

PRÁTICA 9

DEMODULADOR AM-DSB/SC

OBJETIVOS

- Observar na prática os conceitos da demodulação AM-DSB/SC.
- Verificar experimentalmente o funcionamento de um demodulador AM-DSB/SC.

TEORIA

Noções sobre demodulação AM-DSB/SC

Como pode ser visto na Figura 12.1, o sinal modulado AM-DSB/SC sofre uma inversão de fase de um semiciclo para o outro de acordo com o sinal modulante. Essas inversões de fase impedem que a demodulação AM-DSB/SC seja feita apenas com uma detecção de envoltória. Na verdade, essa demodulação depende da presença da portadora gerada localmente no demodulador, com as mesmas características (fase, amplitude e frequência) que a portadora gerada no transmissor, para que seja implementada.

Considere o sinal modulado AM-DSB/SC como descrito na Equação 12.1:

$$e(t) = \frac{K E_m E_0}{2} \cos[(\omega_0 + \omega_m)t] + \frac{K E_m E_0}{2} \cos[(\omega_0 - \omega_m)t] \quad (12.1)$$

em que K é a constante do circuito modulador, que permitiu que a multiplicação de duas tensões resultasse em outra tensão.

O sinal modulante pode ser recuperado multiplicando-se o sinal modulado por uma portadora gerada localmente (no receptor), idêntica à portadora gerada no transmissor e aplicando uma filtragem passa-baixas, daí:

$$e_1(t) = e_{OL}(t)e(t) \quad (12.2)$$

sendo

$$e_{OL}(t) = E_{OL} \cos(\omega_0 t) \quad (12.3)$$

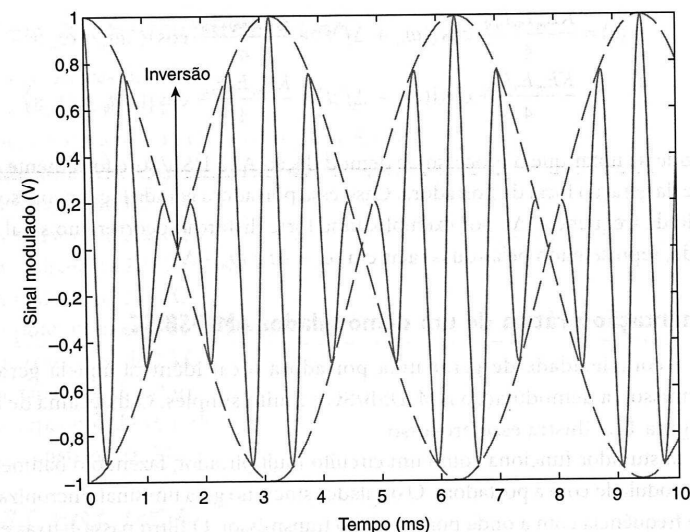


Figura 12.1 Sinal modulado AM-DSB/SC com inversão de fase destacada.

Substituindo as Equações 12.1 e 12.3 na Equação 12.2, tem-se:

$$e_1(t) = \left\{ \frac{K E_m E_0}{2} \cos[(\omega_0 + \omega_m)t] + \frac{K E_m E_0}{2} \cos[(\omega_0 - \omega_m)t] \right\} E_{OL} \cos(\omega_0 t) \quad (12.4)$$

Aplicando a propriedade distributiva e algumas propriedades trigonométricas, chega-se ao seguinte resultado final:

$$e_1(t) = \frac{K E_m E_0 E_{OL}}{2} \cos(\omega_m t) + \frac{K E_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(2\omega_0 - \omega_m)t] + \frac{K E_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(2\omega_0 + \omega_m)t] \quad (12.5)$$

Para finalizar o processo de demodulação, basta aplicar o sinal $e_1(t)$ em um filtro passa-baixas, e a informação será recuperada.

Apesar da simplicidade e eficiência de potência do sinal AM-DSB/SC, existem alguns problemas graves na demodulação. Suponha que a portadora gerada localmente sofreu um desvio de frequência pequeno, Δf , ficando na forma:

$$e_{OL}(t) = E_{OL} \cos[(\omega_0 + \Delta f)t] \quad (12.6)$$

Substituindo as Equações 12.1 e 12.6 na Equação 12.2, aplicando a propriedade distributiva e algumas propriedades trigonométricas, chega-se ao seguinte resultado:

$$e_1(t) = \frac{KE_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(\omega_m + \Delta f)t] + \frac{KE_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(2\omega_0 - \omega_m)t] + \frac{KE_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(\omega_m - \Delta f)t] + \frac{KE_m E_0 E_{OL}}{4} \cos[(2\omega_0 + \omega_m)t] \quad (12.7)$$

Pode-se notar que o processo de demodulação AM-DSB/SC é fortemente dependente da geração local da portadora. Caso essa portadora gerada localmente sofra um desvio de frequência, Δf , por exemplo, uma forte distorção ocorrerá no sinal demodulado, representado pelas duas raia em $\omega_m + \Delta f$ e $\omega_m - \Delta f$.

Implementação prática de um demodulador AM-DSB/SC

Fora a complexidade de gerar uma portadora local idêntica àquela gerada no transmissor, a demodulação AM-DSB/SC é muito simples. O diagrama de blocos da Figura 12.2 ilustra esse processo.

O misturador funciona como um circuito multiplicador, fazendo o batimento do sinal modulado com a portadora. O oscilador síncrono gera um sinal sincronizado em fase e frequência com a onda portadora do transmissor. O filtro passa-baixas elimina sinais de alta frequência deixando passar apenas o sinal modulante. A única diferença entre o modulador e o demodulador AM-DSB/SC está no filtro. No modulador é usado um filtro passa-faixa, enquanto no demodulador é usado um filtro passa-baixas. Um exemplo de circuito demodulador AM-DSB/SC é ilustrado na Figura 12.3.

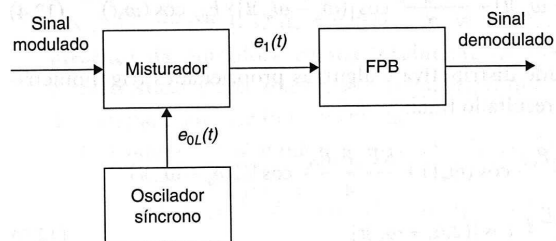


Figura 12.2 Diagrama de blocos de um demodulador AM-DSB/SC.

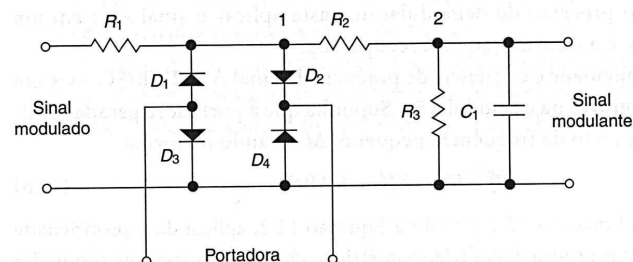


Figura 12.3 Circuito demodulador AM-DSB/SC.

MATERIAL EXPERIMENTAL

Dois geradores de sinais

Osciloscópio digital

Fonte de alimentação CC simétrica de ± 6 V

Modulador AM-DSB da Prática 11

Um resistor de 1,2 k Ω

Um resistor de 2,2 k Ω

Um resistor de 270 Ω

Um resistor de 2,7 k Ω

Um potenciômetro de 10 k Ω

Dois resistores de 1 k Ω

Um capacitor de 10 nF

Um capacitor de 100 nF

Um transistor BC548

PARTE PRÁTICA

1. Monte o circuito da Figura 12.4:

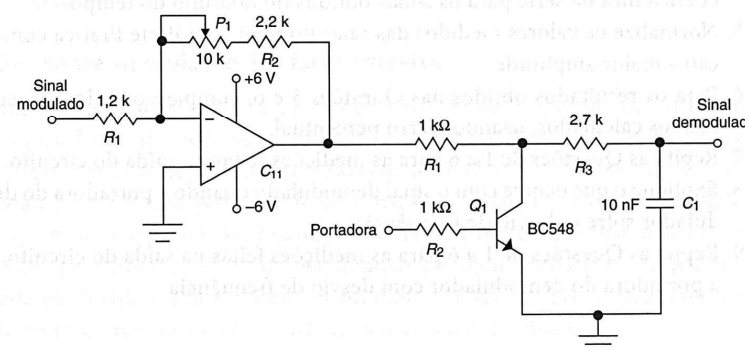


Figura 12.4 Circuito demodulador AM-DSB/SC prático.

2. Injete na entrada do circuito demodulador um sinal AM-DSB/SC obtido com o modulador usado na prática Modulador AM-DSB/SC. Utilize a mesma portadora usada na prática de modulação, no circuito demodulador.
3. Regule o potenciômetro P1 de forma a obter um sinal modulado AM-DSB com V_{\max} superior a 2 V na saída do AmpOp.
4. Usando um osciloscópio digital, meça o sinal no domínio do tempo no coletor do transistor Q1 e armazene a forma de onda.

5. Use a função FFT do osciloscópio digital e meça o sinal no domínio da frequência no coletor do transistor Q1, anotando a amplitude e a frequência de cada raia, e armazene a forma de onda.
6. Usando um osciloscópio digital, meça o sinal no domínio do tempo na saída do circuito e armazene a forma de onda.
7. Use a função FFT do osciloscópio digital e meça o sinal no domínio da frequência na saída do circuito, anotando a amplitude e a frequência de cada raia, e armazene a forma de onda.
8. Injete uma portadora com um desvio de frequência de 2 kHz no demodulador, observe o que ocorre com o sinal demodulado nos domínios do tempo e da frequência e repita os Itens 4 e 5.

QUESTÕES

1. Obtenha uma expressão matemática para o sinal no coletor do transistor Q1.
2. Usando o Matlab ou outro *software* matemático/científico qualquer, obtenha o gráfico da função da Questão 1.
3. Compare o gráfico obtido com o medido no Item 4 da Parte Prática.
4. Usando a decomposição de sinais por meio da série de Fourier, obtenha os coeficientes da série para os sinais obtidos no domínio do tempo.
5. Normalize os valores medidos das raias no Item 5 da Parte Prática com relação a maior amplitude.
6. Para os resultados obtidos nas Questões 5 e 6, compare os valores medidos com os calculados, usando o erro percentual.
7. Repita as Questões de 1 a 6 para as medições feitas na saída do circuito.
8. Explique o que ocorre com o sinal demodulado quando a portadora do demodulador sofre o desvio de frequência.
9. Repita as Questões de 1 a 6 para as medições feitas na saída do circuito, para a portadora do demodulador com desvio de frequência.