

Exp. V — Amplificadores de Potência tipo *push-pull*

1. Objetivos

Nos últimos dois experimentos vimos a importância de um adequado casamento das impedâncias dos amplificadores com a carga. Não observamos, no entanto, a eficiência dos estágios construídos. Neste experimento iremos construir um estágio de potência com a topologia push-pull e comparar sua eficiência com o estágio de acoplamento montado no experimento anterior. Ao fim do experimento seremos capazes de amplificar o sinal de um microfone de eletreto para reproduzi-lo em um alto-falante.

2. Recomendação importante

- Façam as conexões com muita atenção para evitar a queima o transistor.
- Como o circuito a ser montado possui muitos componentes, construa o circuito por partes e verifique o correto funcionamento de cada parte antes de montar a próxima
- Este circuito será usado na próxima aula pelo grupo. Portanto, garantam que a montagem está correta e que é de fácil interpretação.

3. Componentes

Transistor: 2x 2N2222 (NPN)
e 2x 2N2907 (PNP)

Potenciômetro: linear de 47k Ω e
log de 50k Ω

Capacitores: 1 μ F (poliester)

Resistores: 1 x 6,8 k Ω , 1 x 27 k Ω ,
1 x 330k Ω , 1 x 510 k Ω , 1 x 100 k Ω ,
1 x 6,2 k Ω , 2 x 2,2 k Ω

Diodos: 2 x 1N4004

Alto-Falante
(Está no armário do laboratório)

Microfone de eletreto
(Está no armário do laboratório)

4. Parte Experimental

4.1. **Limite** a corrente da fonte em **200 mA**. (Faça para isso um curto circuito.)

4.2. Para o circuito seguidor de emissor montado na aula passada, aterre a entrada do circuito (V_{in}) e meça a corrente no resistor R_E . Calcule a potência dissipada pelo amplificador, i.e., pelo transistor e o resistor em série com a entrada aterrada.

4.3. Monte o estágio *push-pull* da Figura 1. Use as duas saídas da fonte de corrente contínua. Prestem muita atenção com as ligações para garantir uma fonte simétrica.

4.3.1. Com a entrada e a saída desconectadas, meça V_B e V_E . Agora repita as mesmas medidas com a entrada aterrada. Como vocês explicam estes valores?

4.3.2. Aplique na entrada uma onda triangular de 200 mVPP e 1 kHz. O que vocês observam na saída? Aumente gradualmente a tensão de entrada e observe como a saída se comporta.

4.3.3. Ligue uma carga (alto-falante) na saída usando e repita o item anterior.

4.3.4. Com os dados medidos no item anterior, calcule a potência total dissipada pelo amplificador, i.e., pelos dois transistores com a entrada aterrada.

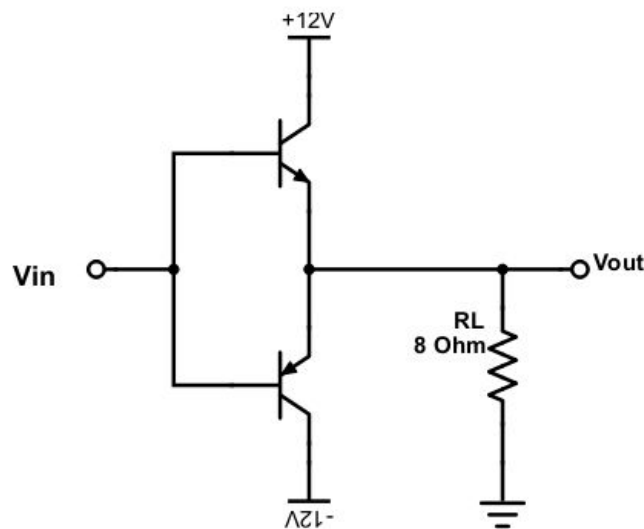


Figura 1: Circuito *push-pull* simples.

4.4. Vamos agora substituir a fonte simétrica por uma única fonte de alimentação para o circuito *push-pull*. Monte o circuito da Figura 2. Utilize $C_1 = 680\text{nF}$ e $C_2 = 220\mu\text{F}$. Aproveite os capacitores do laboratório anterior.

4.4.1. Qual a importância dos resistores para este circuito?

4.4.2. Com a entrada aterrada, calcule a potência total dissipada pelo amplificador.

4.4.3. Aplique uma forma de onda triangular 200mV_{pp} a 1KHz na entrada e observe a distorção da saída. Explique o sinal observado.

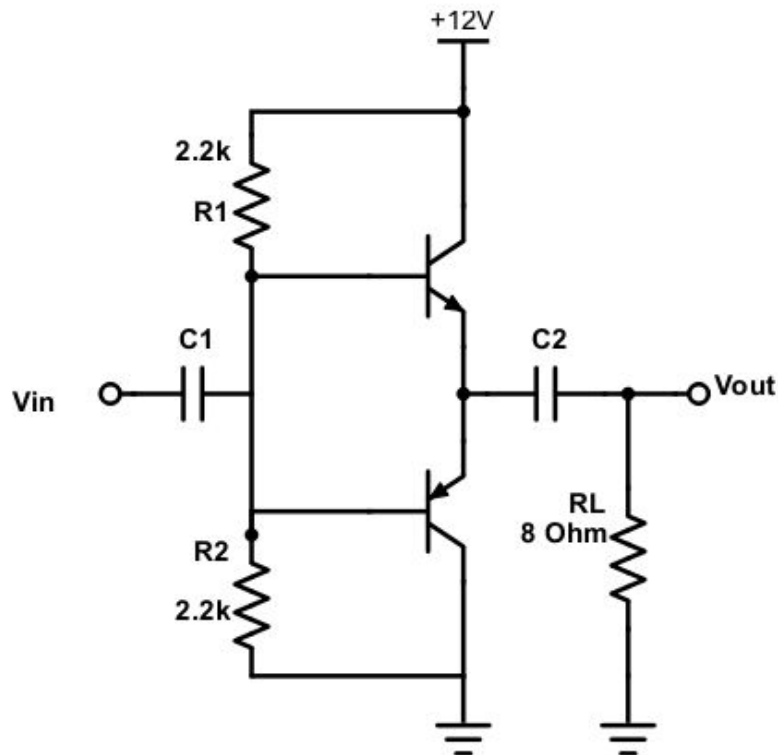


Figura 2: Circuito *push-pull* simples com alimentação assimétrica.

4.5. Vamos agora adicionar dois diodos ao circuito do *push-pull*, como mostrado na figura 3.

4.5.1. Qual a função dos diodos?

4.5.2. Com a entrada aterrada, meça V_{BE} , I_{R1} , I_{R2} e calcule I_{B1} e I_{B2} .

4.5.3. Com um amperímetro, meça a corrente I_C e calcule a potência total dissipada no circuito com a entrada aterrada. **Dica: O amperímetro deve ser ligado em série no circuito.**

4.5.4. Compare a potência dissipada neste circuito com a potência dissipada no circuito sem diodo e no circuito seguidor de emissor.

4.5.5. Aplique uma forma de onda triangular 200mV_{pp} a 1KHz na entrada. Ainda sem carga, meça o ganho de tensão correspondente e observe a distorção do circuito. Varie a frequência para avaliar o comportamento do ganho.

4.5.6. Acople agora a carga à saída. Como o ganho se comporta?

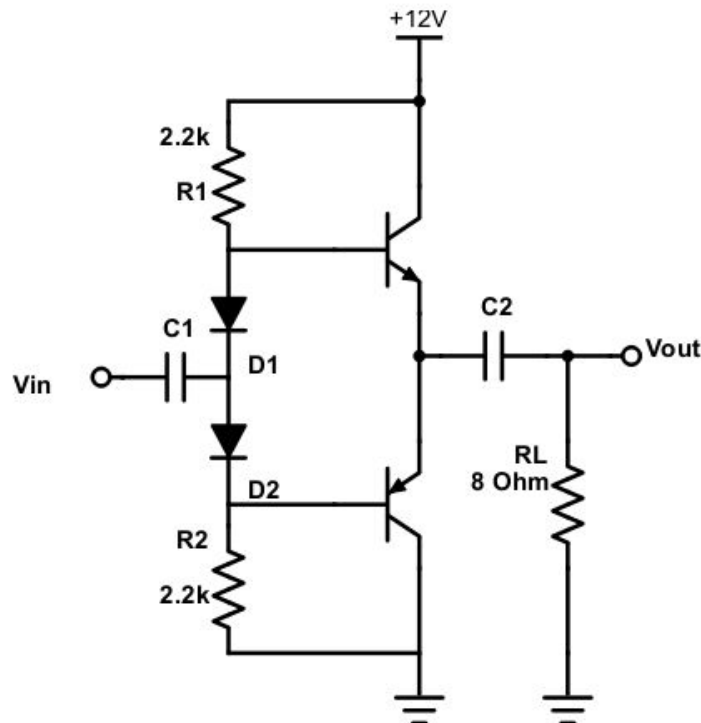


Figura 3: Circuito *push-pull* com polarização e alimentação assimétrica.

4.6. Acople o estágio de pré-amplificação das aulas anteriores ao amplificador push-pull.

4.6.1. Acople um microfone de eletreto à entrada do estágio fonte-comum (atente à forma de polarização). Fale ao microfone e monitore no osciloscópio a saída do microfone e do amplificador. Verifique se há som no alto-falante.

5. Desafio

5.1. Projete uma fonte de corrente regulável com o 2N2907 para substituir R1, como mostrado na figura 4. Use $0V < V_{EB} < 1V$.

5.1.1. Monte o circuito e ajuste o potenciômetro de modo a obter $V_E = 6V$.

5.1.2. Aplique uma forma de onda triangular $200mV_{pp}$ a 1KHz na entrada e meça o ganho.

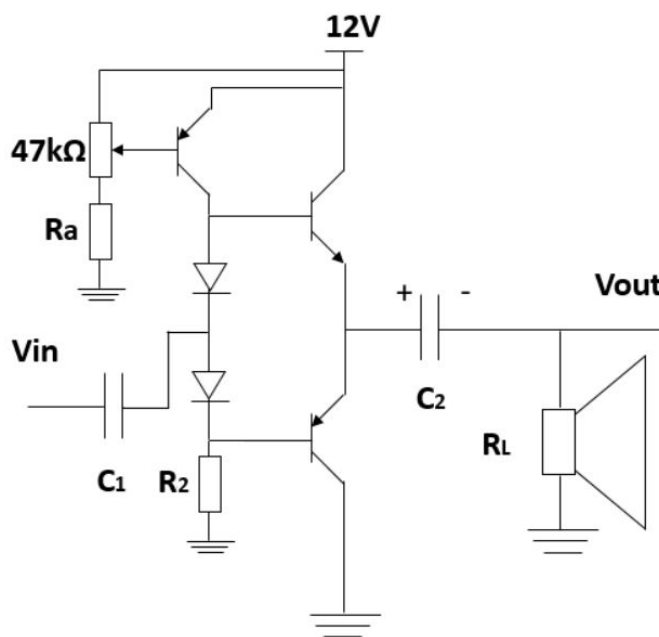


Figura 4: Circuito *push-pull* com fonte de corrente.

6. Podemos incluir um amplificador emissor comum direto no circuito de polarização do *push-pull*. Para tanto, substitua R_2 por um amplificador emissor comum. $R_c = 100\text{k}\Omega$ e $R_D = 6\text{k}\Omega$.

6.1. Ajuste o potenciômetro da fonte de corrente de modo a ter uma tensão de *off-set* no emissor de 6V.

6.2. Aplique uma forma de onda triangular 5mV_{pp} a 1KHz na entrada. Se o ganho estiver alto mexa no potenciômetro LOG.

6.3. Meça o ganho. Leve em conta o divisor resistivo da entrada (potenciômetro LOG).

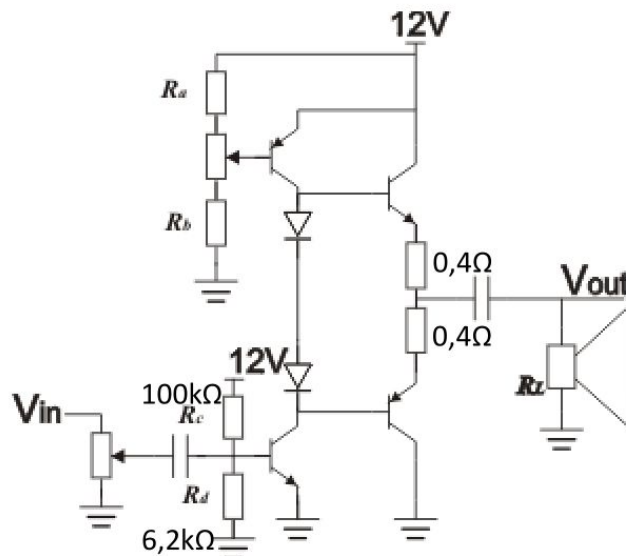


Figura 4: Circuito *push-pull* com fonte de corrente.

7. Desacople o seguidor de emissor e acople o estágio *push-pull* amplificado ao amplificador fonte comum:

7.1. Aplique uma forma de onda triangular de 10mV_{pp} e 1KHz na entrada;

7.2. Meça o ganho do primeiro e do segundo estágio;

7.3. Meça o ganho total;

8. Acople o microfone de eletreto na entrada, observe a saída com um osciloscópio e se está saindo som. Aumente e diminua o volume por meio do potenciômetro LOG.

9. Retire o microfone de eletreto com o resistor de polarização e acople uma saída de som.

10. Bibliografia

- B. Razavi, Fundamentos de Microeletrônica, LTC
- S. Sedra, K.C.Smith, Microeletrônica, Makron Books Ltda
- R. Boylestad e L. Nashelsky, Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos, Prentice-Hall.