

Transistores TJB - amplificador em emissor comum

Roberto Nishino Ono, *Matricula: 10/0122272*

Guilherme Castro, *Matricula: 11/0148746*

Lukas Ferreira Machado, *Matricula: 12/0127377*

Abstract—Neste relatório, é descrita a análise de transistores TJB como amplificador em emissor comum, demonstrando seu funcionamento e exemplos de aplicações.

Index Terms—Transistor, TJB, Amplificador, Chave, PNP, NPN.

I. INTRODUÇÃO

O Amplificador Emissor Comum é um dos blocos mais utilizados em projetos de circuitos integrados, apresentando características de ganho de corrente, ganho de tensão, impedância de entrada e impedância de saída bastante flexíveis e úteis.

O termo "emissor comum" se refere ao fato de que o terminal do emissor do transistor (indicado por um símbolo de flecha) é conectado a uma ligação "comum", tipicamente a referência de 0 volts ou ao terra. O terminal do coletor é conectado à carga da saída, e o terminal da base atua como a entrada de sinal.

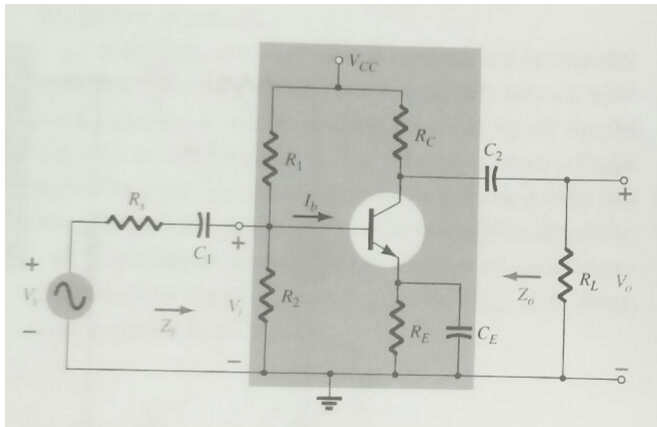


Fig. 1. Exemplificação de modelo usado para amplificador em emissor-comum

Os circuitos emissor comum são utilizados para amplificar sinais de baixa voltagem, tais como os sinais de rádio fracos captados por uma antena. Eles também são utilizados em uma configuração especial de circuito analógico conhecida como fonte de corrente, onde uma única entrada compartilhada é utilizada para controlar uma série de transistores idênticos, cada uma dessas correntes de saída será aproximadamente igual às outras, mesmo que estes transistores estejam controlando cargas de saída distintas.

Em um amplificador usando um transistor bipolar de junção a fonte CC estabelece correntes e tensões quiescentes.

A fonte CA produz, então, as flutuações nessas correntes e tensões. A maneira mais simples de analisar-se o circuito é dividindo-se a análise em duas partes: CC e CA.

Pela figura 1, observa-se que para esse tipo de configuração, os capacitores C_1 , C_2 e C_E são utilizados para se retirar o sinal AC de seu offset DC. Isso assegura que a condição de bias para o circuito operar corretamente não é afetada por estágios adicionais de amplificação. Vale também ressaltar que as tensões não são afetadas pela adição desses capacitores, mantendo um ponto de quiescente de operação estável. Logo, para a análise CA do circuito, podemos desprezar os capacitores considerando eles como um curto circuito uma vez que os valores CC foram importantes simplesmente para determinar o ponto Q de operação apropriado, considerando os capacitores com uma reatância baixa o suficiente.

II. QUESTÕES TEÓRICAS

A. Questão Teórica 1

- 1) Levando em consideração o curto circuito para os capacitores, podemos avaliar o circuito CA equivalente como:

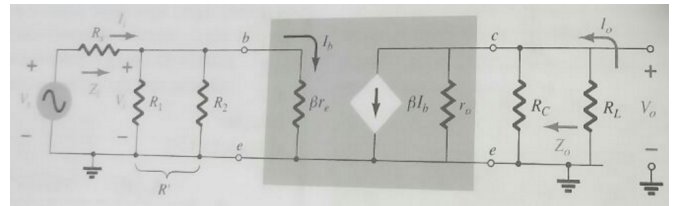


Fig. 2. Exemplificação de modelo usado para amplificador em emissor-comum no seu modelo equivalente CA

- 2) Temos as seguintes equações que o descreve:

Para altas frequências:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-(R_C || R_L)}{r_e} \quad (1)$$

Para baixas frequências:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-(R_C || R_L)}{(R_E + r_e)} \quad (2)$$

Onde r_e é a resistência variável dada pela polarização base-emissor, ou seja, fazendo analogia com diodos seria o parâmetro r_d do mesmo, normamente sua unidade sendo mV/I_E , onde I_E é a corrente do emissor.

Para impedância de entrada Z_i , temos que:

$$\begin{cases} Z_i = (\beta + 1)re || R_1 || R_2 \\ Z_i \approx \beta re || R_1 || R_2 \end{cases} \quad (3)$$

Uma vez que, desconsiderando as resistências de divisor de tensão R_1 e R_2 so para essa exemplificação, temos que:

$$\begin{cases} Z_i = \frac{V_{be}}{I_B} \\ Z_i = \frac{(\beta + 1)I_B re}{I_B} \end{cases} \quad (4)$$

Onde desenvolvendo (4) acabamos por chegar em (3). Por fim, temos que a impedância de saída Z_o é dada por:

$$Z_o = r_o || R_C \quad (5)$$

Onde r_o é o inversor da taxa de inclinação α em modo ativo que temos para tensão coletor-emissor V_{CE} em relação a corrente de coletor I_C . Logo:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} \\ \alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} = \frac{1}{r_o} \\ r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \end{cases} \quad (6)$$

- 3) O valor de ganho de tensão A é dependente apenas dos valores da resistência no coletor, R_L , e a resistência no emissor, $R_E + r_e$, não é afetada pelo ganho de corrente β do tbj . Logo, temos, que o ganho para o circuito é dado por (1) e (2), onde o valor de r_e é dado por:

$$r_e = \frac{V_{be}}{I_E} \quad (7)$$

- 4) Para exemplificação, consideremos o circuito abaixo para um tbj com $\beta = 100$, observamos um aumento na tensão de saída de aproximadamente 70 vezes para amplitudes pequenas e um ganho de mais de 168 vezes para amplitudes grandes, porém ocorrendo saturação na saída no ciclo positivo do sinal de entrada:

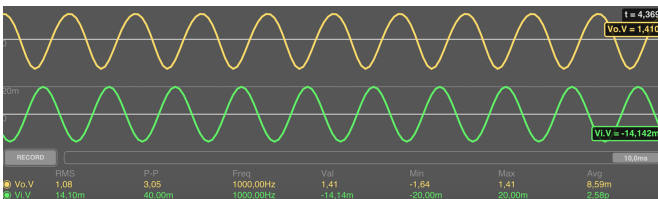


Fig. 3. Sinal de saída para circuito amplificador de emissor-comum com $\beta = 100$ e amplitude 20 mV

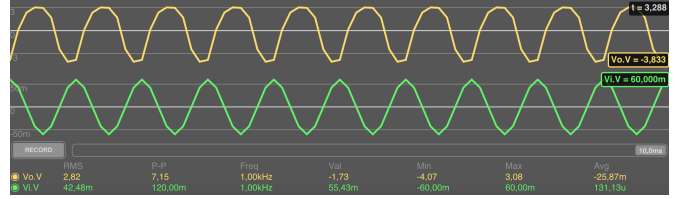


Fig. 4. Sinal de saída para circuito amplificador de emissor-comum com $\beta = 100$ e amplitude 60 mV

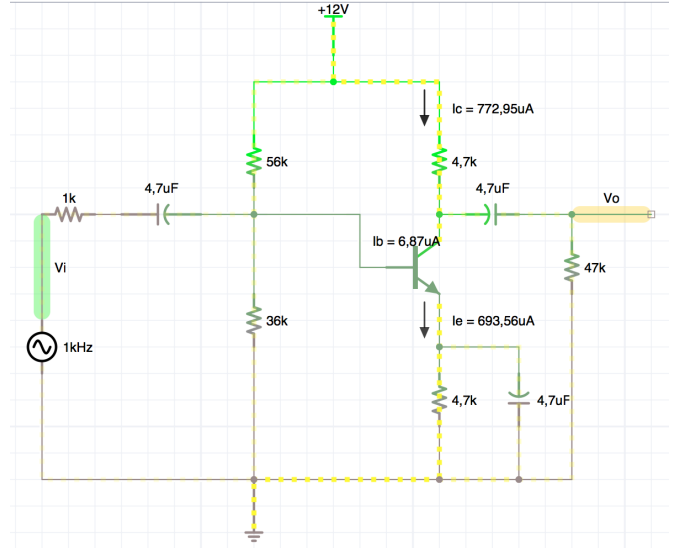


Fig. 5. Simulação para circuito amplificador de emissor-comum com $\beta = 100$

III. EXPERIÊNCIAS

3 transistores BC548 ou BC338.

1 transistor TIP31.

1 transistor TIP32.

2 resistores 1 kOhm / 0,25 W.

2 resistores 4,7 kOhm / 0,25 W.

1 resistor 36 kOhm / 0,25 W.

2 resistores 100 kOhm / 0,25 W.

2 capacitores 4,7 μ F / 16V.

1 capacitor 47 μ F / 16V.

1 capacitor 220 μ F / 25V.

1 microfone de eletreto.

1 alto-falante de 8W e pequena potência

Equipamentos: osciloscópio de dois canais, gerador de sinais, fonte de alimentação, multímetro digital

Fig. 6. Materiais utilizados no experimento

A. Experiência 1

Abaixo, vamos analisar e exemplificar a análise experimental.

Podemos verificar na figura 7 que a saída, sendo o sinal de onda verde, foi de aproximadamente 618 vezes.

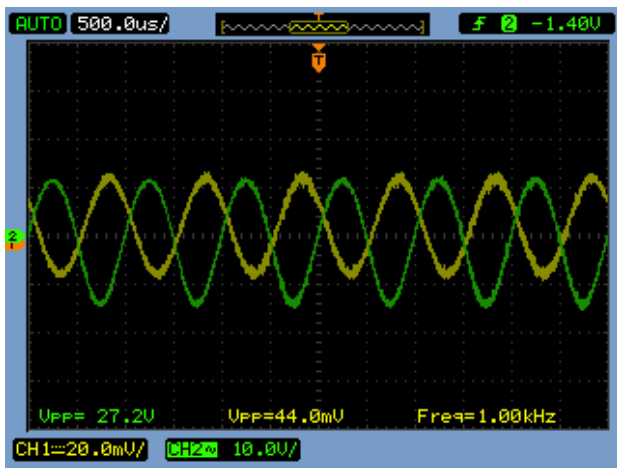


Fig. 7. Experiência 1 parte a

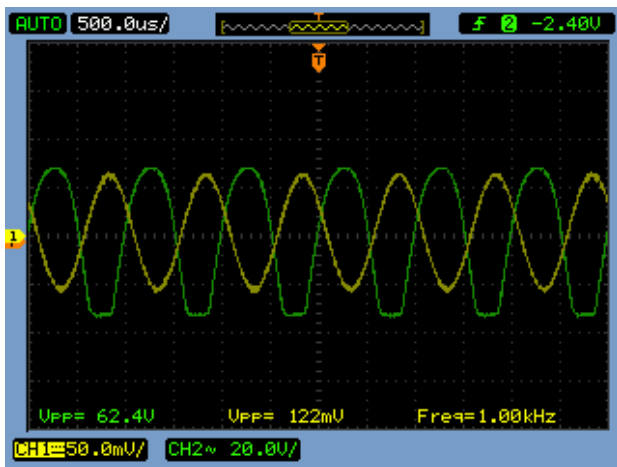
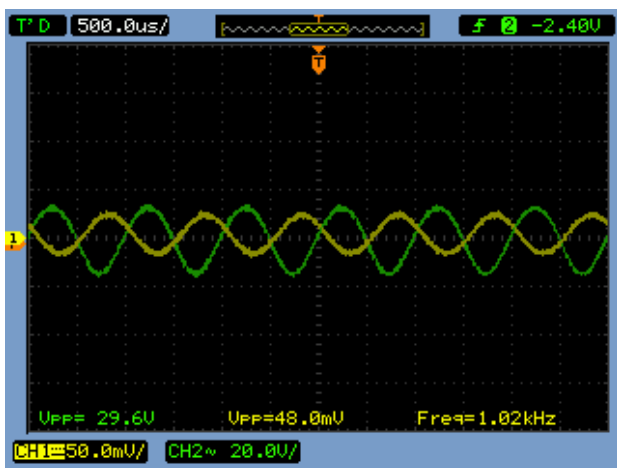


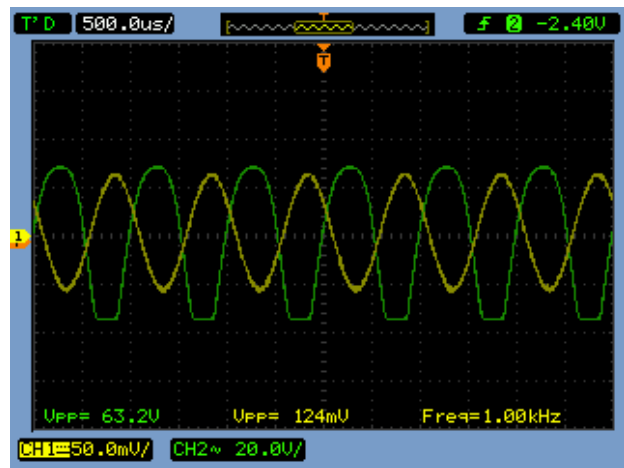
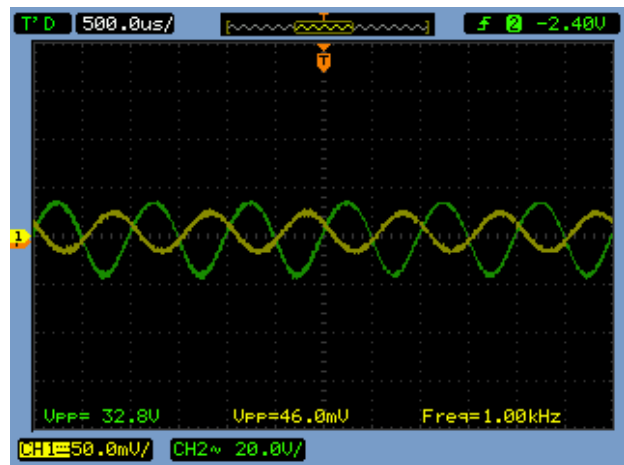
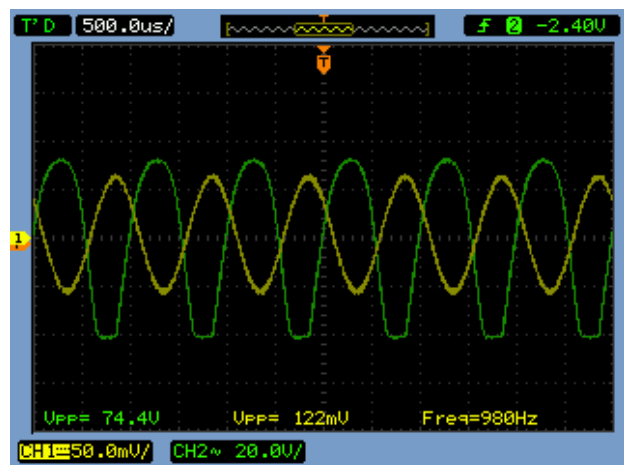
Fig. 8. Experiência 1 parte b

Ao aumentarmos a amplitude do sinal de entrada, podemos perceber que ocorre saturação na tensão de saída no ciclo positivo da tensão de entrada.

Fig. 9. Experiência 1 parte c com sinal de entrada $V_{pp} = 40$ mV

Comparando as figuras 7 e 8 em relação as figuras 9 e 10, podemos perceber que quando $R_s = 0$, temos um aumento no

ganho do circuito. Para um sinal de entrada com amplitude 20 mV, o sinal de saída passou de 27,2 V para 29,6 V e para um sinal de entrada com amplitude 60 mV, obviamente não esquecendo a saturação nos mesmos, temos um sinal de saída que passou de 62,4 V para 63,2 V.

Fig. 10. Experiência 1 parte c com sinal de entrada $V_{pp} = 120$ mVFig. 11. Experiência 1 parte d com sinal de entrada $V_{pp} = 40$ mVFig. 12. Experiência 1 parte d com sinal de entrada $V_{pp} = 120$ mV

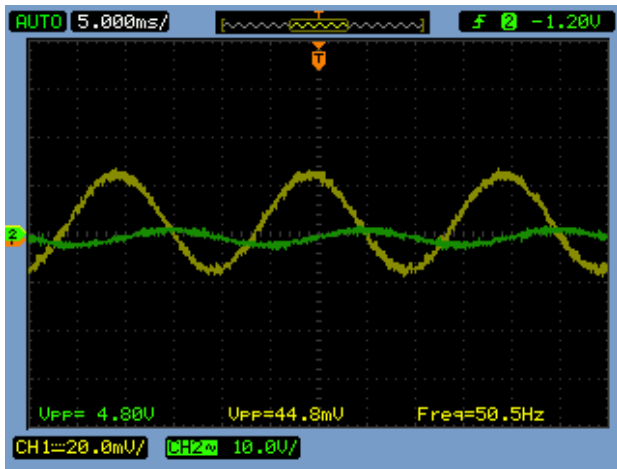


Fig. 13. Experiência 1 parte e com sinal de entrada $V_{pp} = 20 \text{ mV}$ e frequência de 50 Hz

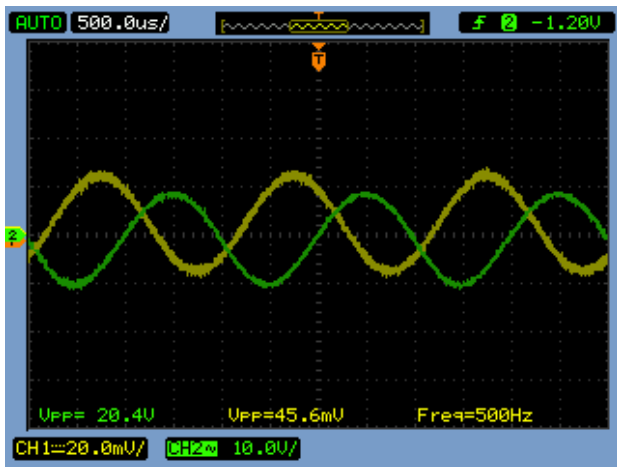


Fig. 14. Experiência 1 parte e com sinal de entrada $V_{pp} = 20 \text{ mV}$ e frequência de 500 Hz, sua faixa de operação

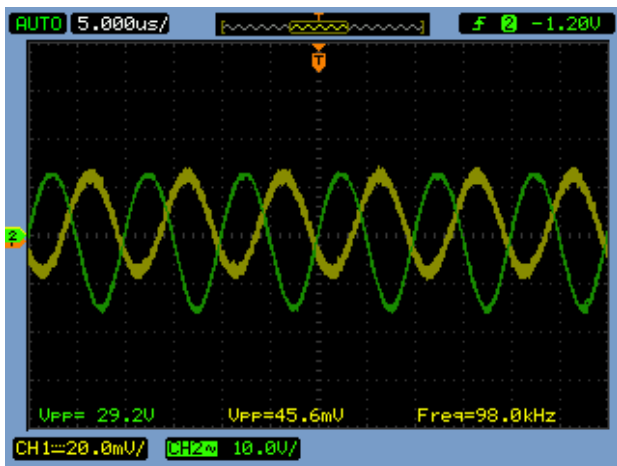


Fig. 15. Experiência 1 parte e com sinal de entrada $V_{pp} = 20 \text{ mV}$ e frequência de 100k Hz

Seguindo a mesma análise, quando temos $R_L = \infty$, observamos um aumento no ganho do circuito, uma vez que

por (1) temos que quando o mesmo tende a ∞ , o ganho de corrente tende à zero. Além disso, o efeito de adicionar uma carga R_L tem o efeito de reduzir o ganho abaixo do valor sem carga.

Por fim, observamos diferentes faixas de ganho para diferentes faixas de frequência, exemplificadas nas figuras 13, 14 e 15.

B. Experiência 2

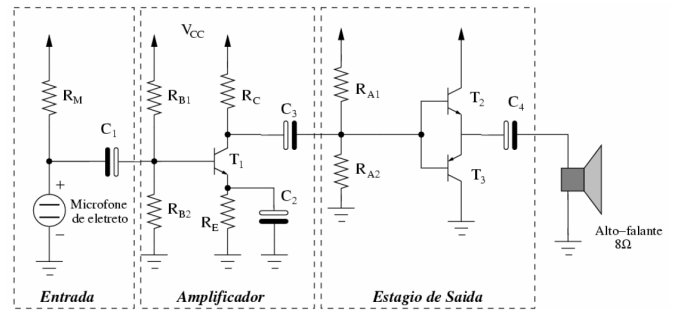


Fig. 16. Esquemático do circuito amplificador de sinais de voz com estágio de saída push-pull

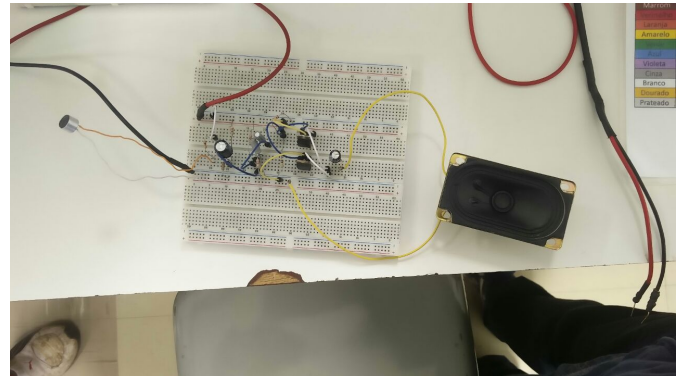


Fig. 17. Circuito amplificador de sinais de voz com estágio de saída push-pull

IV. QUESTÕES EXPERIMENTAIS

Abaixo, iremos descrever e analisar as questões experimentais.

A. Questão Experimental 1

- 1) Os ganhos obtidos em simulação e experimentais tiveram uma diferença considerável, porém o comportamento para casos para amplitudes e diferenças frequências se manteve consistente para ambos os casos.
- 2) O componente AC para os itens b), c) e d) no experimento mostram que o mesmo irá possuir maior ganho quanto menor for o número de cargas acopladas ao circuito, ou seja, um maior ganho é obtido sob condições sem carga e o menor ganho, com a inclusão de uma impedância de fonte e de carga. Não só isso, é interessante verificar que quanto maior o valor de R_L , maior o valor de

ganho CA. Além disso, para um amplificador específico, quanto menor a resistência interna de uma fonte de sinal, maior o ganho global do sistema. Em outras palavras, quanto maior a resistência de carga, mais próxima ela será da aproximação de um circuito-aberto, o que resultará no maior ganho sem carga e quanto mais próxima a resistência da fonte estiver de uma aproximação de curto-circuito, maior será o ganho, porque o efeito de R_S terá sido essencialmente eliminado.

- 3) A faixa de operação para o circuito deve-se ao efeito de filtragem dos passa-baixa para decoupling, onde, por definição, a faixa de corte é definida por:

$$f_C = \frac{1}{2\pi RC} \quad (8)$$

B. Questão Experimental 2

No experimento 2, observamos alguns comportamentos que devem ser melhorados:

- 1) Alta distorção harmônica;
- 2) Baixa fidelidade em relação ao áudio de entrada com o de saída;
- 3) Amplificação de ruídos junto com o áudio amplificado;
- 4) Com um ganho muito alto em um estágio de amplificação, também devemos nos preocupar com efeito de dissipação térmica no *tbj*;
- 5) Circuito muito suscetível a ruídos, sendo sua saída quase comprometida, algumas vezes indecifrável.

REFERENCES

- [1] A.S. Sedra e K. Smith, *Microeletrônica*, 5a ed. Pearson, Brasil, 2007.
- [2] Robert.L. Boylestad e Louis Nashelsky, *Dispositivos Eletrônicos e teoria dos circuitos*, 11a ed. Pearson, Brasil, 2013.
- [3] Padilha L. Bó, Antônio, *Notas de aula*.