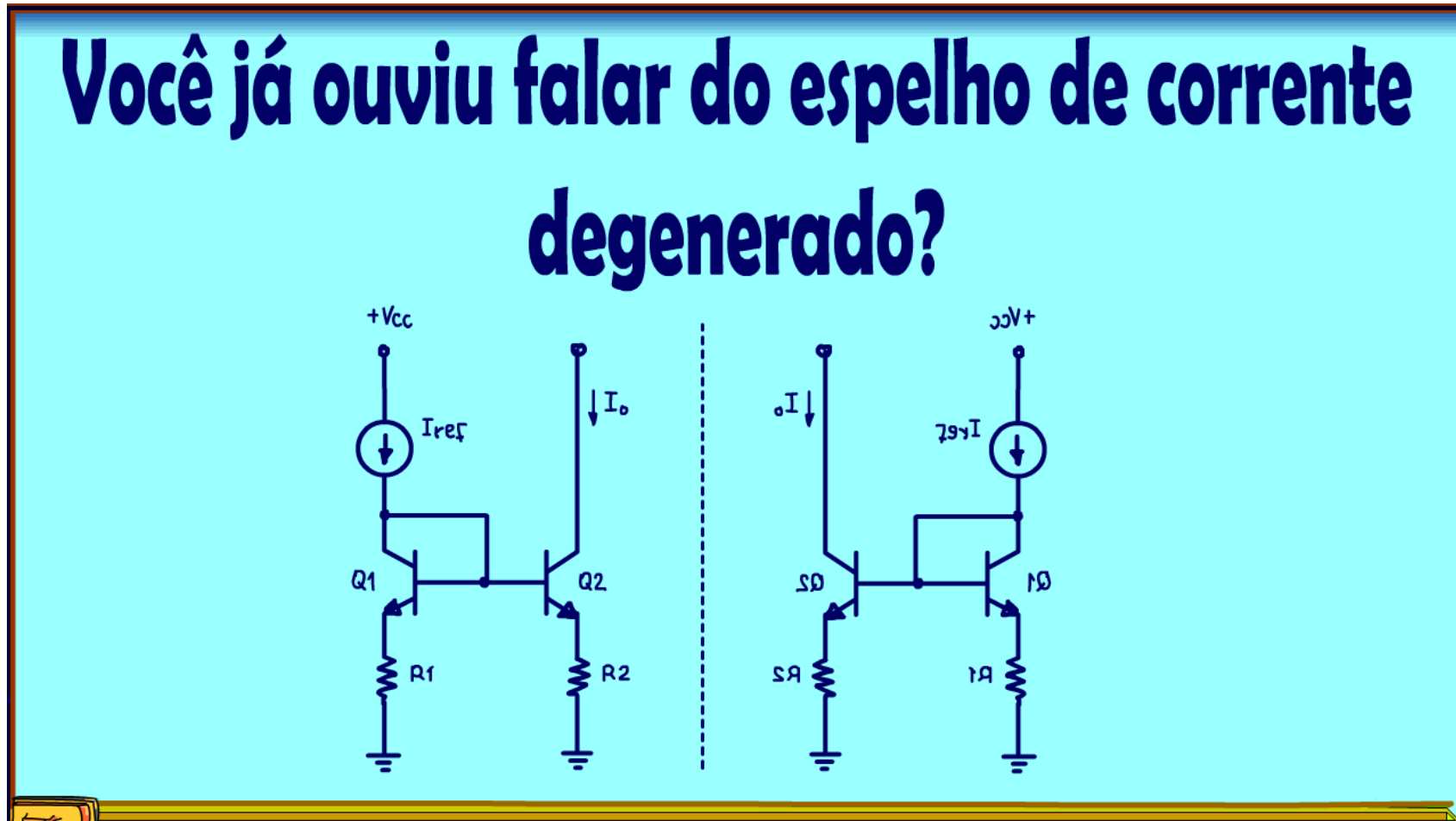


Você já ouviu falar do espelho de corrente degenerado?





**VISITE
O NOSSO
SITE e
CANAL
YOUTUBE**
www.bairrospd.com
Professor Bairos

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

<https://www.youtube.com/@professorbairros>

O espelho de corrente degenerado

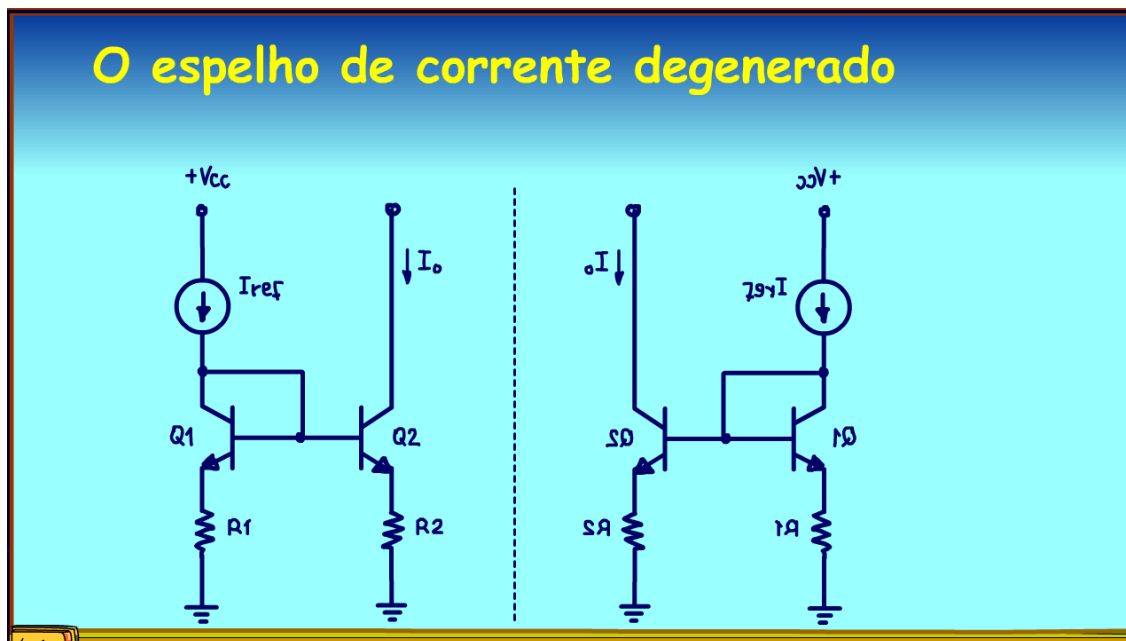
Sumário

1. O espelho de corrente degenerado.....	3
2. O espelho de corrente.....	4
3. O funcionamento.....	5
4. A corrente de saída aproximada.	6
5. Fonte de corrente / Espelho	7
6. A impedância de saída.	8
7. O espelho de corrente com correntes diferentes.	9
8. O espelho de corrente com corrente de saída menor.	10
9. O espelho de corrente degenerado.....	11
10. Analisando o circuito.....	12
11. A equação da malha.....	13
12. As tensões nas resistências de emissor.	14
13. A impedância de saída e os valores das resistências.	15
14. Exemplo.....	16
15. Mais de uma corrente de saída.	17
16. Conclusão.....	18
17. Créditos.....	19

O espelho de corrente degenerado

1. O ESPELHO DE CORRENTE DEGENERADO

O espelho de corrente degenerado



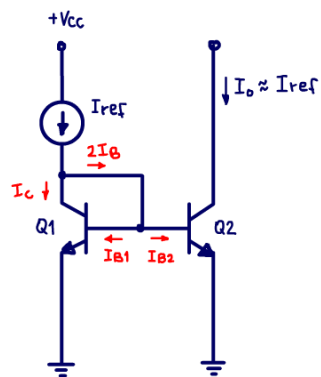
Sim, existe um espelho de corrente degenerado, como em toda a família, ele é muito usado em circuitos de amplificadores de potência com par diferencial e até para a polarizar amplificadores classe AB, mas o espelho de corrente degenerado vem solucionar um probleminha dos espelhos de corrente normais, é sobre isso que eu vou falar nesse tutorial.

Vamos lá.

O espelho de corrente degenerado

2. O ESPELHO DE CORRENTE.

2.O ESPELHO DE CORRENTE.



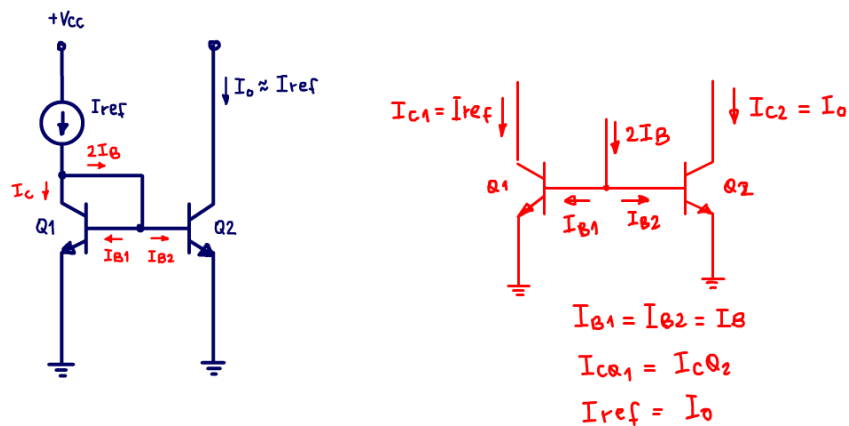
Esse é o circuito do espelho de corrente normal.

O objetivo desse circuito é fazer a corrente de saída I_o seja igual a corrente de referência, isso é que a corrente de saída seja um espelho da corrente de referência.

O espelho de corrente degenerado

3. O FUNCIONAMENTO.

2. O ESPELHO DE CORRENTE.



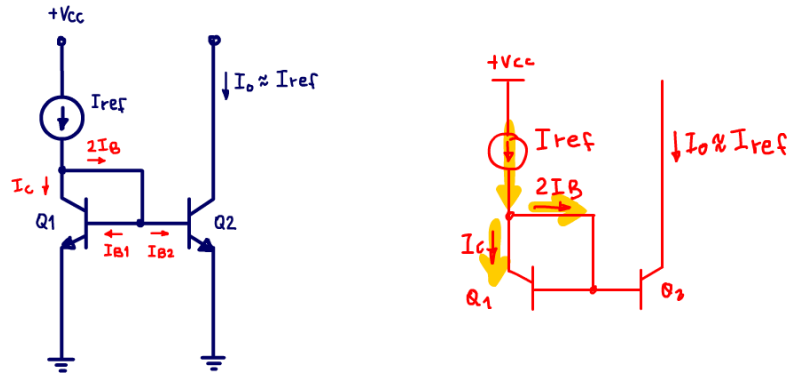
O funcionamento é simples, como os dois transistores são do mesmo tipo e as junções base emissor estão exatamente em paralelo, então a corrente na base do transistor Q1 é igual a corrente na base do transistor Q2.

Como a corrente de coletor só depende da corrente de base, as correntes de coletores dos dois transistores serão exatamente iguais, então a corrente de coletor do transistor Q2, a corrente de saída será igual a corrente de coletor do transistor Q1, a corrente de referência, esse é o espelho de corrente que todo mundo conhece.

O espelho de corrente degenerado

4. A CORRENTE DE SAÍDA APROXIMADA.

4.A CORRENTE DE SAÍDA APROXIMADA.

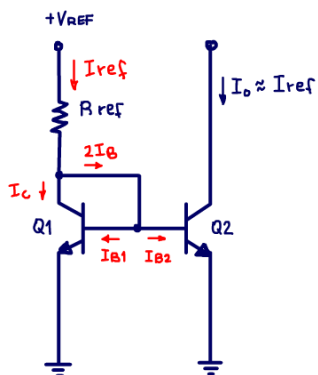


Na verdade, a corrente de saída é aproximadamente igual a corrente de referência, isso porque a corrente de coletor do transistor Q1 não é exatamente igual a corrente de referência, parte da corrente que vem da fonte de corrente é desviada para a base, se o transistor for de alto ganho, então, essa corrente de base vai ser bem pequena, por isso é bom dizer que a corrente de saída é aproximadamente igual a corrente de referência.

O espelho de corrente degenerado

5. FONTE DE CORRENTE / ESPELHO

5.FONTE DE CORRENTE / ESPELHO



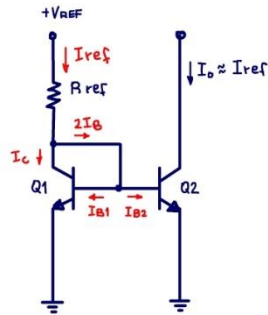
$$I_o \approx I_{ref} = \frac{V_{REF} - V_{BE}}{R_{ref}}$$

O circuito da figura é na verdade uma fonte de corrente que simula um espelho de corrente, nesse circuito a fonte de corrente de referência é substituída por uma resistência de referência ligada a uma fonte de referência bem estabilizada, agora a corrente de saída vai ser igual a tensão de referência, menos a tensão base emissor do transistor Q1, sobre a resistência de referência.

O espelho de corrente degenerado

6. A IMPEDÂNCIA DE SAÍDA.

6. A IMPEDÂNCIA DE SAÍDA.



$$z_o = r_{o2}$$

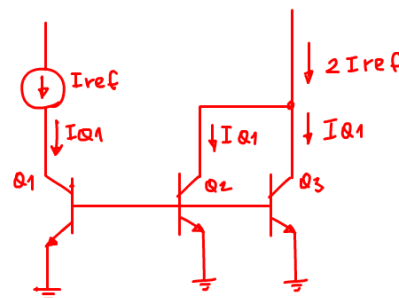
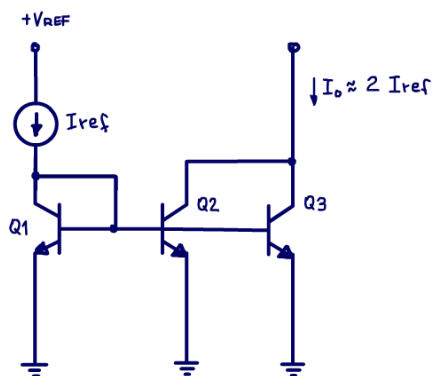
$r_o = \text{Impedância de saída}$

No circuito do espelho de corrente com a fonte de corrente de referência a impedância de saída vai depender da impedância de saída interna do transistor Q2 e essa impedância depende da corrente de saída, quanto menor a corrente de saída maior a impedância de saída, melhor o circuito, então esse circuito é muito prático para correntes baixas, abaixo de 20 mA.

O espelho de corrente degenerado

7. O ESPELHO DE CORRENTE COM CORRENTES DIFERENTES.

7.0 ESPELHO DE CORRENTE COM CORRENTES DIFERENTES.



O espelho de corrente normal é complicado de construir quando queremos uma corrente de saída diferente da corrente de referência.

Uma solução é colocar transistores idênticos em paralelo, por exemplo, para dobrar a corrente de saída bastaria colocar dois transistores do mesmo tipo no lugar de um transistor Q2.

Você pode colocar mais de dois transistores em paralelo para aumentar ainda mais a corrente de saída.

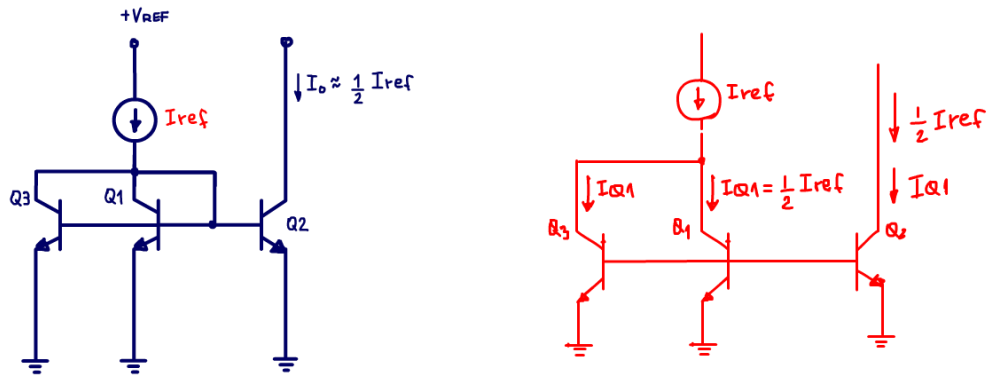
Essa é uma solução possível e muito usada, mas tem uma limitação, você só consegue múltiplos inteiros da

corrente de referência.

O espelho de corrente degenerado

8. O ESPELHO DE CORRENTE COM CORRENTE DE SAÍDA MENOR.

8.O ESPELHO DE CORRENTE COM CORRENTE DE SAÍDA MENOR.

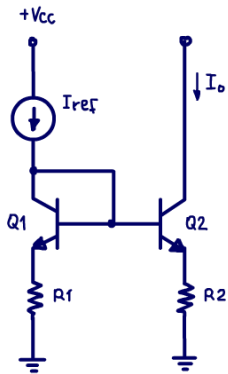


Claro que você pode obter uma corrente de saída menor do que a corrente de referência dobrando o transistor Q1.

O espelho de corrente degenerado

9. O ESPELHO DE CORRENTE DEGENERADO.

9.0 ESPELHO DE CORRENTE DEGENERADO.

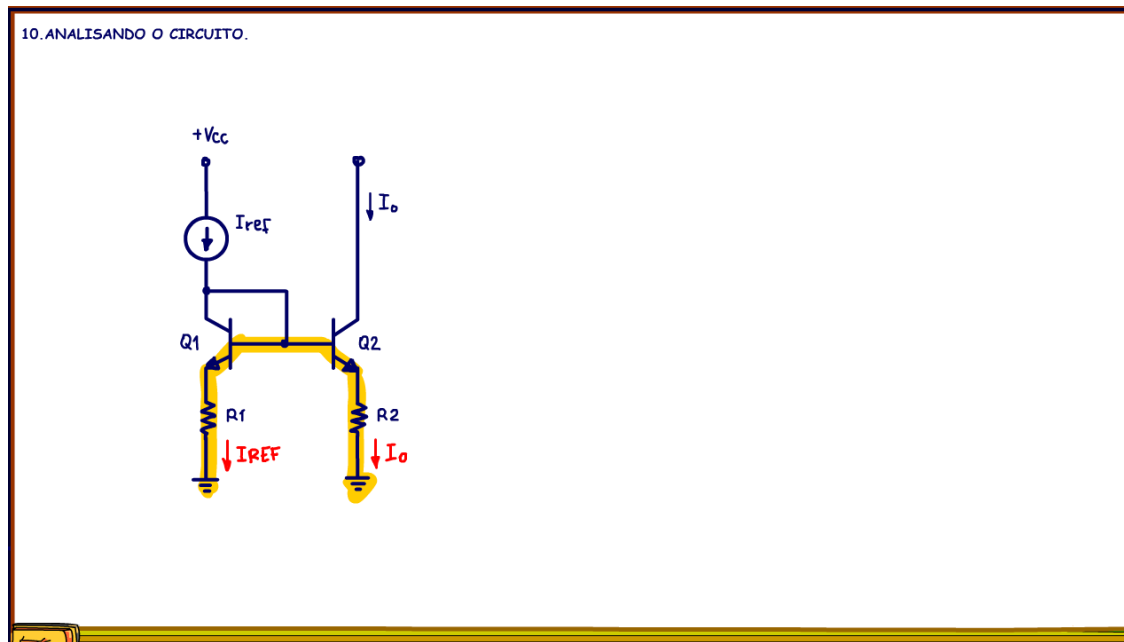


Mas, tem outra solução!

A solução é o circuito da figura com as resistências de emissor, esse circuito é chamado de espelho de corrente degenerado, esse termo eu só achei na literatura portuguesa, no português brasileiro não achei equivalente, e como os portugueses são o dono do idioma, vou chamar de: espelho de corrente degenerado.

O espelho de corrente degenerado

10. ANALISANDO O CIRCUITO.



Vou analisar o circuito para determinar a corrente de saída I_o .

Nessa análise vou considerar que a corrente de coletor é igual a corrente de emissor, nesse tipo de circuito os transistores deverão ter um ganho de corrente bem alto, acima de 100, então a corrente na resistência R_1 será igual a corrente de referência e a corrente na resistência R_2 será igual a corrente de saída I_o .

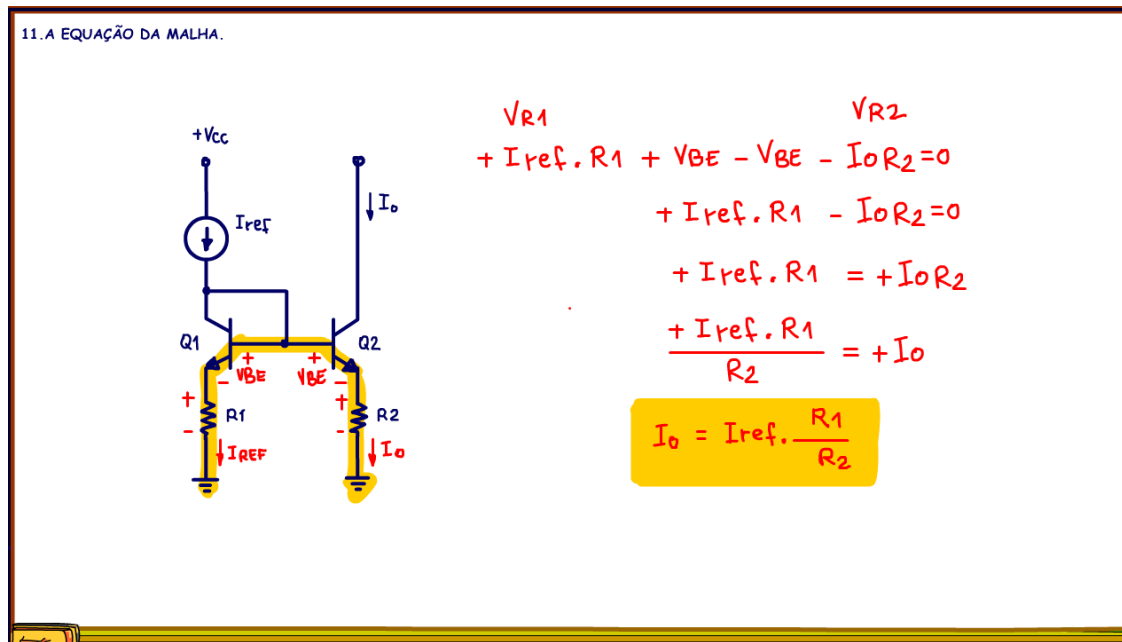
Conhecendo as correntes eu sei as polaridades nas resistências, desenhar as polaridades é importante para levantar as equações.

A análise do circuito é simples é só levantar a equação

da malha, a malha da figura, vou levantar a equação seguindo no sentido horário.

O espelho de corrente degenerado

11.A EQUAÇÃO DA MALHA.



Mais a tensão na resistência R1, que é igual a corrente de referência multiplicada pela resistência R1, mais a tensão base emissor do transistor Q1, menos a tensão base emissor do transistor Q2, vou considerar que os dois transistores são equivalentes, menos a tensão na resistência R2 que é igual a corrente de saída multiplicada pela resistência R2.

As tensões da junção base emissor se anulam.

Passando a parcela com a corrente de saída para o outro lado da igualdade.

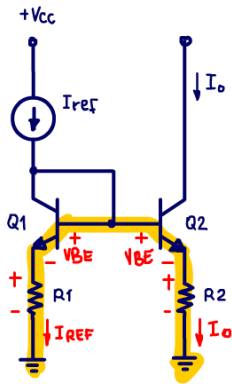
Isolando a corrente de saída, dando aquela ajeitadinha básica, pronto essa é a equação da corrente de saída

em função das resistências no circuito degenerado!

O espelho de corrente degenerado

12. AS TENSÕES NAS RESISTÊNCIAS DE EMISSOR.

12. AS TENSÕES NAS RESISTÊNCIAS DE EMISSOR.



$$+ I_{ref} \cdot R_1 = + I_o \cdot R_2$$

$$V_{R1} = V_{R2}$$

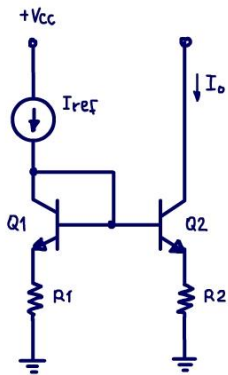
$$I_o = I_{ref} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

Você pode simplificar o raciocínio pensando que as tensões nas resistências são iguais.

O espelho de corrente degenerado

13.A IMPEDÂNCIA DE SAÍDA E OS VALORES DAS RESISTÊNCIAS.

13.A IMPEDÂNCIA DE SAÍDA E OS VALORES DAS RESISTÊNCIAS.



$$I_o = I_{ref} \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

Z_o do espelho degenerado $>$ Z_o do espelho normal

$$R_1, R_2 < 500\Omega$$

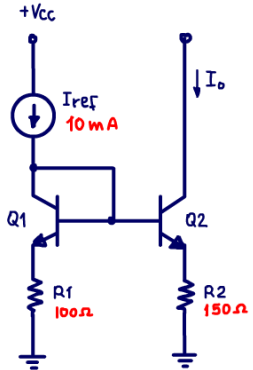
$$I_o, I_{ref} < 30\text{mA}$$

A impedância de saída desse circuito é muito mais alta do que a impedância do espelho de corrente normal, isso é bom, mas para que o circuito se mantenha linear é preciso que os valores das resistências de emissores sejam baixos, menor do que 500 OHM e as correntes sejam baixas, menores do que 30 mA.

O espelho de corrente degenerado

14. EXEMPLO.

14. EXEMPLO.



$I_{O_2} = ?$
 $I_{O_2} \cdot R_2 = I_{ref} \cdot R_1$
 $I_{O_2} = \frac{I_{ref} \cdot R_1}{R_2}$
 $I_{O_2} = \frac{10mA \cdot 100\Omega}{150\Omega} = 6,67mA$
 $V = R \cdot I \Rightarrow R \uparrow I \downarrow$

Veja o exemplo da figura, a pergunta é: Qual a corrente de saída?

Vou pensar de forma completa, sem usar a equação determinada a pouco, vou usar o raciocínio simples de que as tensões nas resistências de emissores são iguais.

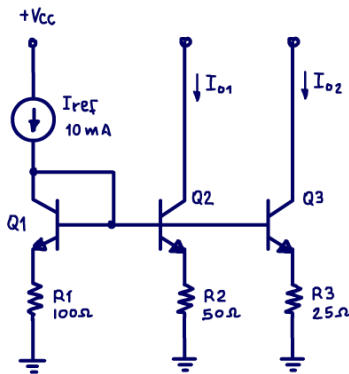
Então a corrente de saída é igual a corrente de referência vezes a resistência R1 sobre a resistência R2, substituindo os valores e calculando isso dá 6,67mA.

Se a resistência por onde passa a corrente de saída aumentou, a corrente diminui, lei de OHM simples!

O espelho de corrente degenerado

15. MAIS DE UMA CORRENTE DE SAÍDA.

15. MAIS DE UMA CORRENTE DE SAÍDA.



$$I_{o1} = 10 \text{ mA} \cdot \frac{100 \Omega}{50 \Omega} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{o2} = 10 \text{ mA} \cdot \frac{100 \Omega}{25 \Omega} = 40 \text{ mA}$$

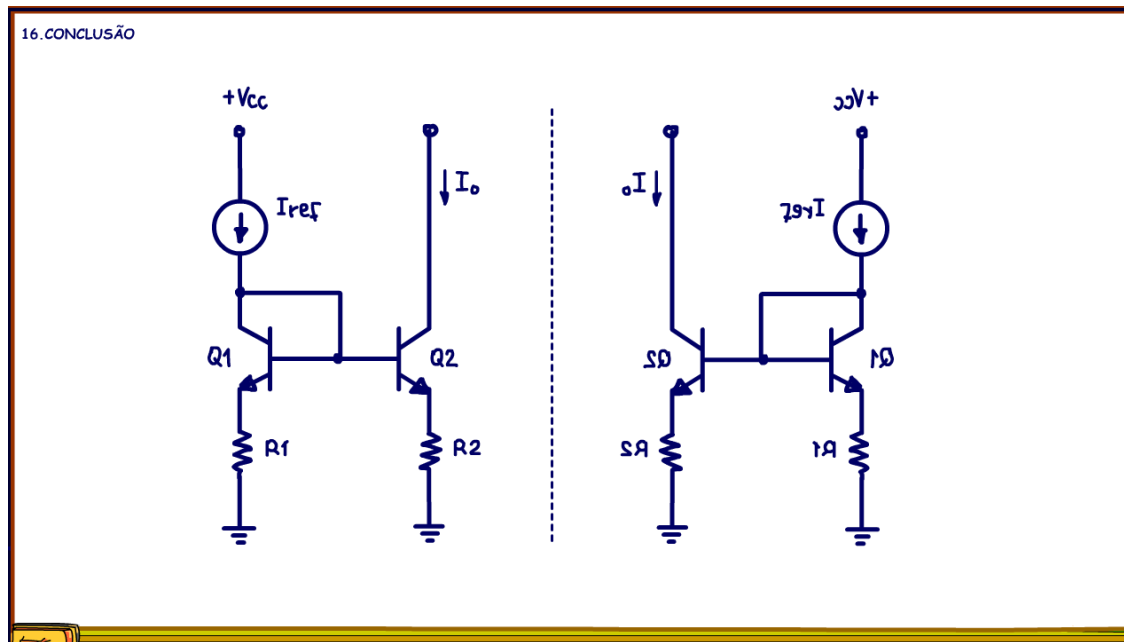
Claro que esse circuito pode gerar mais de uma corrente de saída, essa configuração é muito usada nos amplificadores de potência, uma fonte de corrente de referência bem precisa é usada para gerar mais de uma corrente para o circuito.

A corrente de saída 1 é igual a corrente de referência multiplicada pela resistência R1 sobre R2, isso dá 20mA, a resistência tem metade do valor a corrente dobrou.

A corrente de saída 2 é igual a corrente de referência multiplicada pela resistência R1 sobre R3, isso dá 40 mA, se a resistência R3 é um quarto de R1 a corrente de saída é 4 vezes maior.

O espelho de corrente degenerado

16. CONCLUSÃO



Você viu nesse tutorial o que é o espelho de corrente degenerado, muito usado nos amplificadores.

O espelho de corrente degenerado

17. CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

Arthurzinho: E não tem site.

Tem sim é www.bairrospd.com lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

O espelho de corrente degenerado

20231108 O espelho de corrente degenerado

O espelho de corrente degenerado

Sim, existe um espelho de corrente degenerado, como em toda a família, mas esse vem solucionar um probleminha dos espelhos de corrente normais, é sobre isso que eu vou falar nesse tutorial.

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

SEO:

Espelho de corrente, espelho de corrente degenerado, multiplicando a corrente do espelho de corrente, alterando a corrente do espelho de corrente, espelho de corrente alterado,

YOUTUBE: <https://youtu.be/uSOFNkVyyVU>

Você já ouviu falar do espelho de corrente degenerado?