

Nome – Aluno 1: Carlos Henrique Hannas de Carvalho

Num. USP: 11965988

Nome – Aluno 2: Pedro Antonio Bruno Grando

Num. USP: 12547166

Amplificador Diferencial com TBJ - Prática 7

PARTE ÚNICA

O amplificador diferencial, com transistores bipolares de junção (TBJ), é um circuito que obtém-se em sua saída, a diferença entre os sinais de entrada. A figura 1 é uma topologia de montagem do circuito amplificador diferencial com TBJ, em que Q1 e Q2 são TBJs BC548B.

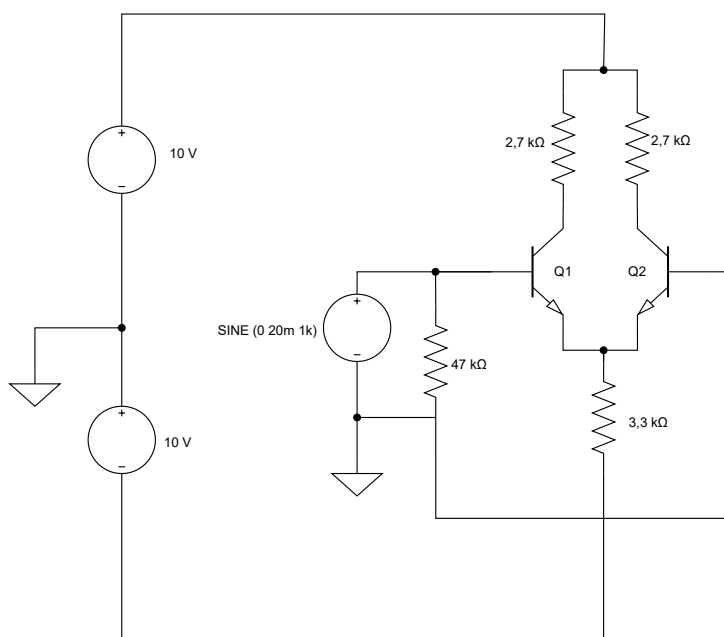


Figura 1: *Circuito amplificador diferencial com TBJ.*

ITEM A)

Segundo [1], em modo comum, i.e, as tensões de base de Q1 e Q2, na figura 1, são iguais. Devido ao casamento dos dois transistores, as correntes que fluem pelos emissores de cada TBJ também são iguais. Logo, a tensão de emissor Q1 é igual à tensão de emissor Q2.

A descrição acima implica que:

$$V_{CQ1} = V_{CQ2} \quad (.1)$$

em que V_{CQ1} e V_{CQ2} são as tensões nos coletores de Q1 e Q2, respectivamente.

Dessa forma, quando varia-se o sinal de entrada (ruído), em modo comum, mantendo a mesma configuração da figura 1, as tensões de base e correntes de emissores se mantêm iguais entre Q1 e Q2. Logo, a diferença das tensões de coletores também se mantêm iguais, conforme a equação .1.

A equação de saída do circuito é dada por:

$$V_{output} = A_v^{dif} (V_{CQ1} - V_{CQ2}) \quad (.2)$$

em que A_v^{dif} é o ganho do circuito diferencial.

Pela equação .1, $V_{CQ1} - V_{CQ2} = 0$. Substituindo em .2, têm-se uma saída de 0V de amplificação. Por isso, diz-se que o amplificador diferencial rejeita ruído na entrada do circuito.

Segundo a literatura de circuitos eletrônicos, as tensões de coletores, V_{CQ1} e V_{CQ2} , nessa topologia de circuito, são:

$$V_C = V_{CQ1} = V_{CQ2} = V_{CC} - \frac{\alpha I}{2} R_C$$

em que R_C é o valor nominal do resistor ligado a cada um dos TBJs, I é a corrente que flui pelo emissor e V_{CC} é a fonte em modo comum. Como ambos, teoricamente, têm mesma corrente de polarização e mesmas resistências de coletor, as tensões de coletor deveriam ser as mesmas.

ITEM B)

Mediu-se a tensão nos coletores Q1 e Q2, em que o referencial é o terra, quando há um sinal de entrada em torno de $20mV_{pico}$. Os valores de tensão encontram-se na seguinte tabela:

TBJ	Tensão no coletor (V)
Q1	6,07
Q2	6,33

Tabela 1: Tensão nos coletores para polarização DC.

Percebe-se que os valores divergiram levemente, o que pode ser associado a assimetria entre os transistores, além de imperfeições relacionadas aos resistores de coletor.

ITEM C)

Aplicou-se um sinal de entrada na faixa de $20mV$ pico-a-pico, com frequência em $f = 1000Hz$. Dessa forma, responde-se:

- O sinal de entrada (gerador de sinais) e o sinal de saída (Q1), vistos do osciloscópio:

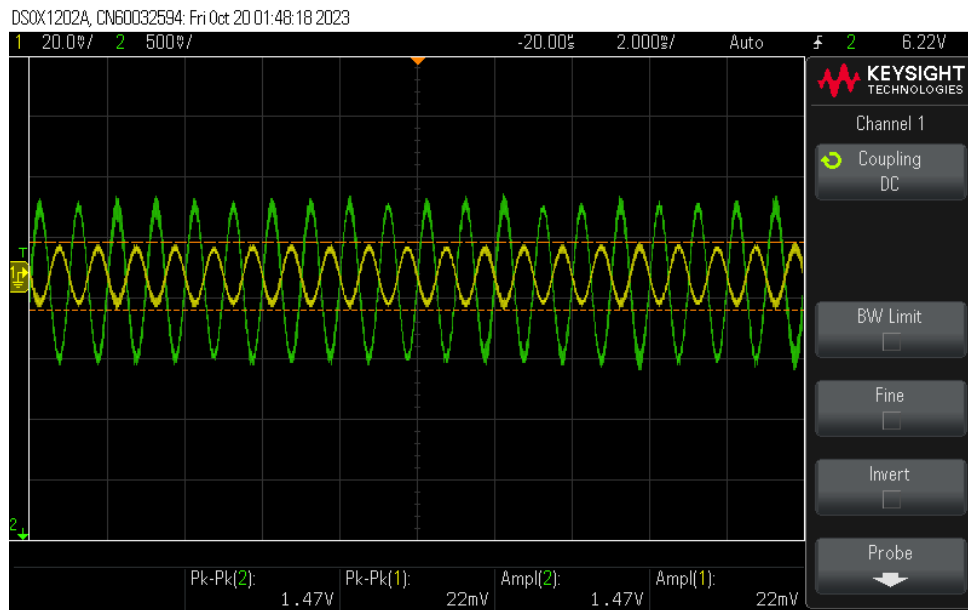


Figura 2: Sinais de entrada e saída de Q1, vistos do osciloscópio.

O ganho do amplificador através deste resultado é calculado a seguir:

$$A_v^{dif} = \frac{V_{output}}{V_{CQ1} - V_{CQ2}} \quad (.3)$$

em que $V_{CQ1} = 22mV$, $V_{CQ2} = 0mV$ e $V_{output} = 1,47V$. Substituindo esses valores na equação .3, encontrou-se:

$$A_v^{dif} = \frac{1,47}{0,022} = 66,88V/V \quad (.4)$$

- A amplitude máxima desse sinal de entrada que ainda fornece um sinal senoidal na saída de Q1, sem que haja ceifamento/distorções:

A amplitude máxima ocorre em aproximadamente $177mV$. Isso pode ser visto na figura 3

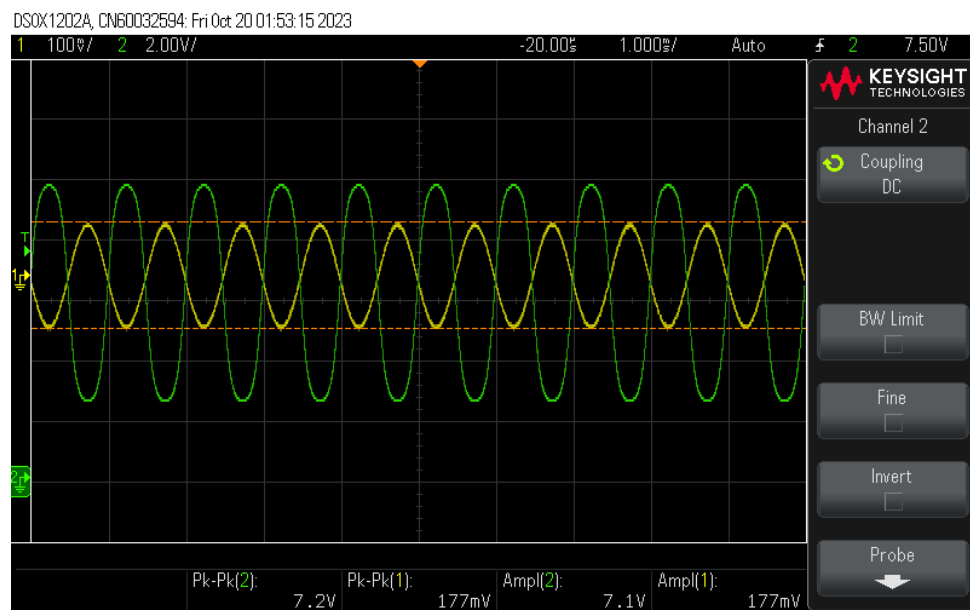


Figura 3: Amplitude máxima do sinal de entrada, antes de ceifamento.

- Os dois sinais de saída (coletores de Q1 e Q2), vistos do osciloscópio:

A figura abaixo mostra os sinais de saída dos coletores Q1 e Q2:

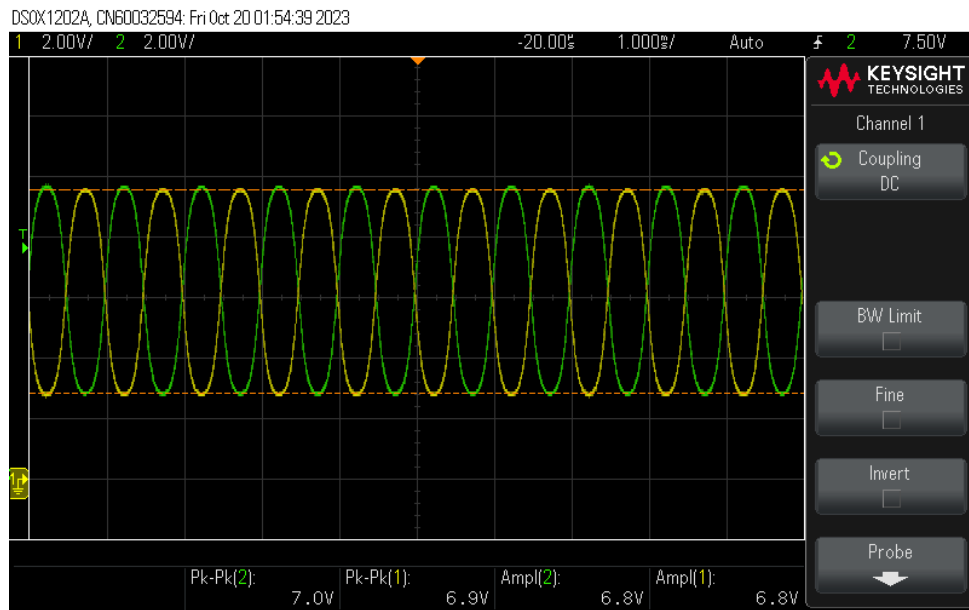


Figura 4: Sinais de saída de $Q1$ e $Q2$.

A aparição do fenômeno de "*phase split*", i.e., os sinais aparecerem como complementários, está associado a três fatores principais: os amplificadores estão na topologia de coletor comum porém agindo como emissor comum, o emissor de ambos é comum, e o sinal de entrada de Q_2 é aterrado[2]. Ambos os transistores são polarizados pelo emissor degenerado, o que força o surgimento de uma tensão V_{BE} que permita fluir a corrente de polarização. Assim, ao se aplicar duas tensões diferentes na base dos transistores, ambos tentarão variar a tensão de emissor no ponto comum, contudo, um agindo no sentido de aumentar ("*pull-up*") e outro no sentido de diminuir ("*pull-down*"), intercaladamente, o que resulta em uma tensão praticamente constante nos emissores.

Contudo, forçar essas flutuações faz com que surjam alterações tensões dos coletores, de forma semelhante, com uma aumentando e a outra diminuindo intercaladamente. Esse é o motivo pelo qual as saídas aparecem complementares.

REFERÊNCIAS

- [1] Sedra and Smith. *Microeletrônica*, volume 4 ed. Pearson, 2004.
- [2] Differential amplifier: Long-tailed pair. https://en.wikipedia.org/wiki/Differential_amplifier. Acessado: 29.10.2023.