

## **Trabalho prático 1: Projeto de um sistema de comunicação em Amplitude Modulada.**

**Aluno:** Mairon Schneider Cardoso.

**Data:** 08/09/2021

**Número de matrícula:** 17102515.

## **1 Introdução**

A evolução tecnológica ocorrida majoritariamente no último século é em grande parte uma resposta do avanço tecnológico que tornou possível e acessível a expansão da comunicação o que resultou em um processo conhecido como globalização. Os sistemas de comunicação, apesar de já utilizados durante as grandes guerras, veem em uma constante evolução de técnicas, na tentativa de tornar ainda mais eficiente a comunicação entre grandes distâncias. As diferentes técnicas de modulações de mensagens tentam garantir diferentes vantagens no quesito complexidade de implementação, otimização de consumo e integridade da mensagem.

A modulação em amplitude é um método com baixa complexidade de implementação para garantir a transmissão de uma determinada mensagem. Através da mudança de amplitude de uma determinada portadora, é possível garantir a correta representação da mensagem na envoltória da portadora, garantindo assim um sinal modulado que exibe a característica de amplitude da mensagem porém com uma frequência consideravelmente maior. Para isso, é necessário diferentes estágios de modulação quando falamos do emissor e de demodulação quando referenciamos o receptor de mensagens.

Neste trabalho foram abordados os diferentes estágios de transmissão e recepção de mensagens através de um canal de comunicação. A implementação da modulação e demodulação em amplitude será produzido observando todas as etapas previstas na estrutura da modulação AM DSB-SC, uma vez que, a topologia em questão consegue garantir uma bom custo benefício entre complexidade de construção e consumo de potência.

## **2 Resultados e Discussões**

A concepção da estrutura de modulação por amplitude é feita considerando as mensagens descritas nas equações 1, 2 e 3. As mensagens elucidaram as etapas da modulação e demodulação através do sistema de modulação AM DSB-SC.

$$m_1(t) = 2 + \cos(600\pi t) + 7\cos(900\pi t) + \cos(1500\pi t) + 2\cos(3200\pi t) + 5\cos(4200\pi t) + \cos(5400\pi t) + 5\cos(6800\pi t) \quad (1)$$

$$m_2(t) = 6 + 5\cos(600\pi t) + \cos(900\pi t) + 5\cos(1500\pi t) + 2\cos(2400\pi t) + \cos(4200\pi t) + 7\cos(5400\pi t) + \cos(6800\pi t) \quad (2)$$

$$m_3(t) = 3 + \cos(600\pi t) + 4\cos(900\pi t) + 9\cos(1500\pi t) + 6\cos(2400\pi t) + 3\cos(3200\pi t) + 5\cos(4200\pi t) + \cos(5400\pi t) + 5\cos(6800\pi t) \quad (3)$$

Através das mensagens é possível extrair a máxima frequência de todas as mensagens, que nesse caso é explicitado pelo valor contido em  $\omega_8$ , sendo aproximadamente igual a 3400Hz (6800Hz considerando o eixo negativo). Neste contexto, é possível garantir a veracidade da dedução observando o comportamento dos sinais no domínio do tempo (Figura 1) e no domínio da frequência (Figura 2), que confirmam que a frequência máxima de todas as mensagens não irá ultrapassar a barreira de 3403Hz.

Conhecer a largura de banda ocupada pelas mensagens que deseja-se transmitir é uma relevante característica uma vez que o comprimento do canal para envio das mensagens é limitado a uma banda equivalente a 30KHz. A frequência de amostragem das mensagens e da portadora utilizam aproximadamente 7 vezes o valor total do canal para garantir que o sinal seja anexado corretamente na frequência requisitada do canal, essa escolha é justificada para garantir que a frequência que será usada para amostragem, se mantenha a mesma em todos os tópicos da concepção (representação da portadora).

## 2.1 Sinais das portadoras no domínio do tempo e domínio da frequência

Os sinais das portadoras são gerados através dos osciladores locais e somados ao bloco modulador que por sua vez contará também com as mensagens. A portadora terá como função transladar as mensagens no domínio frequência, para que isso aconteça de modo satisfatório, a frequência da portadora deverá respeitar o tamanho do canal de comunicação. A equação que descreve a oscilação da portadora local é descrita pela equação 4.

$$c_{1,2,3}(t) = A_c \cos(2\pi f_c t) \quad (4)$$

Neste contexto, como o canal é delimitado em uma banda de 30KHz e deseja-se deslocar as três mensagens, sabendo que a máxima frequência das mensagens é de 3400Hz (6800Hz no total pois é um método *double side band*) é possível adequar a mensagem em uma banda de 10kHz, estabelecendo o mesmo espaço na portadora para as mensagens. Portanto, as portadoras serão concebidas utilizando frequências equivalentes a 430kHz, 440kHz e 450kHz. As portadoras tem seu comportamento representados em domínio do tempo através da figura 3 e em domínio da frequência na figura 4 e através dela podemos compreender que o sinal está centralizado nas frequências anteriormente estipuladas.

## 2.2 Sinais modulados no domínio do tempo e domínio da frequência

A obtenção dos sinais modulados é feito através da multiplicação (em domínio do tempo) das mensagens com suas respectivas portadoras (equação 5), entretanto, ao observamos termos de frequência, a operação de transladação fica ainda mais claro através da convolução (equação 6). O comportamento dos sinais individuais modulados estão representados em domínio do tempo na figura 5 e em domínio da frequência (centrado nas frequências estipuladas anteriormente) na figura 6.

$$s_{1,2,3}(t) = m_{1,2,3}(t) \cdot c_{1,2,3}(t) \quad (5)$$

$$S_{1,2,3}(\omega) = M_{1,2,3}(\omega) * C_{1,2,3}(\omega) \quad (6)$$

### 2.2.1 Soma dos sinais modulados no domínio do tempo e no domínio da frequência

O resultado do sinal modulado é a soma das componentes anexadas nas respectivas frequências das suas portadoras (equação 7). A representação da soma dos sinais modulados estão contidos na figura 7 em domínio do tempo e em domínio da frequência. O que é interessante observar é que através da figura é possível ter uma visão mais clara da composição das mensagens através do espectro de frequência (equação 8) do sinal modulado e isso possibilita compreender o papel das portadoras no envio das mensagens através da operação já estudada anteriormente denominada convolução (em tempo discreto).

$$s(t) = s_1(t) + s_2(t) + s_3(t) \quad (7)$$

$$S(\omega) = \frac{1}{2}M(\omega - \omega_c) + \frac{1}{2}M(\omega + \omega_c) \quad (8)$$

### 2.3 Sinais demodulados no domínio tempo e no domínio frequência.

O processo de demodulação do sinal modulado na estrutura DSB-SC é mais complexo quando comparamos com o DSB, esse aumento de complexidade nos oferece o menor consumo de potência. Em termos de complexidade é necessário adicionar algumas estruturas auxiliares para garantir a supressão da portadora. Assim como na modulação, no processo de demodulação também será necessário uma estrutura multiplicadora que recebe um oscilador local (nesse caso o oscilador está no receptor) igual a que foi visto na equação 4 e que foi utilizado na modulação. Essa técnica é denominada demodulação síncrona. A amplitude do oscilador local no demodulador será ligeiramente maior (2 vezes) justamente para garantir a amplitude original da mensagem.

Outra estrutura existente são o filtro passa-faixa de ordem 4, que tem como objetivo selecionar adequadamente as faixas de frequência para extração apenas das mensagens centradas nas portadoras do sinal modulado, além disso, filtros auxiliares foram utilizados para filtrar as existentes envoltórias (justamente por causa da alta frequência das portadoras), caso esse processo não fosse executado teríamos a mensagem representada por uma frequência consideravelmente maior (figura 8). As mensagens demoduladas podem ser observadas através das figuras 9 e 10.

## 3 Conclusões

Portanto, através dos experimentos propostos pelo trabalho, compreendemos como devemos projetar um modulador e demodulador AM passo a passo, considerando a estratégia de suprimir a portadora na tentativa de obter um bom custo benefício entre consumo de potência e complexidade de construção. Além disso, foram executados os primeiros passos com relação a compreensão do funcionamento do canal de transmissão assim como o uso de filtros com diferentes ordens para garantir a integridade da mensagem original.

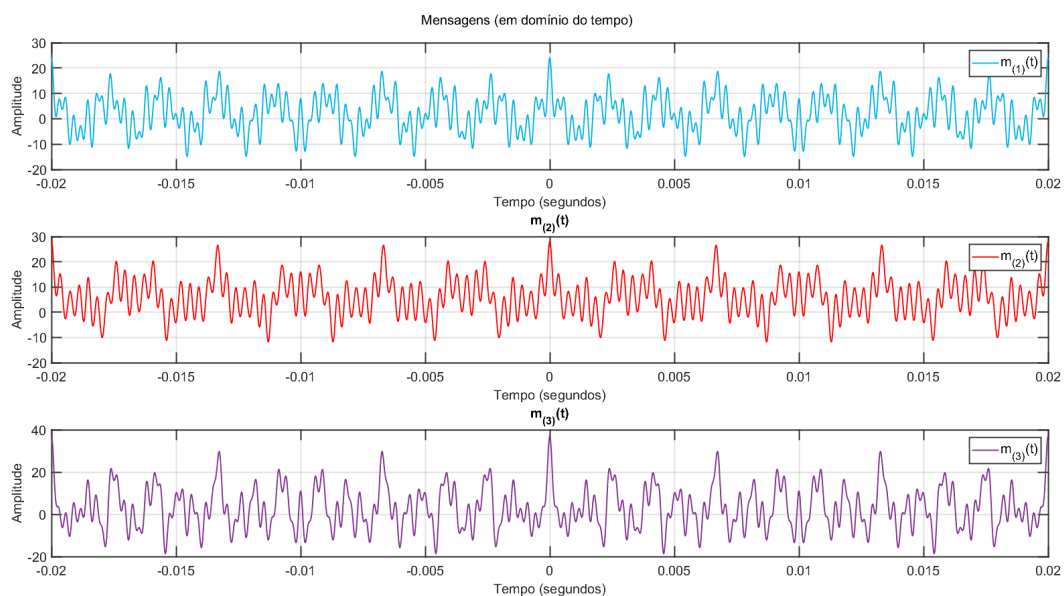


Figura 1: Mensagens em domínio do tempo.

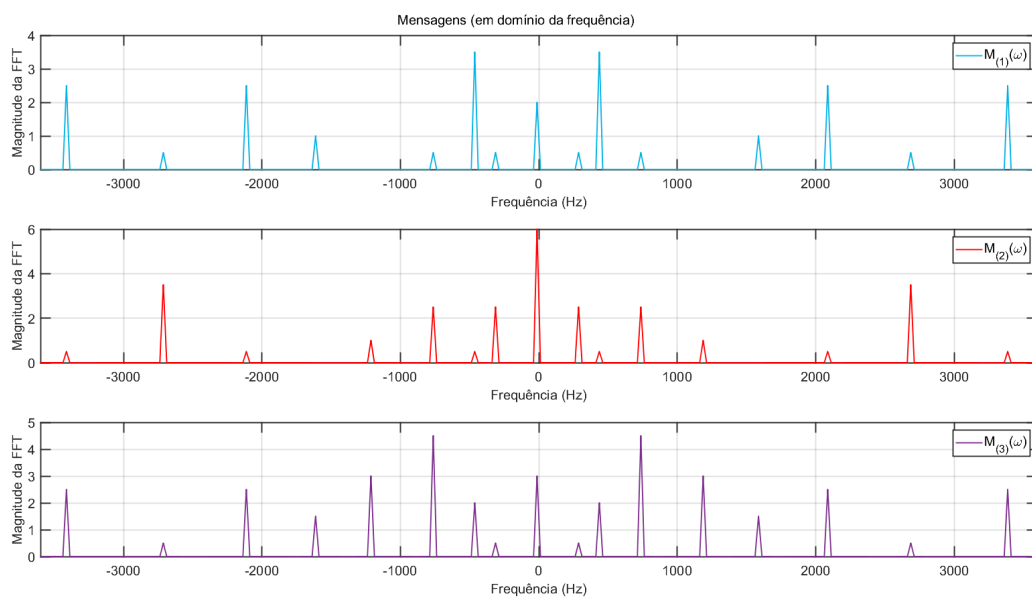


Figura 2: Mensagens em domínio da frequência.

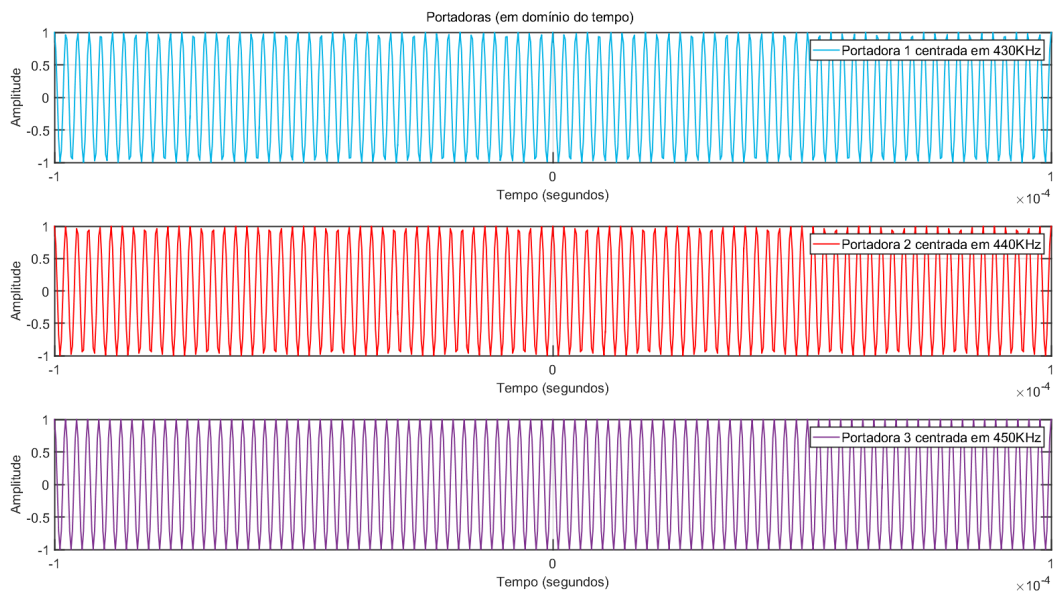


Figura 3: Portadoras em domínio do tempo.

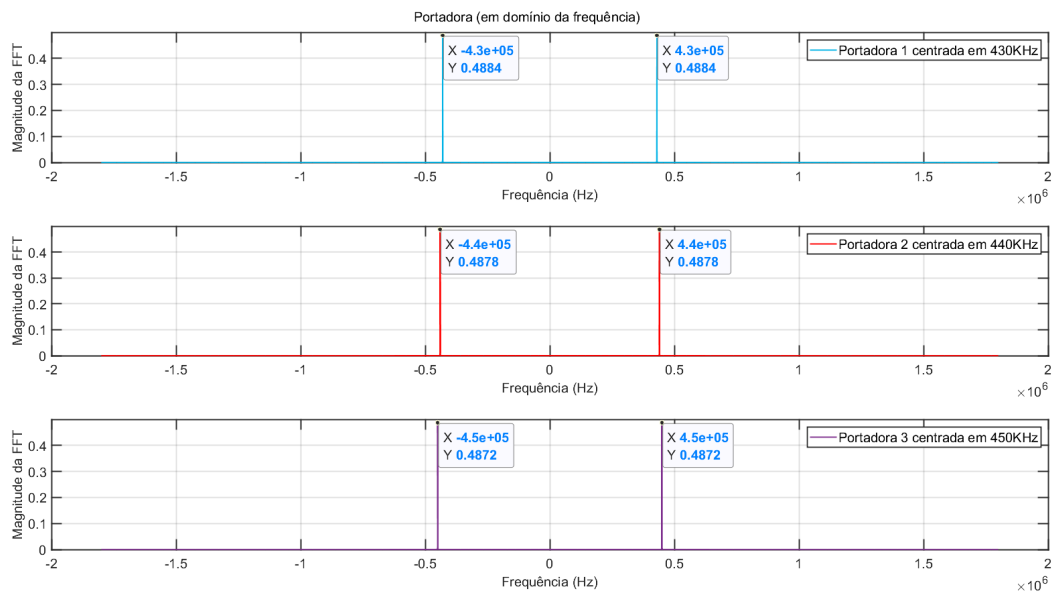


Figura 4: Portadoras em domínio da frequência.

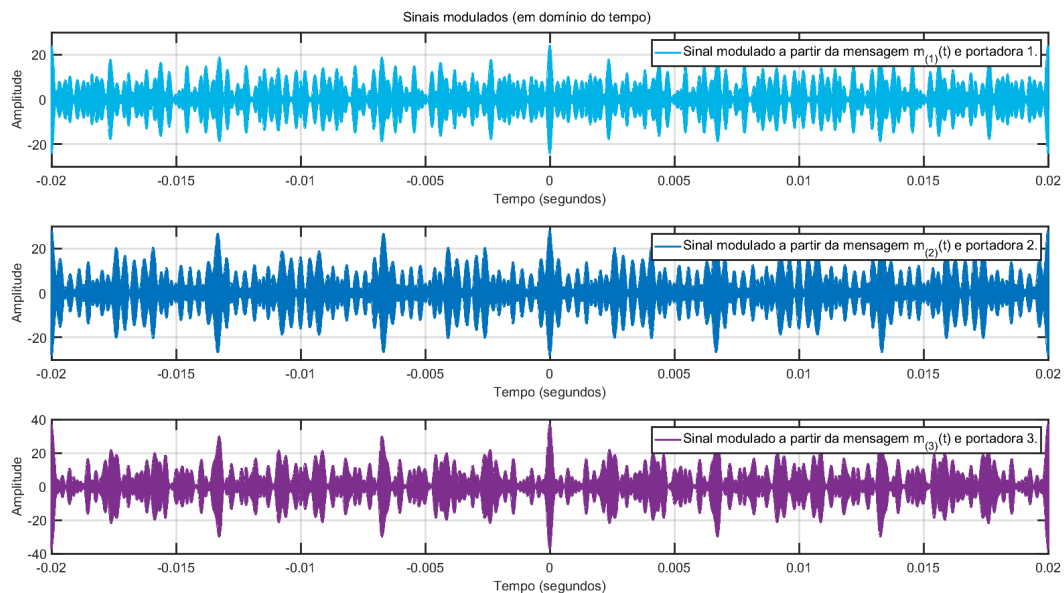


Figura 5: Sinais modulados no domínio do tempo.

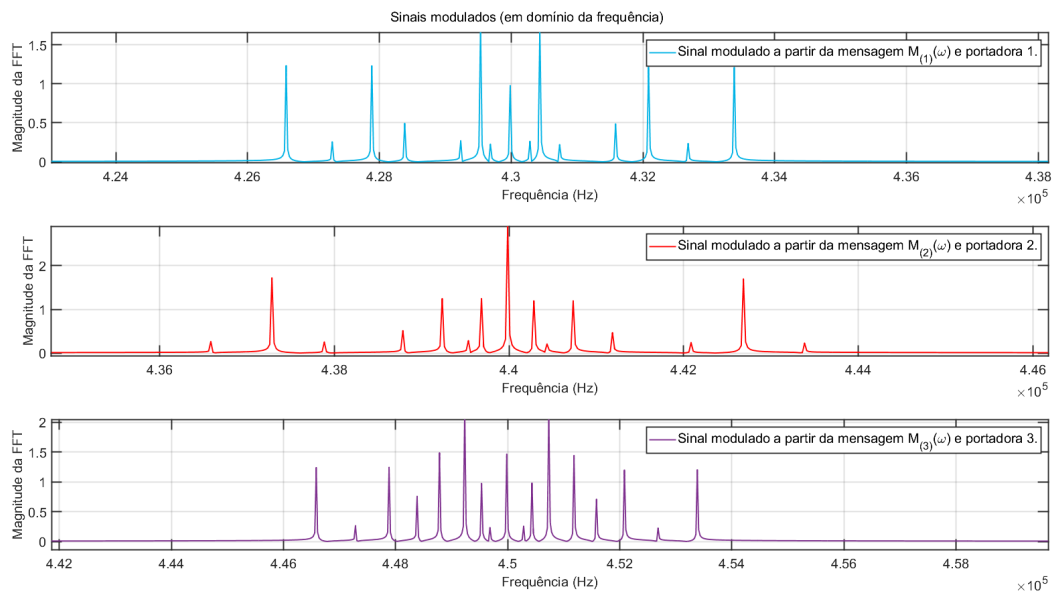


Figura 6: Sinais modulados no domínio da frequência.

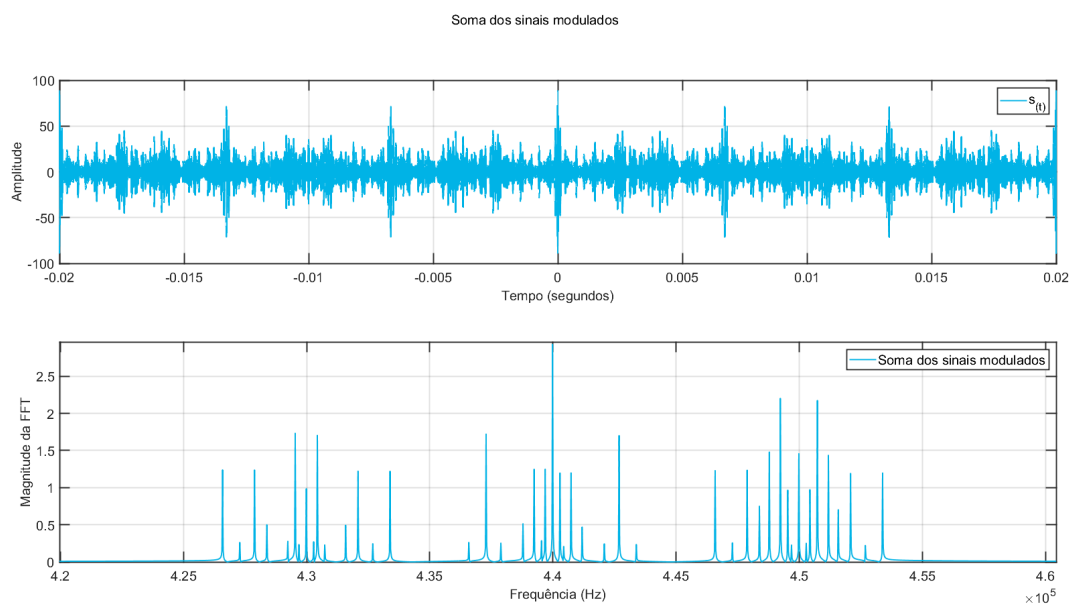


Figura 7: Composição dos sinais modulados.

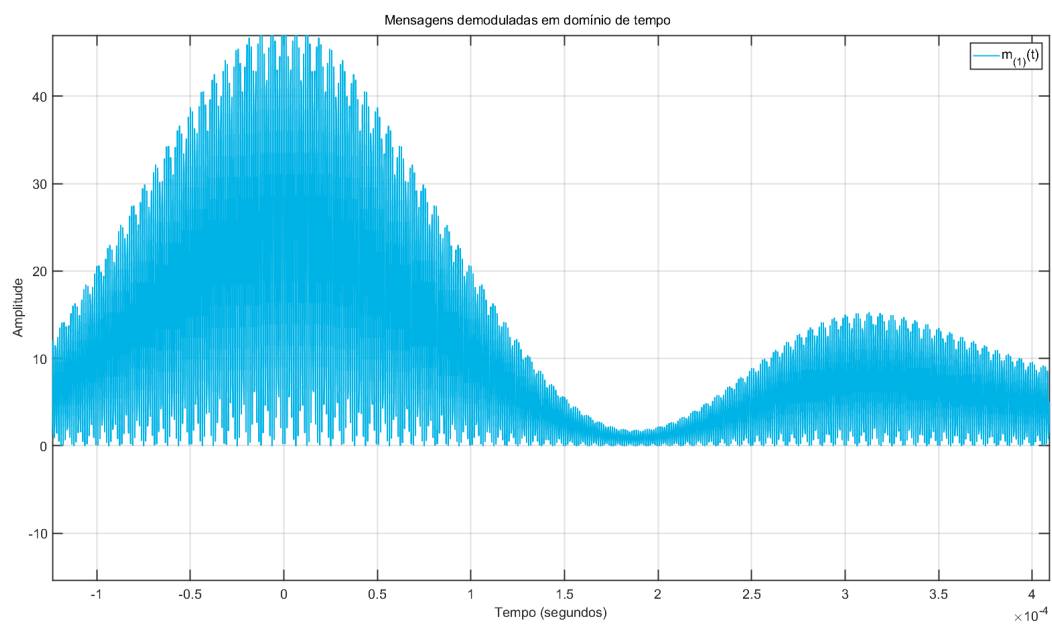


Figura 8: Envoltórias do sinal modulado sem filtro passa baixa.

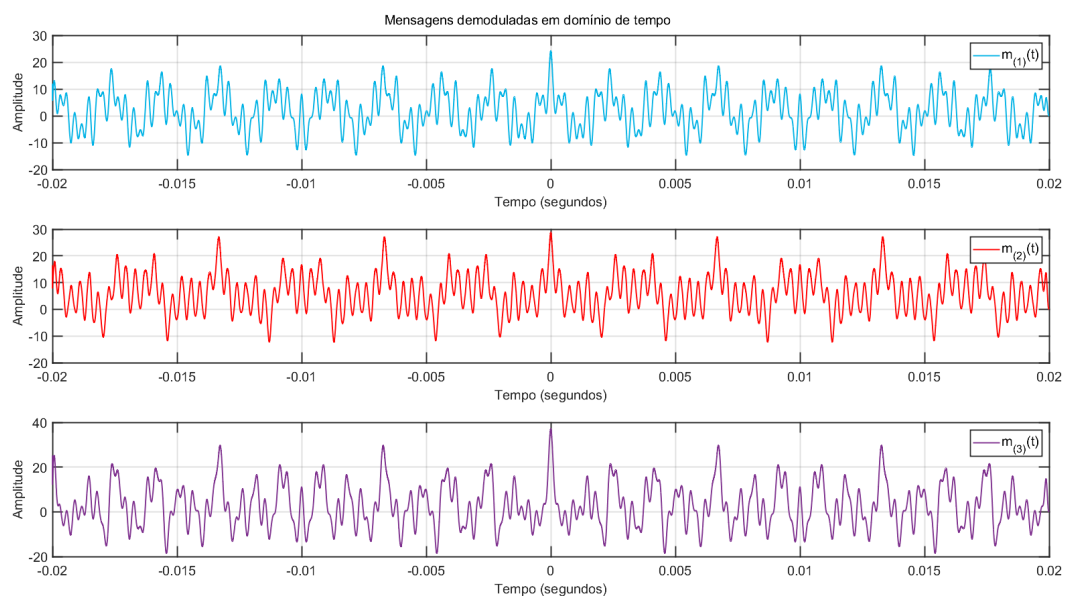


Figura 9: Sinais demodulados no domínio do tempo.

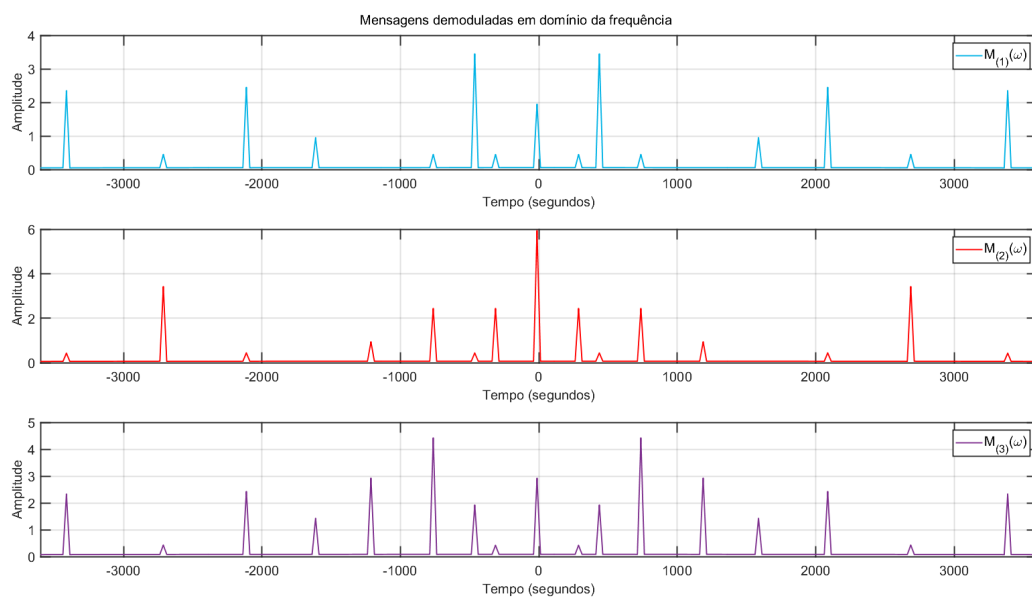


Figura 10: Sinais demodulados no domínio da frequência.