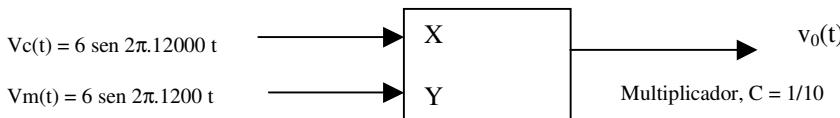


Lista de Exercícios 7: Modulação em Amplitude

- 1) Deduza a equação para o sinal AM.
- 2) Um sinal modulado em amplitude é representado pela equação $v(t) = 12 (1 + 0,1 \cos 2\pi 1000t) \cos (2\pi 10000t)$ volts. Identifique:
 - a) o tipo de modulação;
 - b) a frequência do sinal modulante;
 - c) a frequência da portadora;
 - d) frequência da raia espectral inferior;
 - e) frequência da raia espectral superior;
 - f) o índice de modulação, expresso em decimal;
 - g) o índice de modulação, expresso em porcentagem;
 - h) a amplitude da portadora, em volts;
 - i) a potência da raia espectral inferior, considerando-se uma impedância de 50 ohms;
 - j) a potência da raia espectral superior, considerando-se uma impedância de 50 ohms;
 - k) a potência da portadora, considerando-se uma impedância de 50 ohms;
 - l) a potência devido à ambas as raias laterais, considerando-se uma impedância de 50 ohms;
 - m) a potência total do sinal transmitido, considerando-se uma impedância de 50 ohms
 - n) a porcentagem relativa de potência da raia lateral inferior, em relação à potência da portadora;
 - o) a porcentagem relativa de potência da raia lateral superior, em relação à potência da portadora;
 - p) a porcentagem relativa de potência das raias laterais, em relação à potência da portadora.
 - q) a potência dissipada sobre 50 ohms devido ao sinal modulado;
- 3) Durante uma conversa com um amigo da área de rádio difusão você ouve que “ a potência da banda lateral para um sinal modulado em AM por um tom não pode ultrapassar 1/3 da potência total transmitida em AM”. Você volta para casa, revê os alfarrábios da época da faculdade quando você era aluno do saudoso professor Gibson. Após um instante de reminiscências você passa a fazer algumas contas e constata que o seu amigo estava certo. Por quê? Qual a condição quando a porcentagem de modulação?
- 4) Uma onda portadora de 80 volts pico a pico é modulada por um tom em quatro situações distintas mostradas na tabela abaixo. Determine a porcentagem de modulação para cada caso.:

Situação	Tensão pico a pico máxima da portadora (V)	Tensão pico a pico mínima da portadora (V)
A	100	60
B	120	30
C	160	0
D	200	0

- 5) Durante uma visita à uma estação em Ondas Médias em AM você pede para constatar uma idéia. Para isso é necessário medir-se a corrente que circula na antena. A emissora opera na frequência de 910 kHz. Inicialmente você pede que seja desligado o microfone da



- 12) A função de transferência de um filtro vestigial, $H(\omega)$, é mostrado na figura abaixo, com $\omega_c = 10^5$ rad/s. Determine o sinal modulado VSB (vestigial side band), SSB, quando $m(t) = \cos \omega_m t$ com $\omega_m = 1000$ rad/s. (Modulação por tom)

estaca.. Quando o sinal não é modulado a corrente é igual a 15 A. Em seguida você aplica um tom de senoidal como sinal modulante. A corrente aumenta 12% para o sinal modulado. Determine a porcentagem de modulação e o espectro do sinal transmitido.

- 6) Um sinal de 1 MHz é modulado em AM por outro sinal cuja distribuição espectral estende-se de 25 Hz a 20 kHz. Desenhe o espectro resultante indicando: a distribuição do sinal modulante, a portadora, as bandas superiores e inferiores, os limites inferiores e superiores das bandas inferior e superior, a largura total ocupada pelo canal, a largura de banda das faixas superior e inferior. Aproveite para projetar um filtro para conformar o sinal. Devido as restrições orçamentárias limite a estrutura a dois filtros de 1ª ordem em cascata. Considere uma resistência igual a 1 kohms.
- 7) Aquele seu velho amigo curioso andou estudando modulação em amplitude e ficou com algumas dúvidas. Como é possível comparar-se a potência do sinal AM em relação à um sinal SSB, para um determinado índice de modulação? E qual seria a relação de potência para um índice de modulação igual a 0,6?
- 8) Empregue um circuito somador e um multiplicador para demonstrar a modulação em amplitude. A partir dos dados abaixo, determine a tensão de pico do termo da portadora e o termo produto do sinal modulado em amplitude.
Dados:

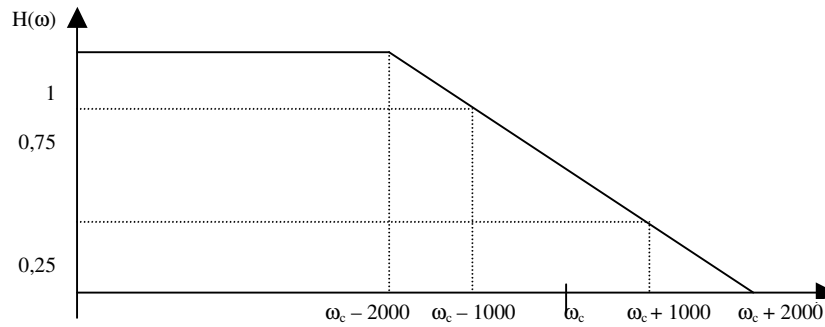
$$V_1(t) = V_1 \sin \omega_1 t \quad (\text{sinal modulante})$$

$$V_2(t) = V_2 \sin \omega_2 t \quad (\text{sinal portador})$$

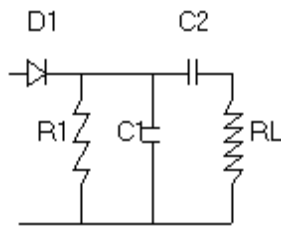
Onde:

$$V_1 = 10V; V_2 = 5 V; \omega_1 = 2\pi \text{ rad/s}; \omega_2 = 2\pi \cdot 10^4 \text{ rad/s}; C = 1/10.$$

- 9) Dois sinais são transmitidos na mesma portadora. Com o auxílio da figura abaixo, demonstre que os sinais podem ser recuperados empregando-se a multiplexação em quadratura.
- 10) Demonstre que o sinal modulante é completamente recuperado à saída de um demodulador de lei quadrática, caso um sinal de SSB junto com a portadora seja aplicado à sua entrada.
Dados:
 $V_{SSB} = V_m \cos(\omega_c + \omega_m)t$ sinal de SSB
 $V_c(t) = V_c \cos \omega_c t$ portadora
 $i_o = a_0 + a_1 v_1 + a_2 v_1^2$ lei quadrática.
- 11) O multiplicador mostrado abaixo é empregado como um modulador balanceado. As entradas nos terminais X e Y são senóides, $V_m(t)$ o sinal modulante e $V_c(t)$ o sinal portador, conforme indicado. Determine:
 - a) uma expressão para a tensão de saída;
 - b) a tensão de pico e as componentes de frequência soma e diferença.



- 13) Esboce a forma de onda AM, para os índices de modulação $m = 0,5$ e $m = 1$, com $m(t) = A \cos \omega_m t$. Este caso é denominado de modulação tonal ou por tom, já que o sinal modulante é uma senóide pura (ou tom).
- 14) Determine a eficiência de transmissão, definida como a porcentagem de potência total transportada pelas bandas laterais, para o caso específico de modulação por tom.
- 15) Sob que condição a eficiência é máxima?
- 16) Determine a porcentagem de potência total transportada pelas bandas laterais de uma onda AM, com modulação por tom com $m = 0,5$ e $m = 0,3$.
- 17) Mostre que um sinal AM aplicado ao circuito abaixo, resulta na saída o sinal modulante. Quais as restrições sobre $R1$, $C1$, $C2$ e RL ? Projete um circuito para uma frequência portadora de 860 kHz, modulada por um tom de 1000 Hz.



- 18) Demonstre que um sinal AM pode ser demodulado através do processo de elevá-lo ao quadrado e em seguida passá-lo por um filtro passa-baixo. (O circuito que eleva ao quadrado é um detector quadrático)
- 19) Um transmissor de AM fornece uma potência máxima de 100W. Determine:
 - a) a potência na banda lateral para modulação por um tom (senoidal), para um índice de modulação $m = 1$; 0,8 e 0,1, respectivamente;
 - b) para os casos acima, qual a tensão sobre uma carga de 50ohms.
- 20) Faça um estudo comparativo entre os sistemas AM-DSB, AM-DSBSCe SSB, quanto à: largura de banda, eficiência de transmissão e recepção, complexidade e custo (equipamentos e consumo).
- 21) Mostre que o diagrama em blocos abaixo pode ser empregado para gerar sinais SSB.

