



**INSTITUTO
FEDERAL**

Santa Catarina

Câmpus
São José

Sistemas de Comunicação I

Relatório 02 - Modulação em Fase e Quadratura x

Arthur Cadore Matuella Barcella

25 de Março de 2024

Sumário

1	Descrição de desenvolvimento	3
2	Conceitos teóricos utilizados	3
3	Apresentação e comentários dos gráficos	3
3.1	Item 1 - AM-DSB-TC:	3
3.2	Item 1 - AM-DSB-SC:	6
3.3	Utilize a função 'fir1' após a demodulação do sinal:	7
3.4	Item 2.1:	8
4	Conclusão	11
5	Scripts Utilizados:	11
5.1	Realizar um processo de modulação AM DSB	11
5.2	Realizar um processo de modulação AM DSB-SC	13
5.3	Utilize a função 'fir1' após a demodulação do sinal:	14
5.4	Gerar 3 sinais (cosenos) nas frequências 1k, 2k e 3k e realize a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação	15
5.5	Gerar 3 sinais (cosenos) nas frequências 1k, 2k e 3k e realize a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação	17

1 Descrição de desenvolvimento

O objetivo deste relatório é apresentar os conceitos envolvidos com a modulação AM-DSB e suas diferenças entre modulação por amplitude enviando a parte da amplitude da portadora e modulação onde a portadora é suprimida e apenas as bandas laterais provenientes do sinal modulante são transmitidas.

2 Conceitos teóricos utilizados

Os principais conceitos teóricos utilizados neste relatório são os seguintes:

- **Modulação AM:** Modulação por amplitude, onde a amplitude da modulante altera a portadora para que a portadora carregue a informação pelo espaço.
- **sinal modulante:** O sinal modulante é o que contém de fato a informação que o usuário/dispositivo deseja transmitir, porém inviável para a transmissão direta devido às suas características, tipicamente o comprimento de onda.
- **sinal portador:** A portadora é o que permite a transmissão do sinal, suas características são ideais para o meio onde a onda irá se propagar, a portadora é influenciada pela modulante de maneira em que o receptor consiga extrair a informação transmitida.
- **Filtros de sinal:** Os filtros de sinal são responsáveis por isolar as frequências que desejamos absorver das frequências que devem ser eliminadas. Em um filtro passa-baixas por exemplo, as frequências mais altas são todas eliminadas, o que é vital para transmissão em cenários de interferência de canais/faixas de frequência vizinhos.
- **Demodulação AM:** O processo de modulação ocorre ao multiplicar o sinal modulante pelo sinal da portadora, existe também o processo contrário, de demodulação, onde novamente multiplicamos o sinal recebido pela portadora a fim de receber a modulante pura. O processo de demodulação é vital para a recuperação da mensagem no destinatário.
- **Modulação AM-DSB-SC/TC:** A modulação AM-DSB-SC com "Double Side Band" e "Supressed Carrier", é um método de transmissão que não envia a amplitude da portadora, ou seja, apenas os sinais de banda superior e inferior (por isso double side band) são enviados. No caso da AM-DSB-TC, a modulação faz também a transmissão da portadora (por isso TC, de transmitted carrier), onde além da amplitude do sinal modulante, uma parte do sinal da portadora também é enviado.

3 Apresentação e comentários dos gráficos

3.1 Item 1 - AM-DSB-TC:

O primeiro item solicita gerar um sinal AM-DSB-SC e outro AM-DSB-TC para posteriormente realizar manipulações, iniciamos este material com o sinal de AM-DSB-TC.

Abaixo está o sinal AM-DSB-TC gerado com um fator de modulação de 0.25, note como a amplitude do sinal da modulante interfere pouco na amplitude da portadora, isto é, a amplitude da portadora possui uma variação suave em sua amplitude durante a modulação e transmissão.

FONTE: Elaborado Pelo Autor

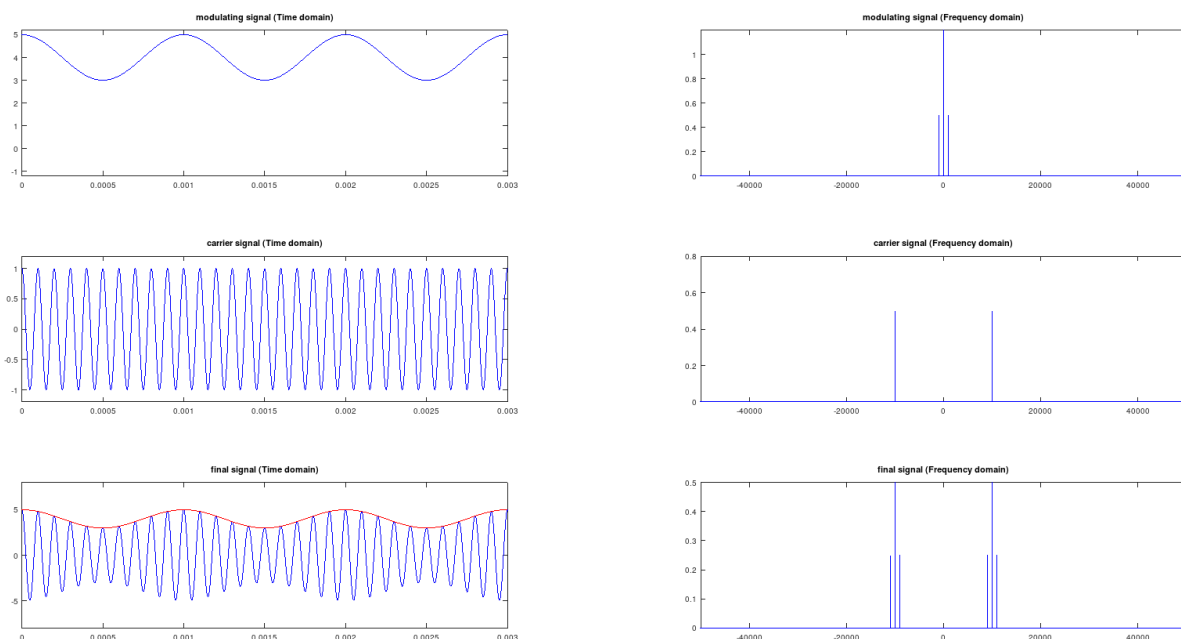


Figura 1: Fator de modulação em 1/4

Esta suavidade ocorre pois seu fator de modulação neste caso é baixo se comparado aos exemplos a seguir. O fator de modulação se dá pela amplitude da portadora dividido pela componente DC do sinal.

Na sequência, realizamos o aumento do fator de modulação, de 0.25 para 0.5, alterando a amplitude da componente dc do sinal "A-dc", desta forma, temos o resultado apresentado abaixo, com o fator de modulação em 0.5:

FONTE: Elaborado Pelo Autor

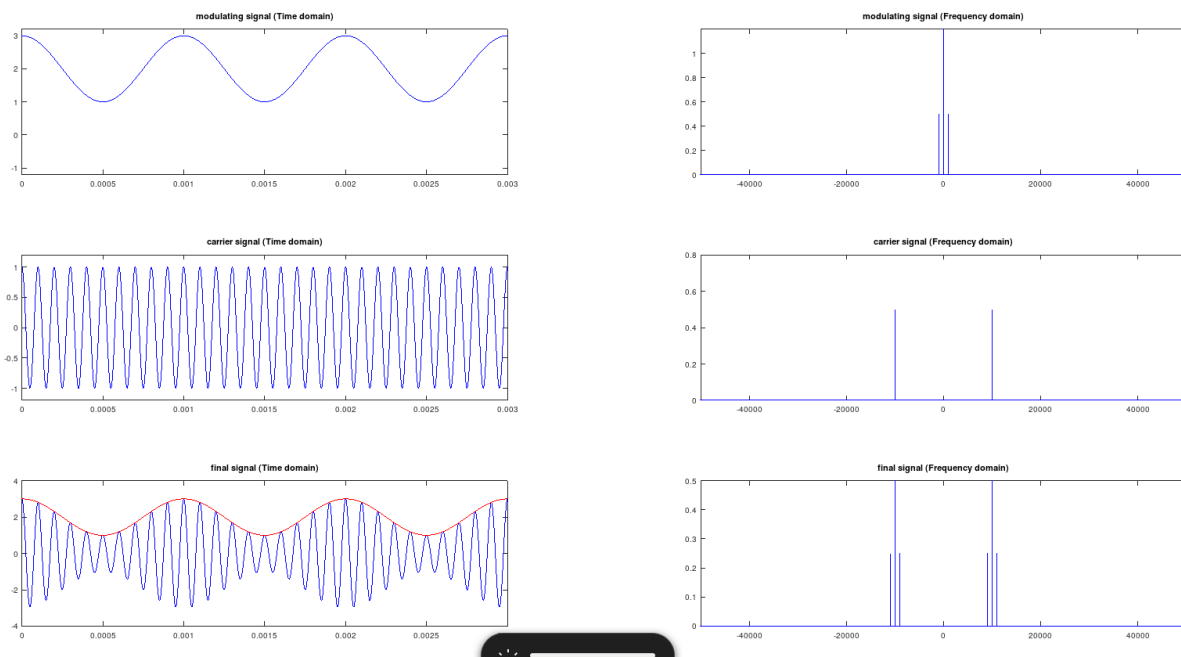


Figura 2: Fator de modulação em 1/2

Uma vez em que o fator de modulação é dado por 0.5, note que a uma diminuição a suavidade da modulação realizada pela modulante do sinal. Esta diminuição se agrava ao alterarmos o fator para 0.75, alterando a variável "A-dc" para 4/3.

FORTE: Elaborado Pelo Autor

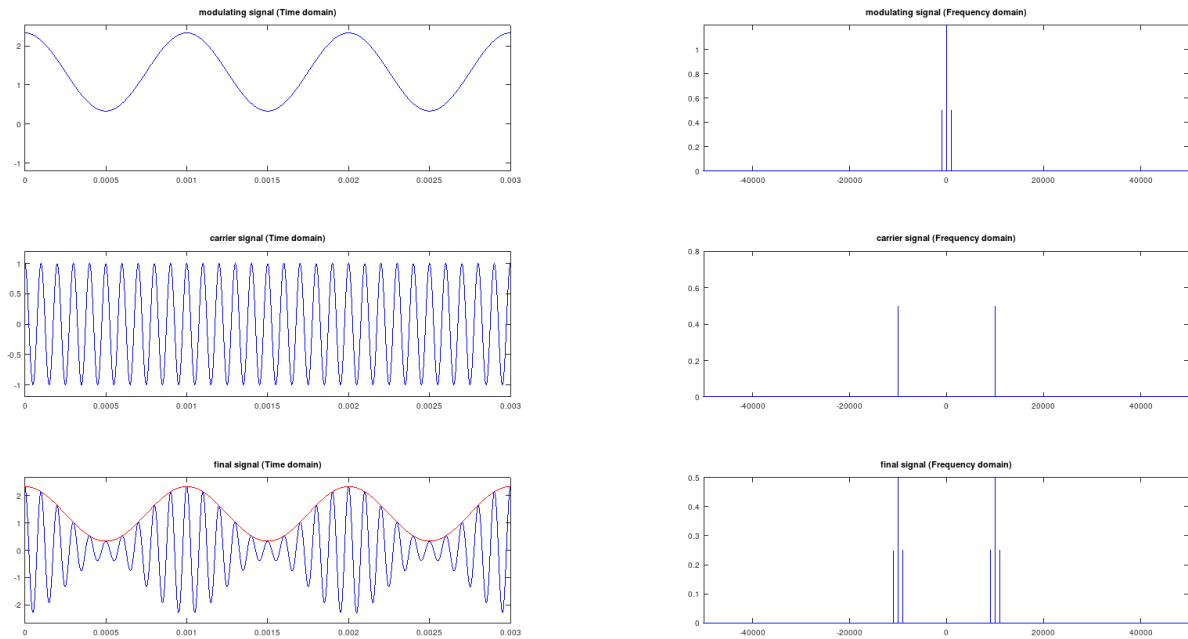


Figura 3: Fator de modulação em 4/3

Note que a cada aumento do fator de modulação, torna-se mais e mais "fina" a região do vale da modulante, onde a amplitude está cada vez proxima ao eixo. Podemos visualizar isto ao limite, no momento em que alterarmos o fator para 1, conforme apresentado abaixo.

FORTE: Elaborado Pelo Autor

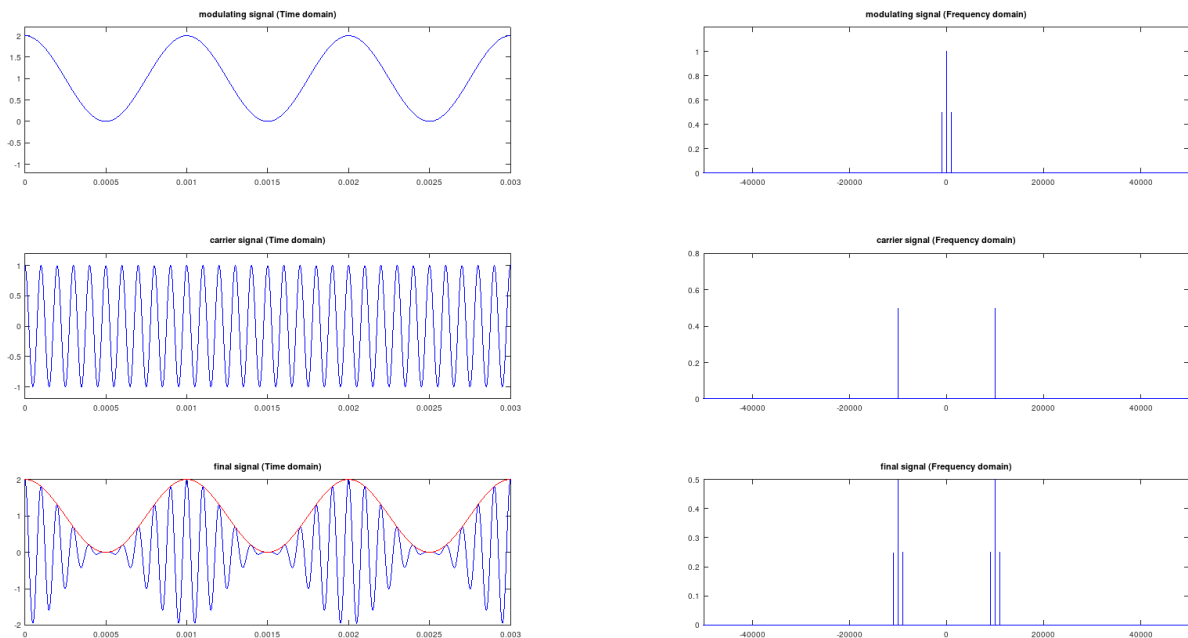


Figura 4: Fator de modulação em 1

Neste ponto, estamos no limiar te3rico onde ainda não há interferência gerada pelo fator de modulação, oque passa a se tornar falso caso o valor do fator seja maior que 1, conforme apresentado abaixo, onde o valor do fator de modulação é de 1.5

FONTE: Elaborado Pelo Autor

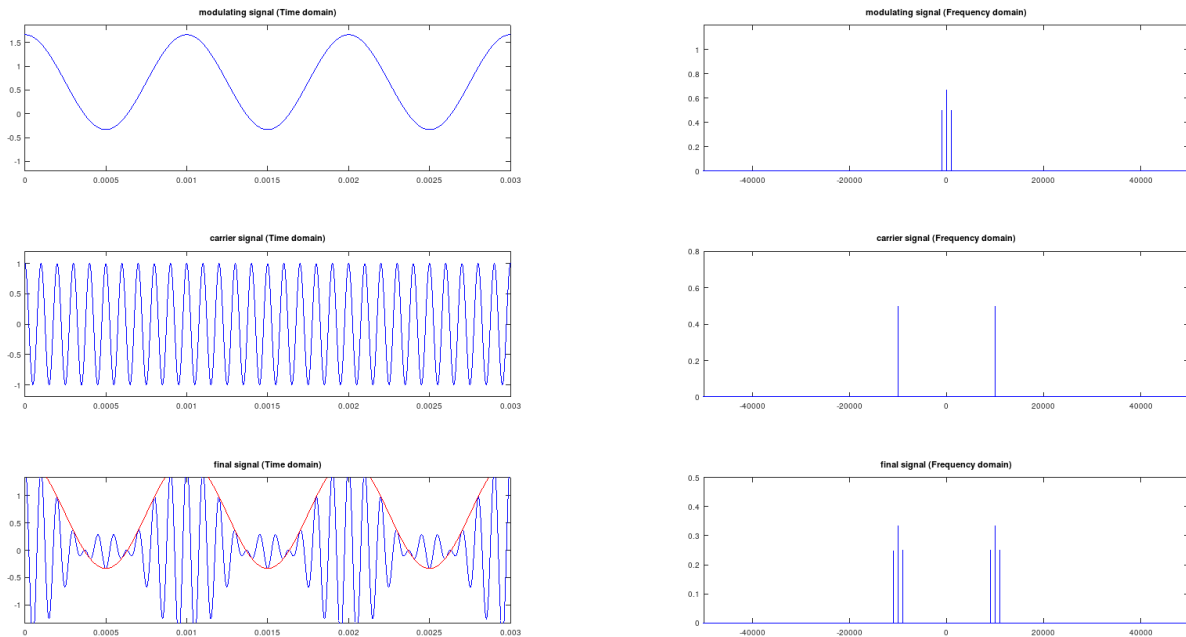


Figura 5: Fator de modulação em 1.5

Neste ponto, note que por ilustração (na imagem "final signal"), que a curva vermelha (modulante) não é respeitada pela curva da portadora, isto ocorre pois neste momento, a amplitude da componente DC distorce a portadora, e desta forma, o sinal encaminhado agora está distorcido em relação ao sinal da modulante original.

3.2 Item 1 - AM-DSB-SC:

Para realizar o processo de modulação AM-DSB-SC (com a portadora suprimida), fiz a montagem do código modulando a portadora junto a modulante conforme os códigos em anexo no item 5.

O resultado para a modulação AM-DSB-SC é apresentado abaixo:

FORTE: Elaborado Pelo Autor

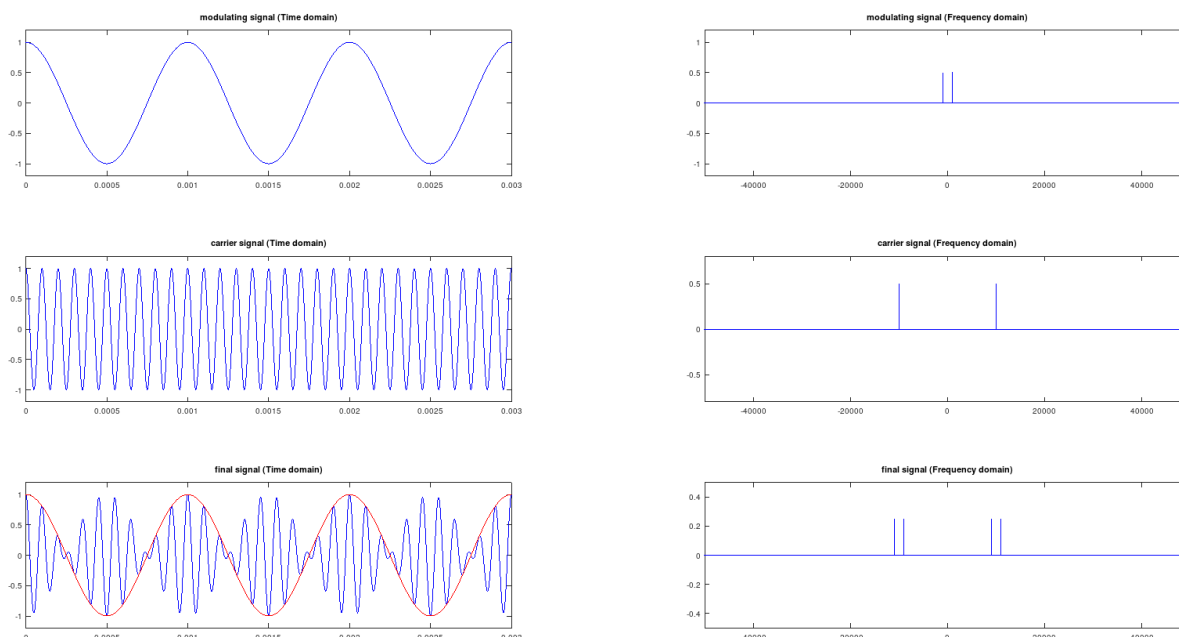


Figura 6: Modulação em AM - DSB - SC

Note que neste ponto, temos duas grandes diferenças em relação a modulação AM-DSB-SC, o primeiro está ao analisarmos o sinal modulado no domínio do tempo, note que não há componente contínua, e portanto a curva de amplitude do sinal da portadora respeita completamente a curva da modulante.

Isto tem como consequência a segunda diferença do sinal AM-DSB-SC, que é a ausência do sinal da portadora (pico central com amplitude mais elevada do que os impulsos laterais) no domínio da frequência, note que diferentemente do item anterior, na representação acima, apenas dois picos são expostos no domínio da frequência, não três.

Em seguida, com a modulação do sinal já realizada, iniciei o processo de demodulação do sinal multiplicando o sinal por um cosseno com frequência igual a da portadora do sinal transmitido em TX, e em seguida (com o sinal já centralizado), realizei sua demodulação utilizando a função 'fir1':

3.3 Utilize a função 'fir1' após a demodulação do sinal:

```
1 demulated_signal = final_signal .* carrier_signal;
2
3 % definindo frequencia de corte do filtro
4 fc = 2000;
5 % definindo a ordem do filtro
6 order = 100;
7
8 filterb = fir1(order, fc/(fs/2));
9
10 % Aplicando o filtro ao sinal demodulado
11 recovered_signal = filter(filterb, 1, demulated_signal);
12
13 % Realizando a FFT do sinal demodulado
14 recovered_F = fft(recovered_signal)/length(recovered_signal);
15 recovered_F = fftshift(recovered_F);
```

Desta forma, temos como resultante o sinal apresentado abaixo, note que após a demodulação o sinal está com o mesmo formato no domínio da frequência, apenas sua amplitude foi afetada (atenuada) devido aos processos de filtragem / deslocamento / demodulação sem a utilização de um amplificador de sinal para dar ganho ao próprio sinal.

FONTE: Elaborado Pelo Autor

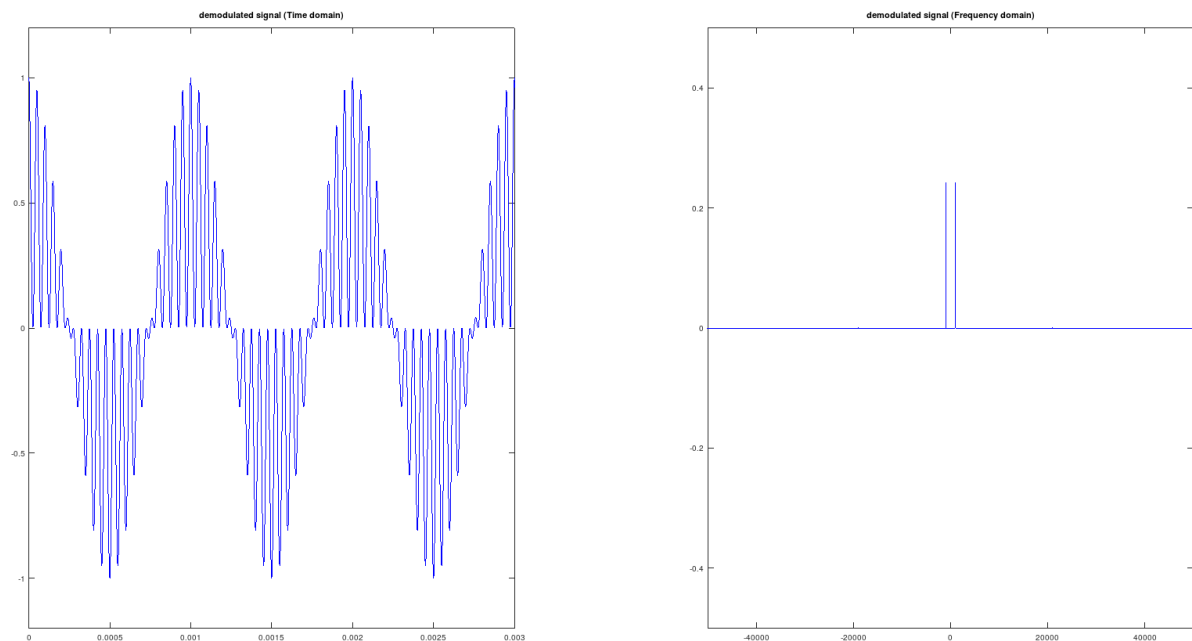


Figura 7: Demodulação em AM - DSB - SC

Contudo, após os processo de demodulação, é possível recuperar o sinal "transmitido" concluído o processo de transmissão de um sinal digital.

3.4 Item 2.1:

A segunda questão solicita gerar três diferentes cossenos nas frequências de 1k, 2k e 3k e sua respectiva multiplexação através de 3 portadoras de 10k, 12k e 14k para a transmissão destes sinais em um canal de comunicação.

Desta forma, abaixo está um plot com os respectivos sinais e sua multiplexação no domínio do tempo e frequência:

FONTE: Elaborado Pelo Autor

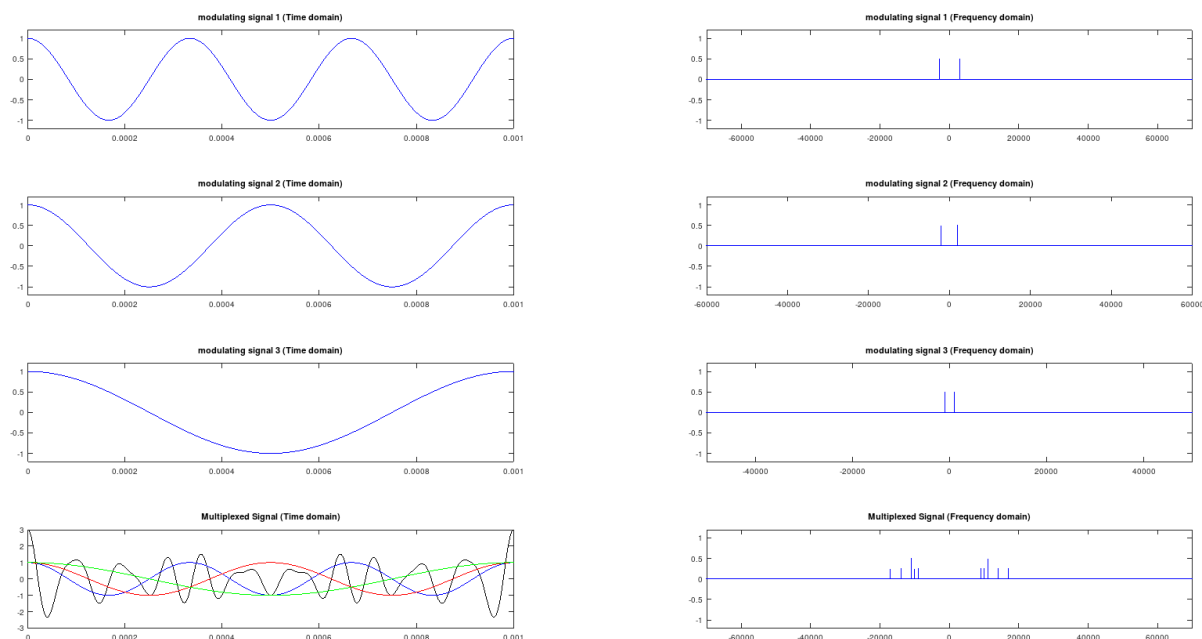


Figura 8: Sinal Multiplexado - Dominio do tempo e frequência

Uma vez com o sinal multiplexado, note na imagem acima, no canto esquerdo inferior, que todos os sinais são juntados (multiplexados) de maneira a formar um sinal resultante (em preto), suas componentes são expressas nas cores verde, vermelho e azul.

Na frequência também podemos ver a soma dos impulsos correspondentes a cada cosseno sendo representada.

Uma vez com os sinais multiplexados, realizei sua demultiplexação e demodulação da mesma maneira como apresentado na questão anterior, utilizando a função 'fir1', para isso, inicialmente realizei a multiplicação do sinal multiplexado, por cada uma das componentes portadoras, para deslocar novamente o sinal desejado (cada componente individualmente) para o centro do espectro.

Conforme abaixo, podemos ver o sinal no domínio do tempo após ser multiplicado pela componente de 10k, 12k e 14k separadamente, cada sinal multiplicado dará retorno a uma diferente componente cosseno de 1k, 2k e 3k

FONTE: Elaborado Pelo Autor

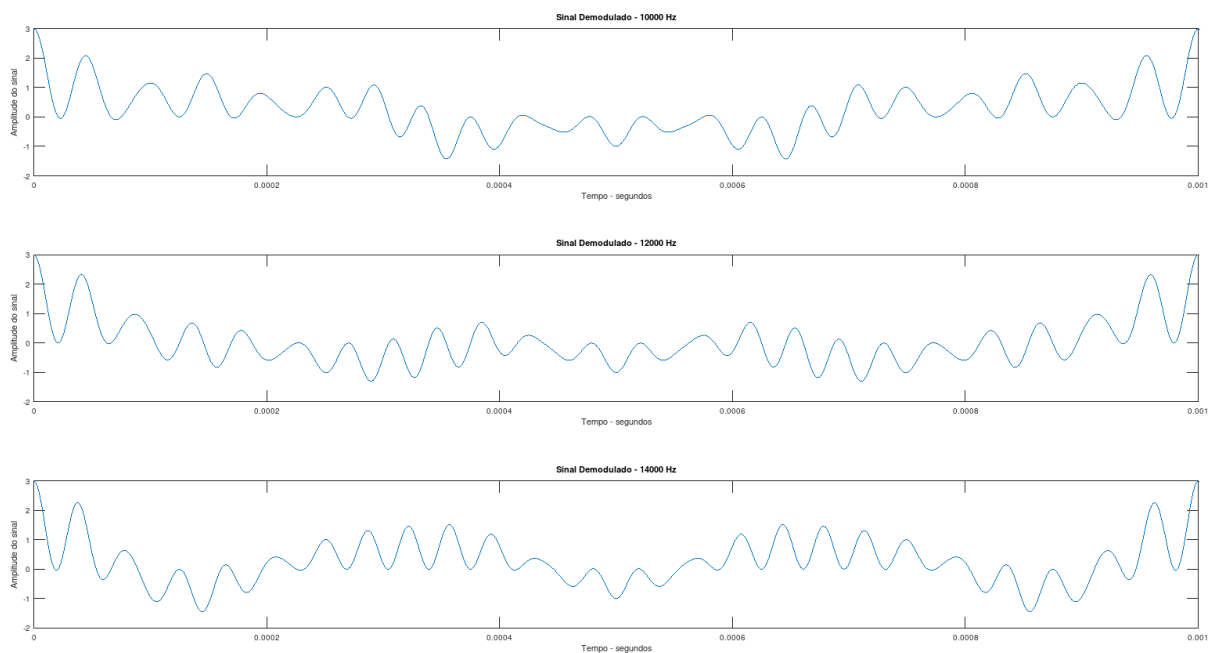


Figura 9: Sinal Multiplexado Deslocado - Dominio do tempo

Note que os sinais são muito similares, mas não iguais. Essa condição se dá pois todos os sinais resultantes provem do mesmo sinal original (sinal multiplexado), ao qual estamos visualizando no dominio do tempo. Ao multiplicar por diferentes sinais com frequências próximas, a resposta no dominio do tempo é bastante similar para as três diferentes multiplicações.

Uma vez com os sinais deslocados, apliquei um filtro fir para cada sinal ajustando a frequência de corte em 3000Hz, como o filtro é de ordem 1000 (praticamente ideal), o resultado foi o corte de qualquer componente parasita acima de 3K deixando apenas o sinal original.

Desta forma, temos o seguinte resultado ilustrado abaixo:

FONTE: Elaborado Pelo Autor

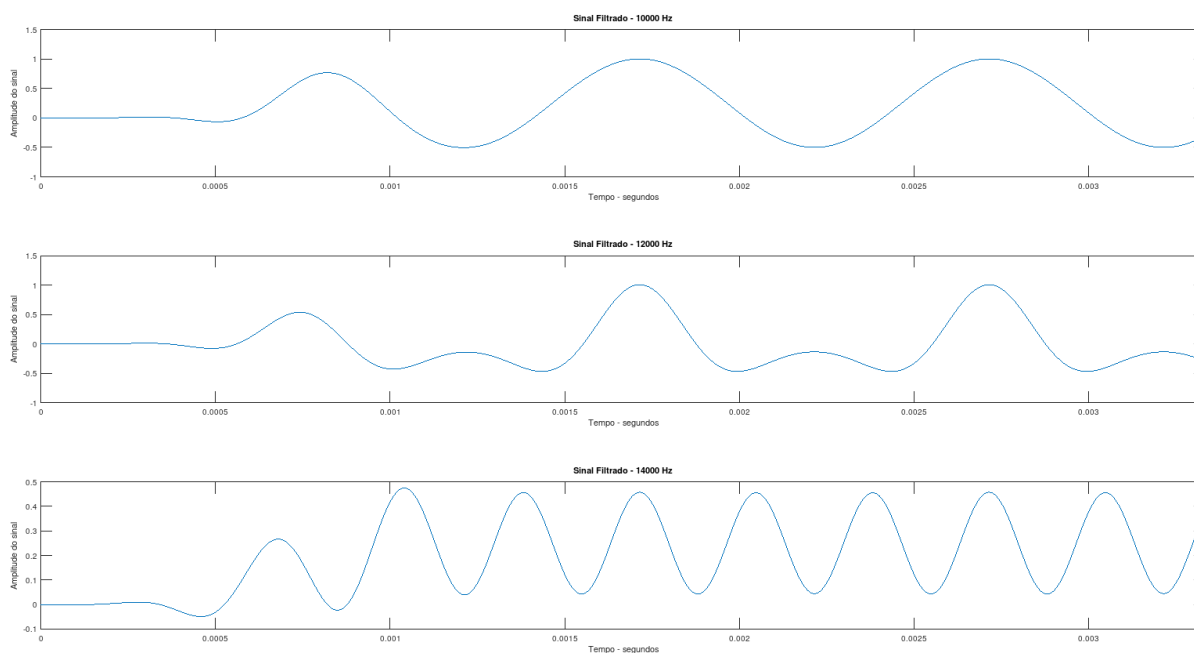


Figura 10: Sinal DeMultiplexado / Demodulado - Dominio do tempo

Note que no início da demodulação, o sinal encontra-se reto e quando inicia um formato de onda ele ainda está diferente do cosseno enviado, isto se dá pois até o momento em que há um preenchimento do vetor do filtro 'fir', o vetor inicial (preenchido com zeros) altera a amplitude média do sinal criando uma linha que distorce o sinal de saída, dando este aspecto de "linha zerada" no início da recepção do sinal.

4 Conclusão

Com base nos conceitos discutidos e nos resultados obtidos com a modulação AM-DSB-SC e AM-DSB-TC, podemos concluir que o processamento de sinais em sistemas de modulação amplitude é fundamental para a transmissão de informações em comunicações analógicas.

A modulação AM-DSB-SC, ao modular a amplitude do sinal portador com a informação, permite a transmissão eficiente de dados. Já a AM-DSB-TC, ao suprimir a portadora, reduz a largura de banda necessária para transmitir o sinal modulado, tornando-a uma técnica mais eficiente em termos de espectro.

Após a transmissão, os processos de recepção, demodulação e interpretação são cruciais para recuperar a informação original com precisão. A compreensão desses processos é essencial para o correto funcionamento dos sistemas de comunicação que utilizam modulação AM.

5 Scripts Utilizados:

5.1 Realizar um processo de modulação AM DSB

```
1 % Plot an AM-DSB modulated signal using an 10KHz carrier signal and an 1KHz modulating wave.
2
3 % AM - Amplitude modulation
4 % DSB - Double Side Band
5
6 clc; clear all; close all
7
8 % Defining the signals amplitude.
9 A_modulating = 1;
10 A_carrier = 1;
11
12 % variando o valor de A_dc, temos a variação do valor do fator de modulação:
13
14 % Para A_dc = 4, temos (considerando A_modulating = 1) m = 0.25
15 % Para A_dc = 2, temos (considerando A_modulating = 1) m = 0.5
16 % Para A_dc = 4/3, temos (considerando A_modulating = 1) m = 0.75
17 % Para A_dc = 1, temos (considerando A_modulating = 1) m = 1
18 % Para A_dc = 2/3, temos (considerando A_modulating = 1) m = 1.5
19
20 A_dc = 1;
21
22 m = A_modulating/A_dc;
23
24 % Defining the signals frequency
25 f_modulating = 1000;
26 f_carrier = 10000;
27
28 % Defining the period and frequency of sampling:
29 fs = 50*f_carrier;
30 Ts = 1/fs;
31 T = 1/f_modulating;
32
33 % Defining the signal period.
```

```

34 t_inicial = 0;
35 t_final = 2;
36
37 % "t" vector: correspondente ao periodo de análise (dominio da frequência);
38 t = [t_inicial:Ts:t_final];
39
40 % calculando o passo no dominio da frequência;
41 f_step = 1/t_final;
42
43 % vetor "f" correspondente ao periodo de análise (dominio da frequência);
44 f = [-fs/2:f_step:fs/2];
45
46 carrier_signal = A_carrier*cos(2*pi*f_carrier*t);
47
48 % Método 1 para gerar o sinal:
49 % final_signal = A_dc .* (1 + m * cos(2*pi*f_modulating)) .* carrier_signal;
50
51 % Método 2 para gerar o sinal:
52 modulating_signal = A_dc .* (1 + m *cos(2*pi*f_modulating*t));
53 final_signal = (modulating_signal) .* carrier_signal;
54
55 % Método 3 para gerar o sinal:
56 %final_signal = A_dc .* carrier_signal + ((A_dc * A_carrier * m)/2) * (cos(2*pi*f_carrier - 2*pi*
    f_modulating)*t + cos(2*pi*f_carrier + 2*pi*f_modulating)*t);
57
58 % realizando a FFT (fast Fourier Transform) do sinal para o domínio da frequência;
59 modulating_F = fft(modulating_signal)/length(modulating_signal);
60 modulating_F = fftshift(modulating_F);
61
62 carrier_F = fft(carrier_signal)/length(carrier_signal);
63 carrier_F = fftshift(carrier_F);
64
65 final_F = fft(final_signal)/length(final_signal);
66 final_F = fftshift(final_F);
67
68 figure(1)
69 subplot(321)
70 plot(t,modulating_signal,'b')
71 xlim([0 3*T])
72 ylim([-1.2*A_modulating 1.2*A_modulating+A_dc])
73 title('modulating signal (Time domain)')
74
75 subplot(323)
76 plot(t,carrier_signal, 'b')
77 xlim([0 3*T])
78 ylim([-1.2*A_carrier 1.2*A_carrier])
79 title('carrier signal (Time domain)')
80
81 subplot(325)
82 plot(t,final_signal, 'b')
83 xlim([0 3*T])
84 hold on
85 plot(t,modulating_signal, 'r')
86 xlim([0 3*T])
87 ylim([-2*A_dc 2*A_dc])
88 title('final signal (Time domain)')
89
90 subplot(322)
91 plot(f,abs(modulating_F), 'b')
92 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
93 ylim([0 1.2*A_modulating])
94 title('modulating signal (Frequency domain)')
95

```

```

96 subplot(324)
97 plot(f,abs(carrier_F), 'b')
98 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
99 ylim([0 0.8*A_carrier])
100 title('carrier signal (Frequency domain)')
101
102 subplot(326)
103 plot(f,abs(final_F), 'b')
104 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
105 ylim([0 0.5*A_modulating])
106 title('final signal (Frequency domain)')

```

5.2 Realizar um processo de modulação AM DSB-SC

```

1 % Plot an AM-DSB-SC modulated signal using an 10KHz carrier signal and an 1KHz modulating wave.
2
3 % AM - Amplitude modulation
4 % DSB - Double Side Band
5 % SC - Supressed carrier
6
7 clc; clear all; close all
8 pkg load signal
9
10 % Defining the signals amplitude.
11 A_modulating = 1;
12 A_carrier = 1;
13
14 % Defining the signals frequency
15 f_modulating = 1000;
16 f_carrier = 10000;
17
18 % Defining the period and frequency of sampling:
19 fs = 50*f_carrier;
20 Ts = 1/fs;
21 T = 1/f_modulating;
22
23 % Defining the sinal period.
24 t_inicial = 0;
25 t_final = 2;
26
27 % "t" vector: correspondente ao periodo de análise (dominio da frequência);
28 t = [t_inicial:Ts:t_final];
29
30 % calculando o passo no dominio da frequência;
31 f_step = 1/t_final;
32
33 % vetor "f" correspondente ao periodo de análise (dominio da frequência);
34 f = [-fs/2:f_step:fs/2];
35
36 modulating_signal = A_modulating*cos(2*pi*f_modulating*t);
37 carrier_signal = A_carrier*cos(2*pi*f_carrier*t);
38
39 final_signal = modulating_signal .* carrier_signal;
40
41 % realizando a FFT do sinal modulante para o domínio da frequência;
42 modulating_F = fft(modulating_signal)/length(modulating_signal);
43 modulating_F = fftshift(modulating_F);
44
45 % realizando a FFT do sinal da portadora para a frequência
46 carrier_F = fft(carrier_signal)/length(carrier_signal);
47 carrier_F = fftshift(carrier_F);

```

```

48
49 % realizando a FFT do sinal modulado para a frequência.
50 final_F = fft(final_signal)/length(final_signal);
51 final_F = fftshift(final_F);
52
53 figure(1)
54 subplot(321)
55 plot(t,modulating_signal,'b')
56 xlim([0 3*T])
57 ylim([-1.2*A_modulating 1.2*A_modulating])
58 title('modulating signal (Time domain)')
59
60 subplot(323)
61 plot(t,carrier_signal, 'b')
62 xlim([0 3*T])
63 ylim([-1.2*A_carrier 1.2*A_carrier])
64 title('carrier signal (Time domain)')
65
66 subplot(325)
67 plot(t,final_signal, 'b')
68 xlim([0 3*T])
69 hold on
70 plot(t,modulating_signal, 'r')
71 xlim([0 3*T])
72 ylim([-1.2*A_modulating 1.2*A_modulating])
73 title('final signal (Time domain)')
74
75 subplot(322)
76 plot(f,abs(modulating_F), 'b')
77 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
78 ylim([-1.2*A_modulating 1.2*A_modulating])
79 title('modulating signal (Frequency domain)')
80
81 subplot(324)
82 plot(f,abs(carrier_F), 'b')
83 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
84 ylim([-0.8*A_carrier 0.8*A_carrier])
85 title('carrier signal (Frequency domain)')
86
87 subplot(326)
88 plot(f,abs(final_F), 'b')
89 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
90 ylim([-0.5*A_modulating 0.5*A_modulating])
91 title('final signal (Frequency domain)')

```

5.3 Utilize a função 'fir1' após a demodulação do sinal:

```

1 demulated_signal = final_signal .* carrier_signal;
2
3 % definindo frequencia de corte do filtro
4 fc = 2000;
5 % definindo a ordem do filtro
6 order = 100;
7
8 filterb = fir1(order, fc/(fs/2));
9
10 % Aplicando o filtro ao sinal demodulado
11 recovered_signal = filter(filterb, 1, demulated_signal);
12
13 % Realizando a FFT do sinal demodulado
14 recovered_F = fft(recovered_signal)/length(recovered_signal);

```

```

15 recovered_F = fftshift(recovered_F);
16
17 figure(2)
18 subplot(121)
19 plot(t,demulated_signal,'b')
20 xlim([0 3*T])
21 ylim([-1.2*A_modulating 1.2*A_modulating])
22 title('demodulated signal (Time domain)')
23
24 subplot(122)
25 plot(f,abs(recovered_F), 'b')
26 xlim([-5*f_carrier 5*f_carrier])
27 ylim([-0.5*A_modulating 0.5*A_modulating])
28 title('demodulated signal (Frequency domain)')

```

5.4 Gerar 3 sinais (cosenos) nas frequências 1k, 2k e 3k e realize a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação

```

1  clc; clear all; close all
2
3  % Definindo a amplitude dos sinais.
4  A1_modulating = 1;
5  A2_modulating = 1;
6  A3_modulating = 1;
7  A_carrier = 1;
8
9  % Definindo a frequência dos sinais
10 f1_modulating = 3000;
11 f2_modulating = 2000;
12 f3_modulating = 1000;
13
14 % Frequências do portadora (usar a maior frequência como f1 sempre!)
15 f1_carrier = 14000;
16 f2_carrier = 12000;
17 f3_carrier = 10000;
18
19 % Definindo o período e frequência de amostragem:
20 fs1 = 50*f1_carrier;
21 Ts1 = 1/fs1;
22 T1 = 1/f1_modulating;
23
24 % Definindo o período do sinal.
25 t_inicial = 0;
26 t_final = 2;
27
28 % Vetor "t": correspondente ao período de análise (domínio do tempo);
29 t1 = [t_inicial:Ts1:t_final];
30
31 % Calculando o passo no domínio da frequência;
32 f1_step = 1/t_final;
33
34 % Vetor "f" correspondente ao período de análise (domínio da frequência);
35 f1 = [-fs1/2:f1_step:fs1/2];
36
37 modulating_signal1 = A1_modulating*cos(2*pi*f1_modulating*t1);
38 modulating_signal2 = A2_modulating*cos(2*pi*f2_modulating*t1);
39 modulating_signal3 = A3_modulating*cos(2*pi*f3_modulating*t1);
40
41 carrier_signal1 = A_carrier*cos(2*pi*f1_carrier*t1);

```

```

42 carrier_signal2 = A_carrier*cos(2*pi*f2_carrier*t1);
43 carrier_signal3 = A_carrier*cos(2*pi*f3_carrier*t1);
44
45 final_signal1 = modulating_signal1 .* carrier_signal1;
46 final_signal2 = modulating_signal2 .* carrier_signal2;
47 final_signal3 = modulating_signal3 .* carrier_signal3;
48
49 modulating_F1 = fft(modulating_signal1)/length(modulating_signal1);
50 modulating_F1 = fftshift(modulating_F1);
51
52 carrier_F1 = fft(carrier_signal1)/length(carrier_signal1);
53 carrier_F1 = fftshift(carrier_F1);
54
55 modulating_F2 = fft(modulating_signal2)/length(modulating_signal2);
56 modulating_F2 = fftshift(modulating_F2);
57
58 carrier_F2 = fft(carrier_signal2)/length(carrier_signal2);
59 carrier_F2 = fftshift(carrier_F2);
60
61 modulating_F3 = fft(modulating_signal3)/length(modulating_signal3);
62 modulating_F3 = fftshift(modulating_F3);
63
64 carrier_F3 = fft(carrier_signal3)/length(carrier_signal3);
65 carrier_F3 = fftshift(carrier_F3);
66
67 multiplexed_signal = final_signal1 + final_signal2 + final_signal3;
68
69 multiplexed_F = fft(multiplexed_signal)/length(multiplexed_signal);
70 multiplexed_F = fftshift(multiplexed_F);
71
72 figure(1)
73 subplot(421)
74 plot(t1,modulating_signal1,'b')
75 xlim([0 3*T1])
76 ylim([-1.2*A1_modulating 1.2*A1_modulating])
77 title('modulating signal 1 (Time domain)')
78
79 subplot(423)
80 plot(t1,modulating_signal2,'b')
81 xlim([0 3*T1])
82 ylim([-1.2*A2_modulating 1.2*A2_modulating])
83 title('modulating signal 2 (Time domain)')
84
85 subplot(425)
86 plot(t1,modulating_signal3,'b')
87 xlim([0 3*T1])
88 ylim([-1.2*A3_modulating 1.2*A3_modulating])
89 title('modulating signal 3 (Time domain)')
90
91 subplot(422)
92 plot(f1,abs(modulating_F1), 'b')
93 xlim([-5*f1_carrier 5*f1_carrier])
94 ylim([-1.2*A1_modulating 1.2*A1_modulating])
95 title('modulating signal 1 (Frequency domain)')
96
97 subplot(424)
98 plot(f1,abs(modulating_F2), 'b')
99 xlim([-5*f2_carrier 5*f2_carrier])
100 ylim([-1.2*A2_modulating 1.2*A2_modulating])
101 title('modulating signal 2 (Frequency domain)')
102
103 subplot(426)
104 plot(f1,abs(modulating_F3), 'b')

```



```

105 xlim([-5*f3_carrier 5*f3_carrier])
106 ylim([-1.2*A3_modulating 1.2*A3_modulating])
107 title('modulating signal 3 (Frequency domain)')
108
109 subplot(427)
110 plot(t1,multiplexed_signal, 'k')
111 hold on
112 plot(t1,modulating_signal1, 'b')
113 hold on
114 plot(t1,modulating_signal2, 'r')
115 hold on
116 plot(t1,modulating_signal3, 'g')
117 xlim([0 3*T1])
118 title('Multiplexed Signal (Time domain)')
119
120 subplot(428)
121 plot(f1,abs(multiplexed_F), 'b')
122 xlim([-5*max([f1_carrier, f2_carrier, f3_carrier]) 5*max([f1_carrier, f2_carrier, f3_carrier])])
123 ylim([-1.2*max([A1_modulating, A2_modulating, A3_modulating]) 1.2*max([A1_modulating,
    A2_modulating, A3_modulating])])
124 title('Multiplexed Signal (Frequency domain)')

```

5.5 Gerar 3 sinais (cosenos) nas frequências 1k, 2k e 3k e realize a multiplexação dos sinais para as frequências 10k, 12k e 14k para a transmissão em um canal de comunicação

```

1 % Frequência do filtro passa baixa:
2 fc = 3000;
3
4 % Normalizando a frequência de corte para a frequência de Nyquist (metade da taxa de amostragem)
5 fc_norm = fc / (fs1 / 2);
6
7 % Ordem do filtro
8 N = 1000;
9
10 filter_b = fir1(N, fc_norm);
11
12 % Demodulação e filtragem para a frequência portadora de 10k
13 demodulated_signal_10k = multiplexed_signal .* cos(2*pi*f3_carrier*t1);
14 filtered_demodulated_signal_10k = filter(filter_b, 1, demodulated_signal_10k);
15
16 % Demodulação e filtragem para a frequência portadora de 12k
17 demodulated_signal_12k = multiplexed_signal .* cos(2*pi*f2_carrier*t1);
18 filtered_demodulated_signal_12k = filter(filter_b, 1, demodulated_signal_12k);
19
20 % Demodulação e filtragem para a frequência portadora de 14k
21 demodulated_signal_14k = multiplexed_signal .* cos(2*pi*f1_carrier*t1);
22 filtered_demodulated_signal_14k = filter(filter_b, 1, demodulated_signal_14k);
23
24 % Plotando os sinais demodulados e filtrados
25 figure;
26 subplot(311);
27 plot(t1, demodulated_signal_10k);
28 title('Sinal Demodulado - 10000 Hz');
29 xlabel('Tempo - segundos');
30 ylabel('Amplitude do sinal');
31 xlim([0 3*T1]);
32
33 subplot(312);
34 plot(t1, demodulated_signal_12k);

```

```

35 title('Sinal Demodulado - 12000 Hz');
36 xlabel('Tempo - segundos');
37 ylabel('Amplitude do sinal');
38 xlim([0 3*T1]);
39
40 subplot(313);
41 plot(t1, demodulated_signal_14k);
42 title('Sinal Demodulado - 14000 Hz');
43 xlabel('Tempo - segundos');
44 ylabel('Amplitude do sinal');
45 xlim([0 3*T1]);
46
47 figure;
48 subplot(311);
49 plot(t1, filtered_demodulated_signal_10k);
50 title('Sinal Filtrado - 10000 Hz');
51 xlabel('Tempo - segundos');
52 ylabel('Amplitude do sinal');
53 xlim([0 10*T1]);
54
55 subplot(312);
56 plot(t1, filtered_demodulated_signal_12k);
57 title('Sinal Filtrado - 12000 Hz');
58 xlabel('Tempo - segundos');
59 ylabel('Amplitude do sinal');
60 xlim([0 10*T1]);
61
62 subplot(313);
63 plot(t1, filtered_demodulated_signal_14k);
64 title('Sinal Filtrado - 14000 Hz');
65 xlabel('Tempo - segundos');
66 ylabel('Amplitude do sinal');
67 xlim([0 10*T1]);

```