

UTFPR – CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES - PROF. EMILIO WILLE

EXERCÍCIOS PROPOSTOS – LISTA 2

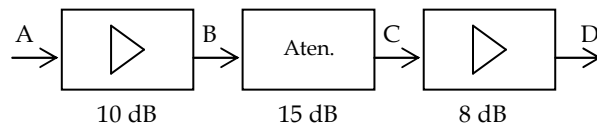
1) Resolva as seguintes questões envolvendo potência:

- a) Aumentando em 6 dB uma potência de 10 mW, quanto valerá a nova potência?
- b) Dada uma potência de 1 mW, calcule o valor da potência 9 dB abaixo.
- c) Dada uma potência de 7 uW, calcule o valor da potência 62 dB acima.
- d) Dada uma potência igual a 20 dBm, qual será o valor em dBm e mW do dobro desta potência?

2) Resolva as seguintes questões envolvendo potência:

- a) Qual é a atenuação (em dB) que sofre um sinal cossenoidal cuja amplitude passa de 10 V a 8 V?
- b) Qual é a atenuação (em dB) que sofre um sinal cuja potência passa de 200 mW a 120 mW?

3) Aplicando um sinal de potência de 500 mW no ponto A do sistema abaixo, qual será o nível deste sinal nos pontos B, C e D?



4) Uma portadora de 75 MHz com amplitude de 50 V é modulada (segundo a técnica AM-DSB) por um sinal modulante cossenoidal de 3 kHz e amplitude de 20V, considerando $k_a = 0,02 \text{ V}^{-1}$, apresente:

- a) A expressão do sinal modulado
- b) A expressão do espectro do sinal modulado.

5) Quantas estações de radio-difusão (usando modulação com dupla banda lateral), no máximo, podem ser acomodadas em um canal com largura de faixa de 100 kHz se a maior frequência de um sinal modulante é de 5 kHz?

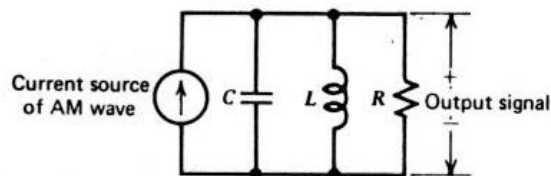
6) A potência contida na portadora em um sinal AM-DSB tonal é 5 kWatts. Determine a potência total do sinal modulado e a potência contida em cada uma das bandas laterais quando a portadora é modulada em 75%.

7) Determine o índice de modulação de um sinal AM-DSB tonal, cuja potência total é 2,5 kWatts e onde cada banda lateral apresenta 400 Watts cada uma.

- 8) A modulação percentual de um sinal AM-DSB tonal muda de 40% para 60%. Originalmente, a potência contida na portadora era 400 Watts. Determine a potência transmitida na frequência da portadora e em cada uma das bandas laterais quando a modulação percentual passou a 60%.
- 9) Um transmissor AM-DSB irradia 10 kWatts com portadora não modulada e 10,125 kWatts quando modulado por uma modulante cossenoidal.
- Determine o índice de modulação.
 - Se um segundo sinal modulado, cujo índice de modulação é 0,4, é adicionado ao primeiro (sendo os dois transmitidos simultaneamente) qual será a potência total irradiada?
- 10) Num modulator AM-DSB aplica-se um sinal modulante cossenoidal de 1 kHz e amplitude de 8,5V e uma portadora de 1 MHz com amplitude de 50 V, obtendo-se um sinal com 80% de modulação.
- Represente graficamente o sinal modulado, no domínio do tempo e no domínio da frequência, indicando os valores de tempo, frequência e tensão.
 - Determine a potência total irradiada.
 - Qual a amplitude máxima admissível para o sinal modulante para que não ocorra sobremodulação?
 - Represente graficamente, no domínio do tempo, o sinal modulado com 120% de modulação.
- 11) Considerando um detector de envoltória, onde se aplica um sinal AM-DSB com modulante cossenoidal de frequência f_m e índice de modulação μ , demonstre que, para que não haja distorção de corte diagonal, deve-se satisfazer a condição:

$$RC \leq \frac{\sqrt{1-\mu^2}}{2\pi f_m \mu}$$

- 12) Uma portadora de 1 MHz é modulada, com 50% de modulação, por um sinal modulante cossenoidal de 5 kHz. O sinal modulado AM-DSB resultante é aplicado ao circuito ressonante mostrado na figura, que é sintonizado na frequência de portadora e possui um fator de qualidade $Q = 175$. Determine:



- O sinal modulado na saída do circuito ressonante.
- A porcentagem de modulação do sinal obtido.

- 13) Suponha disponível um dispositivo não-linear com corrente de saída i_0 , e tensão de entrada v_i , relacionados por: $i_0 = a_1.v_i + a_3.(v_i)^3$, onde a_1 e a_3 são constantes. Explique como este dispositivo pode ser usado para fornecer:
- Um modulador tipo produto.
 - Um modulador em amplitude AM-DSB.
- 14) Considere-se um sinal modulante $m(t)$, limitado em W Hz, com $|m(t)| \leq 1/k_a$ de modo que $1 + k_a.m(t) \geq 0$ para todo t. O sinal modulado AM-DSB resultante, com frequência de portadora f_c , é aplicado a um retificador onda completa produzindo o sinal de saída $v(t)$. Determine o espectro de $v(t)$.
- 15) No detector de Lei Quadrática (considerando a modulação AM-DSB), qual deve ser o valor de k_a para que a *razão sinal-interferência* (SIR) corresponda a 23 dB. Sabe-se que a potência média da mensagem vale 2 Watts.
- 16) Considere-se um sinal banda-base $m(t)$ contendo frequências componentes em 100, 200 e 400 Hz. Este sinal é aplicado a um modulador SSB cuja portadora tem frequência de 100 kHz. O detector coerente, utilizado para recuperar $m(t)$, possui uma portadora local de 100,02 kHz. Determine as frequências componentes do sinal na saída do detector para um modulador tipo:
- U-SSB.
 - L-SSB.
- 17) Determine o desvio de frequência para um sinal FM com frequência da portadora de 105 MHz e cuja frequência instantânea máxima é 105,007 MHz. Determine a frequência instantânea mínima.
- 18) Na alocação de canais na radiodifusão FM, cada estação comercial recebe um canal de 150 kHz mais uma faixa de segurança de 25 kHz nas partes inferior e superior do canal. Além disso, são atribuídos apenas canais alternados dentro de uma determinada área geográfica. Considerando a faixa de 88 MHz a 108 MHz, quantas estações FM podem ser alocadas?
- 19) Uma portadora de 10 MHz com amplitude de 10 V é modulada FM por um sinal modulante cossenoidal de 10 kHz e amplitude de 20V, com índice de modulação $\beta = 2,0$ rad. Pede-se:
- Qual é o desvio de frequência do sinal modulado?
 - Quais são os valores máximo e mínimo da frequência instantânea do sinal FM?
 - Represente graficamente o espectro de amplitude do sinal FM, indicando valores.
 - Repita os itens anteriores considerando agora modulação em fase (PM).

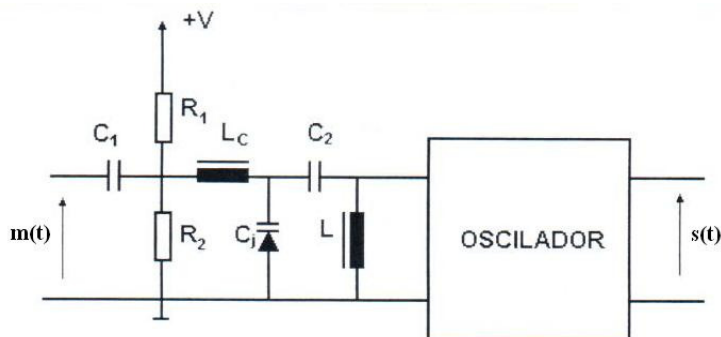
20) Dois sinais de áudio A e B devem ser transmitidos através de um único canal de comunicação de 130 kHz de faixa útil e frequência central 215 kHz. Estes sinais (de amplitude unitária) são limitados nas frequências de 10 kHz e 15 kHz, respectivamente. O sinal A deve ser transmitido usando modulação em amplitude, e o sinal B usando modulação em frequência banda larga. Determine as técnicas de modulação a usar bem como suas características (frequência de portadora, sensibilidade do modulador, etc) de modo a satisfazer as seguintes condições: (a) ocupar o máximo possível da faixa disponibilizada, (b) respeitar uma faixa de guarda de 5 kHz nos extremos do canal e de 10 kHz entre os espectros dos sinais modulados, e (c) utilizar o processo de demodulação mais simples. Faça uma figura mostrando a posição de cada sinal modulado no canal, bem como, as faixas de guarda (identificando valores de frequência).

21) Um modulador FM tem a característica de frequência instantânea versus tensão de entrada dada pela equação abaixo, com amplitude de portadora 5V.

$$f_i = v_i + 70, \quad (v_i \text{ em Volts, } f_i \text{ em MHz}).$$

- Qual é a sensibilidade em frequência do modulador?
- Considerando o sinal modulante $m(t) = \cos(2\pi 10^6 t)$, quais são os valores máximo e mínimo da frequência instantânea do sinal FM?
- Qual é o valor do índice de modulação?
- Qual é a expressão matemática que representa o sinal FM?
- Represente graficamente o espectro de amplitude do sinal FM, indicando valores.

22) O circuito abaixo representa um modulador em frequência pelo método direto, onde $V = 12$ Volts, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, $L = 1 \text{ }\mu\text{H}$. O sinal $m(t) = 0,05 \cdot \cos(2\pi 10^4 t)$ é aplicado à entrada do circuito. O varicap tem uma capacitância de junção, C_V (em pF), que varia com a tensão de polarização inversa, v_r (em Volts), de acordo com a expressão: $C_V = 100 / \sqrt{1 + 2 \cdot v_r}$. Obs.: C_1 , C_2 e L_C não alteram o sistema.



- Qual é a frequência de portadora?
- Qual é o desvio de frequência do sistema?
- Qual é o valor do índice de modulação?

- 23) Um sinal modulado FM tonal tem espectro de amplitude com raias de 3,4V nas frequências de 99 e 101 kHz, 4,9V nas frequências de 98 e 102 kHz, 3,1V nas frequências de 97 e 103 kHz, e 1,3V nas frequências de 96 e 104 kHz (aproximadamente), com amplitude de portadora 10V.
- Qual é a frequência de portadora?
 - Quais são as características do sinal modulante?
- 24) Uma portadora de 100 MHz com amplitude de 1 V é modulada em frequência por um sinal modulante cossenoidal de 100 kHz e amplitude de 20V. A sensibilidade em frequência do modulador é 25 kHz/V. Determine:
- A largura de espectro do sinal modulado (por Carson e Curva Universal).
 - Repita os cálculos considerando que a amplitude do sinal modulante é dobrada.
 - Repita os cálculos considerando que a frequência do sinal modulante é dobrada.
- 25) Considere-se a determinação da largura de espectro para o sinal modulado FM tonal. Admitindo n_0 componentes espectrais significativas ($\geq 1\%$ de potência) tem-se: $B_T/\Delta_f = 2 \cdot n_0/\beta$. Plote (em gráfico log×log) a razão B_T/Δ_f , com β entre 0,5 e 30, para:
- A aproximação de Carson, ou seja, $n_0 = \beta + 1$.
 - A abordagem onde $n_0 = \left\lceil n |J_0^2(\beta) + 2 \cdot \sum_{i=1}^n J_i^2(\beta)| \geq 0.99 \right\rceil$.
 - Determine o maior erro percentual, na faixa de variação de β , entre as abordagens.
- 26) Uma portadora é modulada em frequência por um sinal modulante cossenoidal de frequência f_m e amplitude A_m .
- Determine os valores do índice de modulação β para os quais a componente portadora do sinal FM é reduzida a zero.
 - Em certo experimento conduzido com $f_m = 1$ kHz e A_m crescente (partindo de zero), foi determinado que a componente portadora do sinal FM é reduzida a zero pela primeira vez quando $A_m = 2$ V. Qual a sensibilidade em frequência do modulador?