

Simulador Virtual de Técnicas de Modulação

Michelly de Almeida e João Dias

Resumo—Este trabalho é parte do projeto LabWeb (Laboratório Virtual para ensino de Telecomunicações) desenvolvido por estudantes de iniciação científica do ensino médio-técnico. Este projeto tem como finalidade desenvolver uma ferramenta de simulação computacional para apoio didático às aulas de Telecomunicações. Neste simulador, a partir de modificações nos parâmetros de cada módulo, o usuário pode analisar os resultados de novas situações propostas. Os pressupostos orientadores do processo de desenvolvimento deste software são o estímulo à autonomia cognitiva, o auxílio à aprendizagem por meio da interação homem-máquina e o uso de tecnologias de informação e comunicação como recurso em processos educacionais.

Palavras-Chave—simulador virtual, programação web, modulação.

Abstract—This work is part of the LabWeb (Virtual Laboratory for Telecommunications Teaching) project developed by students in technical school. This project aims to develop a computer simulation tool for didactic support to Telecommunications classes. In this simulator, based on changes in the parameters of each module, the user can analyze the results of new proposed situations. The guiding assumptions of the development of this software are the encouragement to cognitive autonomy, the aid to learning through human-machine interaction, and the use of information and communication technologies as a resource in educational processes.

Keywords—virtual simulator, web programming, modulation.

I. INTRODUÇÃO

Tem se observado que as aulas de sistemas de telecomunicações, tanto nos cursos técnicos quanto na engenharia, necessitam de um método dinâmico e eficaz com o propósito de melhorar e aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem. Alguns tópicos da ementa de sistemas de telecomunicações como, por exemplo, as técnicas de modulação decorrem de fenômenos físicos que possuem um modelagem matemática já bem conhecido [1]. Entretanto, verifica-se a latente necessidade de visualização gráfica de todos os sinais e parâmetros envolvidos nestes processos. Neste contexto, o uso de ferramentas computacionais e interativas de simulação torna-se imprescindível ao estudo dessas técnicas, pois permitem a visualização de todos os sinais envolvidos nos processos de modulação nos domínios do tempo e da frequência. Assim, um software de simulação executado em plataforma web, foi desenvolvido como projeto do programa institucional de bolsas de iniciação científica de ensino médio-técnico (PIBIC-EM) com o intuito de dinamizar o processo de ensino-aprendizagem sobre os sistemas de telecomunicações abordados nos cursos técnicos e de engenharia de telecomunicações.

Michelly de Almeida, curso técnico de Telecomunicações, CEFET/RJ, Rio de Janeiro, e-mail: michellymairink@hotmail.com; João Dias, Departamento de engenharia de Telecomunicações, CEFET/RJ, Rio de Janeiro, e-mail: joao.dias@cefet-rj.br. Este trabalho foi parcialmente financiado por CNPq (PIBIC-EM).

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: o desenvolvimento do simulador é apresentado na Seção 2; os resultados da simulação são mostrados na Seção 3, e as conclusões são feitas na Seção 4.

II. SIMULADOR

Nesta Seção será descrito o processo de construção do simulador e as técnicas de modulação implementadas e testadas nesta fase do projeto. Inicialmente foi criada em HTML (*HyperText Markup Language*)[2] e estilizada com CSS (*Cascading Style Sheets*)[2] a página *LabWeb.org*. Nesta página foi criado um menu onde o usuário pode ler sobre o projeto, acessar os simuladores ou tirar dúvidas com a equipe do projeto. Ao clicar em simuladores no menu, o usuário tem as opções dos simuladores AM-DSB (*Amplitude Modulation - Double Side Band*), AM-DSB-SC (*Amplitude Modulation - Double Side Band - Suppressed Carrier*), B-PSK (*Binary-Phased Shift Keying*) e B-ASK (*Binary-Amplitude Shift Keying*)[1]. Ao selecionar um dos simuladores, abre-se uma nova página com os quadros onde serão mostrados os sinais modulante, portadora, modulado no domínio do tempo e o espectro do sinal modulado. Para executar a simulação, o usuário deve selecionar um valor para a amplitude e para a frequência dos sinais modulante e da portadora e, em seguida, clicar no botão "modular" abaixo do quadro do sinal modulado.

A. Simuladores AM-DSB e AM-DSB-SC

Para gerar os gráficos da modulação AM-DSB e AM-DSB-SC foram criados seis códigos em JS (JavaScript) [3]. No primeiro código, com os parâmetros Amplitude (A_m) e Frequência (f_m) do sinal modulante passados pelo usuário, é criado o gráfico do sinal modulante $m(t)$ a partir da equação $m(t) = A_m \cos(\omega_m t)$, onde $\omega_m = 2\pi f_m$. No segundo código, com os parâmetros Amplitude (A_p) e Frequência (f_p) da portadora, é criado o gráfico da portadora $p(t)$ a partir da equação $p(t) = A_p \cos(\omega_p t)$, com $\omega_p \gg \omega_m$. Os parâmetros dos sinais modulante e portadora também são lidos pelo terceiro e quarto códigos que, a partir das equações

$$M(t) = A_p[1 + k_a m(t)] \cos(\omega_p t) = A_p \cos(\omega_p t) + \frac{1}{2} \mu A_p \cos(\omega_p t + \omega_m t) + \frac{1}{2} \mu A_p \cos(\omega_p t - \omega_m t) \quad (1)$$

e

$$M(f) = \frac{1}{2} A_p [\delta(f - f_p) + \delta(f + f_p)] + \frac{1}{4} \mu A_p [\delta(f - f_p - f_m) + \delta(f + f_p + f_m)] + \frac{1}{4} \mu A_p [\delta(f - f_p + f_m) + \delta(f + f_p - f_m)], \quad (2)$$

onde k_a é a sensibilidade do modulador, $\mu = k_a A_m$ é o índice de modulação e δ é a função delta de Dirac [1], geram os gráficos do sinal modulado nos domínios do tempo e da frequência do modulador AM-DSB, respectivamente. Os quinto e sexto códigos geram as saídas no domínio do tempo e

da frequência, respectivamente, de um modulador balanceado formado por dois moduladores AM-DSB cujas entradas são os sinais modulantes $m(t)$ e $-m(t)$; a diferença entre os sinais de saída desses moduladores forma o sinal AM-DSB-SC [1].

B. simuladores B-PSK e B-ASK

Para gerar os gráficos da modulação B-PSK e B-ASK foram criados mais dois códigos em JS (JavaScript) [3]. Nestes, o sinal modulante é a mensagem binária $m(t)$ formada por uma sequência de 0's e 1's de amplitude A_m e frequência angular ω_m e a portadora $p(t)$ é gerada em um oscilador local com as mesmas características do segundo código do modulador AM-DSB. A saída dos códigos são $M(t) = A_p d(t) \cos(\omega_p t)$, onde $d(t)$ assume os valores 1 e -1 quando $m(t)$ têm valores 1 e 0 para o modulador B-PSK ou os próprios valores de $m(t)$ para o modulador B-ASK, e $M(f) = \frac{1}{2} A_p [\delta(f - f_p) + \delta(f + f_p)]$ para os sinais modulados no domínio do tempo e da frequência, respectivamente.

III. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Para realizar as simulações foram criadas escalas para amplitude e frequência normalizadas pelo tamanho do quadro, conforme a tabela I.

TABELA I
PARÂMETROS DAS SIMULAÇÕES

Amplitude do sinal modulante [A_m]	0 a 100 com passo 5
Frequência do sinal modulante [f_m]	3, 4, 5, 6, 8 e 10 [KHz]
Amplitude da portadora [A_p]	0 a 100 com passo 5
Frequência da portadora [f_p]	3, 4, 5, 6, 8 e 10 [MHz]

Para exemplificar o funcionamento dos moduladores foram gerados os gráficos apresentados nas figuras 1, 2, 3 e 4 com os parâmetros $A_m = 20$ para os simuladores AM-DSB e AMDSB-SC, $A_m = 35$ para os simuladores PSK e ASK, $f_m = 3\text{KHz}$ para os quatro simuladores, $A_p = 40$ para os simuladores AM-DSB e AM-DSB-SC, $A_p = 50$ para os simuladores PSK e ASK, e $f_p = 10\text{MHz}$, para os quatro simuladores.

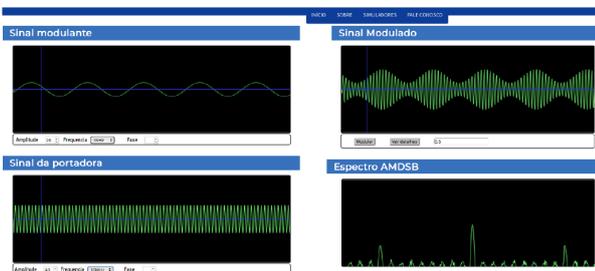


Fig. 1. Interface e demonstração do simulador AM-DSB.

IV. CONCLUSÕES

O desenvolvimento desta ferramenta de simulação vem despertando interesse em pesquisa nos alunos do ensino médio-técnico de Telecomunicações, além de disponibilizar recursos tecnológicos que motivam e promovem o aperfeiçoamento do

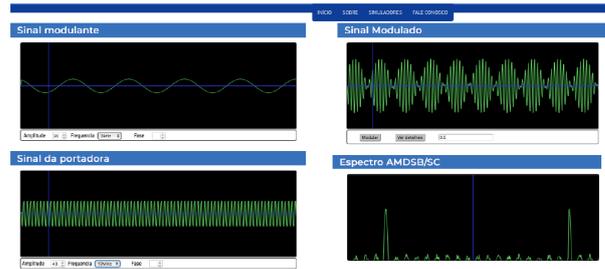


Fig. 2. Interface e demonstração do simulador AM-DSB-SC.

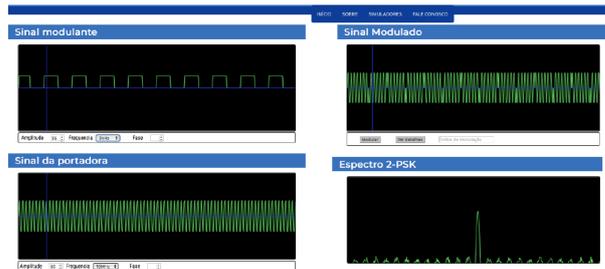


Fig. 3. Interface e demonstração do simulador PSK.



Fig. 4. Interface e demonstração do simulador ASK.

processo ensino-aprendizagem. Tais ferramentas vem permitindo otimizar e ampliar o trabalho realizado em sala de aula e nos laboratórios. É importante ressaltar que tais simulações buscam, na medida do possível, reproduzir os resultados que seriam observados em equipamentos de medidas específicos que os discentes utilizam nos laboratórios físicos dos cursos, então a ferramenta também serve como facilitador da comprovação prática da teoria do processo de modulação. A realização deste projeto tem contribuído para a instalação e consolidação de linhas de pesquisa no campo da construção de aplicações didáticas em ambiente web. Como continuação deste trabalho pretende-se construir novos moduladores analógicos (AM-SSB, AM-VSB, FM e PM) e digitais (FSK e QAM).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CEFET/RJ e ao CNPq pelo financiamento parcial do projeto que deu origem a esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] S. Haykin, M. Moher, *Sistemas de Comunicação*. 5.ed., ed.Bookman, ano 2011.
- [2] J. Duckett, *HTML e CSS: Projete e Construa Websites*. 1. ed., editora: Alta Books, ano 2016.
- [3] J. Duckett, *Javascript e JQuery: Desenvolvimento de Interfaces web Interativas*. 1. ed., editora: Alta Books, ano 2016.