

Moduladores e Demoduladores

Gilmar Dias

`grodias@ime.usp.br`

Grupo de Computação Musical
Instituto de Matemática e Estatística
Universidade de São Paulo

9 de abril de 2012

Sumário

1 Introdução

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Moduladores

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Moduladores
- 3 Demoduladores

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Moduladores
- 3 Demoduladores
- 4 Aplicações

Introdução

Introdução

Modular

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.
Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.
Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Aplicação

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.

Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Aplicação **Sistemas de comunicação**

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.

Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Aplicação **Sistemas de comunicação**

Ex.: Modificar faixa de frequência para transmissão.

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.
Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Aplicação **Sistemas de comunicação**
Ex.: Modificar faixa de frequência para transmissão.
Processamento de áudio

Introdução

Modular Aplicar um sinal modulador em um sinal portador.
Ex.: Modificar a amplitude/fase de um sinal por meio de um modulador.

Aplicação **Sistemas de comunicação**
Ex.: Modificar faixa de frequência para transmissão.

Processamento de áudio

Criação de flutuações temporais por meio de moduladores com baixíssima variação de frequência (até 20 Hz).

Moduladores

- Modulador em anel - RM
- Modulador em amplitude - AM
- Modulador em banda lateral única - SSB
- Modulador em frequência/fase - FM/PM

Moduladores

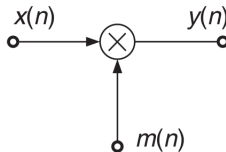
Modulador em anel - RM

$$y(n) = x(n).m(n)$$

Moduladores

Modulador em anel - RM

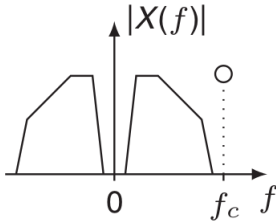
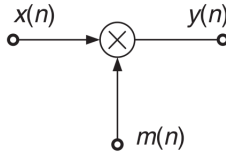
$$y(n) = x(n).m(n)$$



Moduladores

Modulador em anel - RM

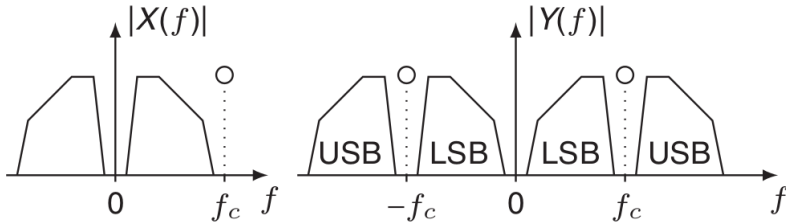
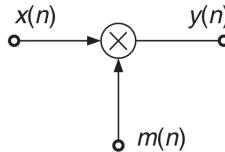
$$y(n) = x(n).m(n)$$



Moduladores

Modulador em anel - RM

$$y(n) = x(n) \cdot m(n)$$



Moduladores

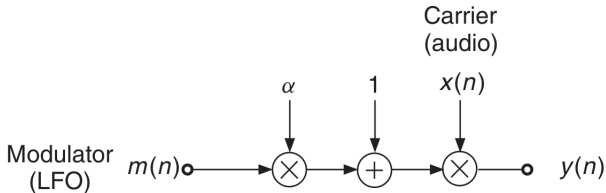
Modulador em amplitude - AM

$$y(n) = [1 + \alpha m(n)].x(n)$$

Moduladores

Modulador em amplitude - AM

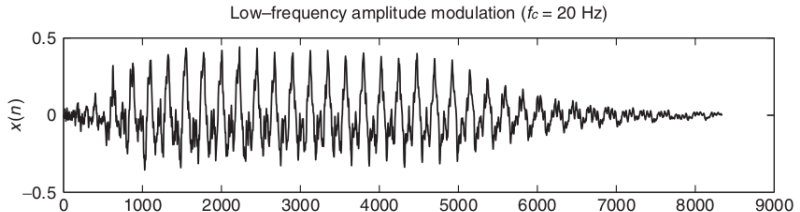
$$y(n) = [1 + \alpha m(n)] \cdot x(n)$$



Moduladores

Modulador em amplitude - AM

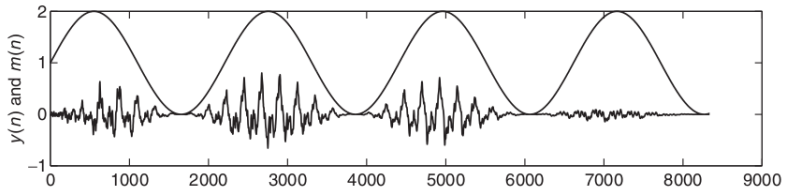
$$y(n) = [1 + \alpha m(n)] \cdot x(n)$$



Moduladores

Modulador em amplitude - AM

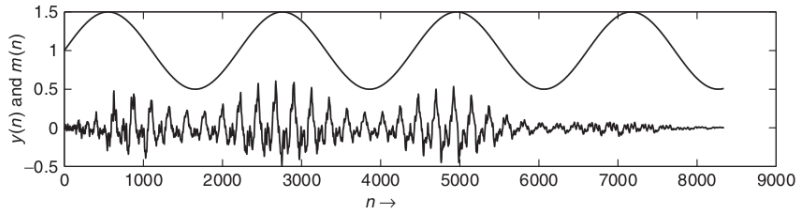
$$y(n) = [1 + \alpha m(n)] \cdot x(n)$$



Moduladores

Modulador em amplitude - AM

$$y(n) = [1 + \alpha m(n)] \cdot x(n)$$



Moduladores

Modulador em banda lateral única - SSD

$$USB(n) = x(n)m(n) - \hat{x}(n)\hat{m}(n)$$

$$LSB(n) = x(n)m(n) + \hat{x}(n)\hat{m}(n)$$

$\hat{x}(n)$ e $\hat{m}(n)$ são os sinais de entrada deslocados em fase por 90°

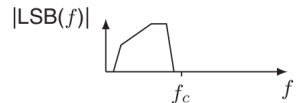
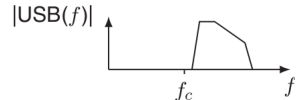
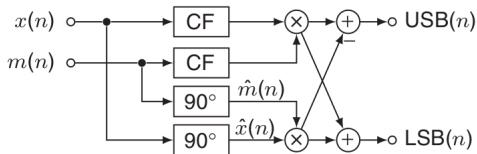
Moduladores

Modulador em banda lateral única - SSD

$$USB(n) = x(n)m(n) - \hat{x}(n)\hat{m}(n)$$

$$LSB(n) = x(n)m(n) + \hat{x}(n)\hat{m}(n)$$

$\hat{x}(n)$ e $\hat{m}(n)$ são os sinais de entrada deslocados em fase por 90°



Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$x_{PM/FM}(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + \phi(t)],$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$x_{PM/FM}(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + \phi(t)],$$

$$\phi_{PM}(t) = k_{PM} \cdot m(t)$$

$$\phi_{FM}(t) = 2\pi \cdot k_{FM} \cdot \int_{-\infty}^t m(\tau) d\tau.$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$h(n) = \delta[n - m(n)]$$

$$y(n) = x_{PM}(n) = x(n) * h(n) = x(n) * \delta[n - m(n)].$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$h(n) = \delta[n - m(n)]$$

$$y(n) = x_{PM}(n) = x(n) * h(n) = x(n) * \delta[n - m(n)].$$

$$y(n) = x_{PM}(n) = x(n - m(n))$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$h(n) = \delta[n - m(n)]$$

$$y(n) = x_{PM}(n) = x(n) * h(n) = x(n) * \delta[n - m(n)].$$

$$y(n) = x_{PM}(n) = x(n - m(n))$$

$$Y(e^{j\Omega}) = X_{PM}(e^{j\Omega}) = X(e^{j\Omega})e^{-j\Omega m(n)},$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$m(n) = M + \text{DEPTH} \cdot \sin(\omega_M n T).$$

$$\alpha(n) = \frac{f_I}{f} = 1 - \text{DEPTH} \cdot \omega_M T \cos(\omega_M n T).$$

Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM

$$m(n) = M + \text{DEPTH} \cdot \sin(\omega_M nT).$$

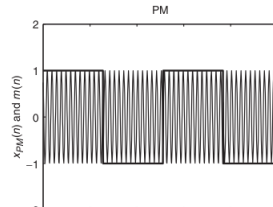
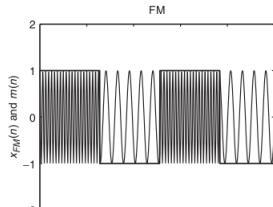
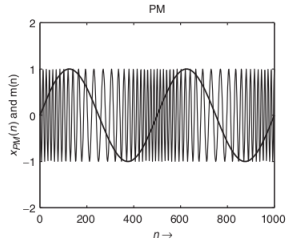
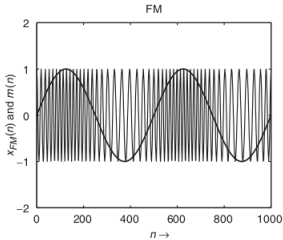
$$\alpha(n) = \frac{f_I}{f} = 1 - \text{DEPTH} \cdot \omega_M T \cos(\omega_M nT).$$

$$m(n) = M \pm \text{SLOPE} \cdot n,$$

$$\alpha(n) = \frac{f_I}{f} = 1 \mp \text{SLOPE}.$$

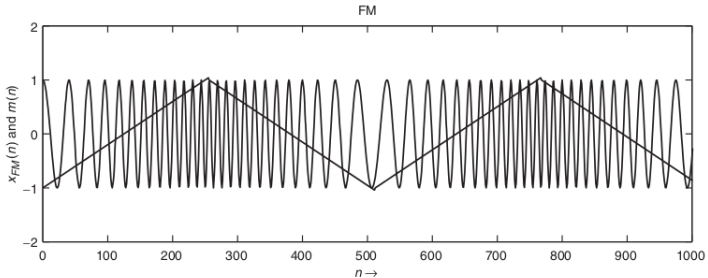
Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM



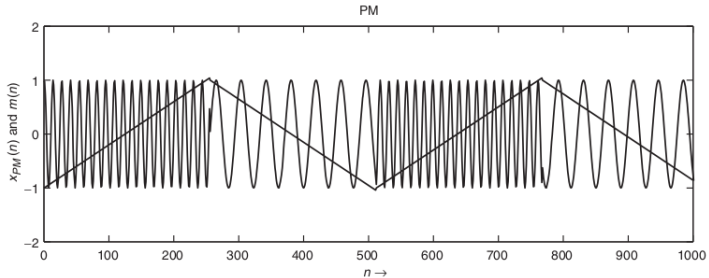
Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM



Moduladores

Modulador em frequência/fase - FM/PM



Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Exemplo: Demodulador de amplitude (seguidor de amplitude)

Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Exemplo: Demodulador de amplitude (seguidor de amplitude)

Composto de três partes:

Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Exemplo: Demodulador de amplitude (seguidor de amplitude)

Composto de três partes:

Detectores

Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Exemplo: Demodulador de amplitude (seguidor de amplitude)

Composto de três partes:

Detectores

Mediadores

Demoduladores

Cada modulação tem um esquema de demodulação correspondente

Exemplo: Demodulador de amplitude (seguidor de amplitude)

Composto de três partes:

Detectores

Mediadores

Escaladores

Demoduladores

Aplicações típicas:

Demoduladores

Aplicações típicas:

- Detector AM

Demoduladores

Aplicações típicas:

- Detector AM
- Medidor de volume: mede a amplitude do sinal

Demoduladores

Aplicações típicas:

- Detector AM
- Medidor de volume: mede a amplitude do sinal
- Medidor de pico

Demoduladores

Aplicações típicas:

- Detector AM
- Medidor de volume: mede a amplitude do sinal
- Medidor de pico
- Detector RMS

Demoduladores

Aplicações típicas:

- Detector AM
- Medidor de volume: mede a amplitude do sinal
- Medidor de pico
- Detector RMS
- Medidor de nível de som

Aplicações

- Vibrato

Aplicações

- Vibrato
- Phaser estéreo

Aplicações

- Vibrato
- Phaser estéreo
- Falante giratório

Aplicações

- Vibrato
- Phaser estéreo
- Falante giratório
- Efeitos de SSB

Aplicações

- Vibrato
- Phaser estéreo
- Falante giratório
- Efeitos de SSB
- ...