

Amplificadores

Gabriel Wendell Celestino Rocha*

12 de novembro de 2023

Resumo

Resumo do experimento abordado neste relatório. Deve conter uma descrição bastante breve e geral dos **objetivos** do experimento, os **métodos** utilizados para a coleta dos dados e posterior tratamento dos mesmos, os **resultados** obtidos e a **conclusão** do relatório.

1 Introdução

Uma importante aplicação dos transistores é a de amplificação de um sinal AC. Para amplificar um sinal AC devemos garantir a operação DC do transistor na região linear ativa. O circuito que assegura esta condição é chamado de **Circuito Universal de Polarização** (CUP). Tal tipo de circuito é usado para manter as condições de operações constantes.

O amplificador emissor comum é um dos blocos mais utilizados em projetos integrados, apresentando características de ganho de corrente, ganho de tensão, impedância de entrada e impedância de saída bastante flexíveis e úteis.

2 Embasamento teórico

O modelo de pequenos sinais (*ac*) deste tipo de amplificador é apresentado abaixo onde:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T}; \quad (1)$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m}; \quad (2)$$

$$r_0 = \frac{V_A}{I_C}. \quad (3)$$

No modelo de grandes sinais vemos que, para V_i variando de 500 mV até cerca de 800 mV, o transistor Q_1 vai do corte até a saturação.

*gabrielwendell@fisica.ufrn.br

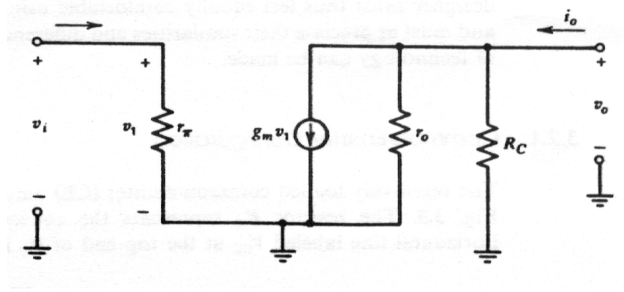


Figura 1: Modelo de pequenos sinais *ac*.

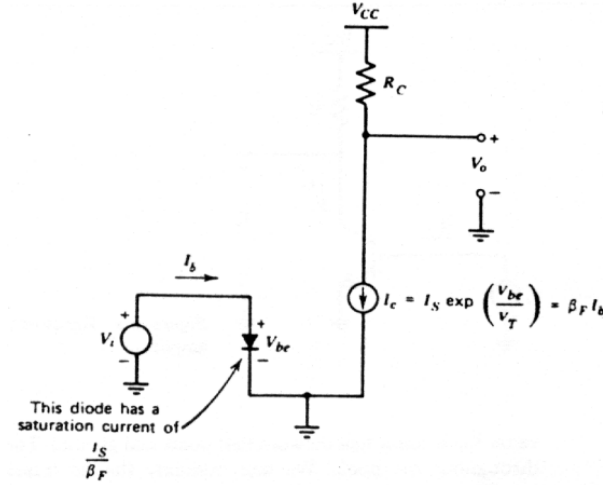


Figura 2: Circuito para grandes sinais equivalentes validos quando o transistor está na região de ativação direta.

O ganho do emissor comum com carga resistiva é dado por:

$$A_v = -g_m \cdot (R_C // r_o) \implies |A_v| = \frac{I_C \cdot (R_C // r_o)}{V_T} \quad (4)$$

Se o circuito for polarizado de tal forma a proporcionar a maior excursão possível do sinal de saída ($V_{CEO} \approx \frac{V_{CC}}{2}$), e pudermos desprezar r_o comparado com R_C , o ganho deste circuito fica sendo dado por:

$$|A_v| = \frac{I_C \cdot R_C}{V_T} = \frac{1}{2} \frac{V_{CC}}{V_T} \quad (5)$$

Para $V_T = 26 \text{ mV}$, então obtemos,

$$|A_v| \approx 20 \cdot V_{CC} \quad (6)$$

Portanto, ao se polarizar o circuito para obter excursão máxima de sinal, o ganho fica limitado pela fonte de alimentação, não importando os valores de R_C e I_C .

As impedâncias de entrada e saída deste circuito são facilmente calculadas por inspeção no modelo de pequenos sinais. A corrente na entrada do transistor I_i é dada por:

$$I_i = \frac{V_i}{r_\pi} \quad (7)$$

A impedância vista na base de Q_1 é simplesmente:

$$Z_i = \frac{V_i}{I_i} = r_\pi = \beta \cdot \frac{V_T}{I_C} \quad (8)$$

A impedância de saída (calculada com a entrada em curto). é:

$$Z_0 = r_o // R_C \quad (9)$$

Já que com a entrada em curto, a fonte de corrente controlada $g_m \cdot v_i$ é igual a zero. O ganho de corrente (com a saída em curto), $A_i = \frac{I_o}{I_i}$, é o próprio ganho β_{ac} do transistor.

É bastante instrutivo fazer uma simulação de um amplificador emissor comum e comparar os parâmetros obtidos através do SPICE e os calculados através do modelo.

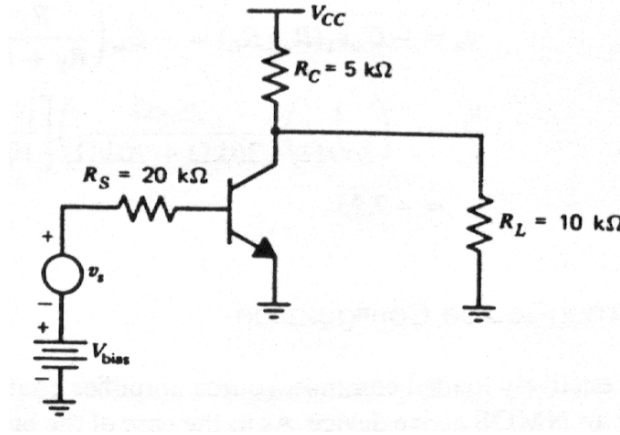


Figura 3: Modelo de um amplificador emissor comum.

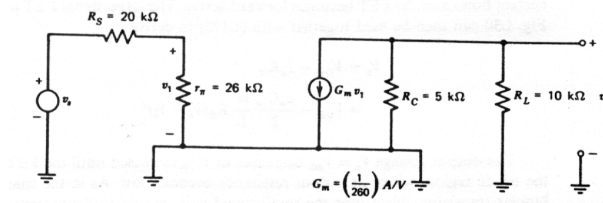


Figura 4: Modelo SPICE para comparação com amplificador emissor comum.

3 Procedimento experimental

O experimento como um todo foi realizado em três etapas. Na primeira montou-se um circuito amplificador emissor comum como ilustrado na Figura (3). Já na segunda se investigou o comportamento do mesmo como um amplificador emissor comum. Por fim, na terceira etapa foi realizada uma simulação usando o programa [CircuitMaker](#) utilizando os mesmos componentes e instrumentos utilizados na experiência no laboratório. A comparação entre os dados experimentais e a simulação se encontra na seção 4.

Abaixo está listado os materiais utilizados nas duas etapas do experimento:

1. 1 gerador de funções AGF1022 da Tektronix;
2. 1 osciloscópio digital TDS11002B da Tektronix;
3. 1 protoboard de duas seções;
4. 2 capacitores de $1\mu\text{F}$;
5. 1 resistor de $300\ \Omega$;
6. 1 resistor de $10\text{k}\ \Omega$;
7. 1 resistor de $6.7\ \Omega$;
8. 1 resistor de $560\ \Omega$;
9. 1 transistor BC547;
10. um porta pilhas de duas seções.

Vamos agora descrever o procedimento experimental em cada etapa.

3.1 Etapa 1: Amplificador Emissor Comum

1. Primeiramente montou-se um circuito do tipo amplificador emissor comum como ilustrado na Figura (3).
- Circuito montado segundo o esquema exposto na Figura (3):

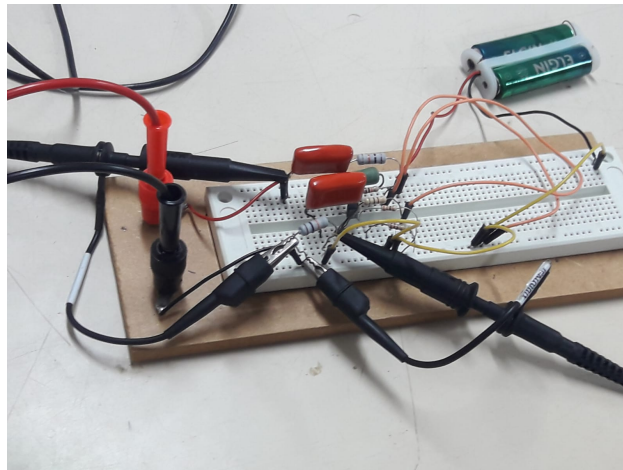


Figura 5: Circuito montado seguindo o esquema de um amplificador do tipo emissor comum.

2. Em seguida, capturou-se o sinal amplificado no canal 1, e o sinal de entrada no canal 2 no osciloscópio. O osciloscópio foi colocado para operar no modo Xt.
- Sinais capturados nos canais 1 e 2 do osciloscópio:

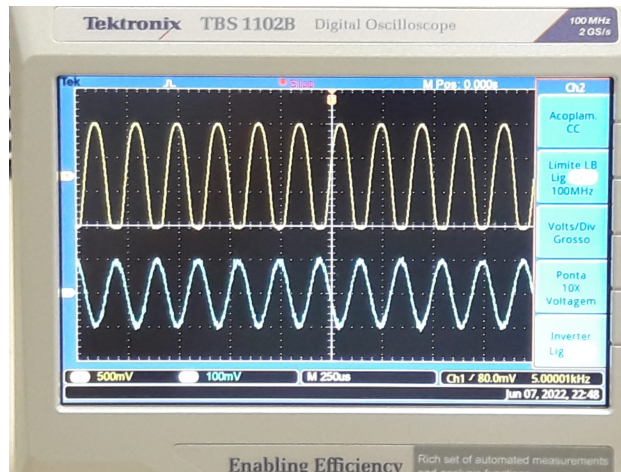


Figura 6: Sinal de entrada do osciloscópio (azul) e sinal amplificado (amarelo).

3.2 Etapa 2: Simulação da Etapa 1 usando o CircuitMaker

1. Semelhantemente ao que foi feito na etapa anterior, foi criado um arquivo na extensão .CKT intitulado **Amplificators.ckt** onde foi montado um circuito como descrito na etapa 1, subseção 3.1.

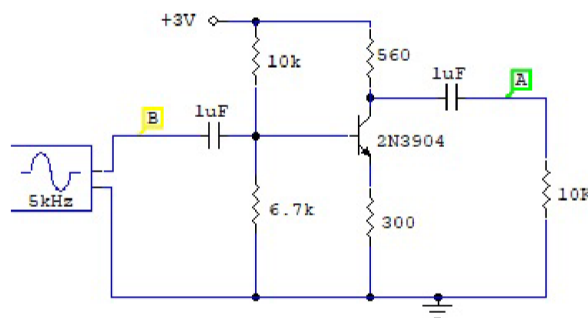


Figura 7: Circuito do amplificador emissor comum.

2. E da mesma forma como foi feito na etapa anterior, avaliou-se o sinal de saída do amplificador:

4 Análise dos resultados

Nesta seção iremos discutir os resultados obtidos ao longo das etapas experimentais descritas anteriormente.

Como descrito na seção 2, a ideia dos transistores é a de amplificação de um sinal do tipo AC, respectivamente. Dessa forma, note que o sinal amarelo condiz é justamente o sinal de entrada (azul) amplificado.

Com relação ao modelo teórico obtido por meio de uma simulação através do programa **CircuitMaker**, temos algumas semelhanças. Primeiramente, note que como o **CircuitMaker** é um programa que simula a parte teórica dos componentes eletrônicos, ele irá simular apenas o funcionamento dos amplificadores tendo como sinal de entrada uma onda senoidal com uma frequência específica constante e não um conjunto de frequências variadas. Dessa forma, vemos que o modelo teórico exprime muito bem o caráter esperado para os amplificadores.

5 Conclusões

Dado o exposto ao longo deste relatório, temos que os resultados experimentais expostos na seção 3 condizem com o modelo matemático exposto na seção 2. Portanto, temos que os resultados experimentais estão dentro do esperado do modelo teórico a menos de alguns ruídos experimentais, mostrando assim que os modelos teóricos para amplificadores do tipo emissor comum exprimem razoavelmente os amplificadores emissores comuns reais.

Referências

- [1] Spitzer, Frank; Howarth (1973). *Principles of Modern Instrumentation*. Nova York: [s.n.] p. Ch. 11
- [2] SEDRA, Adel S., *Microeletrônica* 5^o ed. volume único, Prentice Hall, 1997
- [3] Bakshi, U.A.; Bakshi, A.V., *Circuit Analysis - II*, Technical Publications, 2009 ISBN 9788184315974.
- [4] Horowitz, Paul; Hill, Winfield, *The Art of Electronics* (3rd edition), Cambridge University Press, 2015 ISBN 0521809266.