

Modulação AM

Andrez Muller Miranda Barreto^a, Allanks Jonatan Moraes Lima^a, Herbert Tadeu Miranda Barroso^a, Oséias Dias de Farias^a,
Wallas Ximenes da Silva^a

^aUniversidade Federal do Pará (UFPA), Tucuruí, Pará, Brasil

Abstract

A modulação de amplitude (AM) é uma técnica fundamental no campo da transmissão de sinais de áudio que desempenhou um papel crucial no desenvolvimento das comunicações de rádio. Ao modular a amplitude de uma onda portadora de alta frequência com um sinal de áudio, a modulação AM permite a transmissão eficiente de informações por meio do espectro eletromagnético. Este artigo científico apresenta uma análise abrangente da modulação AM, explorando sua história, princípios básicos, características, aplicações e desafios associados.

Keywords: modulação AM, protheus, receptor AM, Transmissor AM

1. Introdução

A transmissão de sinais de áudio tem sido uma das principais aplicações da engenharia de comunicações há décadas. Desde as primeiras transmissões de rádio no início do século XX, a modulação de amplitude (AM) tem sido uma das técnicas mais utilizadas para transmitir sinais de áudio de maneira eficiente.

A modulação AM envolve a variação da amplitude de uma onda portadora de alta frequência com base no sinal de áudio que se deseja transmitir. Esse processo de modulação permite que a informação do sinal de áudio seja codificada na amplitude da onda portadora. Ao receber o sinal modulado, o receptor pode demodular a onda portadora, recuperando assim o sinal de áudio original.

O objetivo deste artigo científico é fornecer uma visão geral abrangente da modulação AM, explorando seus princípios básicos e seu papel na transmissão de sinais de áudio. Além disso, serão discutidas as características da modulação AM, incluindo a largura de banda necessária, a relação sinal-ruído e a sensibilidade a interferências.

Ao longo do texto, também serão abordadas as aplicações da modulação AM em diferentes áreas, como radiodifusão, comunicações de longa distância e sistemas de comunicação por satélite. Serão destacados os benefícios e desafios associados a essa técnica, incluindo a eficiência espectral, a qualidade do sinal, a suscetibilidade a ruídos e interferências, bem como as técnicas de mitigação utilizadas para melhorar o desempenho da modulação AM.

Em conclusão, a modulação AM continua a desempenhar um papel fundamental na transmissão de sinais de áudio, mesmo com o surgimento de outras técnicas mais avançadas, como a modulação de frequência (FM) e a modulação de fase (PM). Compreender os princípios, características e aplicações da modulação AM é essencial para engenheiros e pesquisadores envolvidos no projeto e desenvolvimento de sistemas de comunicação eficientes e confiáveis.

2. Transmissor AM (Tom Único)

2.1. Projeto no Protheus

2.2. Circuito em protoboard

3. Receptor AM

3.1. Projeto no Protheus

3.2. Circuito em protoboard

4. Radio AM Galena

4.1. Projeto no Protheus

5. Sinais característicos modulações AM: DSB-SC, SSB, VSB

A modulação de amplitude (AM) é uma técnica amplamente utilizada na transmissão de sinais de áudio e dados por meio de ondas de rádio. Existem diferentes tipos de modulações AM, cada uma com suas características distintas. Entre elas estão a modulação DSB-SC (Double Sideband Suppressed Carrier), a modulação SSB (Single Sideband) e a modulação VSB (Vestigial Sideband).

5.1. Modulação AM DSB-SC

A Modulação de Faixa Lateral Dupla - Portadora Suprimida (DSB-SC*) é uma técnica de modulação em que a portadora original é completamente suprimida, resultando em uma transmissão eficiente de sinal. Nesse método, o sinal modulante é multiplicado por uma portadora senoidal, resultando na geração de duas bandas laterais simétricas em torno da frequência da portadora original. Essas bandas laterais contêm todas as informações necessárias para a reprodução do sinal original. A principal vantagem dessa técnica é a economia de largura de banda, uma vez que a portadora não é transmitida, e apenas as bandas laterais são necessárias para a reconstrução do sinal. No receptor, é possível recuperar o sinal original utilizando um processo de demodulação apropriado, onde as bandas laterais são

separadas e a portadora é reintroduzida. Isso torna a DSB-SC* uma técnica amplamente utilizada em sistemas de comunicação eficientes em termos de largura de banda e com bom desempenho de transmissão.

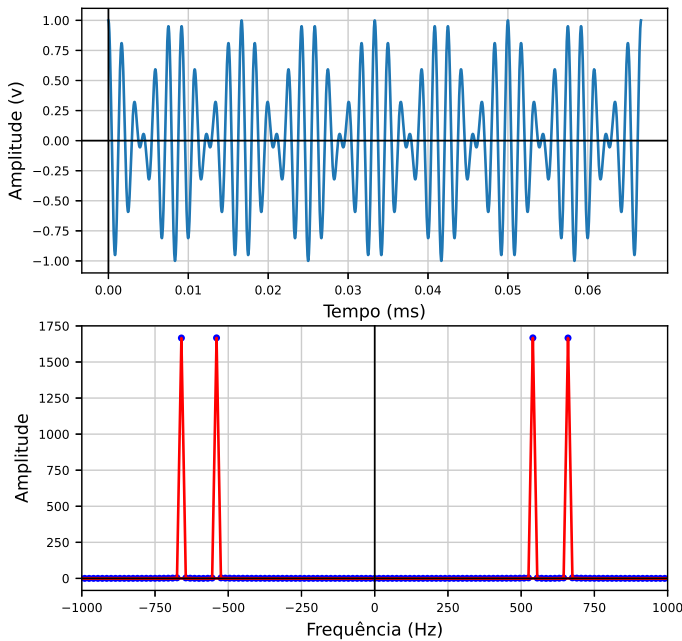
Basicamente, a modulação de faixa lateral dupla-portadora suprimida, consiste do produto do sinal de mensagem $m(t)$ pela onda portadora $c(t)$ como mostrado pela equação:

$$s(t) = c(t)m(t)$$

$$s(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \cdot A_c \cos(2\pi f_m t)$$

5.1.1. Gráficos no domínio do tempo e da frequência

Figura 1: Modulação AM DSB-SC.



5.2. Modulação AM SSB

A modulação de faixa lateral única (SSB) é um método de modulação que consiste em transmitir apenas uma das bandas laterais da onda modulada, seja a faixa lateral superior ou a faixa lateral inferior. Essa técnica tem como objetivo deslocar o espectro do sinal modulante para uma nova posição no domínio da frequência. A modulação SSB é especialmente adequada para a transmissão de sinais de voz devido à lacuna de energia existente no espectro dos sinais de voz entre zero e algumas centenas de hertz. Ela é considerada a forma ideal de modulação de onda contínua, pois requer a menor quantidade de potência transmitida e a menor largura de banda do canal. No entanto, sua principal desvantagem está na maior complexidade e nas limitações de aplicabilidade.

$$S_{ssb\ superior} = \frac{1}{2}A_c A_m \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_m t) - \frac{1}{2}A_c A_m \sin(2\pi f_c t) \sin(2\pi f_m t)$$

5.2.1. Gráficos no domínio do tempo e da frequência

Figura 2: Modulação AM SSB Superior.

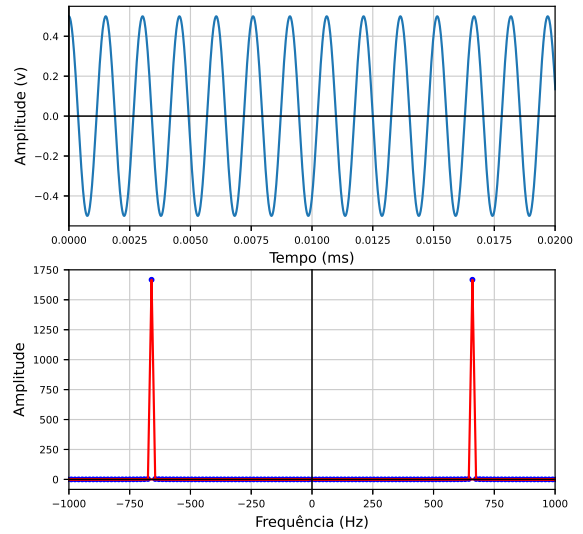
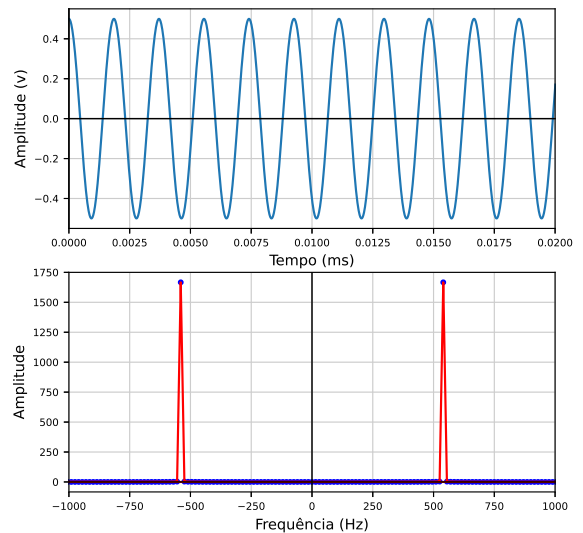


Figura 3: Modulação AM SSB Inferior.



5.3. Modulação AM VSB

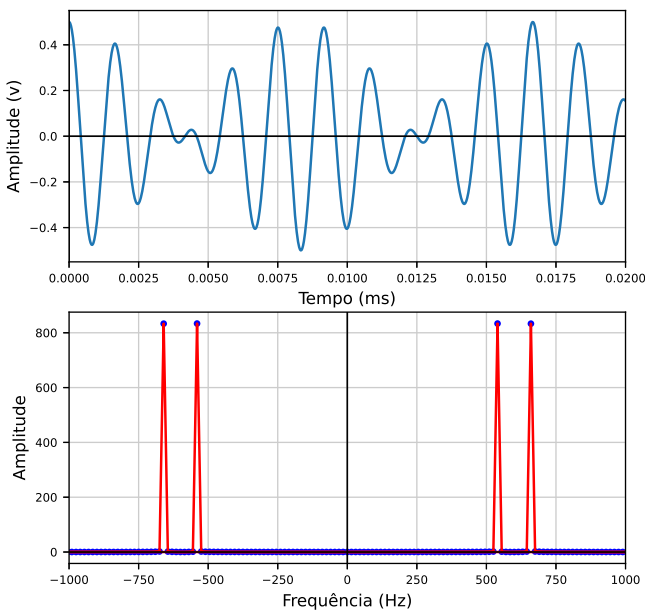
A modulação por faixa lateral vestigial (VSB) é uma técnica de modulação amplamente utilizada na transmissão de sinais de áudio e vídeo. Em comparação com a modulação de banda lateral única (SSB), a modulação VSB apresenta duas características distintas que a tornam uma opção viável em diversas aplicações. Primeiramente, ao invés de remover completamente a faixa lateral, um vestígio ou traço dela é transmitido, o que resulta no nome "faixa lateral vestigial". Além disso, a modulação VSB não transmite a outra faixa lateral completamente, mas, em vez disso, uma grande parte dela é transmitida. Essas características têm um impacto direto na largura de banda de transmissão do sinal modulado VSB, definindo assim suas propriedades e aplicabilidades. Neste resumo, exploraremos com mais detalhes essas características da modulação por faixa lateral vestigial (VSB) e como elas diferem da modulação SSB.

$$s(t) = \frac{1}{2}A_cA_m\cos(2\pi f_c t)\cos(2\pi f_m t) + \frac{1}{2}A_cA_m(1 - 2k)\sin(2\pi f_c t)\sin(2\pi f_m t)$$

5.3.1. Gráficos no domínio do tempo e da frequência

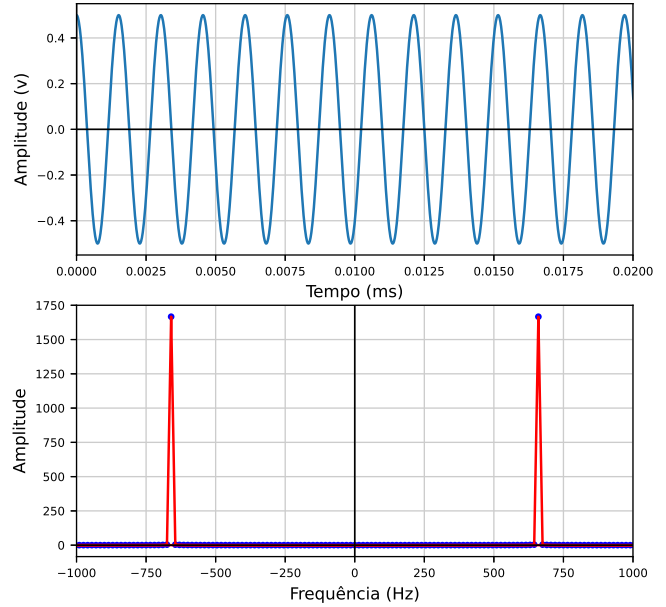
1. $k = 1/2$, para o qual $s(t)$ se reduz para SDSB-SC

Figura 4: Modulação AM DSB-SC.



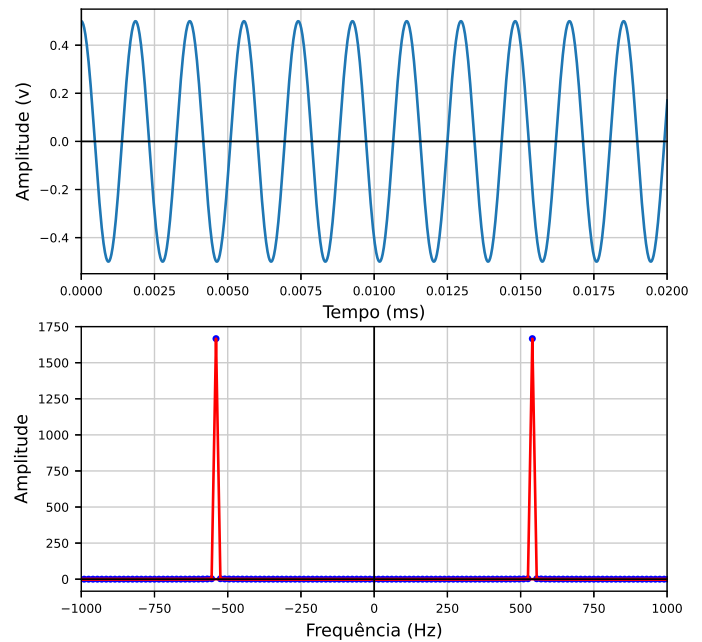
2.1 $k = 0$, para o qual $s(t)$ se reduz para SSB inferior

Figura 5: Modulação AM DSB-SC.



2.1 $k = 1$, para o qual $s(t)$ se reduz para SSB superior

Figura 6: Modulação AM DSB-SC.



3. $0 < k < 1/2$, para o qual a versão atenuada da frequência lateral superior define o vestígio de $s(t)$ $1/2 < k < 1$, para o qual a versão atenuada da frequência lateral inferior define o vestígio de $s(t)$.

Figura 7: Modulação AM DSB-SC.

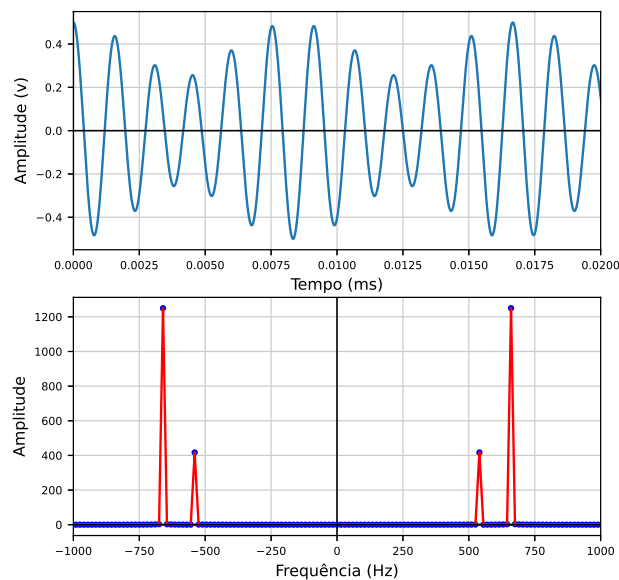
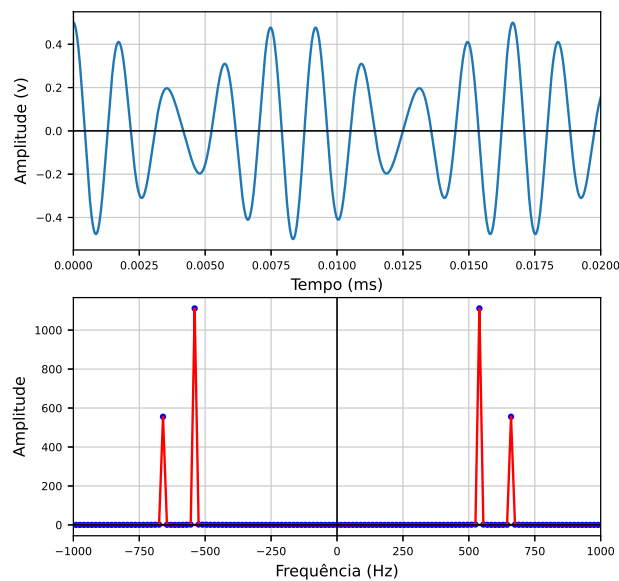


Figura 8: Modulação AM DSB-SC.



6. Discursões

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

7. Conclusão

Portanto, as técnicas de modulação de faixa lateral, como DSB-SC, SSB e VSB, desempenham papéis importantes na transmissão eficiente de sinais em sistemas de comunicação. A DSB-SC é valorizada por sua economia de largura de banda, eliminando a necessidade de transmitir a portadora original e utilizando apenas as bandas laterais para reproduzir o sinal. Por outro lado, a modulação SSB é adequada para a transmissão de sinais de voz devido à sua eficiência espectral e menor necessidade de potência transmitida. Embora a SSB apresente maior complexidade, suas vantagens são evidentes em determinadas aplicações. Já a modulação VSB combina características de remoção parcial da faixa lateral e transmissão de uma grande parte dela, tornando-se uma opção viável para a transmissão de sinais de áudio e vídeo. A escolha entre essas técnicas depende das necessidades específicas de cada sistema de comunicação e das características do sinal a ser transmitido. Em suma, a compreensão dessas técnicas de modulação de faixa lateral permite a otimização da largura de banda, eficiência e qualidade de transmissão em diferentes contextos de comunicação.

Apêndice A. Códigos Python para plotagem dos sinais AM

Acesse: Jupyter Notebook com os Códigos para mais informações.

Referências