

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMILLA BARRETO DE SOUSA

SISTEMA DE COMUNICAÇÃO I
RELATÓRIO II

São José - SC

dezembro/2020

SUMÁRIO

1	DESCRIÇÃO	2
2	CONCEITOS TEÓRICOS	3
2.1	AM DSB-SC	3
2.2	AM DSB-TC	3
2.3	AM SSB	3
2.4	FDM	3
3	RESULTADOS	4
3.1	Simulação 1 - AM DSB-TC	4
3.2	Simulação 2 - AM DSB-SC	5
3.3	Simulação 3 - FDM	7
A	SCRIPTS	12

1 DESCRIÇÃO

Em sistemas de comunicação os sinais que contêm informação passam por blocos com funções específicas que preparam o sinal original para a transmissão. No sistema de recepção existem blocos com a função de reverter as operações feitas na transmissão, assim recuperando o sinal original. Na transmissão um desses blocos é responsável por modular o sinal em uma frequência portadora, portanto na recepção um bloco específico é responsável por demodular o sinal. Em ambas as pontas de um sistema de comunicação são usados filtros para selecionar bandas de frequência específicas do sinal e impedir a passagem de outras. Para transmitir vários sinais em uma única portadora é utilizada técnicas de multiplexação, de forma a dividir o espectro de frequência em regiões onde serão transportados os diferentes sinais.

Este relatório apresenta resultados de simulações feitas no software GNU Octave de operações feitas por blocos de filtragem, modulação, demodulação e multiplexação. No [Capítulo 2](#) são apresentados conceitos teóricos que amparam as funcionalidades dos blocos e no [Capítulo 3](#) são apresentados os resultados das simulações. Por último no [Apêndice A](#) estão os códigos usados nas simulações.

2 CONCEITOS TEÓRICOS

Nesse capítulo foram reunidos alguns conceitos teóricos de modulação e multiplexação importantes para a realização das simulações.

2.1 AM DSB-SC

A modulação AM DSB-SC consiste em deslocar o sinal para uma frequência específica de forma que a frequência da portadora seja suprimida. Para isso o sinal de informação não pode incluir uma componente contínua ($f = 0$);

Apesar da frequência da portadora não ser transmitida, portanto não exigir potência, o processo de detecção de envoltória na recepção do sinal se torna complicado. Isso acontece porque o sinal transmitido cruza o zero e isso provoca a inversão de fase do sinal.

2.2 AM DSB-TC

A modulação AM DSB-TC consiste em deslocar o sinal para uma frequência específica, mas ao contrário da modulação AM DSB-SC, esse tipo de modulação vai transportar a frequência da portadora. Para isso o sinal de informação deve incluir uma componente contínua ($f = 0$);

O processo de detecção de envoltória na recepção do sinal se torna mais eficiente, pois o sinal transmitido terá uma média diferente de zero. Isso significa que ele não vai cruzar o eixo, então não ocorrerá inversão de fase.

2.3 AM SSB

A modulação AM SSB se parece muito com a modulação AM DSB-SC, mas o que diferencia é que ela consiste em anular uma das bandas laterais do sinal. Esse tipo de modulação tem o objetivo de aproveitar melhor o espaço da banda, já que as duas bandas laterais carregam a mesma informação.

2.4 FDM

A multiplexação FDM consiste em transportar vários sinais em uma única portadora. Para isso as frequências dos sinais de informação são multiplexados para regiões de frequência distintas, de forma que não ocorra a sobreposição das componentes. Tanto a transmissão quanto a recepção nesse cenário é mais complexa, necessitando de alguns filtros para separar os sinais.

Os sinais que serão transmitidos com FDM podem ser previamente modulados com AM SSB, ocupando menor espaço de forma a possibilitar que mais sinais sejam transmitidos.

3 RESULTADOS

Para demonstrar os conhecimentos de modulação em amplitude, abordados no [Capítulo 2](#), foram elaborados três *scripts* no software GNU Octave simulando sinais e blocos de funcionalidades de um sistema de comunicação. Os *scripts* estão reunidos no [Apêndice A](#).

3.1 Simulação 1 - AM DSB-TC

A primeira simulação consistiu em realizar a modulação do tipo AM DSB-TC de um cosseno para diferentes índices de modulação, $\mu = \{0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5\}$. O sinal de informação foi definido como $m(t) = A_0 + \cos(2\pi f_m t)$, onde $A_0 = \frac{1}{\mu}$ e $f_m = 1kHz$, e o sinal portadora como $c(t) = 2 \cos(2\pi f_c t)$, onde $f_c = 20kHz$.

A frequência de amostragem escolhida para a construção do sinal tinha a taxa $N = 100$ vezes a frequência mais alta do que o sinal da portadora, então $f_s = 2MHz$, respeitando o teorema de Nyquist.

A [Figura 1](#), mostra o sinal portadora no domínio do tempo e da frequência. Podemos observar a amplitude de 2V e a frequência de 20kHz. Esse sinal portadora será o mesmo para diferentes índices de modulação.

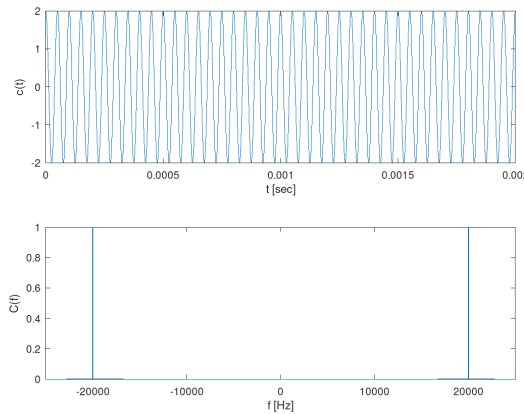


Figura 1 – Sinal Portadora nos domínios do tempo e frequência

As figuras abaixo mostram no domínio do tempo o sinal de informação seguido do sinal portadora modulado e também no domínio da frequência. A [Figura 2](#) mostra o sinal com o índice de modulação configurado para $\mu = 0.25$, na [Figura 3](#) para $\mu = 0.5$, [Figura 4](#) para $\mu = 0.75$, [Figura 5](#) para $\mu = 1$ e por fim [Figura 6](#) para $\mu = 0.15$.

Podemos observar no domínio do tempo que para os índices de modulação $\mu \leq 1$ o sinal modulado não teve inversão de fase, onde $\mu = 1$ é o limite para que a inversão não aconteça. Já no domínio da frequência observamos que quanto menor o índice, maior a potência transportada pela portadora, o que não é desejável, porque ela não carrega a informação.

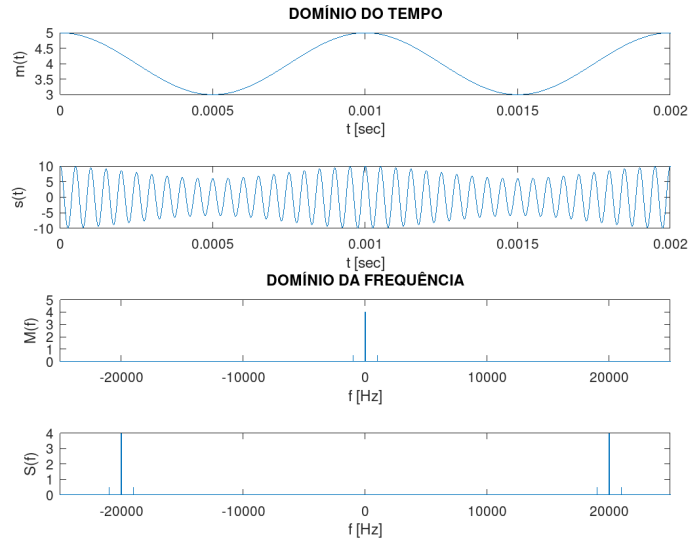


Figura 2 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.25$

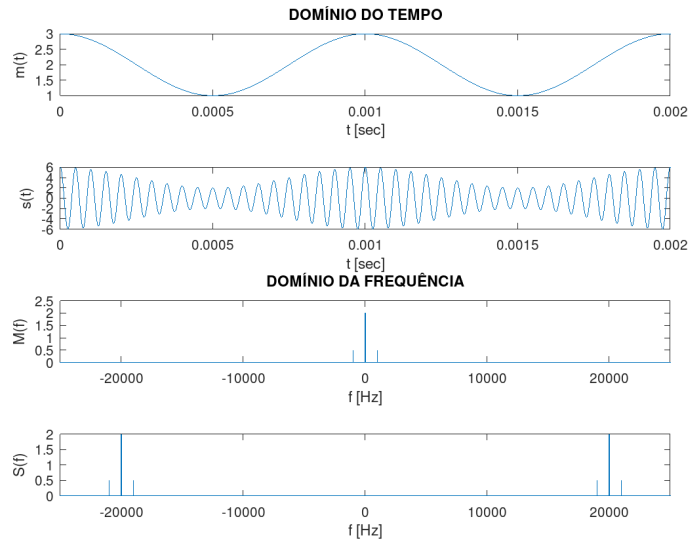


Figura 3 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.5$

3.2 Simulação 2 - AM DSB-SC

Na segunda simulação também foi criado um cosseno, mas dessa vez a modulação foi do tipo AM DSB-SC. Após a simulação foi feita uma filtragem não ideal para recuperar o sinal original. O sinal de informação foi definido como $m(t) = \cos(2\pi f_m t)$, sendo $f_m = 1\text{kHz}$, e o sinal portadora como $c(t) = 2\cos(2\pi f_c t)$, onde $f_c = 20\text{kHz}$.

A frequência de amostragem escolhida para a construção do sinal tinha a taxa $N = 100$ vezes a frequência mais alta do que o sinal da portadora, então $f_s = 2\text{MHz}$, respeitando o teorema de Nyquist.

A Figura 7 mostra o sinal de informação, a portadora e o sinal modulado AM DSB-SC nos domínios do tempo e da frequência. Podemos perceber que a portadora nessa modulação é suprimida.

Na Figura 8 vemos o processo de recepção, onde o sinal primeiramente é demodulado, ou seja,

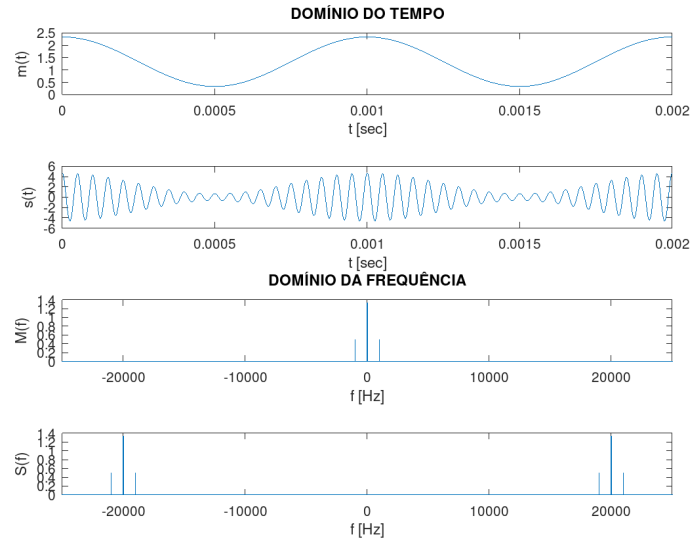


Figura 4 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.75$

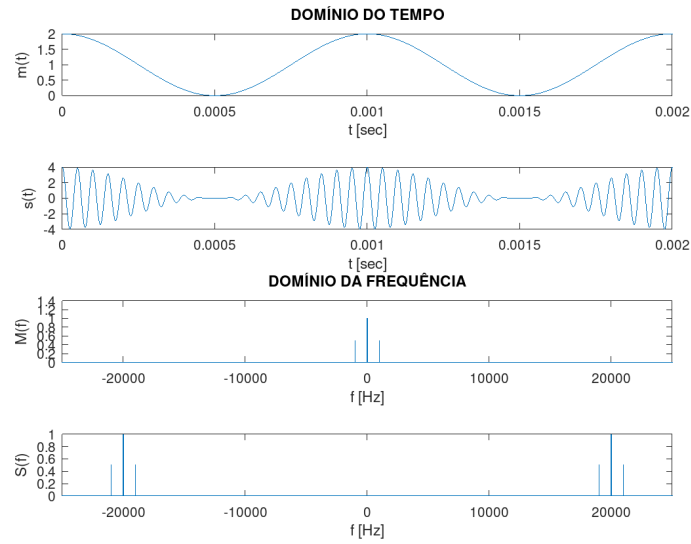


Figura 5 – Índice de modulação configurado para $\mu = 1$

utilizando o mesmo oscilador o sinal volta para sua banda base, porem produzindo frequências espúrias. Para resolver isso o sinal foi filtrado, eliminando as componentes de alta frequência e recuperando o sinal original. Por ser um filtro não ideal, podemos ver que no início da transição do sinal no domínio do tempo o sinal está carregando as memórias do filtro, para que após o carregamento completo a filtragem ocorra da maneira correta.

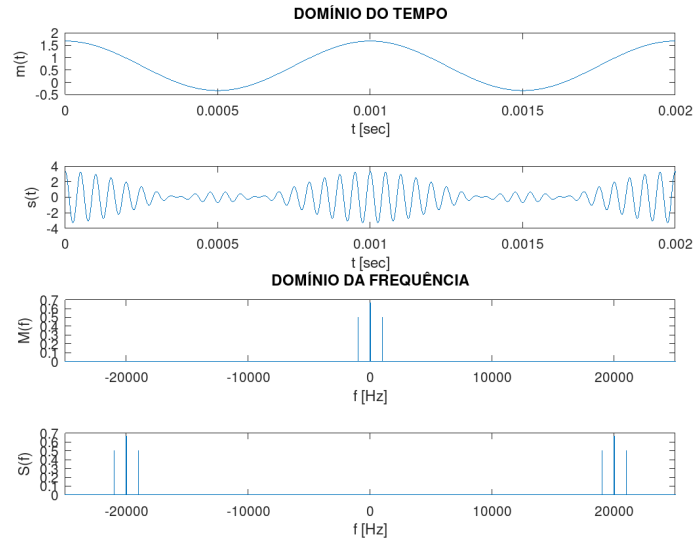


Figura 6 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.15$

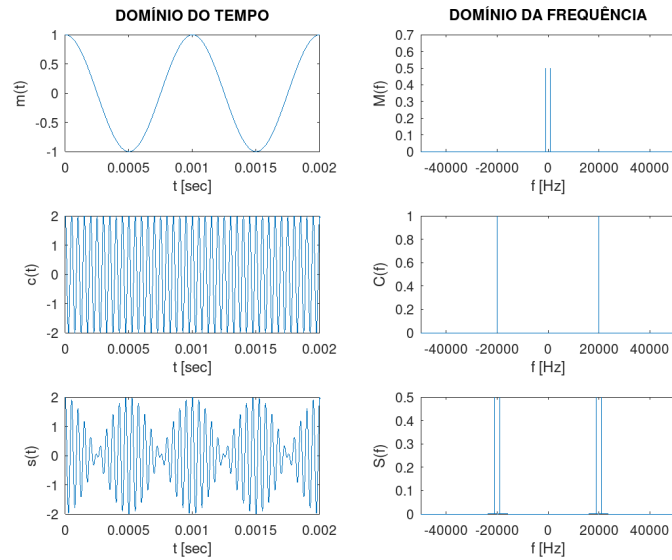


Figura 7 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.15$

3.3 Simulação 3 - FDM

A última simulação tinha o intuito de 3 sinais distintos e transporta-los num único sinal fazendo o uso da multiplexação FDM. A modulação usada foi do tipo AM SSB, de forma que economizasse a banda. Os sinais de informação foram definidos como $m(t) = 2\cos(2\pi f_m t)$, sendo para o primeiro sinal $f_m = 1kHz$, para o segundo $f_m = 2kHz$ e o terceiro $f_m = 3kHz$. Os osciladores para fazer o deslocamento de frequência foram definidos como $osc(t) = \cos(2\pi f_o t)$, sendo para o primeiro oscilador $f_o = 20kHz$, para o segundo $f_o = 24kHz$ e o terceiro $f_o = 29kHz$.

A frequência de amostragem escolhida para a construção do sinal tinha a taxa $N = 100$ vezes a frequência mais alta do que o sinal do primeiro oscilador, então $f_s = 2MHz$, respeitando o teorema de Nyquist.

Para transportar o sinal, primeiro eles devem ser deslocados na frequência. A [Figura 9](#), [Figura 10](#)

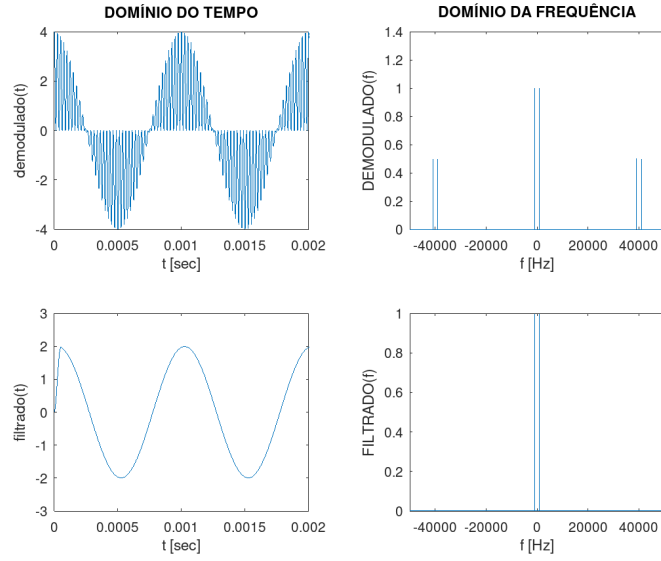


Figura 8 – Índice de modulação configurado para $\mu = 0.15$

e a [Figura 11](#) mostra no domínio da frequência os sinais originais, seguidos dos seus respectivos osciladores e o resultado após o deslocamento em frequência.

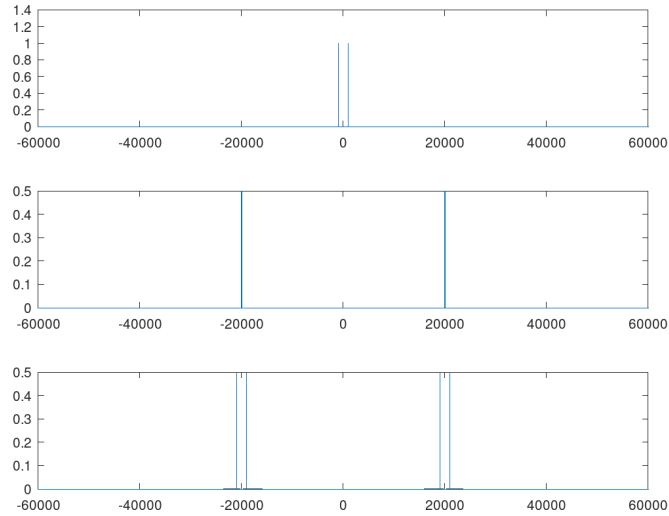


Figura 9 – Sinal 1

A [Figura 12](#) mostra os três sinais após o processo de filtragem onde a banda lateral superior foi anulada. Por último o resultado da soma dos 3 sinais, onde podemos ver o processo de multiplexação por divisão em frequência. O sinal resultante seria o sinal que sairia do transmissor.

Na recepção esse sinal deve ser filtrado, resultando novamente em 3 sinais distintos. Após a filtragem os sinais voltariam a se comportar como nos primeiros 3 gráficos da [Figura 12](#). O próximo passo é trazer esses sinais de volta para suas bandas bases e pra isso basta passar pelos seus respectivos osciladores novamente. O resultado desse processo é mostrado na [Figura 13](#), [Figura 14](#) e [Figura 15](#). O primeiro gráfico mostra o sinal no domínio da frequência, onde voltou para sua banda base, porém esse processo gerou altas frequências. Para eliminar as frequências espúrias bastou passar os sinais por um

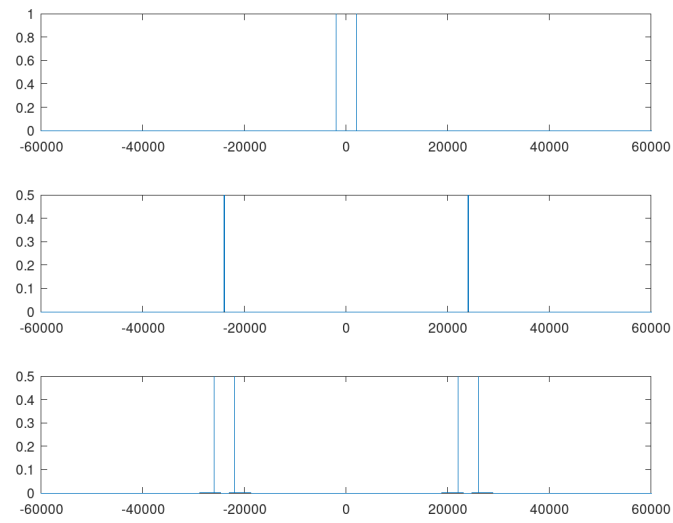


Figura 10 – Sinal 2

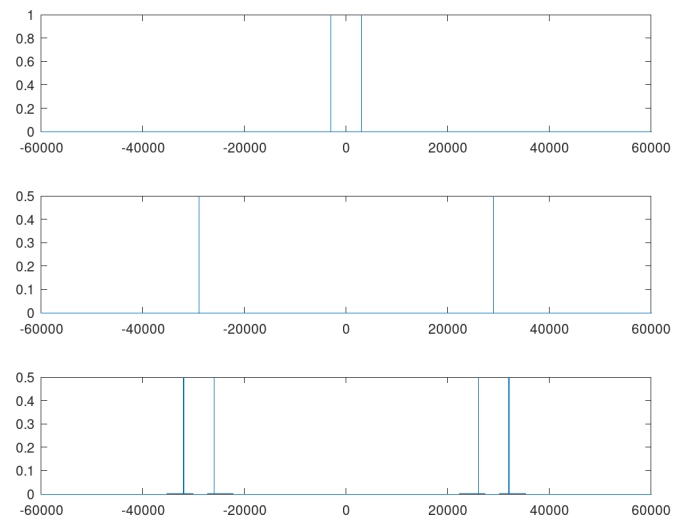


Figura 11 – Sinal 3

filtro passa baixa adequado para cada sinal. O resultado da filtragem mostrado no último gráfico no domínio do tempo, este então é o sinal original recuperado na recepção.

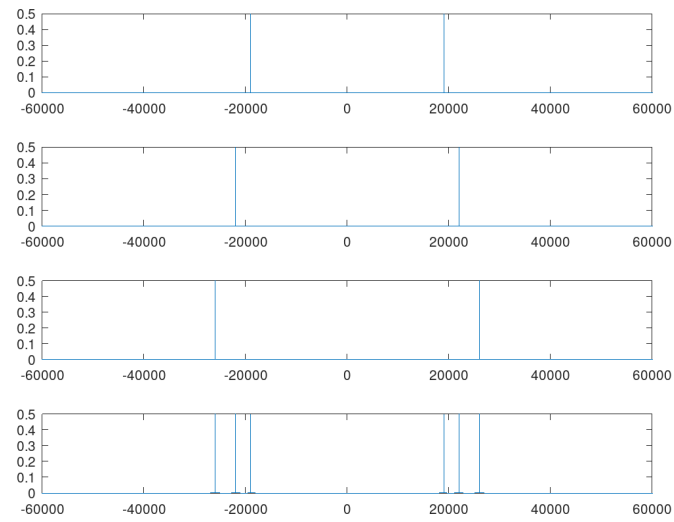


Figura 12 – Sinais 1, 2 e 3 translados e o sinal resultante modulado em FDM

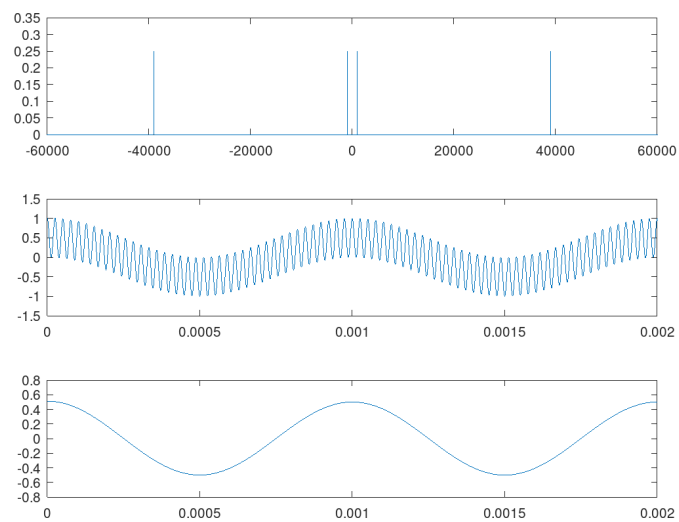


Figura 13 – Filtragem para recuperar o sinal 1

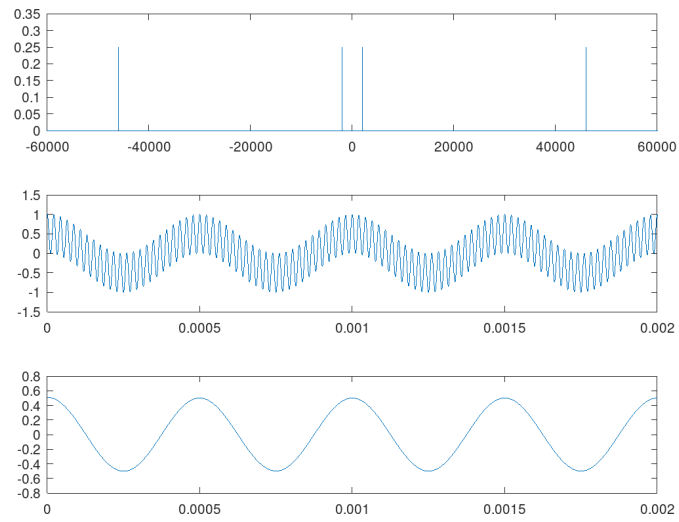


Figura 14 – Filtragem para recuperar o sinal 2

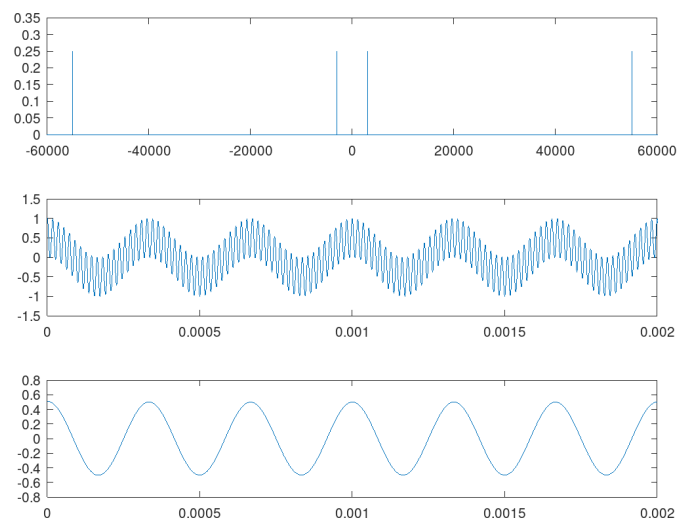


Figura 15 – Filtragem para recuperar o sinal 3

A *SCRIPTS*

Códigos das simulações citadas neste relatório:

- [Simulação 1](#)
- [Simulação 2](#)
- [Simulação 3](#)