

## 3ELE002 - Circuitos de Comunicação

**Experiência 6 - Modulador AM**Taufik ABRÃO<sup>†</sup>, Lab. Telecom - Depto Eng. Elétrica da Univ. Estadual de Londrina

**RESUMO** Experimento e análise de um circuito modulador AM com transistor bipolar e à diodo (modulador passivo).

**palavras-chave:** modulador AM-DSB.

**1. Objetivos**

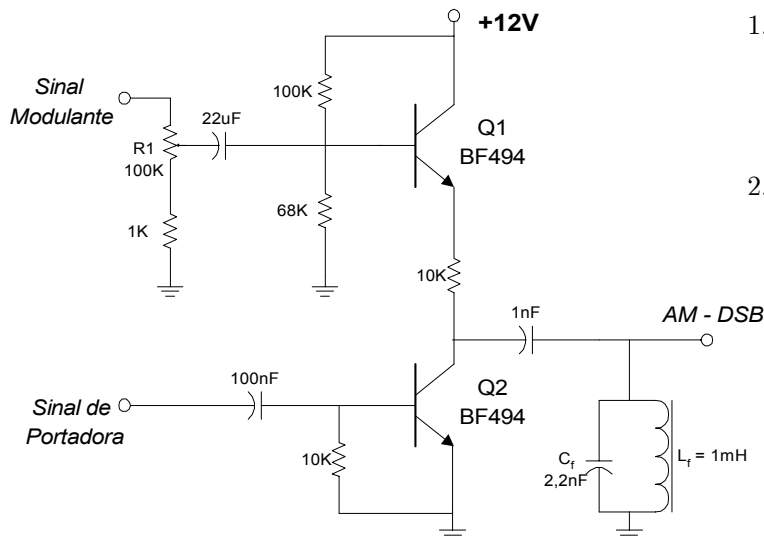
- implementar e analisar dois tipos de modulares AM-DSB: passivo e ativo.

**2. Introdução**

Veja notas de aula.

**3. Modulador AM-DSB**

O circuito modulador AM-DSB da figura 1 emprega modulação do tipo série. Q1 opera como amplificador de RF e Q2 como modulador. O trimpot  $R_1$  controla o índice de modulação,  $m$ .



**Fig. 1** Modulador AM-DSB

1. montagem em protoboard do circuito da figura 1
2. utilize gerador de áudio como sinal modulante (200Hz e amplitude de  $2V_{pico}$ ) e o gerador de sinal senoidal interno (módulo com CI XR-2206) ajustado inicialmente para 100KHz como sinal da portadora.
3. Obtenha índice de modulação,  $m$ , utilizando os dois métodos (osciloscópio no modo varredura interna e método do trapézio). Com esta montagem, quais são os limites para  $m$ ?

- a. caso seja possível obter índice  $m > 1$ , observe o que ocorre com sinal quando se utiliza método do trapézio. É possível aplicar este método na avaliação de índices de modulação maiores que 100%? Por que?

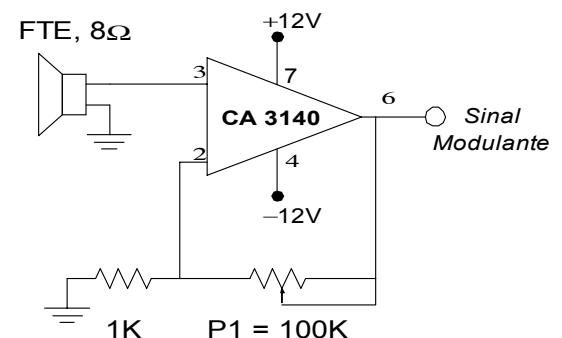
4. Determine o fator de mérito experimental do modulador,  $Q_{Load\_Exp}$  utilizando como carga a própria ponta de prova do osciloscópio.

- a. Modifique o circuito de tal forma a obter  $Q_{Load}^* = \frac{Q_{Load\_Exp}}{2}$ . Mostre os cálculos e esboce a nova configuração e confirme a validade dos cálculos através de uma medida.

5. Como é possível reduzir eventuais componentes de freq espúrias à saída?

**3.0.1 Opcional**

1. O sinal modulante senoidal pode ser modificado. Monte o circuito da figura 2 e conecte sua saída como entrada do sinal modulante no circuito da figura 1. O sinal de entrada pode ser de voz. Atuando sobre P1 e R1 pode-se obter índice de modulação compatível.
2. Material extra (opcional): caso um receptor AM comercial (540 a 1560 KHz) esteja disponível, modifique o circuito da figura 1, calculando novos valores para  $C_f$  e/ou  $L_f$ , tal que seja possível obter um sinal AM-DSB transmitido na faixa AM de radiodifusão comercial. Utilize então como sinal modulante um tom ou o sinal de voz.



**Fig. 2** Circuito para o sinal de voz modulante

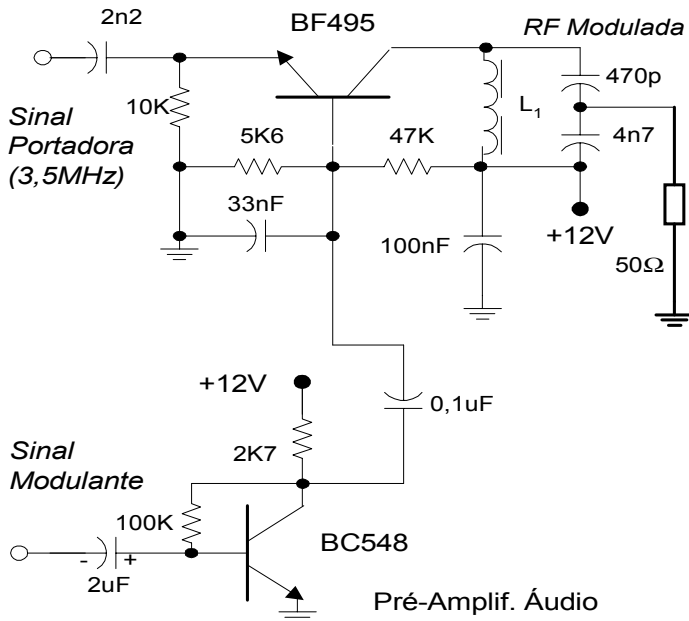


Fig. 3 Modulador AM-DSB com pré-amplificador de áudio.

#### 4. Outro Modulador AM-DSB com transistor

1. Montar o modulador AM-DSB da figura 3.  $L_1$  deve ser obtido de tal forma que o circuito opere com um sinal de RF em torno de 3,5MHz.
2. Ajuste a freq da portadora de forma a obter máxima amplitude de saída quando não houver sinal modulante. Esta freq representa a ressonância do circuito  $L_1 C_{eq}$  paralelo. Confirme através de cálculo a freq de ressonância do circuito.
3. meça o índice de modulação,  $m$ , máximo sem que haja distorção no sinal de saída.
4. meça o  $Q_{Loaded}$  do modulador.
5. Meça na entrada do modulador qual o nível de áudio necessário para  $m = 1$ . Coloque a metade do sinal de áudio e meça o novo  $m$  utilizando os dois métodos. Idem para 1/3. Obtenha uma curva para 3 ou 4 valores de  $m \times V_{audio}$ .
  - a. o índice  $m$  obtido é linearmente dependente com a tensão de áudio ?

#### 5. Modulador AM-DSB com Diodo

Pode-se obter um simples gerador de sinais AM-DSB de banda estreita empregando-se diodo, figura 4. Na junção de R1 e R2 o sinal resultante é a soma do sinal de áudio e da portadora. Neste ponto, a portadora ainda não está modulada em amplitude.  $S_1$  foi acrescentada ao circuito simplesmente para facilitar compreensão e análise. Tomando como exemplo  $f_{carrier} = 100KHz$  e sinal modulante tonal com  $f_{in} = 2KHz$ , somente aparecerão na saída o sinal da portadora e as duas bandas laterais (98KHz e 102KHz), enquanto que o sinal modulante será filtrado.

1. Monte o circuito da figura.4 com  $L_1$  disponível na bancada e faça  $C_1$  de tal forma a obter o conjunto

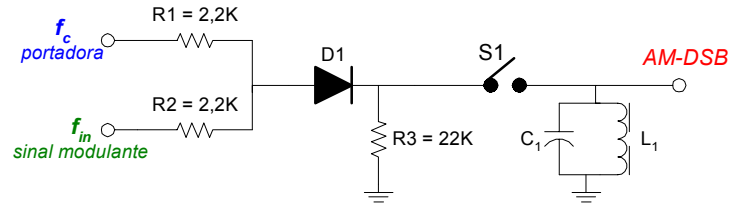


Fig. 4 Modulador AM a diodo.

$C_1 L_1$  ressonante em até algumas centenas de KHz.

2. Ajuste a freq da portadora de forma a obter máxima amplitude de saída quando não houver sinal modulante. Esta freq representa a ressonância do circuito LC paralelo. Confirme através de cálculo a freq de ressonância do circuito  $C_1 L_1$ .
3. Para o sinal modulante, escolha uma freq para  $f_{in}$  de tal forma a obter um modulação em banda estreita. Verifique as formas de onda em cada nó, com  $S_1$  aberta e fechada.
4. meça o índice de modulação,  $m$ .
5. meça o  $Q_{Loaded}$  do modulador.

#### 6. Análise

1. Utilizando simulador elétrico Spice ou similar, descreva e avalie as formas de onda dos circuitos das seções 3, 4 e 5, tanto no domínio do tempo e no domínio de freqs. Este procedimento deverá ser realizado previamente e a análise auxiliará na execução das etapas experimentais.
2. Nos moduladores AM das seções 3, 4 e 5, qual a relação de amplitudes entre a portadora e o sinal modulante para se obter  $m = 1$ , ou seja, qual dos três moduladores AM resulta em maior relação  $V_{carrier}/V_{audio}$ ?
3. Analisando as formas de onda, conclua qual a função de  $C_1 L_1$  em ambos os moduladores.
4. Qual a principal característica/vantagem do modulador da figura 4.
5. Nos circuitos das figuras 1, 3 e 4 é possível obter um modulador AM-multiplicador de freqs ? Como? Se sim, qual deve ser o requisito desejável de  $C_1 L_1$  em ambos os moduladores.
6. Como melhorar o  $Q_{Load}$  de cada um dos moduladores?
7. Por que estes circuitos funcionam bem apenas para modulação em banda estreita ?