

Curso de Modulação Digital de Sinais (parte 1)

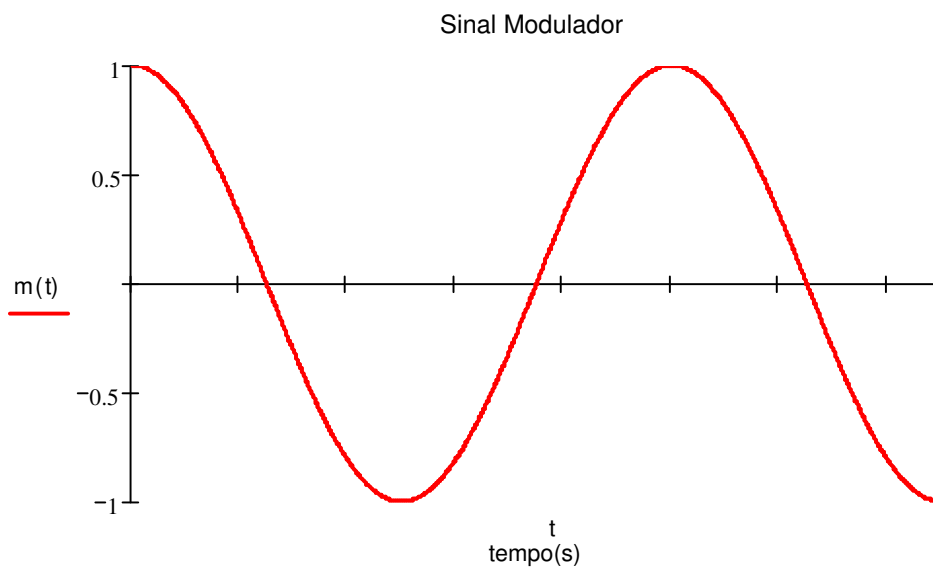
Márcio Antônio Mathias

Augusto Carlos Pavão

IMT – Instituto Mauá de Tecnologia

1. O que é modulação

O processo de modulação pode ser definido como a transformação de um sinal que contém uma informação útil em seu formato original (banda-base) num sinal modulado adequado ao meio de transmissão que se pretende utilizar. Isto é feito por meio de um sinal senoidal denominado portadora $c(t)$, cuja frequência é bem maior que a maior frequência contida no sinal original.



(a)

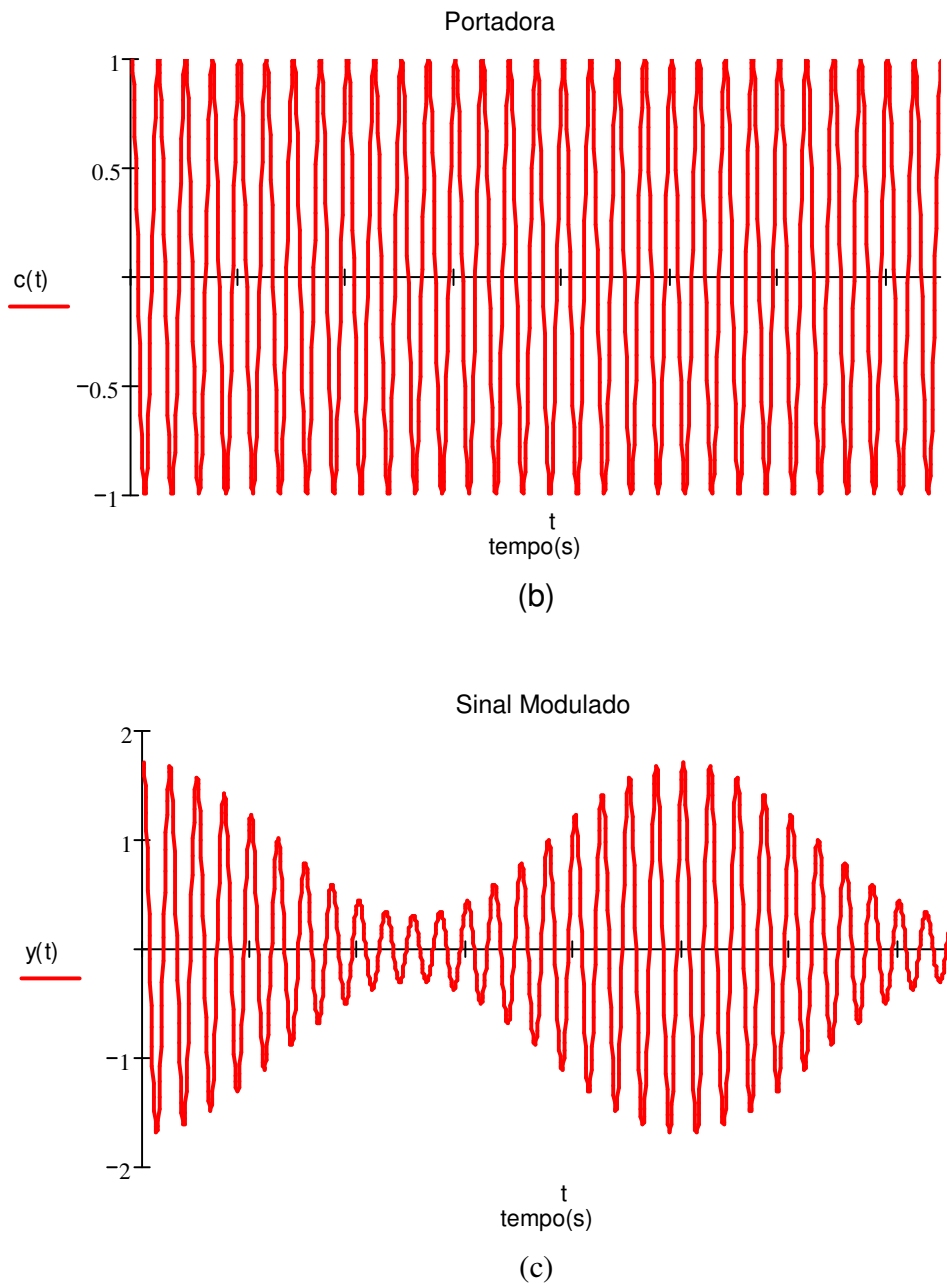


Figura 1 – (a) Sinal modulador (b) Portadora (c) Sinal Modulado

Através da modulação, o sinal de banda-base é transladado no espectro de frequências. Com isso, podem ser obtidos estes benefícios:

- a) o compartilhamento do espectro com outros sinais do mesmo tipo. Por exemplo: na faixa de 88 MHz a 108 MHz, estão distribuídas diversas estações transmissoras de FM, cada uma ocupando uma faixa de aproximadamente 200 kHz ;

- b) redução do tamanho dos dispositivos transmissores e receptores. Por exemplo: uma antena bastante simples é o dipolo de meio comprimento de onda, cujo comprimento total é dado por:

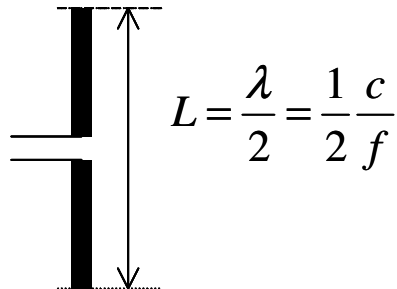

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{1}{2} \frac{c}{f}$$

Figura 2 – Dipolo de meia onda

onde c/f é o comprimento de onda no ar, na frequência f , e $c = 3 \times 10^8$ m/s, é a velocidade da luz.

O sinal de áudio transmitido por uma emissora de FM varia de 100 Hz a 15 kHz. Uma antena adequada para transmitir diretamente um sinal nessa faixa (considerando um valor médio de frequência de 7,5 kHz) apresentaria um comprimento L de 20 km! É lógico que essa dimensão é impraticável. Com a modulação em 100 MHz, por exemplo, a antena apresentará um comprimento L de apenas 1,5 m.

Observe que os telefones celulares são rádios transceptores com antenas diminutas, pois operam em frequências ainda mais altas.

2. Modulação analógica X Modulação digital

Os sistemas puramente analógicos, com modulação AM e/ou FM têm sido substituídos gradativamente por sistemas digitais, que apresentam como vantagem maior capacidade de transmissão e confiabilidade, podendo ser produzidos a um menor custo.

Atualmente, a informação útil pode já estar disponível na forma digital (dados) ou na forma analógica (áudio, vídeo) que devem ser então convertidos (conversão A/D) antes do processo de modulação digital.

Em qualquer modulação existem três parâmetros do sinal da portadora que podem ser alterados pelo sinal modulador (informação): amplitude, fase e frequência. Um ou mais desses parâmetros podem ser alterados simultaneamente, transportando, assim, a informação. É possível perceber similaridades entre alguns tipos de modulações analógicas e digitais, o que se mostra na Tabela I.

Tabela I – Comparativo entre modulações.

| Parâmetro alterado na Portadora | Modulação Analógica | Modulação Digital |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Amplitude | AM (Amplitude modulation) | ASK (Amplitude Shift Keying) |
| Frequência | FM (Frequency modulation) | FSK (Frequency Shift Keying) |
| Fase | PM (Phase modulation) | PSK (Phase Shift Keying) |
| Amplitude e Fase | *** | QAM (Quadrature amplitude modulation) |

3. Modulações Digitais Básicas

3.1 ASK – Amplitude Shift Keying

Esta é a forma mais simples de modulação digital, também conhecida como *on-off*, e consiste em representar os símbolos zeros e uns de um sinal digital pela ausência ou pela presença do sinal de portadora. Na figura 3 apresenta-se o sinal modulado $y(t)$ e o sinal modulador $m(t)$. A fase e a frequência da portadora não se alteram.

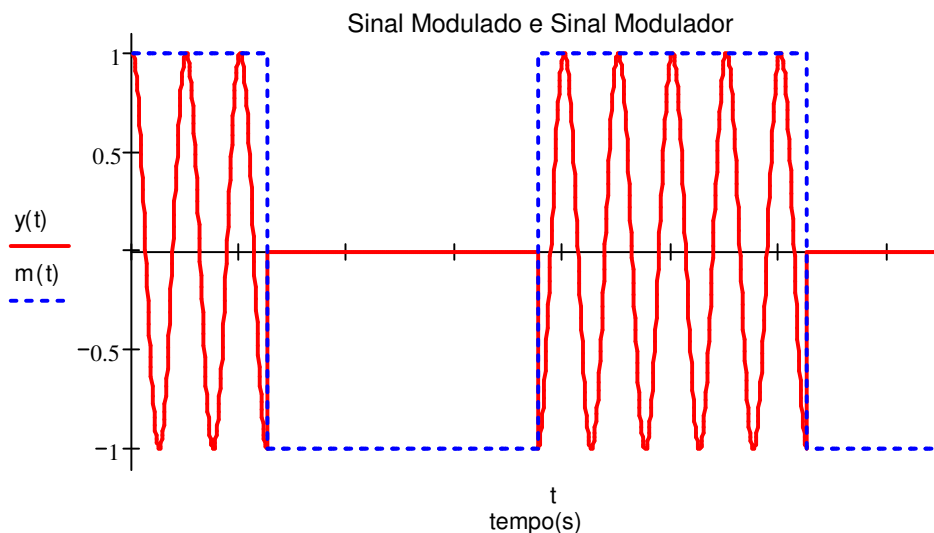


Figura 3 – Modulação ASK

3.2 FSK – *Frequency Shift Keying*

Na modulação FSK os símbolos zeros e uns são associados a diferentes valores de frequência, ou seja, para transmitir o símbolo um, a portadora assume a frequência f_1 , e, para transmitir o símbolo zero, a portadora assume a frequência f_2 . Um exemplo é mostrado na figura 4, onde f_1 é maior que f_2 . A amplitude permanece constante.

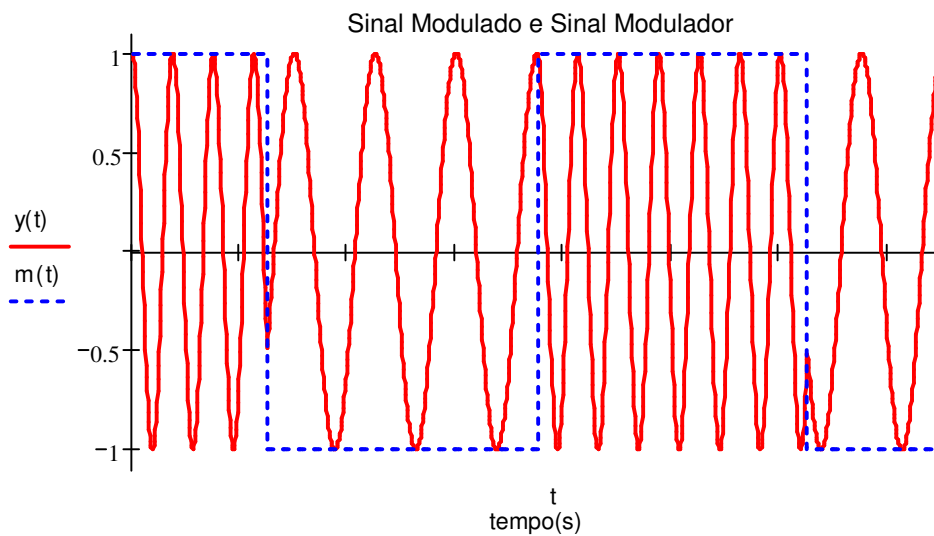


Figura 4 – Modulação FSK

3.3 PSK – *Phase Shift Keying*

Na modulação PSK os símbolos zeros e uns são associados a mudanças na fase da portadora, e a frequência permanece constante. Um exemplo mostra-se na figura 5, onde se nota a inversão de 180° a cada mudança de símbolo. A amplitude e a frequência permanecem constantes.

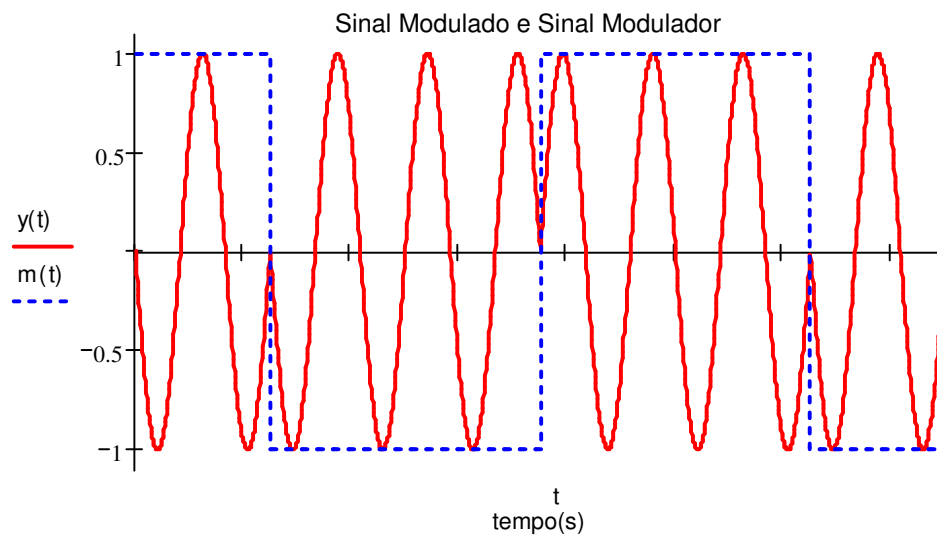


Figura 5 – Modulação PSK

4. Conclusão

Nesta primeira parte de nosso curso, foi discutido o conceito de modulação e foram apresentadas 3 formas básicas de modulações digitais. Percebe-se nessas modulações que apenas uma característica da portadora é alterada pelo sinal que contém a informação. Na continuação deste artigo essas modulações digitais serão abordadas em maior profundidade, incluindo propostas de circuitos moduladores para implementação.