

AMPLIFICADOR PUSH-PULL "CLASSE B"

OBJETIVOS:

- a) analisar o funcionamento básico de um amplificador push-pull;
- b) entender e explicar o significado de push-pull;
- c) entender o significado de *distorção por cruzamento*.

INTRODUÇÃO TEÓRICA

Em um amplificador "push-pull" classe B, cada transistor opera na região ativa durante metade do ciclo do sinal CA. Com uma fonte de alimentação simples, a compliance¹ CA de saída é aproximadamente igual a V_{cc} .

Amplificadores "push-pull" classe B são muito usados no estágio de saída de sistemas de áudio porque eles podem produzir potências maiores do que os amplificadores classe A, isto é, possuem uma eficiência muito maior.

O principal problema que ocorre com amplificadores "push-pull" classe B é a estabilização do ponto Q perto do corte. Isto ocorre devido a dificuldade em se ajustar I_{CQ} , uma vez que um pequeno aumento da tensão V_{BE} provoca uma alteração considerável da corrente de coletor.

A polarização com divisor de tensão na base não é recomendável, uma vez que o ponto Q é muito sensível às variações de tensão da fonte, temperatura e eventuais substituições do transistor, podendo ocorrer em virtude disso um disparo térmico.

A polarização através de diodos é a forma usual de se polarizar amplificadores "push-pull" classe B, escolhendo-se preferencialmente diodos cujas curvas sejam semelhantes às curvas dos diodos "base-emissor" dos transistores. Esse procedimento permite uma ótima estabilização do ponto Q.

PARTE PRÁTICA

MATERIAIS NECESSÁRIOS

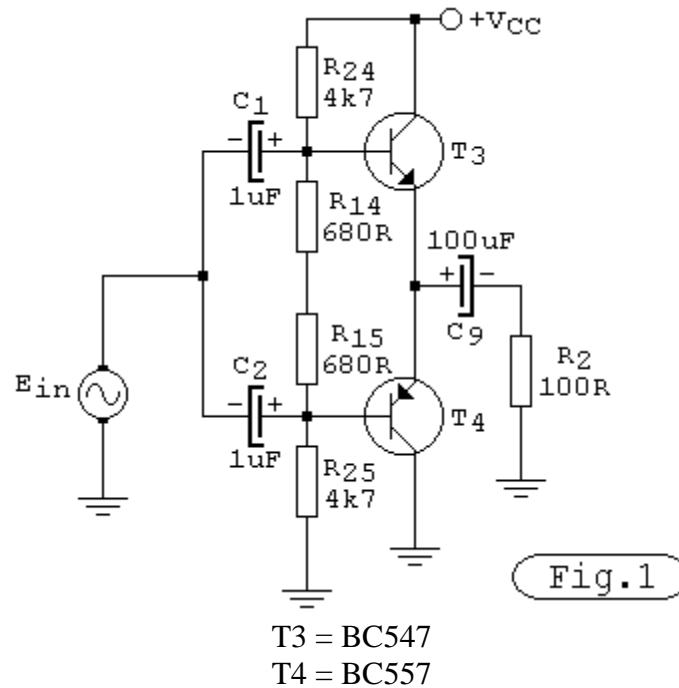
- 1- Gerador de áudio
- 1- Fonte de alimentação 0-20V
- 1- Osciloscópio
- 2- Multímetros
- 1- Módulo de ensaios ELO-1

DISTORÇÃO DE CRUZAMENTO:

- 1- Monte o circuito da figura 1, alimentando-o com uma tensão de 5V.

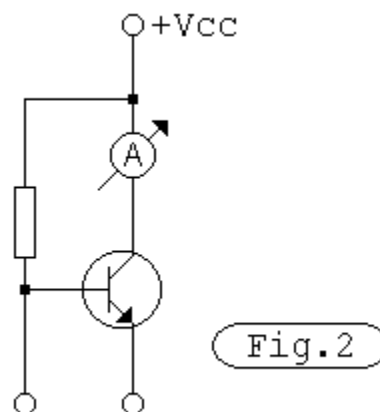
¹ COMPLIANCE: tensão de pico a pico do sinal amplificado sem distorção

- 2- Ajuste a frequência de entrada para 1kHz e o nível de áudio em 2Vpp.
- 3- Observe o sinal de saída no resistor de carga (100Ω). O sinal de saída deverá estar distorcido.



SENSIBILIDADE DA TENSÃO POLARIZAÇÃO POR DIVISOR:

- 4- Reduza o nível do sinal a zero e ligue o multímetro como um amperímetro em série com o coletor, conforme sugere a figura 2.



- 5- Ligue o segundo multímetro como voltímetro na fonte de alimentação.
- 6- Ajuste V_{CC} de modo a obter I_{CQ} de $10\mu A$. Anote o valor de V_{CC} tabela 1.
- 7- Ajuste V_{CC} de modo a obter outros valores de I_{CQ} , anotando os valores de V_{CC} na tabela 1.
- 8- Reduza V_{CC} a zero. Calcule a sensibilidade da corrente do coletor em função da tensão da fonte, com a seguinte equação:

$$\text{SENSIBILIDADE} = \frac{I_{CQ}(\text{max}) - I_{CQ}(\text{min})}{V_{CC}(\text{max}) - V_{CC}(\text{min})}$$

OBS: use os valores máximos e mínimos da tabela 1 e anote suas respostas na mesma tabela.

COMPLIANCE DE SAÍDA CA:

9- Ajuste V_{CC} até obter uma corrente quiescente de coletor de aproximadamente 1mA. Desligue o amperímetro do coletor e ligue novamente o coletor à fonte.

10- Aumente o sinal do gerador de áudio até que se note cortes na saída do sinal. Volte levemente até que o sinal de saída não tenha mais cortes. Se o circuito está funcionando corretamente a saída de pico a pico deverá ser de aproximadamente (cerca de 10V, ou seja, 5V por transistor).

Esta é a compliance do circuito.

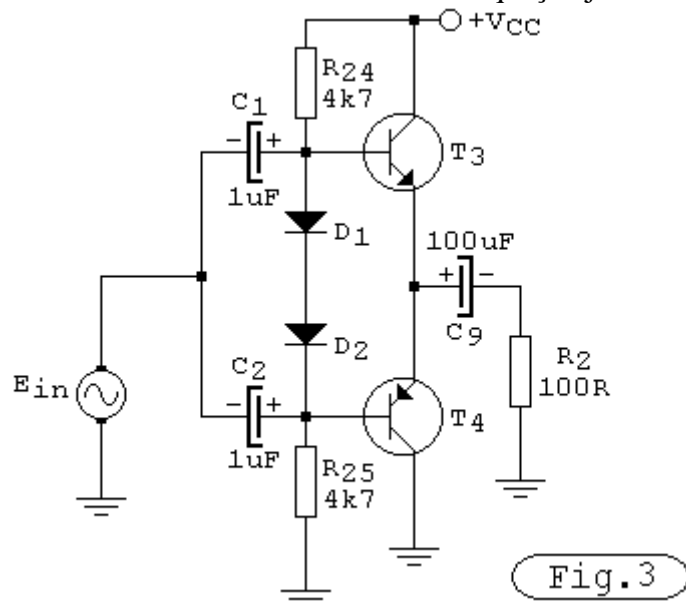
SENSIBILIDADE DA POLARIZAÇÃO POR DIODO:

11- Monte o circuito da figura 3.

12- Reduza o sinal do gerador a zero. Meça e anote na tabela 2 os valores de V_{CC} para valores de I_{CQ} de $10\mu\text{A}$, $100\mu\text{A}$ e 1mA (adote o procedimento do item 4). Se não for possível ajustar um valor particular de I_{CQ} , ignore os valores de V_{CC} .

13- Ajuste o valor de V_{CC} para 15V. Anote I_{CQ} na tabela 2. Desligue o amperímetro e ligue o coletor à fonte novamente.

14- Calcule a sensibilidade da corrente do coletor conforme equação já vista. Anote na tabela 2.



T3 = BC547

T4 = BC557

D1 = D2 = 1N4002

RELAÇÕES DE POTÊNCIA:

15- Para o circuito da figura 3, calcule V_{CEQ} dos transistores Q1 e Q2 para V_{CC} igual a 10V. Anote as respostas na tabela 3. Calcule também a compliance de saída e a corrente de dreno para o máximo sinal de saída.

16- A seguir calcule a potência máxima na carga sem cortes, a potência de entrada CC e a eficiência do estágio. Anote as respostas na coluna teórica da tabela 4.

17- Monte o circuito, e alimente-o com 10V. Meça e anote V_{CEQ} de cada transistor e anote na tabela 4. Meça e anote também a compliance CA de saída e a corrente total do circuito.

18- Calcule e anote os valores experimentais listados na tabela 4, utilizando os dados medidos da tabela 3.

PROJETO:

19- Calcule o valor de V_{CC} no circuito da figura 3, necessário para uma carga com potência de 1/4W. Anote este valor na parte superior da tabela 5. Calcule e anote os outros valores listados na tabela 5.

20- Monte o circuito com o valor de V_{CC} projetado. Meça e anote os valores experimentais de PP e I_F na tabela 5. Calcule e anote os outros valores experimentais de $P_{L(MAX)}$, P_F e η usando os dados de PP e I_F medidos.

TABELA 1

**SENSIBILIDADE DA POLARIZAÇÃO
POR DIVISOR DE TENSÃO**

I_{CQ}	V_{CC}
10 μ A	
100 μ A	
1mA	
10mA	
SENSIBILIDADE	

TABELA 2

**SENSIBILIDADE DA POLARIZAÇÃO
POR DIODOS**

I_{CQ}	V_{CC}
10 μ A	
100 μ A	
1mA	
	15V
SENSIBILIDADE	

TABELA 3

DADOS DO CIRCUITO

PARÂMETROS	CALCULADO	MEDIDO
$V_{CEQ(SUPERIOR)}$		
$V_{CEQ(INFERIOR)}$		

PP		
I _F		

TABELA 4

POTÊNCIA E EFICIÊNCIA

PARÂMETROS	TEÓRICO	EXPERIMENTAL
P _{L(MAX)}		
P _F		
η		

TABELA 5: PROJETO

V_{CC} = _____

PARÂMETROS	TEÓRICO	EXPERIMENTAL
PP		
I _F		
P _{L(MAX)}		
P _F		
η		

QUESTÕES:

- O valor medido de V_{CEQ} de cada transistor foi de:
a) 5V b) 10V c) 15V d) 20V
- A compliance CA de saída é de aproximadamente:
a) 5V b) 10V c) 15V d) 20V
- A corrente de dreno teórica do circuito da figura 3, é de aproximadamente:
a) 0,915mA b) 15,9mA
c) 16,8mA d) 29mA
- O amplificador “push-pull” classe B da figura 3, tem uma eficiência teórica aproximadamente de:
a) 1% b) 25% c) 75% d) 100%
- Explique resumidamente o que significam os valores de sensibilidade obtidos nas tabelas 1 e 2.

- Explique resumidamente o funcionamento do amplificador “push-pull” classe B da figura 3.

7- Suponha que alguém montou o circuito da figura 1, usando uma alimentação de 15V. Depois descobre-se que um dos transistores foi destruído. O que poderá ter acontecido?

8- Suponha que o transistor Q1 do circuito da figura 3, tenha o emissor-coletor em curto. Explique o que acontecerá com o transistor Q2.
