



Hands-on 03: Transmissão e recepção da modulação AM utilizando o GNURadio (loopback)

Vicente Sousa
GppCom/DCO/UFRN

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Objetivos do hands-on

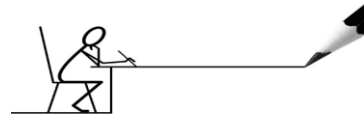
- Usar o conhecimento teórico sobre modulação AM-DSB para construir um “loop-back” da transmissão e recepção do AM comercial.



© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Objetivos desta apresentação

- Revisão sobre modulação AM

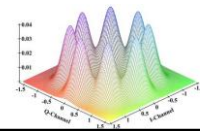
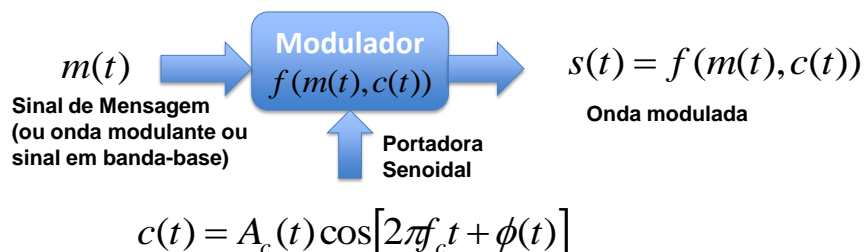


© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

Modulação analógica (banda-passante): alguma característica da onda portadora é variada de acordo com a onda modulante



© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

O Processo de modulação explora os três parâmetros da senóide portadora: **Amplitude, Frequência e Fase**

Portadora: $c(t) = A_c(t) \cos[2\pi f_c t + \phi(t)]$

- $A_c(t)$ = Amplitude
- $\omega_c(t) = 2\pi f_c(t)$ = frequência
- $\phi(t)$ = Fase

Podemos dizer que a informação é transportada dependendo da variação **linear** desses três parâmetros



© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

Portadora: $c(t) = A_c(t) \cos[2\pi f_c t + \phi(t)]$

Modulação em Amplitude (AM)

- $A_c(t) \sim k_a m(t)$ - carrega a informação
- $\omega_c(t) = \text{constante}$
- $\phi(t) = \text{constante}$

Modulação em Frequência (FM)

- $A_c(t) = \text{constante}$
- $\omega_c(t) \sim k_f m(t)$ - carrega a informação
- $\phi(t) = \text{constante}$

Modulação em Fase (PM)

- $A_c(t) = \text{constante}$
- $\omega_c(t) = \text{constante}$
- $\phi(t) \sim k_p m(t)$ - carrega a informação

K_a , K_f e K_p são constante e parâmetros de projeto

FM e PM são classificadas como Modulação em Ângulo

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

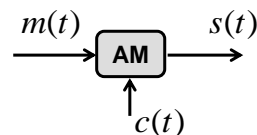
- Seja o sinal mensagem (com tom único de frequência f_m)

$$m(t) = A_m \cos(2\pi f_m t)$$

- Seja a portadora

$$c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$$

- A onda modulada em amplitude é



Amplitude da onda modulada

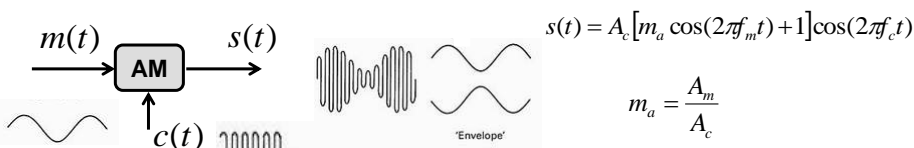
$$\begin{aligned} s(t) &= [m(t) + A_c] \cos(2\pi f_c t) \\ &= [A_m \cos(2\pi f_m t) + A_c] \cos(2\pi f_c t) \\ &= A_c \left[\frac{A_m}{A_c} \cos(2\pi f_m t) + 1 \right] \cos(2\pi f_c t) = A_c [m_a \cos(2\pi f_m t) + 1] \cos(2\pi f_c t) \end{aligned}$$

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

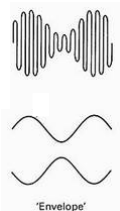
Modulação AM

- Análise temporal da modulação AM

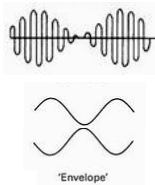


- Existem pelo menos 3 situações dependendo do **índice de modulação**

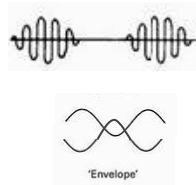
Submodulação: $m_a < 1$



100% de modulação: $m_a = 1$



sobremodulação: $m_a > 1$



Também chamada de supermodulação

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

- **Análise espectral do AM**

$$s(t) = [m(t) + A_c] \cos(2\pi f_c t) = A_c [1 + m_a \cos(2\pi f_m t)] \cos(2\pi f_c t)$$

$$= A_c \cos(2\pi f_c t) + A_c m_a \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_c t)$$

Sabendo que $\cos(\alpha) \cos(\beta) = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]$, **podemos escrever**

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + \frac{A_c m_a}{2} [\cos 2\pi(f_c - f_m)t + \cos 2\pi(f_c + f_m)t]$$

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \Rightarrow \text{Portadora}$$

$$+ \frac{A_c m_a}{2} \cos 2\pi(f_c - f_m)t \Rightarrow \text{Banda Lateral Inferior (LSB)}$$

$$+ \frac{A_c m_a}{2} \cos 2\pi(f_c + f_m)t \Rightarrow \text{Banda Lateral Superior (USB)}$$

© Prof. Dr. Vicente Angelo de Sousa Junior @ GppCom - UFRN
vicente.sousa@ct.ufrn.br

Introdução teórica

Modulação AM

- Por inspeção podemos obter as seguintes informações: **espectro de frequências e banda passante**

$$S(f) = \frac{A_c}{2} [\delta(f + f_c) + \delta(f - f_c)] \Rightarrow \text{Portadora}$$

$$+ \frac{A_c m_a}{4} [\delta(f + f_c - f_m) + \delta(f - f_c + f_m)] \Rightarrow \text{Banda Lateral Inferior (LSB)}$$

$$+ \frac{A_c m_a}{4} [\delta(f + f_c + f_m) + \delta(f - f_c - f_m)] \Rightarrow \text{Banda Lateral Superior (USB)}$$

Espectro de Frequências (Tela do analisador de espectro)

