

Implementação de Sistema de Comunicação FM no Ensino de Telecomunicações com GNU Radio e USRP N210

VINICIUS JOSÉ WANDERLEY VIEIRA (IFPB, Campus João Pessoa), ISABELY SAMARA SIMÃO DE MATOS (IFPB, Campus João Pessoa), LUCAS MEDEIROS CARNEIRO COSTA (IFPB, Campus João Pessoa), SUZETE ÉLIDA NÓBREGA CORREIA (IFPB, Campus João Pessoa)

E-mails: vinicius.wanderley@academico.ifpb.edu.br, matos.isabely@ifpb.edu.br, carneiro.lucas@academico.ifpb.edu.br, suzete@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 Engenharia Elétrica.

Palavras-chave: gnu radio; software defined radio; usrp n210; práticas de laboratório; modulação fm; ensino de telecomunicações.

1 Introdução

O ensino em Engenharia de telecomunicações nas Instituições de Ensino Superior (IES) tem passado por uma transformação, ao incorporar metodologias ativas que envolvem o aluno em atividades práticas e colaborativas, em contraste com a abordagem clássica centrada em aulas expositivas e demonstrações estáticas (PONCIANO; GOMES; MORAIS, 2016). A modulação em frequência (FM) destaca-se pela variação da frequência da onda portadora em função da amplitude do sinal de informação, sendo amplamente utilizada em radiodifusão sonora devido à sua robustez contra ruídos e interferências. Essa característica a torna ideal para a transmissão de voz e música, garantindo maior fidelidade na recepção do sinal (PROAKIS; SALEHI, 2007).

O GNU Radio, se destaca como ferramenta pedagógica essencial, pois oferece a possibilidade de simulação de cadeias completas de processamento de sinais em um ambiente virtual, possibilitando que os discentes explorem, de forma iterativa, diferentes arquiteturas e parâmetros de sistemas de comunicação sem necessidade de hardware dedicado (ALMALEH, 2019).

A USRP N210 oferece uma plataforma flexível e de alto desempenho para o desenvolvimento de sistemas de comunicação, permitindo que pesquisadores e estudantes experimentem com técnicas avançadas de modulação e demodulação, enquanto mantêm um baixo custo de implementação (SMITH et al., 2012). A USRP N210 é uma plataforma versátil que opera em uma faixa de frequência que vai de 50 MHz a 6 GHz, robusta para a experimentação de sistemas de comunicação, permitindo a sintonização precisa de canais e a implementação de filtros e técnicas de modulação. Quando combinada com o GNU Radio, uma ferramenta importante no desenvolvimento de SDR (Software Defined Radio), possibilitando a criação de sistemas de comunicação altamente customizáveis, onde os alunos podem visualizar e interagir com as variáveis que afetam a transmissão e recepção de sinais.

Este trabalho tem por objetivo apresentar um experimento de modulação e transmissão de sinais FM utilizando a combinação entre GNU Radio e USRP N210, explorando sua aplicação como instrumento didático no ensino de fundamentos de telecomunicações.

2 Fundamentação teórica

2.1 Modulação em frequência

A modulação em frequência (FM) é uma forma de modulação angular em que a informação do sinal modulado é representada por variações na frequência instantânea da portadora senoidal, mantendo-se constante sua amplitude. A FM apresenta maior imunidade a ruídos e interferências, sendo bastante utilizada em transmissões de rádio de alta fidelidade (HAYKIN, 2001).

A expressão de um sinal modulado em frequência (FM) pode ser escrita como:

$$p(t) = A \cos \left(\omega_c t + K_F \int_0^t f(\tau) d\tau \right) \quad (1)$$

em que ω_c é a frequência da portadora, K_F a sensibilidade em frequência, e $f(t)$ o sinal modulante.

A frequência instantânea pode ser dada por:

$$\omega_s(t) = \omega_c + K_F f(t) \quad (2)$$

Define-se o desvio máximo de frequência como $\Delta\omega = K_F \max|f(t)|$ e o índice de modulação como $\beta = \Delta\omega/\omega_m$, onde ω_m representa a largura de banda do sinal modulante. Essa relação determina a classificação operacional do sistema: para $\beta < 0.2$, obtém-se Modulação em Frequência de Banda Estreita (NBFM - Narrow-Band Frequency Modulation), enquanto valores de $\beta \geq 0.2$ caracterizam Modulação em Frequência de Banda Larga (WBFM - Wide-Band Frequency Modulation).

3 Metodologia

O diagrama apresentado na Figura 1 mostra um fluxo de processamento de sinal usando o software *GNU Radio* versão 3.10 em conjunto com a *USRP N210* para transmissão de um sinal modulado em FM.

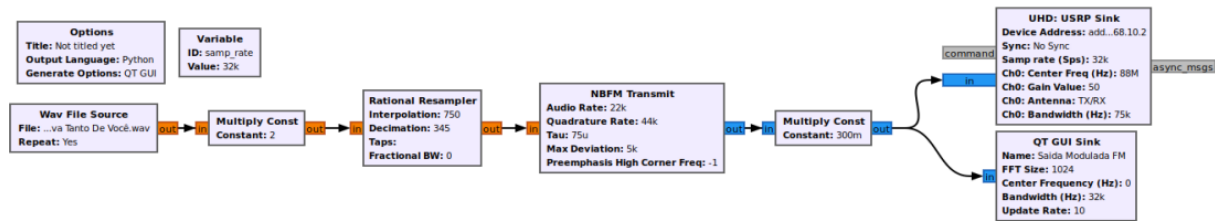


Figura 1: Fluxograma do transmissor FM

O processo de transmissão tem início no bloco *WAV File Source*, responsável por fornecer o sinal de áudio digitalizado a partir de um arquivo *.wav*. O sinal lido é então multiplicado por uma constante (bloco *Multiply Const.*) para ajuste de amplitude. O sinal ajustado segue para o bloco *Rational Resampler*, com o intuito de reamostrar o sinal e adequar a taxa de amostragem para os requisitos ideais para o modulador FM.

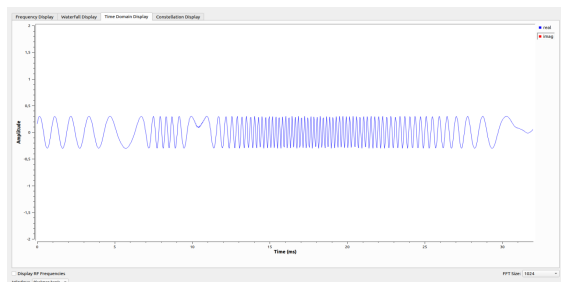
O sinal reamostrado segue para o bloco *NBFM Transmitter* é responsável pela modulação da FM em banda estreita (NBFM). Esse bloco converte as variações de amplitude do áudio em variações de frequência do sinal portador. Após a modulação, outro bloco *Multiply Const.* aplica um ganho para ajuste de potência do sinal modulado.

Por fim, o bloco *USRP Sink* transmite o sinal modulado via rádio frequência, utilizando a *USRP N210*, em uma frequência central escolhida de 88 MHz. O diagrama também inclui um bloco de *QT GUI Sink*, que funciona como analisador de espectro em tempo real para a visualização e monitoramento do sinal durante a sua transmissão.

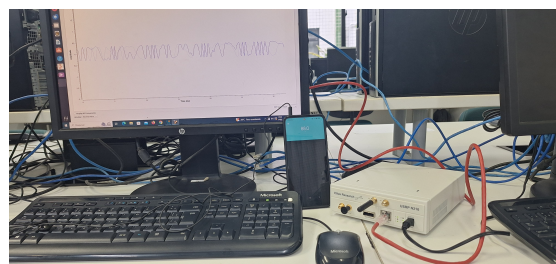
4 Resultados e Discussão

Na Figura 2a mostra-se o sinal modulado transmitido, enquanto na Figura 2b é apresentado o sinal recebido no aplicativo de rádio do smartphone.

Observa-se que a Figura 2a apresenta o espectro do sinal modulado, a variação característica na frequência do sinal enquanto mantém amplitude e fase constantes, padrão característico de um sinal modulado em frequência com baixo nível de ruído. Já na 2b nota-se a recepção do sinal pelo smartphone na frequência de 88 MHz, sendo possível sintonizar na frequência de transmissão desejada.



(a) Visualização gráfica sinal modulado



(b) Recepção do sinal de rádio transmitido

Figura 2: Resultados da transmissão.

5 Considerações Finais

Neste trabalho, foi implementado um transmissor FM usando o hardware USRP N210 para transmitir o sinal em uma faixa de frequência FM e o software de código aberto GNU Radio para processá-lo. Essa combinação permitiu gerar e transmitir um sinal áudio, que pode ser reproduzido como áudio audível em um rádio comum além de fornecer uma representação visual do sinal modulado no computador. Durante os testes, os resultados foram considerados satisfatórios, já que foi possível transmitir e ouvir o áudio com clareza por um rádio.

O experimento mostrou-se útil para despertar o interesse dos alunos em temas como as propriedades de Fourier, tornando o aprendizado mais prático nas disciplinas de Sinais e Sistemas, Processamento de Sinais e Princípios de Comunicações. Como resultado, planeja-se utilizar o protótipo desenvolvido em futuros trabalhos em sala de aula, com o objetivo de aprimorar a compreensão e a retenção dos conteúdos pelos alunos.

Agradecimentos

Ao Programa de Ensino Tutorial (PET) e ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) pelo apoio financeiro.

Referências

- ALMALEH, A. *GNU Radio: Ferramenta para Experimentação em Sistemas de Comunicações*. [S.l.]: Editora da Universidade, 2019.
- HAYKIN, S. *Sistemas de Comunicação*. 4. ed. [S.l.]: Bookman, 2001.
- PONCIANO, E. M.; GOMES, L. T.; MORAIS, A. P. P. Metodologias ativas no ensino de telecomunicações: Uma abordagem crítica. *Revista Brasileira de Ensino de Engenharia*, v. 34, n. 2, p. 56–65, 2016.
- PROAKIS, J. G.; SALEHI, M. *Comunicação Digital*. 5. ed. [S.l.]: Bookman, 2007.
- SMITH, R. et al. The usrp n210 as a communication platform. In: *Proceedings of the IEEE International Symposium on Signals and Systems*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 184–187.