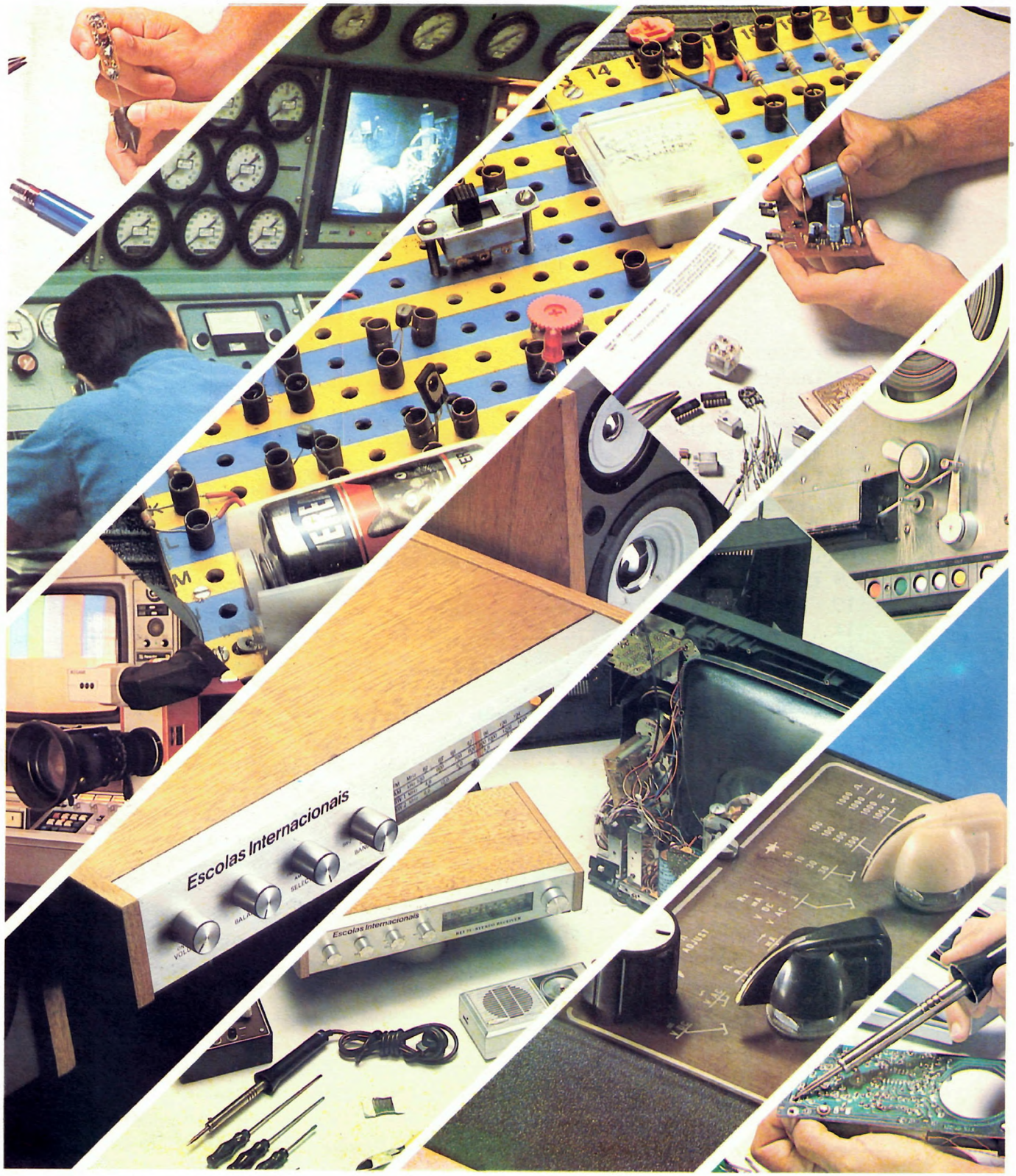
FILTROS
CURVAS DE RESPOSTA



Escolas Internacionais

Referência

021

Índice Geral

LIÇÃO Nº 10 – FILTROS – CURVAS DE RESPOSTA

Introdução 9
1. Decibel 9
2. Decibel para tensão e corrente 10
3. Tabela de decibéis 11
4. Casos particulares 14
5. Oitava 15
6. Década 16
7. Filtros 16
8. Construção dos filtros 17
9. Filtros passa-baixas 18
10. Filtro passa-baixas LR. 18
11. Filtro passa-baixas RC 21
12. Filtro passa-baixas LC 22
13. Filtros passa-altas 22
14. Filtro passa-altas RL 23
15. Filtro passa-altas RC 24
16. Filtro passa-altas LC 25
17. Combinações de filtros. 25
18. Filtro passa-faixa 26
19. Filtro rejeita-faixa 26
20. Perdas por inserção 27
21. Traçado de curva de resposta de um filtro 27
22. Levantamento de curva, com instrumento sem escala de dB 28
23. Instrumento calibrado em dB 31
Exame da Lição nº 10 33

Escolas

Conteúdo didático programado e elaborado pela equipe técnico-pedagógica das Escolas Internacionais.

Copyright - Internacional Textbook Company - ICS - International Correspondence Schools - Scranton, Pennsylvania - USA - Copyright - Direitos exclusivos no Brasil para ESCOLAS INTERNACIONAIS - São Paulo, SP - Brasil.

Reservados todos os direitos. Proibida a reprodução total ou parcial do texto e das ilustrações por qualquer forma ou meio, sem prévia autorização por escrito dos detentores do copyright. Edições ou reproduções não autorizadas estarão sujeitas às penalidades da Lei

Introdução

Nesta lição você irá aprender que os filtros eletrônicos são utilizados com a finalidade de separar determinadas freqüências.

Você conhecerá em detalhes as quatro classes em que são classificados os filtros: passa-baixas, passa-altas, passa-faixa e rejeita-faixa. Os elementos que entram na constituição dos diferentes tipos de filtros você já estudou em lições anteriores. São os resistores, indutores e capacitores.

Procure entender muito bem o efeito que cada um destes componentes exerce sobre as correntes contínua e alternada, pois dessa forma você estará habilitado para construir qualquer tipo de filtro.

Você também conhecerá o decibel, que é a unidade empregada para informar a característica de um filtro, e no final da lição é explicado como você deve proceder para construir o gráfico que mostra a influência do filtro sobre o circuito.

Filtros - curvas de resposta

1-Decibel

Para que você possa compreender o significado e o emprego do decibel, vamos considerar uma situação em que esteja ocorrendo uma ***transmissão de ondas entre duas antenas,*** separadas por uma distância considerável.

Se tivermos um transmissor e um receptor operando em uma mesma freqüência, as mensagens enviadas pelo transmissor podem ser recebidas pelo receptor.

Entretanto, os ***sinais captados*** pela antena receptora serão ***sempre mais fracos que os sinais emitidos*** pela antena transmissora. Quanto maior a distância que separa as duas antenas, maior a diferença de potência entre os sinais transmitidos e os sinais recebidos.

Desse modo, podemos dizer que em uma transmissão de ondas, sempre existe uma ***perda de potência.*** E quanto maior a distância entre as duas antenas, tanto maior será a perda de potência.

Então, surgiu a necessidade de se criar uma unidade que permitisse estabelecer de forma simplificada a relação entre os dois níveis de potência. No caso citado, de transmissão e recepção de um sinal, a relação entre a potência enviada e a potência recebida.

A unidade que permite estabelecer a relação entre duas potências é o ***decibel,*** cujo símbolo é ***dB.***

O decibel informa o quanto uma potência é maior ou menor que outra.

O decibel pode ser utilizado para comparar qualquer tipo de potência: potência elétrica, potência mecânica, potência acústica, etc.

A fórmula quer permite determinar o valor do decibel é a seguinte:

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \qquad (10.1)$$

dB = decibel.
log = logaritmo decimal.
P_1 e P_2 = potências.

Na fórmula 10.1 os valores de P_1 e P_2 se referem às potências que estão sendo comparadas. Por exemplo: a) no caso de um amplificador, P_1 pode corresponder à potência de entrada no amplificador, enquanto que P_2 pode corresponder à potência de saída do amplificador; b) no caso de uma antena, P_1 pode corresponder à potência entregue à antena, enquanto que P_2 pode se referir à potência irradiada pela antena.

Da mesma maneira que os logaritmos, ***o decibel é empregado para simplificar.*** Vamos retomar o exemplo da transmissão de ondas entre as duas antenas, para que você perceba esta simplificação.

Suponhamos que entre a antena do transmissor e a antena do receptor existe uma perda de potência, que corresponde a 149 dB. O que significa este valor em termos de potência perdida?

Recorrendo à fórmula 10.1, temos que:

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Substituindo o valor de dB na fórmula, vem:

$$149 = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow \frac{149}{10} = \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$\therefore \log \frac{P_1}{P_2} = 14{,}9$$

Se procurarmos numa "Tabela de Logaritmos" o número cujo logaritmo é 14,9, iremos encontrar: $7{,}94 \times 10^{14} = 794\,000\,000\,000\,000$.

Portanto, o sinal recebido na antena do receptor é ***794 trilhões de vezes mais fraco*** do que o sinal enviado pela antena do transmissor.

Como a relação $\frac{P_1}{P_2}$ é igual a $7{,}94 \times 10^{14}$, se considerarmos $P_1 = 1$, o valor de P_2 será:

$$P_2 = \frac{1}{7{,}94 \times 10^{14}} \Rightarrow P_2 = 1{,}26 \times 10^{-15}$$

Assim sendo, para este exemplo considerado, dizemos que o sinal recebido é ***$1{,}26 \times 10^{-15}$ vezes o sinal enviado,*** ou então, dizemos que o sinal recebido está ***149 dB abaixo do sinal enviado.***

Como você vê, ***o decibel simplifica a forma de se exprimir a relação entre o sinal recebido e o sinal enviado.***

2-Decibel para tensão e corrente

Você viu no capítulo anterior que o decibel foi definido para facilitar a comparação entre duas potências. Mas, ***o decibel também pode ser utilizado para a comparação entre tensões e correntes.***

Nas lições anteriores você aprendeu que a tensão e a corrente são grandezas que permitem determinar o valor da potência de um circuito elétrico. A determinação da potência através da voltagem ou da corrente é feita através das seguintes fórmulas:

$$P = R \times I^2 \quad \text{e} \quad P = \frac{E^2}{R}$$

Estas fórmulas mostram que a potência é diretamente proporcional ao quadrado da tensão ou ao quadrado da corrente.

Assim sendo, é possível ampliar a definição dada para o decibel através da fórmula 10.1, ou seja, fazer com que o decibel informe também a relação entre voltagens ou entre correntes. Vamos fazer a dedução da fórmula para o decibel informando a relação entre voltagens, a partir da fórmula 10.1.

$$dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Substituindo para cada valor da potência o respectivo valor em termos de voltagem, teremos:

$$dB = 10 \log \frac{\frac{E_1^2}{R}}{\frac{E_2^2}{R}} \Rightarrow dB = 10 \log \frac{E_1^2}{E_2^2}$$

$$dB = 10 \log \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^2$$

Conforme você já estudou no 8º pré-requisito de Matemática — Logaritmos, o logaritmo de um número elevado ao quadrado é igual ao dobro do logaritmo: $\log N^2 = 2 \log N$. Logo, a expressão para dB ficará:

$$dB = 2 \times 10 \log \frac{E_1}{E_2}$$

$$dB = 20 \log \frac{E_1}{E_2} \quad (10.2)$$

dB = decibel.
E_1 e E_2 = voltagem.
log = logaritmo decimal.

O decibel calculado através da fórmula 10.2 exprime a ***relação entre duas voltagens.***

Da mesma forma como foi feito a dedução para o decibel indicando a relação entre tensões, a partir da fórmula 10.1, pode-se deduzir uma fórmula que expresse a relação entre correntes.

O decibel indicando a ***relação entre correntes*** é determinado através da fórmula 10.3:

$$dB = 20 \log \frac{I_1}{I_2} \quad (10.3)$$

dB = decibel.
I_1 e I_2 = correntes.
log = logaritmo decimal.

Como você já deve ter concluído, na comparação entre potências, o decibel é igual a 10 vezes o logaritmo da razão entre as potências, enquanto que na comparação entre voltagens ou entre correntes, o decibel é igual a 20 vezes o logaritmo da respectiva razão.

Observe que as definições apresentadas através das fórmulas 10.1, 10.2 e 10.3, valem quando a comparação é feita ***entre duas grandezas de mesma natureza:*** potência com potência, tensão com tensão, corrente com corrente. Não tem significado misturar, por exemplo, potência com voltagem, ou potência com corrente.

3-Tabela de decibéis

Para sua comodidade, apresentamos neste capítulo uma "Tabela de Decibéis" que permite determinar as relações de potências ou as relações de tensões ou correntes, para qualquer valor de decibel (dB).

Observe na "Tabela de Decibéis", que dB apresenta valores negativos (—), zero e positivos (+). Essa variação nos valores de dB depende da relação entre as grandezas envolvidas.

Se considerarmos, por exemplo, um amplificador, o sinal de saída é maior que o sinal de entrada: a potência de entrada é menor que a potência de saída. Chamando a potência de entrada de P_1 e a potência de saída de P_2, o dB apresentará um sinal negativo (—dB). Então, diz-se que P_1 está tantos dB abaixo (—N dB) de P_2.

Por outro lado, se considerarmos P_1 a potência de saída e P_2 a potência de entrada, o dB apresentará um sinal positivo (+ dB). Então, diz-se que P_1 está tantos dB acima (+ N dB) de P_2.

Como você deve ter concluído, o sinal que o dB apresenta depende do que se considere como sendo P_1 e P_2 (entrada ou saída). Veja que, no caso do amplificador, é indiferente dizer que a entrada está tantos dB abaixo, ou dizer que a saída está tantos dB acima.

A figura 1 apresenta de maneira simbólica a variação de valores apresentados por dB, em termos de relação entre as potências. É importante ressaltar que estas mesmas variações de dB valem também para as tensões ou correntes. Neste esquema da figura 1, P_1 está sendo considerado a potência de entrada, enquanto que P_2 está sendo considerado a potência de saída.

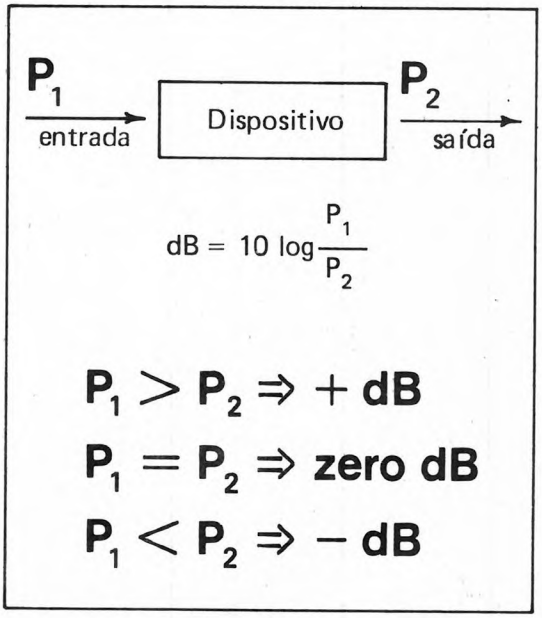


Fig. 1 — Esquema indicando as variações apresentadas em dB.

TABELA I

dB	Relação de tensão	Relação de potência
– 100	$1{,}00 \times 10^{-5}$	$1{,}00 \times 10^{-10}$
– 80	$1{,}00 \times 10^{-4}$	$1{,}00 \times 10^{-8}$
– 60	$1{,}00 \times 10^{-3}$	$1{,}00 \times 10^{-6}$
– 40	$1{,}00 \times 10^{-2}$	$1{,}00 \times 10^{-4}$
– 20	$1{,}00 \times 10^{-1}$	$1{,}00 \times 10^{-2}$
– 19	$1{,}12 \times 10^{-1}$	$1{,}26 \times 10^{-2}$
– 18	$1{,}26 \times 10^{-1}$	$1{,}58 \times 10^{-2}$
– 17	$1{,}41 \times 10^{-1}$	$2{,}00 \times 10^{-2}$
– 16	$1{,}58 \times 10^{-1}$	$2{,}51 \times 10^{-2}$
– 15	$1{,}78 \times 10^{-1}$	$3{,}16 \times 10^{-2}$
– 14	$2{,}00 \times 10^{-1}$	$3{,}98 \times 10^{-2}$
– 13	$2{,}24 \times 10^{-1}$	$5{,}01 \times 10^{-2}$
– 12	$2{,}51 \times 10^{-1}$	$6{,}31 \times 10^{-2}$
– 11	$2{,}82 \times 10^{-1}$	$7{,}94 \times 10^{-2}$
– 10	$3{,}16 \times 10^{-1}$	$1{,}00 \times 10^{-1}$
– 9	$3{,}55 \times 10^{-1}$	$1{,}26 \times 10^{-1}$
– 8	$3{,}98 \times 10^{-1}$	$1{,}58 \times 10^{-1}$
– 7	$4{,}47 \times 10^{-1}$	$2{,}00 \times 10^{-1}$
– 6	$5{,}01 \times 10^{-1}$	$2{,}51 \times 10^{-1}$
– 5	$5{,}62 \times 10^{-1}$	$3{,}16 \times 10^{-1}$
– 4	$6{,}31 \times 10^{-1}$	$3{,}98 \times 10^{-1}$
– 3	$7{,}08 \times 10^{-1}$	$5{,}01 \times 10^{-1}$
– 2	$7{,}94 \times 10^{-1}$	$6{,}31 \times 10^{-1}$
– 1	$8{,}91 \times 10^{-1}$	$7{,}94 \times 10^{-1}$
– 0,9	$9{,}02 \times 10^{-1}$	$8{,}13 \times 10^{-1}$
– 0,8	$9{,}12 \times 10^{-1}$	$8{,}32 \times 10^{-1}$
– 0,7	$9{,}23 \times 10^{-1}$	$8{,}51 \times 10^{-1}$
– 0,6	$9{,}33 \times 10^{-1}$	$8{,}71 \times 10^{-1}$
– 0,5	$9{,}44 \times 10^{-1}$	$8{,}91 \times 10^{-1}$
– 0,4	$9{,}55 \times 10^{-1}$	$9{,}12 \times 10^{-1}$
– 0,3	$9{,}66 \times 10^{-1}$	$9{,}33 \times 10^{-1}$
– 0,2	$9{,}77 \times 10^{-1}$	$9{,}55 \times 10^{-1}$
– 0,1	$9{,}89 \times 10^{-1}$	$9{,}77 \times 10^{-1}$
0	1,00	1,00
0,1	1,01	1,02
0,2	1,02	1,05
0,3	1,04	1,07
0,4	1,05	1,10
0,5	1,06	1,12
0,6	1,07	1,15
0,7	1,08	1,17
0,8	1,10	1,20
0,9	1,11	1,23
1	1,12	1,26
2	1,26	1,58
3	1,41	2,00
4	1,58	2,51
5	1,78	3,16
6	2,00	3,98
7	2,24	5,01
8	2,51	6,31
9	2,82	7,94
10	3,16	$1{,}00 \times 10$
11	3,55	$1{,}26 \times 10$
12	3,98	$1{,}58 \times 10$
13	4,47	$2{,}00 \times 10$
14	5,01	$2{,}51 \times 10$
15	5,62	$3{,}16 \times 10$
16	6,31	$3{,}98 \times 10$
17	7,08	$5{,}01 \times 10$
18	7,94	$6{,}31 \times 10$
19	8,91	$7{,}94 \times 10$
20	$1{,}00 \times 10$	$1{,}00 \times 10^{2}$
40	$1{,}00 \times 10^{2}$	$1{,}00 \times 10^{4}$
60	$1{,}00 \times 10^{3}$	$1{,}00 \times 10^{6}$
80	$1{,}00 \times 10^{4}$	$1{,}00 \times 10^{8}$
100	$1{,}00 \times 10^{5}$	$1{,}00 \times 10^{10}$

A "Tabela de Decibéis" não apresenta todos os possíveis valores de dB. Entretanto, esta tabela permite determinar as relações correspondentes a qualquer valor de dB. Para que você entenda como isso pode ser feito, vamos considerar os exemplos que se seguem.

Exemplo 1

Qual a ***relação de tensão*** que corresponde a –33,2 dB?

Solução

Como você pode verificar, a tabela não apresenta diretamente o valor de –33,2 dB. Entretanto, a relação de tensão que corresponde a esta valor de dB pode ser determinado da seguinte forma:

1°) decompõe-se o dB dado em parcelas que se encontram na tabela. Por exemplo:

$-33{,}2 = -20 - 13 - 0{,}2$

2°) em seguida consulta-se a tabela e determina-se as relações correspondentes a cada uma das parcelas:

$-20 \rightarrow 1{,}00 \times 10^{-1}$

$-13 \rightarrow 2{,}24 \times 10^{-1}$

$-0{,}2 \rightarrow 9{,}77 \times 10^{-1}$

3°) finalmente, multiplica-se as relações achadas, para determinar o valor da relação de tensão que corresponde a –33,2 dB;

$$\underbrace{1{,}00 \times 10^{-1}}_{-20} \times \underbrace{2{,}24 \times 10^{-1}}_{-13} \times \underbrace{9{,}77 \times 10^{-1}}_{-0{,}2} =$$

$$= \underbrace{2{,}19 \times 10^{-2}}_{-33{,}2}$$

Portanto, –33,2 dB corresponde a uma relação de tensão igual a $2{,}19 \times 10^{-2}$.

É importante ressaltar que quando se decompõe o valor de dB dado em parcelas, pode-se pegar quaisquer valores para as parcelas, desde que, obviamente, as parcelas se encontrem na Tabela e a soma delas seja igual ao valor do dB dado.

Para maior clareza, vamos resolver este mesmo exemplo, utilizando-se outras parcelas.

1°) decompõe-se o dB dado em parcelas que se encontram na tabela. Por exemplo:

$-33{,}2 = -17 - 16 - 0{,}2$

2°) em seguida, consulta-se a tabela e determina-se as relações correspondentes a cada uma das parcelas:

$$-17 \rightarrow 1{,}41 \times 10^{-1}$$
$$-16 \rightarrow 1{,}58 \times 10^{-1}$$
$$-0{,}2 \rightarrow 9{,}77 \times 10^{-1}$$

3°) finalmente, multiplica-se as relações achadas, para determinar o valor da relação da tensão que corresponde a −33,2 dB:

$$\underbrace{1{,}41 \times 10^{-1}} \times \underbrace{1{,}58 \times 10^{-1}} \times \underbrace{9{,}77 \times 10^{-1}} =$$

$$= 2{,}18 \times 10^{-2}$$

Portanto, −33,2 dB corresponde a uma relação de tensão igual a $2{,}18 \times 10^{-2}$.

Como você pode verificar, os dois caminhos conduziram a resultados praticamente iguais. A diferença entre as respostas corresponde a 0,5%, que é uma diferença irrelevante.

Exemplo 2

Determinar a ***relação de potência*** que corresponde a +45,8 dB.

Solução

Vamos também resolver este exemplo usando parcelas diferentes, e comparar as duas respostas que obtivermos.

1°) decompõe-se o dB dado em parcelas que se encontram na tabela:

$10 + 20 + 15 + 0{,}5 + 0{,}3 = 45{,}8$

2°) em seguida consulta-se a tabela e determina-se as relações correspondentes a cada uma das parcelas:

$$10 \rightarrow 1{,}00 \times 10$$
$$20 \rightarrow 1{,}00 \times 10^{2}$$
$$15 \rightarrow 3{,}16 \times 10$$
$$0{,}5 \rightarrow 1{,}12$$
$$0{,}3 \rightarrow 1{,}07$$

3°) finalmente, multiplica-se as relações achadas, para determinar o valor da relação das potências que corresponde a + 45,8 dB:

$$\underbrace{1{,}00 \times 10} \times \underbrace{1{,}00 \times 10^{2}} \times \underbrace{3{,}16 \times 10} \times \underbrace{1{,}12} \times \underbrace{1{,}07} =$$

$$= 3{,}79 \times 10^{4}$$

Portanto, + 45,8 dB corresponde a uma relação de potência igual a $3{,}79 \times 10^{4}$.

Este mesmo exemplo poderia ser resolvido com outras parcelas, como veremos a seguir:

1°) decompõe-se o dB em parcelas que se encontram na tabela:

$+45{,}8 = 40 + 5 + 0{,}8$

2°) em seguida, consulta-se a tabela e determina-se as relações correspondentes a cada uma das parcelas:

$$40 \rightarrow 1{,}00 \times 10^{4}$$
$$5 \rightarrow 3{,}16$$
$$0{,}8 \rightarrow 1{,}20$$

3°) finalmente, multiplica-se as relações achadas, para determinar o valor da relação das potências que corresponde a +45,8 dB:

$$\underbrace{1{,}00 \times 10^{4}} \times \underbrace{3{,}16} \times \underbrace{1{,}20} = 3{,}79 \times 10^{4}$$

Conforme você pode verificar, os resultados conseguidos através de parcelas diferentes, são exatamente iguais.

Exemplo 3

Qual a ***relação de tensão*** que corresponde a −25,6 dB?

Solução

1°) decompõe-se o dB em parcelas que se encontram na tabela:

$+20 - 40 - 15 + 10 - 0{,}6 = -25{,}6$

2°) consulta-se a tabela e determina-se as relações correspondentes a cada uma das parcelas:

$$+20 \rightarrow 1{,}00 \times 10$$
$$-40 \rightarrow 1{,}00 \times 10^{-2}$$
$$-15 \rightarrow 1{,}78 \times 10^{-1}$$
$$+10 \rightarrow 3{,}16$$
$$-0{,}6 \rightarrow 9{,}33 \times 10^{-1}$$

3°) multiplica-se as relações achadas na tabela:

$$\underbrace{1{,}00 \times 10} \times \underbrace{1{,}00 \times 10^{-2}} \times \underbrace{1{,}78 \times 10^{-1}} \times \underbrace{3{,}16} \times$$

$$\times \underbrace{9{,}33 \times 10^{-1}} = 5{,}25 \times 10^{-2}$$

Portanto, −25,6 dB corresponde a uma relação de tensão igual a $5{,}25 \times 10^{-2}$.

Exercício 1

Determinar as ***relações de tensão*** que correspondem a: +24,2 dB, −21,8 dB, −93,2 dB, −145,3 dB e + 38,7 dB.

Respostas

$$24{,}2\ \text{dB} \rightarrow 1{,}62 \times 10$$
$$-21{,}8\ \text{dB} \rightarrow 8{,}13 \times 10^{-2}$$
$$-93{,}2\ \text{dB} \rightarrow 2{,}19 \times 10^{-5}$$
$$-145{,}3\ \text{dB} \rightarrow 5{,}43 \times 10^{-8}$$
$$38{,}7\ \text{dB} \rightarrow 8{,}61 \times 10$$

Exercício 2

Determinar as ***relações de potências*** que correspondem a: + 24,2 dB, −21,8 dB, − 39,2 dB, +14,5 dB e + 37,8 dB.

Respostas

$$24{,}2\ \text{dB} \rightarrow 2{,}63 \times 10^{2}$$
$$-21{,}8\ \text{dB} \rightarrow 6{,}61 \times 10^{-3}$$
$$-39{,}2\ \text{dB} \rightarrow 1{,}20 \times 10^{-4}$$
$$14{,}5\ \text{dB} \rightarrow 2{,}82 \times 10$$
$$37{,}8\ \text{dB} \rightarrow 6{,}03 \times 10^{3}$$

4-Casos particulares

No capítulo 1 o decibel foi definido como sendo a relação entre duas potências quaisquer. No capítulo 2, a definição do decibel foi ampliada para tensão e corrente. Mas, em qualquer dos três casos, o decibel sempre se refere a uma relação entre ***valores quaisquer*** para uma mesma grandeza.

Em determinadas áreas de engenharia costuma-se particularizar estas definições, estabelecendo ***níveis padrões de referência.*** Assim, em vez de comparar, por exemplo, a potência de saída coma potência de entrada, ***compara-se cada uma delas com uma potência padrão.***

O ***dBm*** estabelece a relação entre uma potência qualquer e uma potência padrão, cujo valor é ***1 mW*** (miliwatt). Se a potência que está sendo comparada apresentar um ***valor superior a 1 mW,*** o ***dBm*** será ***positivo.*** Por outro lado, se a potência apresentar um ***valor inferior a 1 mW,*** o ***dBm*** será ***negativo.***

O mesmo também pode ser feito para as tensões. Estabelece-se um nível padrão de referência e faz-se a comparação.

O ***dBV*** estabelece a relação entre uma tensão qualquer e uma tensão padrão, cujo valor é ***1 volt.*** Se a tensão que está sendo comparada apresentar um ***valor superior a 1 volt,*** o ***dBV*** será ***positivo.*** Por outro lado, se a tensão apresentar um ***valor inferior a 1 volt,*** o ***dBV*** será ***negativo.***

Para que você possa compreender melhor, vamos considerar novamente o exemplo da transmissão de ondas entre duas antenas.

Vamos supor que a potência irradiada pela antena transmissora corresponda a +46 dBm, enquanto a potência captada pela antena receptora corresponda a −103 dBm.

Se efetuarmos a diferença entre estes valores dados em dBm, teremos o valor em dB.

(+46 dBm) − (−103 dBm) = +46 + 103 =
= 149 dB

Conhecendo-se o valor do decibel (dB), podemos determinar a relação entre a potência irradiada e a potência captada, através da "Tabela de Decibéis".

Entretanto, o dB apresenta simplesmente a relação entre as potências, ou seja, informa o quanto uma é maior ou menor que a outra. Nada diz quanto ao valor de cada uma das potências consideradas.

O dBm apresenta uma vantagem sobre o dB: permite determinar o valor, em watts, da potência que está sendo considerada. Mas repare que a diferença entre dois valores de dBm é dada em dB.

Desse modo, vamo determinar o valor da potência que está sendo irradiada pela antena transmissora, bem como o valor da potência captada pela antena receptora.

Para que isso possa ser feito, teríamos que realizar os cálculos através das operações logarítmicas, ou então, termos uma tabela que nos fornecesse a correspondência entre dBm e a relação de potência.

Mas, como a "Tabela de Decibéis" apresentada no capítulo 3 informa as relações de potências para determinados valores de dB, e considerando-se que os valores de dBm também correspondem a uma relação entre potências (um potência qualquer e uma potência padrão de 1 mW),a mesma "Tabela de Decibéis" pode também ser empregada para que se possa determinar a correspondência entre dBm e a respectiva relação de potência. Basta considerar a coluna que apresenta valores de dB como se fosse a coluna de dBm.

Direitos reservados

Assim sendo, vamos utilizar a "Tabela de Decibéis" para determinarmos os valores das potências irradiada e captada.

Potência irradiada

1°) decompõe-se o dBm dado em parcelas que se encontram na tabela:

$+46 = +40 + 6$

2°) consulta-se a tabela e determina-se as relações de potências correspondentes a cada uma das parcelas:

$+40 \rightarrow 1{,}00 \times 10^4$

$+6 \rightarrow 3{,}98$

3°) multiplica-se as relações achadas na tabela, para determinar a relação entre a potência irradiada e a potência padrão (1 mW):

$$\underbrace{1{,}00 \times 10^4} \times \underbrace{3{,}98} = 3{,}98 \times 10^4 = 39{,}8 \times 10^3$$

4°) conhecendo-se o valor da relação entre a potência irradiada e a potência padrão, e sabendo-se que a potência padrão vale 1 mW, determina-se o valor da potência irradiada.

$$\frac{P_{irradiada}}{P_{padrão}} = 39{,}8 \times 10^3 \Rightarrow \frac{P_{irradiada}}{1\ mW} = 39{,}8 \times 10^3$$

$$P_{irradiada} = 39{,}8 \times 10^3 \times 1\ mW$$

$$P_{irradiada} = 39{,}8 \times 10^3\ mW \text{ ou } 39{,}8\ watts$$

Potência captada

1°) decompõe-se o dBm dado em parcelas que se encontram na tabela:

$-103 = -100 - 3$

2°) consulta-se a tabela e determina-se as relações de potências correspondentes a cada uma das parcelas:

$-100 \rightarrow 1{,}00 \times 10^{-10}$

$-3 \rightarrow 5{,}01 \times 10^{-1}$

3°) multiplica-se as relações achadas na tabela, para determinar a relação entre a potência captada e a potência padrão (1 mW):

$$\underbrace{1{,}00 \times 10^{-10}} \times \underbrace{5{,}01 \times 10^{-1}} = 5{,}01 \times 10^{-11} = 50{,}1 \times 10^{-12}$$

4°) conhecendo-se o valor da relação entre a potência captada e a potência padrão, e sabendo-se que a potência padrão vale 1 mW, determina-se o valor da potência captada:

$$\frac{P_{captada}}{P_{padrão}} = 50{,}1 \times 10^{-12} \Rightarrow \frac{P_{captada}}{1\ mW} = 50{,}1 \times 10^{-12}$$

$$P_{captada} = 50{,}1 \times 10^{-12} \times 1\ mW$$

$$P_{captada} = 50{,}1 \times 10^{-12}\ mW \text{ ou } 50{,}1 \times 10^{-15}\ watts$$

Desse modo, a partir do dBm conseguimos determinar os valores da potência irradiada e da potência captada.

Se quisermos saber quantas vezes a potência irradiada é maior que a potência captada, basta dividirmos uma pela outra:

$$\frac{\text{potência irradiada}}{\text{potência captada}} = \frac{39{,}8\ watts}{50{,}1 \times 10^{-15}\ watts} =$$

$$= 7{,}94 \times 10^{14}\ (794\ \text{trilhões})$$

Isso significa que o sinal captado na antena receptora é 794 trilhões de vezes menor que o sinal irradiado pela antena transmissora. Compare este resultado com aquele obtido no capítulo 1: você verá que os dois são exatamente iguais.

Neste capítulo você viu o dBm sendo empregado para informar a potência irradiada e a potência captada numa transmissão de ondas entre antenas. Entretanto, ***o dBm pode ser aplicado para qualquer tipo de potência,*** da mesma forma que o dB.

5-Oitava

Todos os músicos sabem o significado de uma oitava, pois na música uma oitava corresponde a um intervalo entre duas notas musicais do mesmo nome.

Supondo que uma nota musical, de uma determinada oitava, tem a freqüência "f", a mesma nota da oitava seguinte tem a freqüência igual a "2f", ou seja, o dobro da freqüência. Por outro lado, a mesma nota da oitava anterior a aquela que tem a freqüência "f", tem uma freqüência igual a "$\frac{f}{2}$", ou seja, a metade da freqüência. Veja a representação na figura 2.

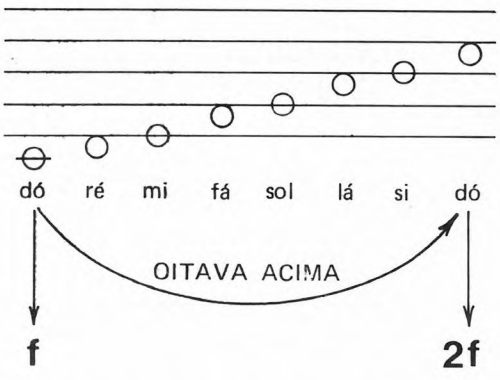


Fig. 2 – A nota dó uma oitava acima apresenta o dobro da freqüência.

Este mesmo conceito sobre as oitavas foi também adotado na eletrônica.

Na eletrônica, considerando-se uma freqüência "f" qualquer, uma oitava acima significa uma freqüência igual a "2f", enquanto que uma oitava abaixo significa uma freqüência igual a "$\frac{f}{2}$".

O conhecimento deste conceito é muito útil no traçado de curvas de respostas de filtros, como será visto adiante, ainda nesta lição.

6-Década

No nosso dia-a-dia, o termo década é normalmente empregado quando nos referimos a um período de 10 anos. Por exemplo: quando se fala na década de 80, entende-se o período que vai desde 1º de janeiro de 1 980 até 31 de dezembro de 1 989.

Na eletrônica, uma década corresponde a um intervalo de freqüências, onde uma é 10 vezes maior ou 10 vezes menor que a outra.

Desse modo, considerando-se duas freqüências "f_1" e "f_2", se "f_2" for igual a "$\frac{f_1}{10}$" tem-se uma ***década abaixo.*** Por outro lado, se "f_2" for igual a "10 f_1" tem-se uma ***década acima.***

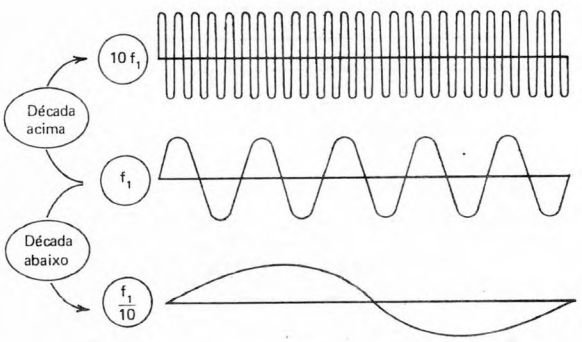


Fig. 3 – Representação simbólica de décadas.

Da mesma forma que a oitava, a década é um conceito utilizado no traçado das curvas de respostas de filtros, conforme você verá a seguir.

7-Filtros

Os filtros usados na eletrônica, assim como na vida prática, são todos dispositivos capazes de separar alguma coisa desejada de alguma coisa indesejada.

Em praticamente todas as casas existe um coador de café, que nada mais é do que um filtro: deixa passar o líquido (coisa desejada) e retém a borra (coisa indesejada). Outro exemplo é o filtro de ar existente em automóveis: retém a poeira (coisa indesejada) e deixa passar o ar limpo (coisa desejada). Da mesma forma, em um garimpo de ouro a bateia é utilizada como um filtro: as pepitas de ouro ficam retidas na bateia, enquanto que a terra vai embora juntamente com a água.

Os filtros eletrônicos são utilizados para separar determinadas freqüências. Algumas freqüências são desejadas, enquanto que as demais são indesejadas. Outras vezes, tem-se uma freqüência indesejada no meio de outras desejadas.

De acordo com as freqüências trabalhadas, os filtros podem ser de áudio, sub-sônico, ultra-sônico, rádio-freqüência, micro-ondas, etc.

Os filtros eletrônicos são classificados em 4 classes: filtros passa-baixas, filtros passa-altas, filtros passa-faixas e filtros rejeita-faixas. Esta classificação depende de como é feita a separação das freqüências.

Os nomes que os filtros recebem são bastante sugestivos, pois o próprio nome já indica a finalidade de cada tipo. Assim, os ***filtros passa-baixas*** permitem a passagem de freqüências baixas (as desejadas) e impedem a passagem das freqüências altas (as indesejadas).

O ***filtro passa-altas*** tem o efeito inverso do filtro passa-baixas: deixa passar as freqüências altas (as desejadas) e não deixa passar as freqüências baixas (as indesejadas).

Outras vezes as freqüências desejadas ocupam apenas uma faixa, e tudo o mais, acima ou abaixo, é indesejado. Então, usa-se o ***filtro passa-faixas.***

Finalmente, o ***filtro rejeita-faixas*** tem o efeito oposto ao filtro passa-faixas: as freqüências indesejadas ocupam uma pequena faixa da freqüência e são rejeitadas pelo filtro, enquanto que as demais, acima ou abaixo dessa faixa, passam pelo filtro sem problema.

8-Construção dos filtros

Como será que funcionam os filtros? Como é que os filtros são construídos?

Este capítulo irá responder a estas perguntas. Mas antes vamos fazer uma revisão sobre as características de 3 elementos que podem entrar na constituição de um circuito: resistores, indutores e capacitores.

O ***resistor,*** cuja característica principal é a resistência, opõe-se à passagem da corrente elétrica, qualquer que seja ela. Isto é, tanto faz corrente contínua como corrente alternada, o efeito é o mesmo: o resistor exerce uma oposição à passagem da corrente. E quando por ela é percorrido, aparece uma tensão em seus terminais. Devido à existência da tensão e da corrente ao mesmo tempo, aparece a potência que é dissipada no resistor sob a forma de calor.

O ***indutor*** também exerce uma oposição. Só que não é uma oposição à corrente, mas sim à variação da corrente. Isto é, se não houver variação na intensidade da corrente, não haverá a reação (reatância indutiva). Como a corrente contínua não apresenta variação, o indutor não tem efeito sobre a corrente contínua. Entretanto, quanto mais rápida ou repentina for a variação da corrente, maior será a reação exercida pelo indutor. É por isso que a oposição à passagem da corrente alternada é cada vez maior, à medida que a freqüência for subindo. Em outras palavras, a tensão nos terminais do indutor é proporcional à freqüência da corrente alternada.

Finalmente, o ***capacitor*** é aquele elemento que não permite a passagem da corrente contínua, mas permite a passagem da corrente alternada. Sua reação (reatância capacitiva) diminui à medida que a freqüência da corrente alternada cresce. Isto é, a tensão nos terminais do capacitor é inversamente proporcional à freqüência da corrente alternada.

A combinação conveniente dos resistores, indutores e capacitores, forma os ***filtros.*** A ação do filtro se manifesta de duas maneiras: facilitando ou dificultando a passagem da corrente, ou desviando-a do circuito.



R L C

Fig. 4 — Os filtros são formados pela adequada combinação de resistores, indutores e capacitores.

Os circuitos que apresentam resistores, indutores e capacitores combinados, são chamados de circuitos ***RLC.***

Mas como estes elementos podem ser ligados em um circuito, para formarem os diversos tipos de filtros?

Como você já sabe, os resistores, indutores e capacitores podem ser ligados em um circuito de duas formas: ***série e paralelo.***

O que acontece se um indutor ou um capacitor for ligado em série?

Bem, você já sabe que o indutor permite a passagem da corrente contínua, mas dificulta a passagem da corrente alternada. Por outro lado, o capacitor impede a passagem da corrente contínua e permite a passagem da corrente alternada.

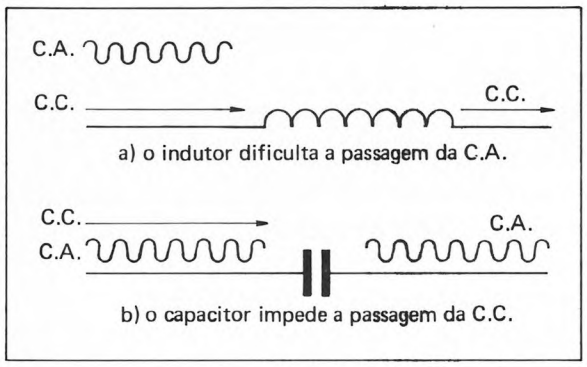


Fig. 5 — Representação simbólica dos efeitos do indutor e capacitor sobre os dois tipos de corrente.

Então, já se pode vislumbrar um circuito que funcione como filtro: se quiser que passe a corrente contínua mas não a alternada, é só colocar no caminho da corrente um indutor de modo que a corrente tenha que atravessá-lo, isto é, o indutor deve ser colocado em série. Por outro lado, se for necessário o efeito oposto, ou seja, passagem da corrente alternada e bloqueio (oposição total) da corrente contínua, basta colocar um capacitor em série.

O que acontece se um indutor ou um capacitor for ligado em paralelo?

O resultado é o oposto ao conseguido com a ligação em série.

O indutor, estando em paralelo, desvia toda a corrente contínua, mas não afeta a corrente alternada. Enquanto que o capacitor em paralelo desvia toda a corrente alternada e não afeta a corrente contínua.

É óbvio que a corrente desviada não produz efeitos num circuito, pois para produzir efeitos a corrente deve atravessar o circuito. Isto é semelhante ao que acontece em uma represa que alimenta uma usina hidrelétrica: se a água que vai para a turbina for desviada, o gerador perderá parte da força, pois a água desviada não servirá para produzir a energia elétrica.

9-Filtros passa-baixas

Como o próprio nome indica, ***filtro passa-baixas*** é aquele que permite a passagem de freqüências baixas e impede a passagem da corrente de freqüências altas.

Um exemplo de filtro passa-baixas é o que permite a passagem de correntes contínuas e não das alternadas, pois a ***corrente contínua*** pode ser considerada como uma corrente de ***freqüência igual a zero.***

Basicamente, existem duas maneiras de se obter um filtro passa-baixas: colocando-se um ***indutor em série*** ou um ***capacitor em paralelo.***

Conforme já foi visto, o indutor em série age de modo a dificultar a passagem de altas freqüências, enquanto que o capacitor em paralelo age de modo a desviar a corrente de alta freqüência do circuito.

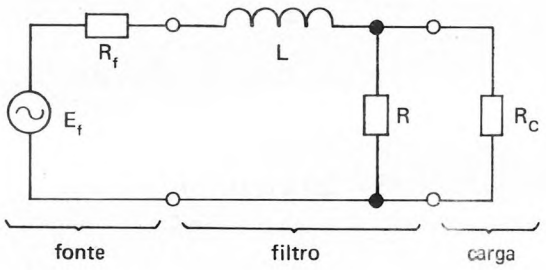
Um outro modo de se obter um filtro passa-baixas é colocar, ao mesmo tempo, um indutor em série e um capacitor em paralelo.

Desse modo, existem 3 tipos de combinações que funcionam como filtros passa-baixas: ***LR*** (indutor + resistor), ***RC*** (resistor + capacitor) e ***LC*** (indutor + capacitor).

10-Filtro passa-baixas LR

O filtro passa-baixas LR é constituído por um indutor combinado com um resistor, sendo que o indutor deve ser ligado em série com o circuito.

As figuras 6 e 7 apresentam o desenho esquemático de dois circuitos contendo o filtro passa-baixas LR. No circuito da figura 6 o resistor R encontra-se ligado em paralelo com a carga R_c, enquanto que na figura 7, R faz parte da carga e, por isso, não aparece no esquema.



E_f = fonte de tensão alternada
R_f = resistência da fonte
L = indutor
R = resistor
R_c = resistência da carga

Fig. 6 — Filtro passa-baixas constituído por uma célula LR. Muitas vezes R está incluído no circuito da carga.

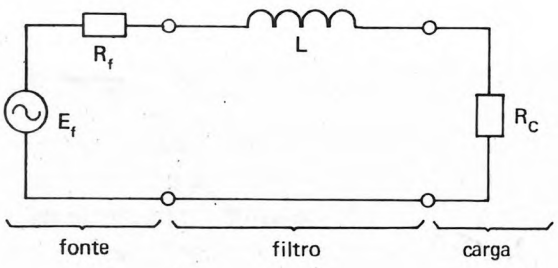


Fig. 7 — Filtro passa-baixas LR, onde R faz parte da carga e por isso não aparece no esquema do circuito.

A bobina L que se encontra ligada em série com o circuito da carga, apresenta uma oposição proporcional à freqüência da corrente alternada. Isto é, ela começa nula com a corrente contínua e vai crescendo, crescendo, à medida que a freqüência vai subindo.

Como conseqüência disso, não existe um limite definido de modo que se possa dizer: até esta freqüência passa e daí para a frente não.

Enquanto a freqüência for baixa, não se pode constatar a influência do indutor L. Então, nas baixas freqüências, considera-se que o indutor não exerça influência sobre a corrente.

Quando a freqüência aumentar bastante, começa-se a notar uma diminuição da tensão que aparece sobre a carga. Isto é sinal de que a bobina L já está mostrando os efeitos da sua presença. Se aumentar ainda mais a freqüência, vai-se notar que a tensão de saída é cada vez menor: se a freqüência do sinal (corrente alternada) for dobrada, a tensão que aparece sobre a carga cai para a metade.

Dobrar a freqüência significa avançar uma oitava. E toda vez que se avança uma oitava, a tensão na carga cai para a metade.

O fato da tensão sobre a carga cair para a metade é uma ***característica do filtro passa-baixas LR.*** E esta relação entre a freqüência numa oitava e a freqüência na oitava acima, pode ser expressa através do decibel. Com auxílio da fórmula 10.2, vamos determinar o valor do dB para o filtro passa-baixas LR.

$$dB = 20 \log \frac{E_2}{E_1}$$

Como a tensão uma oitava acima (E_2) é metade da tensão para a freqüência na oitava imediatamente anterior (E_1), a relação $\frac{E_2}{E_1}$ é igual a $\frac{1}{2}$. Substituindo este valor na fórmula 10.2, vem:

$$dB = 20 \log \frac{1}{2}$$

Consultando uma tabela de logaritmos, iremos verificar que o $\log \frac{1}{2}$ é igual a $-0,3$. Logo, teremos:

$$dB = 20 \times (-0,3)$$
$$dB = -6$$

O filtro passa-baixas LR apresenta como característica uma relação de tensão igual a –6 dB para cada oitava. Isto é, a tensão cai para a metade toda vez que a freqüência aumenta de uma oitava.

Então, como a tensão vai diminuindo à medida que a freqüência da corrente aumenta, ***qual será o valor da freqüência limite?***

Na realidade, não existe uma freqüência definida que demarque o estado "passa" para o estado "não passa". Assim sendo, resolveu-se estabelecer a seguinte convenção:

Freqüência limite de um filtro PB (passa-baixas) é aquela freqüência em que a tensão sobre a carga cai para 70% do valor da tensão quando a freqüência era baixa. Esta freqüência é chamada de ***freqüência de corte*** (f_c).

Com a queda de tensão, o que acontece com a potência?

Bem, você já sabe que a potência é proporcional ao quadrado da tensão. Então, considerando que para a freqüência de corte a tensão cai para 70% do valor inicial, ou seja, $\frac{70}{100} = 0,7$, a potência será o quadrado deste valor: $(0,7)^2 = 0,49$

Este valor 0,49 pode ser aproximado para 0,5. Este valor significa que a potência na freqüência de corte de um filtro PB é metade ($\frac{1}{2} = 0,5$) da potência quando a freqüência for baixa.

Como a potência na freqüência de corte cai para a metade, a freqüência de corte é também chamada de ***freqüência de meia potência.***

Você acabou de ver que na freqüência de corte a tensão cai para 70%, enquanto que a potência cai para a metade. Em vista disso, ***quais serão os valores da tensão e da potência na freqüência de corte, expressos em termos de dB?***

Para a tensão na freqüência de corte, temos:

$$70\% = \frac{70}{100} = 0,7$$

Aplicando-se a fórmula 10.2, vem:

$$dB = 20 \log 0,7$$
$$dB = 20 \times (-0,15)$$
$$dB = -3$$

Para a potência na freqüência de corte, aplicamos a fórmula 10.1, lembrando que a relação entre as potências vale 0,5.

$$dB = 10 \log 0,5$$
$$dB = 10 \times (-0,30)$$
$$dB = -3$$

Como você já deve ter observado, os valores da tensão e da potência na freqüência de corte, expressos em termos de decibel (dB), são iguais. Esta igualdade permite estabelecer uma nova definição para a freqüência de corte.

Freqüência de corte ou freqüência de meia potência, é a freqüência em que a tensão de saída ou potência de saída cai de 3 dB em relação ao valor inicial (quando a freqüência era baixa).

Existe uma fórmula que permite determinar o valor da freqüência de corte, desde que se conheça o valor da resistência da carga e da indutância da bobina. É a fórmula 10.4:

$$f_c = \frac{R}{2 \pi L} \qquad (10.4)$$

f_c = freqüência de corte, em hertz.
R = resistência da carga, em ohms.
L = indutância da bobina, em henrys.
π = (lê-se "pi") – constante = 3,14

11-Filtro passa-baixas RC

O filtro passa-baixas RC é constituído por um capacitor combinado com um resistor, sendo que o capacitor deve ser ligado em paralelo com a carga.

As figuras 8 e 9 apresentam o desenho esquemático de dois circuitos contendo o filtro passa-baixas RC. No circuito da figura 8 temos o resistor (R) em série com a resistência da fonte (R_f). A soma ($R + R_f$) deve ser bem menor que a resistência da carga (R_c). Na figura 9 não aparece a resistência R, pois ela já está incluída na resistência da fonte (R_f). Logicamente, R_f da figura 9 deve ser bem menor que R_c. Senão, parte considerável da tensão da fonte ficaria sobre $R + R_f$ ou R_f e não chegaria à carga, mesmo nas freqüências baixas.

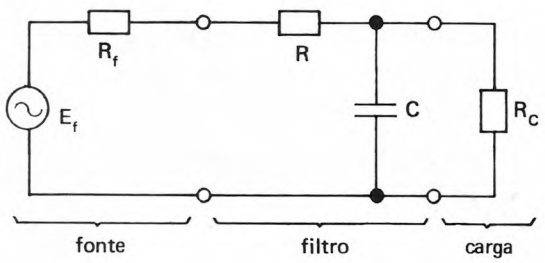


Fig. 8 — Filtro passa-baixas constituído por uma combinação RC. $R + R_f$ deve ser bem menor que R_c.

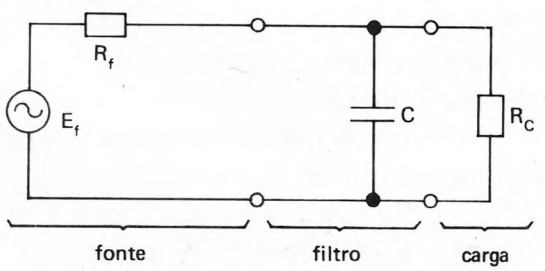


Fig. 9 — Filtro passa-baixas, tipo RC, onde R está incluído na resistência da fonte (R_f).

O ***capacitor*** colocado em paralelo com a carga ***desvia parte da corrente.*** Este desvio é tanto maior, quanto maior for a freqüência da corrente alternada.

Desse modo, a ***corrente que passa pela carga é inversamente proporcional à freqüência,*** isto é, quanto maior a freqüência, menor a corrente que passa pela carga.

Logicamente, se ***dobrar a freqüência*** (freqüência uma oitava acima), a ***corrente cai para a metade.*** A corrente caindo para a metade, também a ***tensão cai para a metade.***

Você já viu no capítulo anterior que o filtro passa-baixas LR apresenta como característica uma relação de tensão igual a —6 dB, pois a tensão cai para a metade toda vez que a freqüência passa para uma oitava acima. Desse modo, o filtro passa-baixas RC apresenta a mesma característica do filtro passa-baixas LR. (Verifique na Tabela I que —6 dB corresponde a uma relação de tensão igual a $5{,}01 \times 10^{-1} = 0{,}501 \cong 1/2$).

O filtro passa-baixas RC apresenta como característica uma relação de tensão igual a —6 dB para cada oitava, isto é, a tensão cai para a metade toda vez que a freqüência aumenta de uma oitava.

A freqüência em que a tensão de saída ou potência de saída cai de 3 dB em relação ao valor inicial — freqüência de corte, é calculada para os filtros passa-baixas RC através da fórmula 10.5.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \qquad (10.5)$$

f_c = freqüência de corte, em hertz.
R = resistência da carga, em ohm.
C = capacitância do filtro, em farad.

12-Filtro passa-baixas LC

O filtro passa-baixas LC é constituído de um indutor combinado com um capacitor. O capacitor deve ser ligado em paralelo com a carga, enquanto que o indutor deve ser ligado em série com a carga.

A figura 10 apresenta o esquema de um filtro passa-baixas LC.

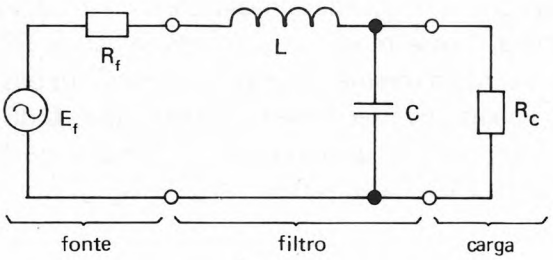


Fig. 10 — Circuito com filtro passa-baixas LC.

Observe que o ***filtro passa-baixas LC é uma combinação dos filtros passa-baixas RC e LR,*** pois tem uma bobina, em série, bloqueando a passagem da corrente alternada, e um capacitor, em paralelo, desviando a corrente alternada que poderia passar pela carga (R_c).

Você viu nos capítulos anteriores que os filtros passa-baixas RC e LR apresentam a característica de —6 dB/oitava. Como, neste caso, eles estão combinados, ***seus efeitos se somam.*** Então, o filtro passa-baixas LC apresenta uma característica de —12 dB/oitava.

O filtro passa-baixas LC apresenta como característica uma relação de tensão igual a —12 dB para cada oitava, isto é, a tensão fica, praticamente, 4 vezes menor, quando a freqüência aumenta de uma oitava.

A ***freqüência de corte*** continua sendo a freqüência em que a saída diminui de 3 dB, isto é, a freqüência em que se tem a tensão de saída com 70% do valor inicial, ou a metade da potência inicial.

A fórmula que permite determinar a freqüência de corte quando se tem um filtro LC é a seguinte:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (10.6)$$

f_c = freqüência de corte, em hertz.
L = indutância do filtro, em henry.
C = capacitância do filtro, em farad.

O circuito da figura 10 apresenta ***melhor desempenho,*** quando os valores da indutância e da capacitância forem iguais aos valores indicados através das fórmulas 10.7 e 10.8.

$$L = \frac{R_c}{2\pi f_c} \qquad (10.7)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f_c R_c} \qquad (10.8)$$

L = indutância do filtro, em henry.
C = capacitância do filtro, em farad.
f_c = freqüência de corte, em hertz.
R_c = resistência da carga, em ohms.

13-Filtros passa-altas

Nos últimos capítulos você viu que colocando-se uma bobina em série e/ou um capacitor em paralelo com a carga, obtém-se o filtro passa-baixas.

O que será que acontece se a posição desses elementos for invertida?

Para respondermos a esta questão, vamos antes relembrar as propriedades destes dois elementos: "a bobina permite a passagem da corrente contínua e dificulta a passagem da corrente alternada", enquanto

que "o capacitor bloqueia a passagem da corrente contínua e permite a passagem da corrente alternada".

Logo, se tivermos um circuito com uma ***bobina em paralelo*** com a carga e/ou um ***capacitor em série*** com a carga, será ***facilitada a passagem de correntes de altas freqüências através da carga,*** ao mesmo tempo em que será dificultada a passagem de freqüências baixas.

Como o próprio nome indica, o filtro passa-altas é aquele que permite a passagem de freqüências altas e dificulta a passagem de correntes de baixa freqüência, através da conveniente ligação de indutores e/ou capacitores.

14-Filtro passa-altas RL

O filtro passa-altas RL é constituído de um indutor combinado com um resistor, sendo que o indutor deve ser ligado em paralelo com a carga.

As figuras 11 e 12 apresentam o esquema de dois circuitos contendo o filtro passa-altas RL. No circuito da figura 11 temos o resistor (R) em série com a resistência da fonte (R_f). A soma (R_f + R) deve ser bem menor que a resistência da carga (R_c). Na figura 12 não aparece a resistência R, pois ela já está incluída na resistência da fonte (R_f). Logicamente, R_f da figura 12 deve ser bem menor que R_c.

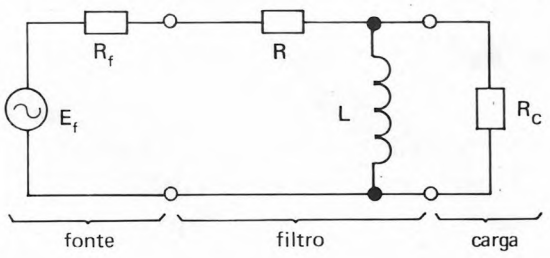


Fig. 11 — Filtro passa-altas RL. A soma ($R + R_f$) deve ser muito menor que R_c.

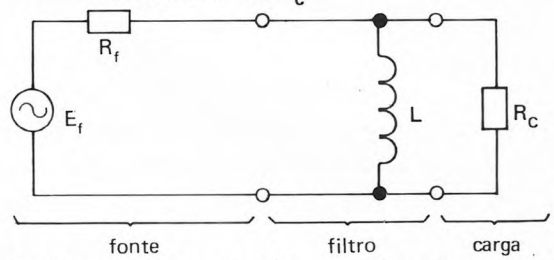


Fig. 12 — Filtro passa-altas RL, com R fazendo parte de R_f. A resistência da fonte deve ser muito menor que R_c.

Os esquemas dos filtros passa-altas das figuras 11 e 12 mostram que a bobina (L) deve ser colocada em paralelo com a carga (R_c).

Como o indutor conduz as correntes alternadas de baixas freqüências, ele as desvia, não permitindo que as correntes de freqüências baixas passem pela carga R_c. Por outro lado, a bobina impede a passagem de correntes de alta freqüência. Desse modo, o caminho que as correntes de freqüências altas encontram para circular é através da carga R_c.

Assim sendo, ***o funcionamento do filtro passa-altas RL está baseado no fato de que a bobina desvia as correntes de baixas freqüências, ao mesmo tempo em que impede a passagem de correntes de freqüências altas.***

Conforme você viu no capítulo 10, o filtro passa-baixas LR apresenta uma relação de tensão igual a —6 dB para cada oitava, pois a tensão sobre a carga cai para a metade à medida que se dobra a freqüência.

Com o filtro passa-altas RL, a característica é exatamente o contrário, pois ***a tensão sobre a carga é diretamente proporcional à freqüência:*** se a freqüência dobrar, a tensão sobre a carga também dobra. Então, enquanto o filtro passa-baixas LR apresenta uma relação de tensão igual a —6 dB/oitava, o filtro passa-altas RL apresenta uma relação de tensão igual a +6 dB/oitava.

Direitos reservados

O filtro passa-altas RL apresenta como característica uma relação de tensão igual a +6dB para cada oitava, isto é, a tensão sobre a carga dobra toda vez que a freqüência aumenta de uma oitava.

A ***freqüência de corte*** corresponde à freqüência em que a ***tensão sobre a carga*** (tensão de saída) ***atinge 70% do valor final.*** Como você pode observar, a única alteração está na referência. No filtro passa-baixas a referência é o valor inicial, enquanto que no filtro passa-altas, a referência é o valor final.

A fórmula 10.9 permite determinar o valor da freqüência de corte para um filtro passa-altas RL.

$$f_c = \frac{R_c}{2 \pi L} \qquad (10.9)$$

f_c = freqüência de corte, em hertz.

R_c = resistência da carga, em ohm.

L = indutância do filtro, em henry.

Observe que a fórmula 10.9 é igual a fórmula 10.4, de modo que só pela fórmula não se pode dizer se o filtro é passa-altas ou passa-baixas. Só mesmo vendo como está ligada a bobina: se em série, é passa-baixas; se em paralelo, é passa-altas.

15-Filtro passa-altas RC

O filtro passa-altas RC é constituído de um capacitor combinado com um resistor, sendo que o capacitor deve ser colocado em série com a carga, enquanto que o resistor deve ser colocado em paralelo com a carga.

As figuras 13 e 14 apresentam os esquemas de dois circuitos contendo o filtro passa-altas RC. No circuito da figura 13, a resistência da fonte (R_f) deve ser muito menor que a resistência da carga (R_c), porém, o resistor colocado em paralelo com a carga deve apresentar uma resistência (R) muito maior que R_c. Com relação à figura 14, o resistor (R) faz parte de R_c. Obviamente, R_f deve continuar sendo muito menor que R_c.

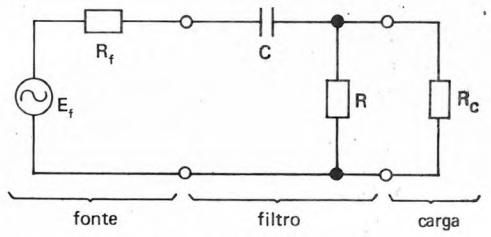


Fig. 13 – Filtro passa-altas RC. Deve-se ter R_f muito menor que R_c, mas R muito maior que R_c.

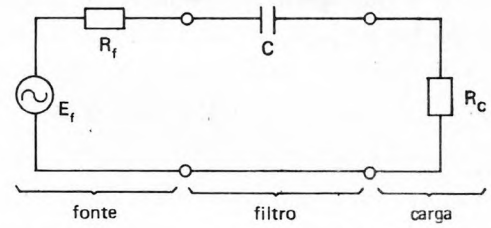


Fig. 14 – Filtro passa-altas RC, onde R faz parte de R_c.

O funcionamento do filtro passa-altas RC está baseado no fato de que o ***capacitor dificulta a passagem de corrente alternada (sinais) de baixas freqüências,*** ao mesmo tempo em que permite a passagem de correntes (sinais) de alta freqüência.

E como o capacitor encontra-se ligado em série, as correntes de alta freqüência passarão pela carga, enquanto que a passagem das correntes de baixa freqüência será dificultada, por causa da presença do capacitor.

Desse modo, a passagem do sinal (corrente alternada) é ***diretamente proporcional à freqüência:*** a corrente que passa pela carga aumenta à medida que sobe a freqüência.

Logo, o filtro passa-altas RC apresenta uma característica igual ao filtro passa-altas RL.

O filtro passa-altas RC apresenta como característica uma relação de tensão igual a + 6 dB para cada oitava, isto é, a tensão sobre a carga dobra toda vez que a freqüência aumenta de uma oitava.

A ***freqüência de corte*** para os filtros passa-altas RC é calculada através da fórmula 10.10.

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_c C} \qquad (10.10)$$

f_c = freqüência de corte, em hertz.
R_c = resistência da carga, em ohm.
C = capacitância do filtro, em farad.

Observe que a fórmula 10.10 é igual à fórmula 10.5. Isso significa que simplesmente a fórmula não permite identificar se o filtro é passa-baixas RC ou passa-altas RC. É necessário ver a posição relativa do capacitor: se estiver em série com a carga, é um filtros passa-altas; se estiver em paralelo com a carga, é um filtro passa-baixas.

16-Filtro passa-altas LC

O filtro passa-altas LC é constituído de um indutor combinado com um capacitor. O indutor encontra-se em paralelo com a carga, enquanto que o capacitor encontra-se em série com a carga.

A figura 15 apresenta o esquema de um filtro passa-altas LC. Compare a figura 15 com a figura 10, e observe a troca de posições entre o capacitor e o indutor nas duas figuras.

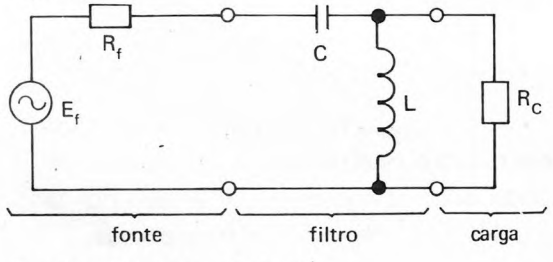


Fig. 15 – Filtro passa-altas LC.

Observe que o ***filtro passa-altas LC é uma combinação dos filtros passa-altas RL e RC,*** pois tem uma bobina em paralelo e um capacitor em série com a carga, agindo ao mesmo tempo.

Você viu nos capítulos anteriores que os filtros passa-altas RC e RL apresentam a característica de +6 dB/oitava. Como, neste caso, eles estão combinados, ***seus efeitos se somam.*** Então, o filtro passa-altas LC apresenta uma característica igual a +12 dB/oitava.

O filtro passa-altas LC apresenta como característica uma relação de tensão igual a +12 dB/oitava, isto é, a tensão sobre a carga praticamente quadruplica (4 vezes maior), quando a freqüência aumenta de uma oitava.

A fórmula que permite determinar o valor da ***freqüência de corte*** para o filtro passa-altas LC é a fórmula 10.6.

O circuito da figura 15 apresenta ***melhor desempenho,*** quando os valores da indutância e da capacitância forem iguais aos valores indicados através das fórmulas 10.7 e 10.8.

17-Combinações de filtros

Se nós imaginarmos os filtros vistos nos capítulos anteriores como blocos, é possível combiná-los de diferentes formas, produzindo outros tipos de filtros.

Os filtros passa-altas e passa-baixas podem ser combinados em ***cascata*** (um em seguida ao outro), em ***paralelo,*** ou ainda em ***combinações especiais.***

A figura 16 apresenta o esquema da combinação de filtros passa-altas e passa-baixas em cascata.

Direitos reservados

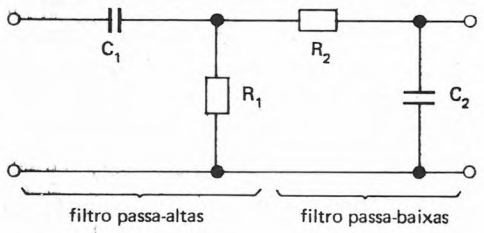


Fig. 16 — Filtro passa-altas e passa-baixas combinados em cascata.

Essas combinações de filtros são utilizadas quando se pretende permitir a passagem de determinadas faixas de freqüências.

Como a combinação de filtros age de modo a permitir a passagem de freqüências que ocupam uma determinada faixa, e tudo o mais, acima ou abaixo, é rejeitado, tem-se um tipo de filtro chamado ***filtro passa-faixas.*** A figura 16 apresenta um filtro passa-faixas.

Por outro lado, quando a combinação de filtros age de modo a rejeitar freqüências numa determinada faixa, tem-se o chamado ***filtro rejeita-faixas.***

18-Filtro passa-faixa

Um filtro passa-faixa pode ser constituído por uma combinação entre um filtro passa-altas com um filtro passa-baixas. Esta combinação faz com que a carga seja atravessada por apenas uma determinada faixa de freqüências.

A figura 17 apresenta o esquema de um circuito contendo um filtro passa-faixa.

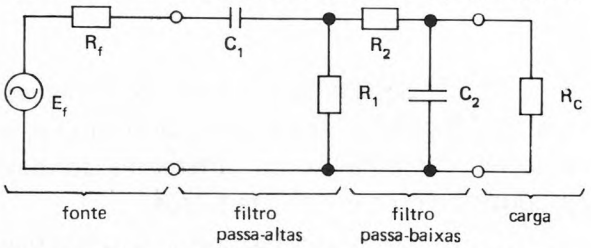


Fig. 17 — Filtro passa-altas combinado em cascata com um filtro passa-baixas, formando um filtro passa-faixas.

A combinação do filtro RC passa-altas com o filtro RC passa-baixas, mostrada na figura 17, faz com que apenas uma determinada faixa de freqüências passe através da carga R_c.

O ***capacitor C_1*** que se encontra ligado em ***série, bloqueia a passagem de correntes alternadas*** (sinais) ***de baixas freqüências.*** Por outro lado, ***o capacitor C_2 desvia as correntes alternadas*** (sinais) ***de alta freqüência.*** Então, ***as freqüências intermediárias,*** que não são bloqueadas por C_1 e nem desviadas por C_2, ***aparecem sobre a carga.***

Como se trata de um filtro passa-faixa, existem ***duas freqüências de corte:*** uma inferior e outra superior. ***As freqüências de corte superior e inferior são aquelas em que a resposta cai de 3 dB em relação a um nível de referência.*** Este nível de referência corresponde à tensão sobre a carga numa freqüência intermediária. Em geral, toma-se como referência o nível máximo de tensão atingido sobre a carga.

No caso do circuito da figura 17, as freqüências de corte são determinadas pelas fórmulas seguintes:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (10.11)$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_2 C_2} \quad (10.12)$$

f_1 = freqüência de corte inferior, em hertz.

f_2 = freqüência de corte superior, em hertz.

R_1 e R_2 = resistências do filtro, em ohm.

C_1 e C_2 = capacitâncias do filtro, em farad.

π = 3,14 (constante — lê-se "pi").

Obviamente, para que o circuito funcione a contento, deve-se ter f_1 menor que f_2.

19-Filtro rejeita-faixa

Como o próprio nome indica, o filtro rejeita-faixa é aquele que impede que a carga seja atravessada por uma determinada faixa de freqüências.

A figura 18 apresenta o esquema de um circuito, onde aparece uma combinação chamada "Duplo T", que funciona como um filtro rejeita-faixa.

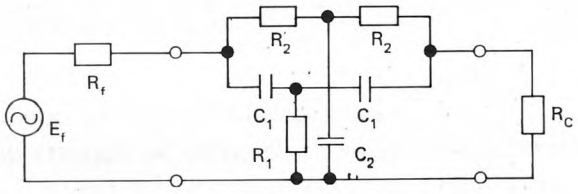


Fig. 18 — Circuito contendo um filtro rejeita-faixa. R_2 deve ser muito menor que R_c.

Basicamente, o filtro rejeità-faixa da figura 18 tem o seguinte funcionamento: ***as freqüências baixas passam através dos resistores (R_2)*** que se encontram ligados em série; ***as freqüências altas passam através dos dois capacitores (C_1)*** que também se encontram ligados em série. Com relação às ***freqüências intermediárias, elas não podem passar*** pois serão ***bloqueadas pelos capacitores C_1***, ou ***desviadas pelo capacitor C_2***.

Se tivermos uma situação em que $R_2 = 2\ R_1$ e $C_2 = 2\ C_1$, ocorre uma ***máxima rejeição para uma determinada freqüência*** (f_o).

Esta freqüência (f_o) onde ocorre a máxima rejeição, desde que respeitadas as condições acima referidas, pode ser determinada através da fórmula 10.13.

$$f_o = \frac{1}{2\ \pi\ R_1\ C_2} \qquad (10.13)$$

20-Perdas por inserção

Muitas vezes os filtros provocam perdas de tensão devido à colocação de resistores em série ou perdas na bobina ou no capacitor.

Como resultado destas perdas, a tensão sobre a carga pode ficar sempre menor que a tensão da fonte, qualquer que seja a freqüência.

As perdas de tensão que ocorrem devido à colocação do filtro no caminho da corrente alternada (sinal), recebem o nome de ***perda por inserção.***

As perdas que ocorrem pela colocação do filtro são expressas em ***dB,*** e são calculadas através da seguinte fórmula:

$$\text{Perda por inserção (dB)} = 20 \log \frac{E_c}{E_f} \qquad (10.14)$$

E_c = tensão máxima sobre a carga.

E_f = tensão fornecida pela fonte, na mesma freqüência.

21-Traçado da curva de resposta de um filtro

Chama-se curva de resposta à representação gráfica do comportamento de um circuito em relação à variação da freqüência.

No caso de um filtro passa-baixas ideal (aquele que não existe na realidade), a curva de resposta deveria ser uma reta horizontal, desde a freqüência zero até a freqüência de corte. A partir da freqüência de corte, a curva deveria cair verticalmente para zero, e se manter em zero daí para a frente. A figura 19 apresenta a curva que acabamos de descrever.

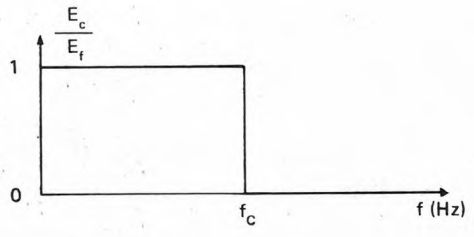


Fig. 19 — Curva de resposta de um filtro passa-baixas ideal.

Direitos reservados

No gráfico da figura 19, a ***ordenada*** (eixo vertical) representa a ***relação entre a tensão sobre a carga e a tensão da fonte*** $\left(\frac{E_c}{E_f}\right)$. Na ***abscissa*** (eixo horizontal) estão representados os valores da freqüência.

O gráfico apresenta uma reta horizontal no nível 1, para as freqüências de zero até a freqüência de corte. ***O nível é 1 porque o filtro é ideal,*** isto é, ***não ocorrem perdas por inserção.*** Isto quer dizer que a tensão sobre a carga é igual à tensão aplicada pela fonte: $\frac{E_c}{E_f} = 1$.

A partir da freqüência de corte, a carga não recebe mais corrente, pois o filtro impede a passagem de altas freqüências. Lembre-se que se trata de um filtro passa-baixas: permite a passagem de baixas freqüências e impede a passagem de altas freqüências. É por isso que a partir da freqüência de corte, a curva cai para o nível zero, pois a tensão sobre a carga cai para zero: $\frac{E_c}{E_f}$ = zero.

No caso real, a transição entre a situação antes da freqüência de corte e depois da freqüência de corte, se faz gradualmente. Aliás, a tensão máxima sobre a carga (E_c) pode nunca ser igual ao valor aplicado pela fonte, devido às perdas por inserção.

A figura 20 apresenta o gráfico de uma situação real.

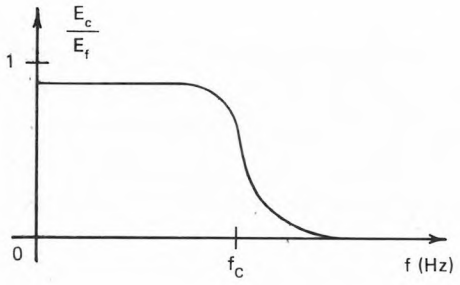


Fig. 20 – Curva de resposta de um filtro passa-baixas real.

Na prática, em vez de se construir o gráfico colocando na ordenada (eixo vertical) a relação entre as tensões, costuma-se colocar o valor correspondente em ***dB.*** Dependendo do instrumento utilizado, a leitura pode ser feita diretamente em dB.

22-Levantamento de curva, com instrumento sem escala de dB

Vamos considerar que se queira fazer o levantamento da curva de resposta de um circuito como o mostrado na figura 21. De início já se sabe que é um filtro passa-altas, pois trata-se de um circuito RC, com o capacitor em série.

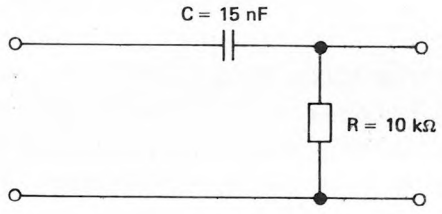
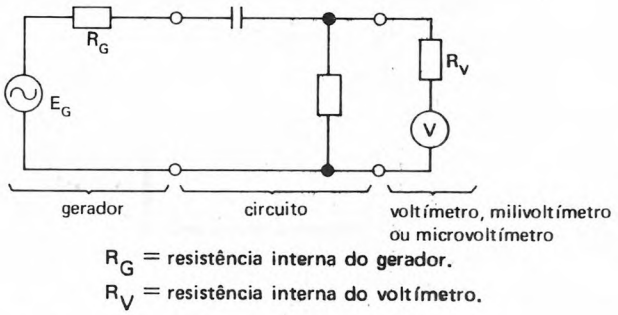


Fig. 21 – Circuito cuja curva de resposta se quer determinar.

Para se fazer o levantamento desejado, monta-se o conjunto mostrado na figura 22, com um gerador de áudio na entrada e um milivoltímetro de áudio na saída. Veja que, neste caso, usa-se o gerador e o milivoltímetro de áudio, pois pelos valores dos componentes do circuito sabe-se que se trata de um filtro de áudio (R= 10 kΩ e C = 15 nF).



R_G = resistência interna do gerador.
R_V = resistência interna do voltímetro.

Fig. 22 – Montagem para levantar a curva de resposta.

A resistência interna do gerador (R_G) deve ser muito pequena, enquanto que a resistência interna do voltímetro deve ser muito grande.

O gerador de áudio é um instrumento que fornece sinais senoidais e que permite ajustar tanto a amplitude (valor máximo) como a freqüência do sinal.

Normalmente um gerador de áudio permite ajustar a sua freqüência ou sua amplitude de saída independentemente. Isto é, se for ajustada a saída de tensão do gerador num valor qualquer, por exemplo 100 mV, este valor será sempre o mesmo qualquer que seja a freqüência escolhida. Convém, então, fazer uma verificação prévia, ligando o milivoltímetro de áudio diretamente na saída do gerador, como mostra a figura 23.

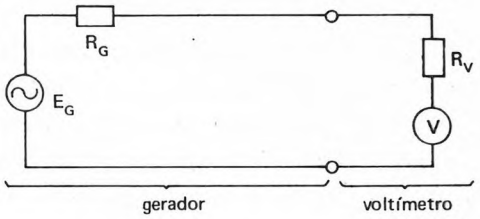


Fig. 23 – Verificação prévia do funcionamento do gerador. Se não se mexer no ajuste de amplitude do gerador, a indicação do voltímetro deve ser constante, quando se varia a freqüência desde a mínima até a máxima.

TABELA II

(1) Freqüência	(2) Leitura do voltímetro	(3) Relação	(4) Log da relação	(5) dB
10 Hz	7,1 mV	$9{,}16 \times 10^{-3}$	– 2,04	– 40,8
12 Hz	8,5 mV	$1{,}10 \times 10^{-2}$	– 1,96	– 39,2
15 Hz	10,7 mV	$1{,}38 \times 10^{-2}$	– 1,86	– 37,2
20 Hz	13,8 mV	$1{,}78 \times 10^{-2}$	– 1,75	– 35,0
25 Hz	17,8 mV	$2{,}30 \times 10^{-2}$	– 1,64	– 32,8
30 Hz	21,3 mV	$2{,}75 \times 10^{-2}$	– 1,56	– 31,2
40 Hz	28,5 mV	$3{,}68 \times 10^{-2}$	– 1,43	– 28,6
50 Hz	35,0 mV	$4{,}52 \times 10^{-2}$	– 1,35	– 27,0
70 Hz	49,0 mV	$6{,}32 \times 10^{-2}$	– 1,20	– 24,0
100 Hz	70,0 mV	$9{,}03 \times 10^{-2}$	– 1,04	– 20,8
120 Hz	84,0 mV	$1{,}08 \times 10^{-1}$	– 0,97	– 19,4
150 Hz	105 mV	$1{,}35 \times 10^{-1}$	– 0,87	– 17,4
200 Hz	140 mV	$1{,}81 \times 10^{-1}$	– 0,74	– 14,8
250 Hz	173 mV	$2{,}23 \times 10^{-1}$	– 0,65	– 13,0
300 Hz	205 mV	$2{,}65 \times 10^{-1}$	– 0,58	– 11,6
400 Hz	267 mV	$3{,}45 \times 10^{-1}$	– 0,46	– 9,2
500 Hz	325 mV	$4{,}19 \times 10^{-1}$	– 0,38	– 7,6
700 Hz	420 mV	$5{,}42 \times 10^{-1}$	– 0,27	– 5,4
1 kHz	525 mV	$6{,}77 \times 10^{-1}$	– 0,17	– 3,4
1,2 kHz	570 mV	$7{,}35 \times 10^{-1}$	– 0,13	– 2,6
1,5 kHz	630 mV	$8{,}13 \times 10^{-1}$	– 0,09	– 1,8
2,0 kHz	680 mV	$8{,}77 \times 10^{-1}$	– 0,06	– 1,2
2,5 kHz	715 mV	$9{,}23 \times 10^{-1}$	– 0,03	– 0,6
3,0 kHz	730 mV	$9{,}42 \times 10^{-1}$	– 0,03	– 0,6
4,0 kHz	750 mV	$9{,}68 \times 10^{-1}$	– 0,01	– 0,2
5,0 kHz	760 mV	$9{,}81 \times 10^{-1}$	– 0,01	– 0,2
7,0 kHz	770 mV	$9{,}94 \times 10^{-1}$	0	0
10 kHz	775 mV	1,00	0	0
12 kHz	775 mV	1,00	0	0
15 kHz	775 mV	1,00	0	0
20 kHz	775 mV	1,00	0	0
25 kHz	775 mV	1,00	0	0
30 kHz	775 mV	1,00	0	0
40 kHz	775 mV	1,00	0	0
50 kHz	775 mV	1,00	0	0
70 kHz	775 mV	1,00	0	0
100 kHz	775 mV	1,00	0	0

Observe que 775 mV é a maior das leituras. Então cada leitura deve ser dividida por 775 mV, como mostra a coluna (3).

Liga-se os aparelhos e, após cerca de meia hora, ajusta-se a saída do gerador num valor qualquer, lido no milivoltímetro de áudio. Em seguida, varia-se a freqüência do gerador em toda a sua faixa: desde a mínima até a máxima. A indicação do milivoltímetro não deve variar.

Se estiver tudo em ordem, procede-se ao levantamento da curva, variando a freqüência nos seguintes valores: 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70 e seus múltiplos (ou submúltiplos) de 10.

Para cada freqüência, anota-se a saída respectiva lida no milivoltímetro. Verifica-se qual o maior valor encontrado. Divide-se cada valor lido pelo maior valor encontrado; acha-se o logaritmo do quociente e multiplica-se por 20 ou por 10, conforme se trate, respectivamente, da tensão (ou corrente) ou da potência.

Com a finalidade de se facilitar o trabalho, convém organizar uma tabela, onde se tem as freqüências na coluna 1; as leituras feitas no milivoltímetro, na coiuna 2; o quociente da divisão na coluna 3; o logaritmo do quociente na coluna 4 e, finalmente, os dB correspondentes na coluna 5.

Ajustando-se o gerador de áudio em 775 mV; variando-se a freqüência dos sinais de 10 Hz até 100 kHz; e fazendo-se a leitura no milivoltímetro esquematizado na figura 22, obtém-se a Tabela II.

Com os dados da Tabela II, traça-se a curva de resposta, colocando-se os valores numa folha de papel mono-log. O papel é chamado mono-log porque apenas uma das escalas está calibrada logaritmicamente. O outro eixo é linear. Observe que a escala logarítmica deve ser colocada no eixo horizontal (abscissa), com os valores crescendo da esquerda para a direita. Neste caso, a folha de papel mono-log apresenta 4 décadas, e por isso pode ser usado para traçar curvas cobrindo 4 décadas: de 10 Hz a 100 kHz, ou de 100 Hz a 1 MHz, ou de 1 kHz a 1 MHz, etc.

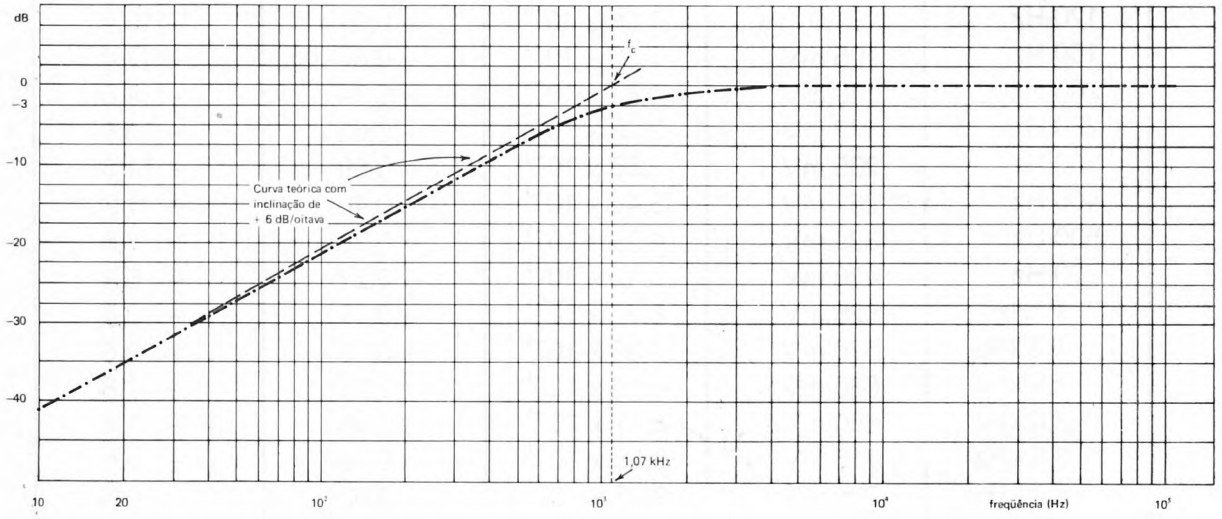


Fig. 24 — Curva de resposta para o circuito da figura 22.

Observe na curva obtida:

1°) a primeira parte da curva é uma reta inclinada crescente, pois os valores de dB aumentam à medida que aumenta a freqüência.

2°) a inclinação desta primeira parte é de +6 dB/oitava. Verifique que os valores correspondentes às freqüências de 10 Hz a 20 Hz diferem de 6 dB. Analogamente para 15 Hz e 30 Hz, ou para 50 Hz e 100 Hz, etc.

3°) a freqüência em que a curva passa pelo valor de −3 dB é 1,07 kHz. Esta é a freqüência de corte do filtro. Verifique a validade da fórmula 10.9 substituindo R e C pelos valores utilizados e faça o cálculo.

4°) observe que se for prolongada a reta que coincide com a parte ascendente, a reta irá cortar o eixo da freqüência justamente em f_c, isto é, na freqüência de corte. Não é coincidência, não! É sempre assim. Prolongando-se a parte reta ascendente (ou a par-

te descendente, se for um filtro passa-baixas), a reta sempre corta o eixo das freqüências na freqüência de corte.

5°)a última parte da curva é plana, isto é, é horizontal, pois agora a leitura ficou constante, não variando mais com a freqüência.

23-Instrumento calibrado em dB

O levantamento da curva de resposta utilizando-se um instrumento que já esteja calibrado em dB é extremamente facilitado, pois a leitura pode ser feita diretamente no instrumento. Isto é, torna-se desnecessário fazer a divisão, a determinação dos logaritmos e a multiplicação por 20 (ou por 10, se for potência), pois ***o ponteiro do instrumento já indica o correspondente valor em dB.***

A montagem e o procedimento são análogos ao descrito no capítulo anterior.

Por uma questão de comodidade, procura-se a freqüência (ou faixa de freqüências) onde a saída seja máxima e ajusta-se a saída do gerador de modo que o milivoltímetro indique zero dB.

Assim, para o mesmo circuito indicado na figura 21, ajusta-se o instrumento em zero dB (775 mV) para a freqüência de 100 kHz. E procede-se a leitura no instrumento calibrado em dB, para diversos valores de freqüência.

A Tabela III apresenta uma relação de valores de freqüências, com os correspondentes valores em dB. Estes valores em dB foram lidos diretamente na escala do instrumento. Compare os valores medidos com o instrumento, com os valores calculados (5a. coluna da Tabela II). Obviamente, a curva é a mesma.

TABELA III

Freqüência	Decibel
100 kHz	0 dB
70 kHz	0 dB
50 kHz	0 dB
40 kHz	0 dB
30 kHz	0 dB
25 kHz	0 dB
20 kHz	0 dB
15 kHz	0 dB
12 kHz	0 dB
10 kHz	0 dB
7 kHz	0 dB
5 kHz	– 0,2 dB
4 kHz	– 0,3 dB
3 kHz	– 0,5 dB
2,5 kHz	– 0,7 dB
2,0 kHz	– 1,1 dB
1,5 kHz	– 1,8 dB
1,2 kHz	– 2,5 dB
1,08 kHz	– 3,0 dB

Freqüência	Decibel
1,0 kHz	– 3,3 dB
700 Hz	– 5,3 dB
500 Hz	– 7,5 dB
400 Hz	– 9,3 dB
300 Hz	– 11,5 dB
250 Hz	– 13,0 dB
200 Hz	– 14,9 dB
150 Hz	– 17,3 dB
120 Hz	– 19,3 dB
100 Hz	– 20,9 dB
70 Hz	– 23,8 dB
50 Hz	– 26,8 dB
40 Hz	– 28,6 dB
30 Hz	– 31,2 dB
25 Hz	– 32,7 dB
20 Hz	– 34,7 dB
15 Hz	– 37,2 dB
12 Hz	– 39,2 dB
10 Hz	– 40,7 dB

Exame

FILTROS – CURVAS DE RESPOSTA
REFERÊNCIA 021

Observações Para o Aluno

- Antes de responder as questões você deverá ter feito um estudo minucioso e completo desta lição.
- Agora, leia cada questão até compreender bem o que se pede.
- Cada questão apresenta várias soluções. Apenas uma solução é correta.
- Em cada questão indique a solução que você julgar correta e, a seguir, transcreva, com atenção, as suas respostas para a Folha de Respostas, anexa.

1. Determinar a relação de tensão que corresponde a −24 dB.
   a) $1{,}00 \times 10^{-1}$ b) 8,17 c) $6{,}31 \times 10^{-2}$ d) $5{,}02 \times 10^{-1}$

2. Uma relação de tensão igual a um quinto, corresponde a:
   a) −1,4 dB b) −7,0 dB c) +14 dB d) −14 dB

3. Uma oitava corresponde a:
   a) uma freqüência 8 vezes maior.
   b) uma freqüência 4 vezes menor.
   c) uma freqüência 2 vezes maior.
   d) uma freqüência 10 vezes maior.

4. Dada uma freqüência de 100 Hz, duas oitavas acima corresponde a:
   a) 200 Hz b) 400 Hz c) 300 Hz d) 50 Hz

5. Em eletrônica, uma década corresponde a:
   a) um intervalo de 10 Hz.
   b) um intervalo de 10 anos.
   c) um intervalo de 10 hertz.
   d) uma relação de freqüências, onde uma é 10 vezes maior que a outra.

6. Um filtro serve para:
   a) impedir a passagem de qualquer freqüência.
   b) não deixar passar o que interessa.
   c) deixar passar o que não interessa.
   d) separar as freqüências úteis das que não interessam.

7. Um circuito RC constitui um filtro:
   a) passa-altas se o capacitor estiver em paralelo.
   b) passa-altas se o capacitor estiver em série.
   c) passa-baixas se o resistor estiver em paralelo.
   d) sempre passa-altas, pois o capacitor bloqueia a corrente contínua.

8. Um filtro passa-baixas é constituído de:
   a) um circuito RC, com o capacitor em série.
   b) um circuito RL, com o indutor em paralelo.
   c) um circuito RL, com o indutor em série.
   d) um circuito LC, com o capacitor em série.

9. Colocando-se um capacitor em série e um indutor em paralelo, obtém-se:
   a) um filtro passa-faixas.
   b) um filtro passa-baixas.
   c) um filtro rejeita-faixas.
   d) um filtro passa-altas.

10. Freqüência de corte é a mesma coisa que:
    a) freqüência de meia potência.
    b) freqüência de uma oitava.
    c) freqüência em que a potência cai de 6 dB.
    d) freqüência em que a tensão cai de 6 dB.

11. A freqüência de corte pode ser determinada:
    a) somente a partir do gráfico.
    b) a partir de fórmulas adequadas.
    c) de nenhuma maneira, pois ela é indefinida.
    d) é uma freqüência qualquer, escolhida por conveniência.

12. As freqüências altas, nos filtros passa-baixas:
    a) são atenuadas por resistores.
    b) são bloqueadas por capacitores.
    c) são desviadas por indutores.
    d) nenhuma das anteriores.

13. Na determinação da curva de resposta:
    a) mantém-se fixa a freqüência e varia-se a amplitude.
    b) varia-se a freqüência e a amplitude.
    c) varia-se a freqüência e mantém-se a amplitude.
    d) tanto a amplitude como a freqüência devem ser constantes.

14. Para se desenhar uma curva de resposta usa-se normalmente:
    a) um papel quadriculado.
    b) um papel milimetrado.
    c) um papel log-log.
    d) um papel mono-log.

15. Para se determinar a freqüência de corte a partir dos gráficos, procura-se:
    a) o ponto em que a resposta cai de 3 dB.
    b) o ponto em que a resposta cai de 6 dB.
    c) o ponto em que a resposta sofre uma queda brusca.
    d) o trecho em que a resposta varie de 3 dB/oitava.

16. –37 dB corresponde a:
    a) uma relação igual a 1,85 vezes.
    b) uma relação de potência igual a 0,014 vezes.
    c) uma relação de tensão igual a 0,014 vezes.
    d) uma relação de potência de 37 vezes.

17. Um filtro tem sua característica determinada:
    a) pelo número de resistores no circuito.
    b) pelo número de capacitores no circuito.
    c) pelo número e pela localização dos indutores.
    d) pelo número e localização de capacitores e indutores.

18. Qual das seguintes afirmações é verdadeira:
    a) a unidade que permite estabelecer a relação entre uma tensão e uma potência é o decibel (dB).
    b) o resistor opõe-se à passagem da corrente contínua, mas não se opõe à passagem da corrente alternada.
    c) o indutor exerce uma oposição (reatância indutiva) à passagem de qualquer tipo de corrente.
    d) o capacitor não permite a passagem da corrente contínua, mas permite a passagem da corrente alternada.