

Universidade Federal da Campina Grande
Departamento de Engenharia Elétrica
Princípios de Comunicações
Prof. Édmar Candeia Gurjão
Primeira Avaliação Data: 26/07/2016

Problema 1 Considere $m(t)$ um sinal mensagem cujo espectro de frequências é limitado em B Hz. Esse sinal é modulado em AM-DSB. Desenhe o espectro do sinal modulado para

a) $\mu > 1$

b) $\mu < 1$.

Problema 2 Para o sinal $m(t) = \cos \omega_m t + \sin \omega_m t$, determine a expressão no tempo do sinal SSB utilizando a banda lateral inferior, modulado por $m(t)$.

Problema 3 Mostre que utilizando um trem de pulsos quadrados, cuja série de Fourier é dada por $g(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \sum_{i=1, i \text{ ímpar}}^{\infty} \frac{1}{i} \cos(i\omega_c t)$, é possível gerar um sinal AM-DSB-SC para modular uma mensagem $m(t)$ em qualquer frequência $i\omega_c$, i ímpar. Mostre um diagrama de blocos do seu sistema.

Problema 4 Demostre que um demodulador síncrono pode ser usado tanto para demodular sinais AM-DSB-SC quanto AM-DSB, e que o mesmo não vale para o detector de envoltória.

Problema 5 Uma estação de rádio AM é transmitida simultaneamente na cidade A em 610 kHz, na cidade B em 730 KHz e na cidade C em 1270 kHz. Sabendo que a frequência intermediária (FI) dos rádios AM é de 455KHz, o que acontece no interior do rádio de um ouvinte que mude percorra essas cidades sempre escutando a mesma estação.

Problema 6 Sendo $m(t) = \alpha \cos \omega_1 t$ um sinal modulado em AM-DSB, qual o valor de α para que a eficiência seja de 25%?

Problema 7 Na sua opinião, quando se utiliza a demodulação síncrona, o que causa mais dano ao sinal recuperado, um erro de frequência ou de fase no receptor. Justifique sua resposta.

Problema 8 Considere o sinal AM $s(t) = [1 + a \cos(\omega_m t)] \cos(\omega_c t)$ sendo $\omega_c \gg \omega_m$. É possível demodular esse sinal com um detector de envoltória? Esboce como ficaria o sinal na saída do detector de envoltória ideal.

Problema 9 Um receptor AM Está ilustrado na Figura 1. O misturador de frequências (mixer) desloca a frequência da portadora para a frequência intermediária (IF) usando um oscilador local com frequência f_{LO} . Sabendo que as frequências em AM vão de 540 a 1600KHz determina a variação do oscilador local (i) quando f_{LO} é maior que f_c e (ii) quando f_{LO} é menor que f_c .

Problema 10 Em uma determinada localidade precise alocar três estações utilizando modulação AM para transmitir os sinais $m_A(t)$, $m_B(t)$ e $m_C(t)$ com larguras de faixa de 2kHz, 7kHz e 4kHz respectivamente. Entretanto, só estão disponíveis as portadores 100kHz, 102kHz, 109kHz, 113kHz, 117kHz e 121kHz. Para cada um dos casos a seguir projete um sistema que consiga transmitir os três sinais simultaneamente.

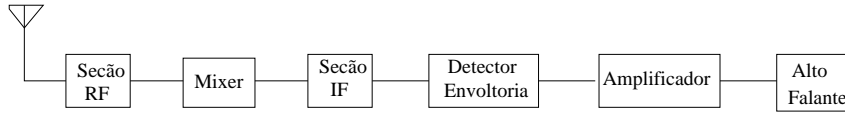


Figura 1: Receptor AM superheterodino

- a) Que seja o mais simples para demodular.
- b) Que ocupe menos largura de banda

Qual a largura de banda total utilizada por cada um dos sistemas? Para que os sinais tenham alcance máximo, sem aumento de potência do transmissor, qual o sistema mais eficiente?

Problema 11 Sejam os sinais em banda básica (i) $m(t) = \cos 1000t$; (ii) $m(t) = 2 \cos 1000t + \cos 2000t$; (iii) $m(t) = \cos 1000t \cos 3000t$. Para cada um deles,

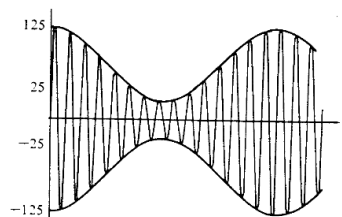
- a) Esboce o espectro de $m(t)$;
- b) Esboce o espectro do sinal AM DSB-SC por $m(t) \cos 10.000t$;
- c) No sinal modulado, identifique o espectro da banda lateral superior (USB) e o da banda lateral inferior (LSB);
- d) Identifique as correspondências entre as frequências na banda básica e as frequências nas bandas USB e LSB.

Problema 12 Imagine que em uma mesma região cinco empresas desejam transmitir para as suas respectivas filiais usando modulação AM, entretanto, nessa região somente a faixa de 100 - 200KHz está disponível. Nesse cenário responda:

- a) Que exigências devem ser feitas às sinais gerados por essas empresas para que eles possam ser transmitidos usando modulação AM?
- b) Quais as larguras de banda máxima para cada empresa se elas seguirem a exigência do item a)?
- c) Projete um sistema que receba os sinais dessas empresas e os envie
- d) Esboce como fica o espectro resultante.

Problema 13 Para o sinal da Figura abaixo:

- a) Encontre o índice de modulação.
- b) Escreva a expressão no tempo para esse sinal (considere a frequência da mensagem ω_m e da portadora ω_c).
- c) Esboce o espectro desse sinal.

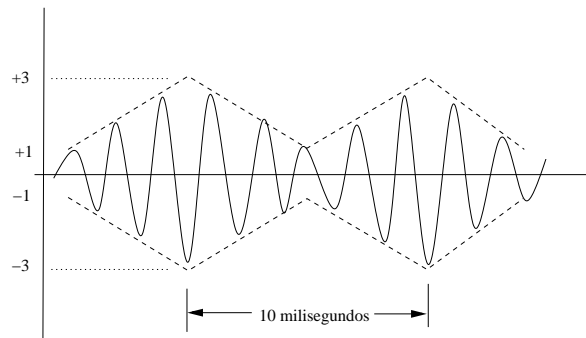


Problema 14 Seja o sinal mensagem $m(t) = \cos\omega_m t u(t)$ com $\omega_m \ll \omega_c$. Esboce o sinal modulado em quando $\mu < 1$, $\mu > 1$ e DSB-SC.

Problema 15 É pedido para você projetar um modulador DSB-SC para gerar um sinal modulado $\phi(t) = km(t)\cos\omega_c t$, em que $m(t)$ é um sinal limitado em B Hz. O oscilador local não gera $\cos\omega_c t$ mas $\cos^3\omega_c t$. Explique como você pode gerar o sinal desejado usando este oscilador local.

AM

Problema 16 (2,0 pontos) Seja o sinal modulado apresentado na Figura abaixo. Para esse sinal determine: a) o índice de modulação. b) A potência do sinal transmitido. c) A eficiência.



Problema 17 Para o sinal $m(t) = \text{sinc}(100t)$ desenhe o espectro do sinal DSB-SC $m(t)\cos 10.000t$ e identifique as bandas laterais. Mostre como esse sinal é demodulado e desenhe os espectros na demodulação.

Problema 18 Mostre que o sinal

$$\phi_{SSB}(t) = \sum_{i=1}^3 [\cos\omega_c t \cos(\omega_i t + \theta_i) - \sin\omega_c t \sin(\omega_i t + \theta_i)] \quad (1)$$

é um sinal SSB-SC ($\omega_c \gg \omega_i$). Qual a banda lateral que está sendo usada? Qual a expressão para que o sinal seja um DSB-SC?

Problema 19 Sejam $m_1(t)$ e $m_2(t)$ duas mensagens, e $s_1(t)$ e $s_2(t)$ os sinais modulados correspondentes a $m_1(t)$ e $m_2(t)$ respectivamente. Mostre que, se a modulação for AM-DSB-SC, então a modulação de $m_1(t) + m_2(t)$ irá produzir $s_1(t) + s_2(t)$ e que o mesmo não ocorre se a modulação for em ângulo.

Problema 20 Para o sinal $m(t) = \Pi(t)$ desenhe o espectro do sinal DSB-SC $m(t)\cos 10.000t$ e identifique as bandas laterais.

Problema 21 Projete um modulador DSB-SC que gere um sinal modulado $km(t)\cos\omega_c t$ com frequência da portadora $f_c = 300\text{kHz}$. No laboratório estão disponíveis os seguintes equipamentos: (1) um gerador de sinais de 100kHz de frequência; (2) um modulador comutado; (3) um filtro passa-faixa sintonizado a 300kHz . (a) Mostre como você pode gerar o sinal desejado. (b) Ache o valor da constante k .

Problema 22 Numa certa cidade uma estação de TV é sintonizada na frequência de 174MHz (canal 7). Um receptor de baixa qualidade quando sintonizado na frequência da estação a imagem é nítida. Essa mesma estação é também sintonizada fracamente em uma outra frequência. Diga, explicando a razão, qual é esta frequência. A frequência IF é de 47,75MHz.

Problema 23 Você foi requisitado para projetar um modulador AM DSB-SC que gere um sinal modulado $\varphi_{\text{DSB-SC}}(t)$ na forma

$$\varphi_{\text{DSB-SC}}(t) = k m(t) \cos \omega_c t,$$

onde $m(t)$ é o sinal banda-básica com espectro $M(\omega)$ mostrado na Figura 1(a), ω_c é a frequência da portadora e k é uma constante. A Figura 1(b) mostra um modulador disponível para você executar seu projeto, no qual o gerador de portadora não gera $\cos \omega_c t$, mas $\cos^3 \omega_c t$. Explique se você pode gerar o sinal $\varphi_{\text{DSB-SC}}(t)$ a partir deste equipamento. Você pode utilizar qualquer tipo de filtro que necessitar.

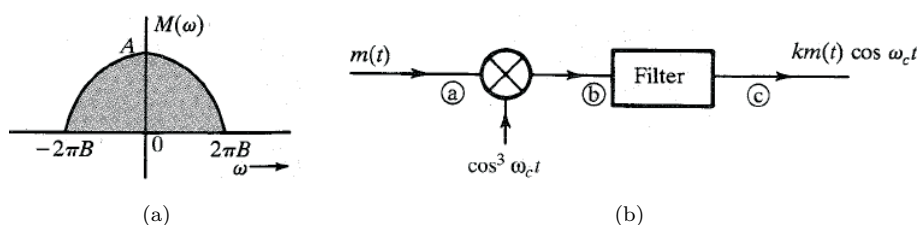


Figura 2: (a) Espectro de $m(t)$. (b) Modulador disponível.

- Que tipo de filtro será necessário no seu projeto?
- Determine o espectro do sinal nos pontos b e c, e indique as bandas de frequência ocupadas por esses espectros.
- Qual o valor mínimo de ω_c para que seu modulador funcione apropriadamente?
- Este esquema funcionaria se a saída do gerador de portadora fosse $\cos^2 \omega_c t$? Explique.
- Este esquema funcionaria se a saída do gerador de portadora fosse $\cos^n \omega_c t$ para qualquer inteiro $n \geq 2$?

Problema 24 Nos primórdios da rádio AM, os sinais AM eram demodulados utilizando-se um cristal seguido por um filtro passa-baixa e um bloqueador DC, como mostrado na figura 3 a seguir. O cristal é, basicamente, um dispositivo que eleva ao quadrado o sinal de entrada. Determine os sinais nos pontos a, b, c e d. Explícite o termo de distorção que aparece na saída $y(t)$. Mostre que se $A \gg |m(t)|$ a distorção no sinal é pequena.

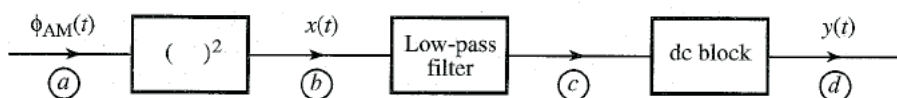


Figura 3: (a) Modulador AM a cristal.

Problema 25 (2,5 pontos) Esboce o sinal AM $[A+m(t)] \cos \omega_c t$ para o sinal triangular periódico $m(t)$ mostrado na Figura 4 a seguir, com os seguintes índices de modulação: (a) $\mu = 0,5$; (b) $\mu = 1$; (c) $\mu = 2$; (d) $\mu = \infty$. Como você interpreta o caso $\mu = \infty$?

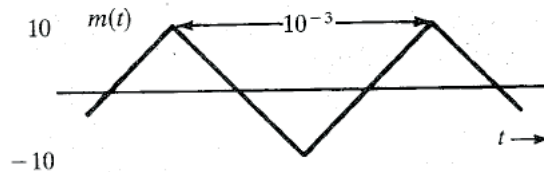


Figura 4: (a) Sinal Triangular.

Problema 26 Para o sinal modulante

$$m(t) = \frac{0,02}{t^2 + 10^{-4}}$$

e portadora $\cos 10.000t$,

- Determine e esboce o espectro do sinal AM DSB-SC.
- Determine o sinal SSB $\varphi_{USB}(t)$ e esboce seu espectro.
- Repita (b) para $\varphi_{LSB}(t)$.

Problema 27 Encontre os sinais $\varphi_{LSB}(t)$ e $\varphi_{USB}(t)$ relativos à modulação AM-SSB-SC para o sinal modulante

$$m(t) = 2B \operatorname{sinc}(2Bt),$$

onde $B = 1000$ e a frequência da portadora é $\omega_c = 10.000\pi$. Para isto, faça:

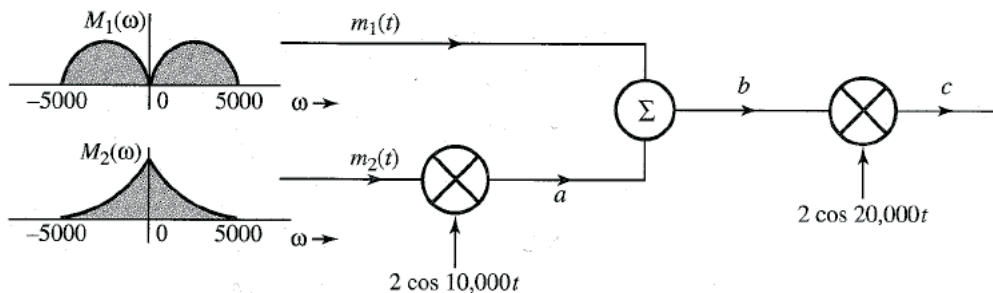
- Esboce os espectros de $m(t)$ e do sinal AM DSB-SC dado por $2m(t) \cos \omega_c t$.
- Para encontrar o espectro relativo à banda lateral inferior (LSB), suprima a banda lateral superior (USB) do espectro encontrado em (a).
- Encontre o sinal $\varphi_{LSB}(t)$, o qual é a transformada inversa de Fourier do espectro LSB encontrado em (b). Siga o mesmo procedimento para encontrar $\varphi_{USB}(t)$.

Problema 28 Uma emissora de rádio AM transmite seu sinal com uma frequência de portadora de 1.500 kHz. Quando um rádio AM simples (modelo “chingue-lingue”, com filtro passa-faixa de baixa seletividade na seção RF) é sintonizado em 1.500 kHz, a estação pode ser escutada com clareza. No entanto, esta mesma estação pode ser captada (não tão fortemente) em uma outra frequência (outra posição do dial do rádio). Descreva em que frequência você poderá escutar esta estação novamente, e o por quê deste fenômeno. A frequência intermediária utilizada no receptor superheteródino do rádio AM é $f_{FI} = 455$ kHz.

AM

Problema 29 Dois sinais $m_1(t)$ e $m_2(t)$, ambos de banda limitada a 5.000 rad/s, são transmitidos simultaneamente em um canal através de um esquema de multiplexação mostrado a seguir. O sinal no ponto b é o sinal multiplexado, o qual modula a seguir uma portadora na frequência 20.000 rad/s. O sinal modulado no ponto c é finalmente transmitido no canal.

- Esboce o espectro do sinal nos pontos a, b, e c.
- Qual deve ser a largura de faixa do canal?
- Projete um receptor para recuperar os sinais $m_1(t)$ e $m_2(t)$ a partir do sinal modulado no ponto c.



Problema 30 A alocação do “Canal 6” na faixa de frequência VHF exige uma portadora para o sinal de vídeo na frequência de 83,25 MHz, e uma portadora para o sinal de áudio na frequência de 87,75 MHz. Um televisor com um receptor superheteródino utiliza uma frequência intermediária para o sinal de vídeo fixada em 45,75 MHz, e uma frequência intermediária para o sinal de áudio fixada em 41,25 MHz. Baseada(o) nesta informação, responda:

- Qual deve ser a frequência do oscilador local do televisor quando este sintoniza o Canal 6?
- Por que esta é a única escolha possível para a frequência do oscilador local?
- De acordo com a tabela a seguir, qual canal corresponde à frequência imagem do Canal 6?

CANAL	FAIXA DE FREQUÊNCIA (MHz)	PORTADORA (MHz)
1		Não utilizada
2	54—60	55,25
3	60—66	61,25
4	66—72	67,25
5	76—82	77,25
6	82—88	83,25
	Banda FM padrão (88—108)	
7	174—180	175,25
8	180—186	181,25
9	186—192	187,25
10	192—198	193,25
11	198—204	199,25
12	204—210	205,25
13	210—216	211,25

Problema 31 Uma versão estéreo de rádio AM pode ser implementada utilizando-se modulação em amplitude em quadratura (QAM). Sejam $m_e(t)$ e $m_d(t)$ os sinais de áudio dos canais esquerdo e direito, respectivamente. Se modularmos a portadora $\cos \omega_c t$ com o sinal de soma

$$m_1(t) = m_e(t) + m_d(t),$$

e a portadora em quadratura $\sin \omega_c t$ com o sinal diferença

$$m_2(t) = m_e(t) - m_d(t),$$

- Escreva a expressão do sinal $\varphi_{QAM}(t)$ em função de $m_1(t)$ e $m_2(t)$;
- Apresente um diagrama de blocos de um demodulador QAM que recupere, na sua saída, os sinais $m_e(t)$ e $m_d(t)$ isoladamente;
- Suponha agora que o sistema AM estéreo precisa ser compatível com receptores AM “mono” que utilizam detectores de envoltória. Mostre que, se

$$m_1(t) = V_o + m_e(t) + m_d(t),$$

onde V_o é um valor DC, um detector de envoltória pode ser utilizado para recuperar o sinal “mono” $m_e(t) + m_d(t)$ se V_o for grande o suficiente.

Dica: Escreva a expressão genérica do novo sinal QAM na forma reduzida $E(t) \cos[\omega_c t + \gamma(t)]$, e mostre que a envoltória $E(t) \approx V_o + m_e(t) + m_d(t)$ quando V_o é grande o suficiente. Ou seja, com exceção do termo DC V_o , $E(t)$ é proporcional à soma $m_e(t) + m_d(t)$.

Problema 32 Considere um receptor superheteródino projetado para receber sinais na banda de frequências de 1 a 30 MHz, com frequência intermediária $f_{FI} = 8$ MHz. Assumindo que $f_{OL} = f_c + f_{FI}$, responda:

- Qual o intervalo de frequências gerado pelo oscilador local neste receptor?
- Um sinal de entrada com frequência de portadora igual a 10 MHz é recebido por este receptor. Se o filtro passa-faixa da seção RF apresentar baixa seletividade, qual a frequência da portadora de um sinal que poderia interferir com a recepção em andamento?

Problema 33 Um sinal mensagem é dado por $m(t) = \cos(2.000\pi t) + 0,5 \sin(3.000\pi t) + 0,25 \cos(5.000\pi t)$. Este sinal é modulado por diferentes esquemas de modulação, em um portadora de 100 kHz e amplitude unitária. Responda:

- Escreva uma expressão para o sinal AM-DSC-SC e desenhe o espectro do sinal modulado.
- Escreva a expressão para o sinal AM-SSB banda lateral inferior e desenhe o espectro do sinal modulado.

Problema 34 Deseja-se transmitir a mensagem $m(t) = \alpha \cos \omega_1 t$ usando modulação AM-DSB. Responda:

- Desenhe o espectro do sinal modulado quando $\mu = 1$.
- Considerando que o índice de modulação μ inicia com um valor menor que 1, como ele se comporta (por exemplo via um gráfico) a eficiência quando aumenta chegando até um valor maior que 1?
- Qual o valor de α para que a eficiência seja de 20%.