Determinísticos

Não há incerteza em relação com o seu valor em qualquer instante de tempo. Ex: $x(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \phi_0)$, A, f_0, ϕ_0 : constantes conhecidas.

● Sinais Aleatórios

Ha algum grau de incerteza sobre o seu valor. Observado durante um longo período de tempo \Rightarrow **processo aleatório**:
exibe determinadas regularidades que podem ser descritas em termos de probabilidades e médias estatísticas.

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Classificação dos sinais

- Sinais Periódicos: $x(t) = x(t + T_0)$, $-\infty < t < \infty$
- Sinais não Periódicos: Ex: pulsos, sinais digitais
- Sinal Analógico
 - $x(t) \rightarrow$ função contínua do tempo \Rightarrow é unicamente definida para todo t
- Sinal Discreto
 - $x[kT]$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \rightarrow$ somente existe em valores discretos de tempo
 - Sinal Digital: tempo e amplitude têm valores discretos

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Classificação dos sinais

- Sinal elétrico, $x(t)$: tensão, $v(t)$, ou corrente, $i(t)$, com potência instantânea $p(t)$ dada por:

$$p(t) = v^2(t)/R = i^2(t)R. \text{ Supondo } R = 1\Omega, \Rightarrow p(t) = x^2(t)$$

- A energia dissipada durante o intervalo de tempo $(-T/2, T/2)$ por um sinal real com potência instantânea $p(t)$ é,

$$E_X^T = \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt$$

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Classificação dos sinais

- A potência média dissipada pelo sinal durante esse intervalo é,

$$P_X^T = \frac{1}{T} E_X^T = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt$$

Potência Média

É a taxa à qual a energia é liberada. → Determina a tensão (ou corrente) que deve ser aplicada a um transmissor, intensidade de campo magnético, ...

TE241 – Técnicas de Modulação

Prof. Marlio Bonfim UFPR - Eng. Elétrica - Curso Noturno

■ Classificação dos sinais

- Sinais de Energia: $0 < E_X < \infty$. Onde,

$$E_X = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt$$

- Sinais de Potência: $0 < P_X < \infty$. Onde,

$$P_X = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x^2(t) dt$$