

MÉTODOS EFICIENTES DE ENSINO DE ENGENHARIA: A FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO COMO UM COMPLEMENTO NO ENSINO DE PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES.

Flávia Mendonça Teixeira¹, Luciano Leonel Mendes²

Resumo — O objetivo deste trabalho é mostrar como o método de ensino de engenharia pode ser melhorado através do uso de ferramentas computacionais de simulação. Procura-se introduzir a simulação computacional como ferramenta decisiva na aprendizagem rápida dos conceitos de princípios de comunicação.

A metodologia consiste no desenvolvimento de um programa, utilizando a plataforma MatLab®, que fornece auxílio aos usuários na assimilação dos conceitos básicos de modulação. Este programa conta com duas interfaces gráficas: uma permite a entrada e visualização dos parâmetros necessários à modulação em amplitude e a outra permite a entrada e visualização dos parâmetros necessários à modulação em frequência. São apresentados gráficos de todos os sinais envolvidos no domínio do tempo e da frequência, possibilitando um método eficiente de ensino/aprendizagem através da análise e da comparação entre os vários sinais gerados.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios em cursos de base científica e tecnológica é acompanhar os avanços da ciência e da tecnologia sem deixar de lado o ensino de seus princípios básicos. Os avanços tecnológicos obtidos nas últimas décadas são surpreendentemente grandes e o número de tecnologias a serem estudadas por alunos de graduação, é muito volumoso. O curso de engenharia elétrica com ênfase em telecomunicações caracteriza-se, dentre outras coisas, por seu aspecto dinâmico no que diz respeito ao ensino de novas tecnologias. Assim, os conceitos básicos da engenharia, por se tratarem de assuntos de extrema importância e por criarem condições que permitam a melhor compreensão das tecnologias emergentes, devem ser passados aos estudantes com muita clareza e consistência.

A disciplina de princípios de telecomunicações, existente na maioria dos cursos de engenharia elétrica com ênfase em telecomunicações, retrata de maneira clara a necessidade da implementação de um método dinâmico e eficiente de ensino/aprendizagem. As técnicas de modulação em amplitude (AM – *Amplitude Modulation*) e frequência (FM – *Frequency Modulation*) [1], vistas dentro desta disciplina, fazem parte dos conceitos básicos de comunicação analógica sendo amplamente utilizadas nos atuais sistemas de radiodifusão comerciais.

Tanto a modulação em amplitude quanto a modulação em frequência decorrem de fenômenos físicos que possuem um modelamento matemático conhecido. Entretanto, verifica-se a latente necessidade de visualização gráfica de todos os sinais envolvidos nestes processos bem como a implementação de ferramentas computacionais de simulação.

O uso de tais ferramentas torna-se imprescindível ao estudo dessas técnicas, pois permitem a visualização de todos os sinais envolvidos no processo de modulação nos domínios do tempo e da frequência. Assim, um software de simulação, utilizando a plataforma MatLab® e desenvolvido para dinamizar o processo de ensino/aprendizagem na disciplina de princípios de comunicações será descrito ao longo deste artigo. Neste artigo, serão apresentadas metodologias, abordando sua metodologia de ensino dos programas desenvolvidos e exemplificando seu modo de operação para tornar a disciplina mais interessante.

O USO DA PLATAFORMA MATLAB®

Dentre uma gama de softwares de simulação existentes no mercado, o MatLab destaca-se por possibilitar a implementação de modelamentos matemáticos utilizados em diversas áreas da engenharia e da física.

O MatLab [2] [3] pode ser utilizado tanto como ferramenta de cálculo interativa quanto linguagem de programação científica. Entretanto, ele apresenta algumas vantagens que justificam sua predileção entre profissionais do meio acadêmico: simplicidade, rapidez de processamento e interface gráfica avançada para visualização e análise dos resultados. Todas as variáveis do MatLab são definidas de forma matricial, o que torna seu ambiente de trabalho ideal para resolver problemas de cálculos envolvendo matrizes e vetores. Logo, o desenvolvimento do software de simulação para princípios de comunicação, que será descrito neste artigo, utilizou-se de todos os recursos oferecidos pelo MatLab, como o uso de vetores, funções predefinidas e principalmente o uso das interfaces gráficas tanto para que o usuário possa organizar os parâmetros de entrada quanto para visualizar os efeitos destes parâmetros na modulação escolhida.

SIMULAÇÃO DE MODULAÇÕES AM E FM

¹ Flávia Mendonça Teixeira, INATEL, Av. João de Camargo, 510, 37540-000, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brazil, flavia_mendonca@inatel.br

² Luciano Leonel Mendes, INATEL, Av. João de Camargo, 510, 37540-000, Santa Rita do Sapucaí, MG, Brazil, lucianol@inatel.br

O software para simulação de modulações em amplitude e frequência foi dividido em dois módulos: um para modulação em amplitude e outro para modulação em frequência.

Com o objetivo de estimular a interação entre aluno e software, foram criadas interfaces gráficas para organizar as informações a serem processadas, isto é, o usuário tem a possibilidade de visualizar todos os parâmetros e sinais escolhidos antes de iniciar o processo de simulação.

No caso da interface gráfica para o módulo de AM, pode-se definir a amplitude, a frequência e a fase da portadora e do sinal modulante, sendo que este também pode ser definido como um sinal senoidal, quadrado, triangular ou aleatório.

Os sinais a serem processados são mostrados na tela, juntamente com os valores de índice de modulação e potências do sinal modulado AM-DSB e AM-DSB/SC. A Figura 1 a seguir ilustra a interface gráfica do software para o módulo de modulação em amplitude.

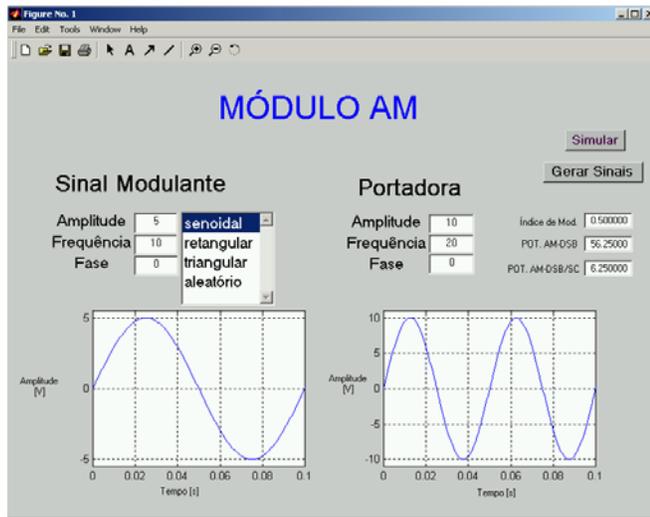


FIGURA. 1

INTERFACE GRÁFICA PARA SIMULAÇÃO DE MODULAÇÃO EM AMPLITUDE.

A interface gráfica do módulo para simulação de modulação em frequência possui basicamente as mesmas características do módulo AM, sendo que a diferença é marcada pela necessidade do valor do desvio de frequência como parâmetro para realizar a simulação.

No módulo FM, a interface gráfica, ilustrada a seguir, retorna os valores de índice de modulação e potência dos sinais modulados.

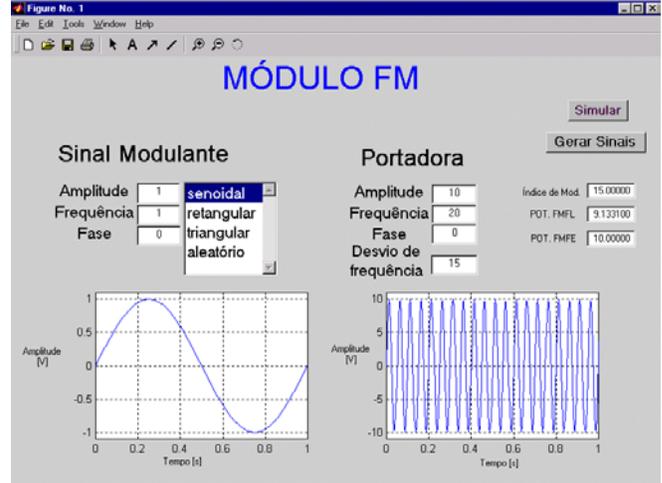


FIGURA. 2

INTERFACE GRÁFICA PARA SIMULAÇÃO DE MODULAÇÃO EM FREQUÊNCIA.

SIMULANDO MODULAÇÕES EM AMPLITUDE

Para realizar a simulação de modulação em amplitude é necessário que todos os parâmetros de entrada da interface gráfica estejam devidamente preenchidos, isto é, o sinal modulante e a portadora devem ser predefinidos pelo usuário.

Como ilustração para o processo de simulação, tomemos como exemplo uma modulação AM gerada por um sinal modulante senoidal, descrito por (1) [1].

$$f(t) = A \cos \omega_m t \quad (1)$$

Onde A é a sua amplitude e ω_m é a sua frequência angular. Os valores adotados para a simulação foram, respectivamente, 5V e 20π rad/s. A portadora senoidal possui amplitude a e frequência angular ω_o , cujos valores adotados para a simulação foram, respectivamente, 10V e 200π rad/s. Assim, a portadora pode ser expressa por (2).

$$c(t) = a \cos \omega_o t \quad (2)$$

Os gráficos resultantes do sinal AM/DSB ficam descritos nos domínios do tempo e da frequência conforme definido, respectivamente, por (3) e (4).

$$s(t) = [A + a \cos \omega_o t] \cos \omega_m t \quad (3)$$

$$S(f) = \mathfrak{T}[s(t)] \quad (4)$$

A Figura 3 apresenta o sinal AM/DSB gerado pelo simulador, no domínio do tempo, enquanto a Figura 4 apresenta este sinal modulado no domínio da frequência.

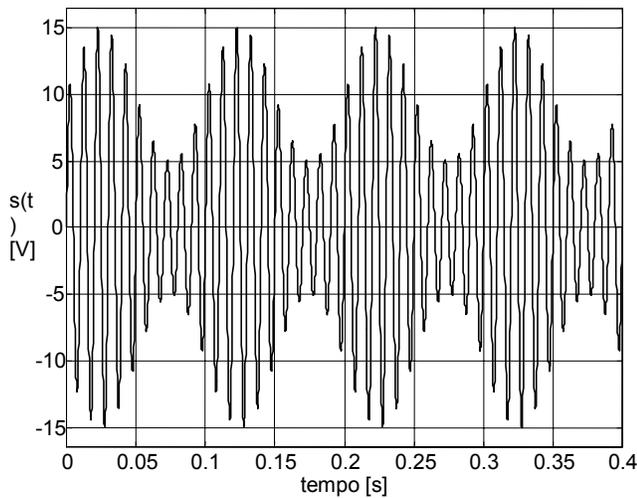


FIGURA. 3
SINAL AM/DSB NO DOMÍNIO DO TEMPO

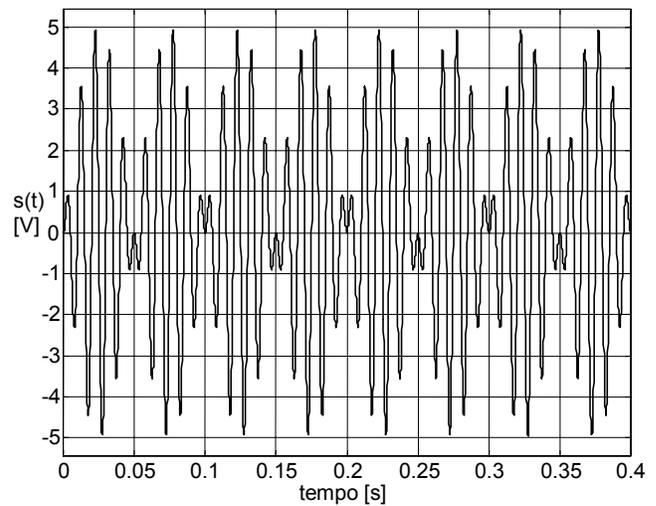


FIGURA. 5
SINAL AM/DSB-SC NO DOMÍNIO DO TEMPO.

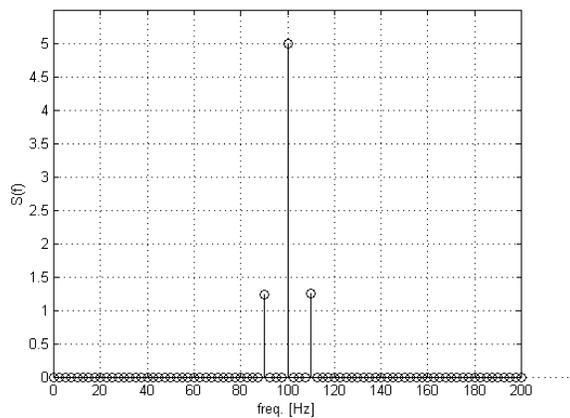


FIGURA.4
SINAL AM/DSB NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

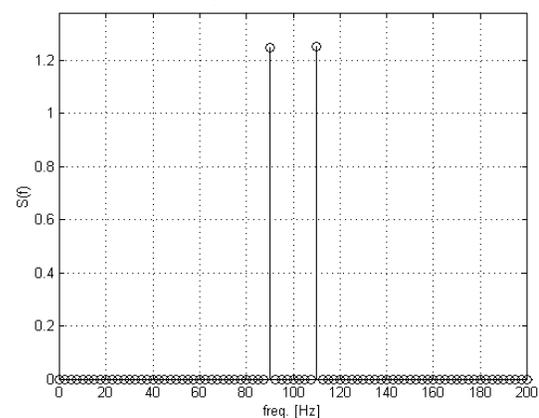


FIGURA. 6
SINAL AM/DSB-SC NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

O simulador também gera o sinal AM/DSB-SC (*Amplitude Modulation – Double Side Band with Supressed Carrier*), que é definido no domínio do tempo por (5) e no domínio da frequência por (6).

$$s(t) = a \cos \omega_o t \times \text{sen } \omega_m t \quad (5)$$

$$S(f) = \mathfrak{F}[s(t)]. \quad (6)$$

Nota-se que nesta técnica, a portadora não está presente no sinal modulado. Isto pode ser visualizado no domínio do tempo através da Figura 5, e no domínio da frequência, através da Figura 6.

SIMULANDO MODULAÇÕES EM FREQUÊNCIA

Para realizar a simulação de modulação em frequência é preciso fornecer à interface gráfica do módulo FM os parâmetros que definem o sinal modulante, a portadora e também o desvio de frequência, definido por $\Delta\omega$.

Para ilustrar o processo de simulação, considere um desvio de frequência igual a $30\pi\text{rad/s}$ e um sinal modulante senoidal descrito por (7) [1].

$$f(t) = A \cos \omega_m t \quad (7)$$

Onde A é a sua amplitude e ω_m é a sua frequência angular, com valores de 1V e $2\pi\text{rad/s}$ respectivamente. A portadora possui amplitude (a) de 10V com frequência angular (ω_o) de $40\pi\text{rad/s}$, cuja expressão é dada por (8)

$$c(t) = a \cos \omega_o t. \quad (8)$$

Desde modo, pode-se obter o sinal FMFL (FM Faixa Larga) utilizando a expressão apresentada em (9).

$$s(t) = a \cos \left[\omega_o t + \frac{\Delta\omega}{\omega_m} \text{sen}(\omega_m t) \right]. \quad (9)$$

Onde $\Delta\omega$ é o desvio de frequência do sistema FM.

O sinal FM contém um número infinito de harmônicos em seu espectro, o que acarretaria para sua transmissão a necessidade de canal com largura de faixa infinita. Na prática, no entanto, pode-se limitar a faixa de transmissão do sinal FM a um valor finito, pois os harmônicos com frequências acima de um limiar apresentam uma contribuição desprezível para a composição do sinal.

O gráfico do espectro de frequências do sinal FMFL teve sua largura de faixa limitada, pelo simulador, a partir da regra de Carson, isto é, o espectro do sinal terá componentes harmônicas nas frequências apresentadas em (10).

$$\omega_n = (\omega_o \pm n\omega_m), \quad n = 1, 2, \dots, n_\alpha \quad (10)$$

$$n_\alpha = (\Delta\omega/\omega_m) + 1$$

As amplitudes de cada componente espectral é definida por (11).

$$A_n = J_N(\Delta\omega/\omega_m) a \quad (11)$$

Onde $J_N(\Delta\omega/\omega_m)$ é a função de Bessel de primeira espécie, com argumento $\Delta\omega/\omega_m$ e ordem N , com N variando entre $-n_\alpha$ e $+n_\alpha$.

A Figura 7 mostra o sinal modulado no domínio do tempo, enquanto que a Figura 8 mostra o sinal modulado no domínio da frequência.

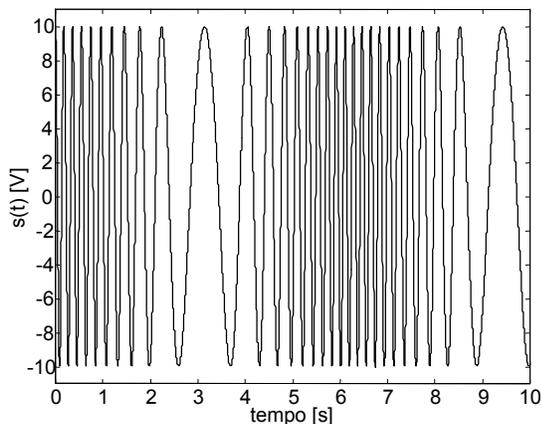


FIGURA 7
SINAL FMFL NO DOMÍNIO DO TEMPO

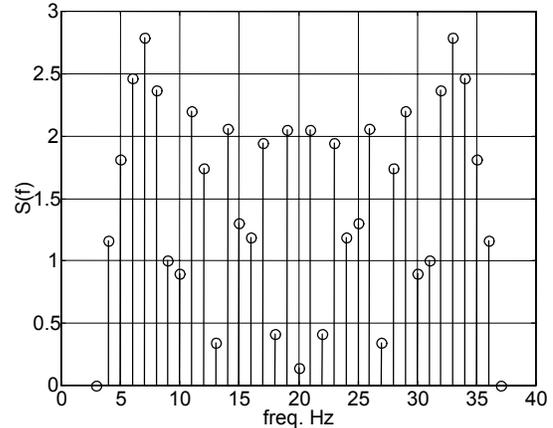


FIGURA 8
SINAL FMFL NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

O módulo FM do software de simulação também é capaz de gerar sinais FMFE (FM Faixa Estreita), e FMFL segundo outros critérios para limitação de componentes espectrais de ordem elevada.

CONCLUSÃO

Aulas expositivas sobre princípios de telecomunicações, apesar de ser um meio muito econômico de ensinar, leva a um aprendizado passivo e de baixa intensidade devido ao fato de se ter uma elevada quantidade de informações que deverão ser visualizadas através de vários gráficos.

Logo, com o advento das ferramentas computacionais de simulação, é possível aumentar a qualidade das aulas expositivas, isto é, além de ilustrar rapidamente os fenômenos ocorrentes nos vários tipos de modulação, consegue-se também atingir aos alunos cujo aprendizado se dá com maior eficiência por métodos visuais e participativos, fazendo com que o método de ensino/aprendizagem torne-se mais eficiente.

REFERÊNCIAS

- [1] Melo, J, C, "Princípios de Telecomunicações", McGraw-Hill do Brasil, 1976.
- [2] Hanselman, D and Littlefield, B, Matlab 5 – The Student Edition, Makron Books, São Paulo, SP, 1999.
- [3] Ingle, V and Proakis, J, Digital Signal Processing Using MATLAB®, Brooks, 2000.
- [4] Haykin, S, Communications Systems, 2nd Edition, Wiley, 2000.