

VOCÊ SABIA QUE EXISTEM MAIS DE UM TIPO DE ESPELHO DE CORRENTE? SAIBA ESCOLHER O MELHOR!

Qual devo usar Sr. Wilson?



Professor Bairros (17/04/2023)



**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>

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

Sumário

1. Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!	3
2. tipos de Espelho de corrente.....	4
3. O espelho de corrente básico	5
4. O problema do circuito básico.	6
5. Equação do erro.....	7
6. Resolvendo as equações.	8
7. O porquê do erro.....	9
8. O circuito melhorado	10
9. O circuito Wilson.	11
10. a mágica do Wilson.....	12
11. Resolvendo a equação do Wilson.....	13
12. A versão mais apurada do wilson.....	14
13. Conclusão.....	15
14. Créditos.....	16

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

1. VOCÊ SABIA QUE EXISTEM MAIS DE UM TIPO DE ESPELHO DE CORRENTE? SAIBA ESCOLHER O MELHOR!

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente?

Nesse tutorial eu vou mostrar os principais tipos e as suas características, para que você saiba escolher o melhor para a sua aplicação.

Uma aplicação prática muito útil desse tipo de circuito é como fonte de corrente para o estágio de entrada com o par diferencial dos amplificadores.

Vamos lá.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

2. TIPOS DE ESPELHO DE CORRENTE

84 Chapter 4

Figure 4.9 shows four current mirror configurations and their associated equations:

- (a) Basic mirror: $I_{out} = I_{in} - 2I_b$, $I_{out} = \frac{I_{in}}{1 + \frac{2}{\beta}}$
- (b) EFA circuit: $I_{out} = \frac{I_{in}}{1 + \frac{2}{\beta + \beta^2}}$
- (c) Wilson mirror: $I_{out} = I_{in} \left[1 - \frac{2}{\beta^2 + \beta + 2} \right]$
- (d) Improved Wilson mirror: $I_{out} = I_{in} \left[1 - \frac{2}{\beta^2 + \beta + 2} \right]$

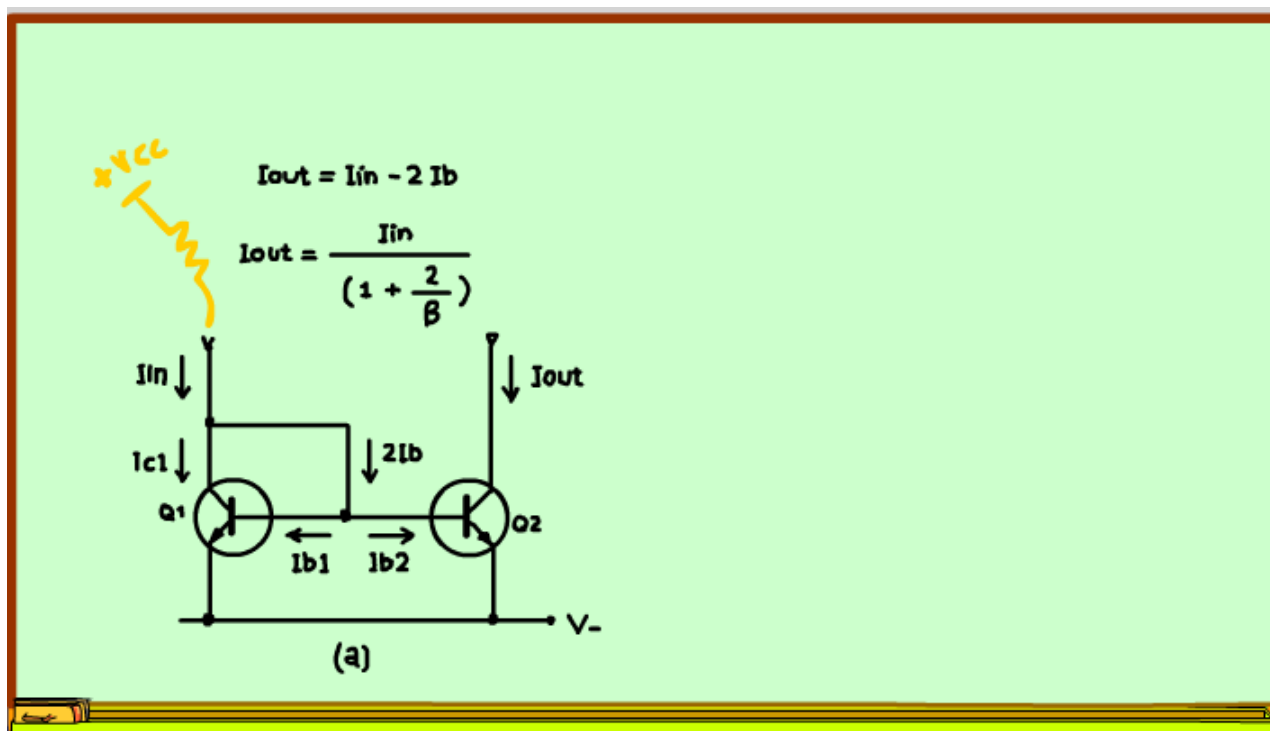
Figure 4.9: Current-mirrors and their discontents. (a) The basic mirror has base-current errors. (b) The EFA circuit reduces these. (c) The Wilson mirror greatly reduces these. (d) A further improvement to Wilson by equalizing the V_{ce} 's of Q1 and Q2

Esse meu tutorial vai se basear no livro da figura, um livro famoso do sr. Douglas Self.

Na página 84 ele resume as quatro configurações mais usadas de espelho de corrente, vou descrever cada uma para você agora, tudo bem explicadinho de forma simples e direta como só o Professor Bairros sabe fazer.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

3. O ESPELHO DE CORRENTE BÁSICO



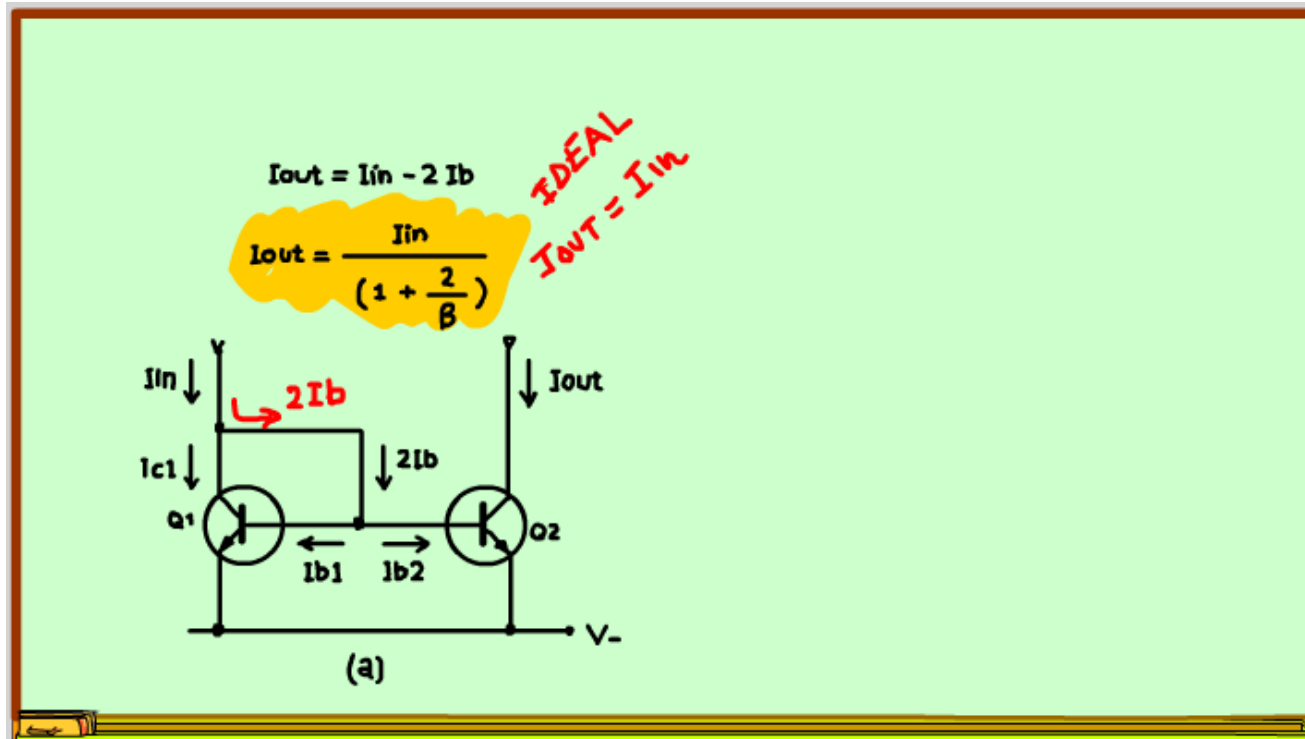
O primeiro modelo é mostrado na figura, é o circuito básico aquele que você está acostumado a encontrar por aí.

A teoria é simples, como a junção base emissor dos dois transistores estão em paralelo, se eles forem exatamente do mesmo tipo, a corrente na base de um, será a mesma na base do outro, no circuito é chamada de I_{B1} e I_{B2} , as duas correntes são iguais e será chamada de corrente de base I_b , o resultado disso é que a corrente de Q2 é igual a corrente de Q1, a corrente de Q2 é um espelho da corrente de Q1.

Então se você ajustar a corrente de Q1 para um valor conhecido, usando uma resistência ligada ao positivo por exemplo, então você saberá a corrente em Q2.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

4. O PROBLEMA DO CIRCUITO BÁSICO.



Mas esse circuito tem um problema, a corrente de saída é a corrente do coletor de Q2 que é igual a corrente no coletor do transistor Q1, mas, a corrente no coletor do transistor Q1 que não é exatamente igual a corrente de entrada, veja que parte da corrente de entrada é desviada para polarizar a base dos transistores,

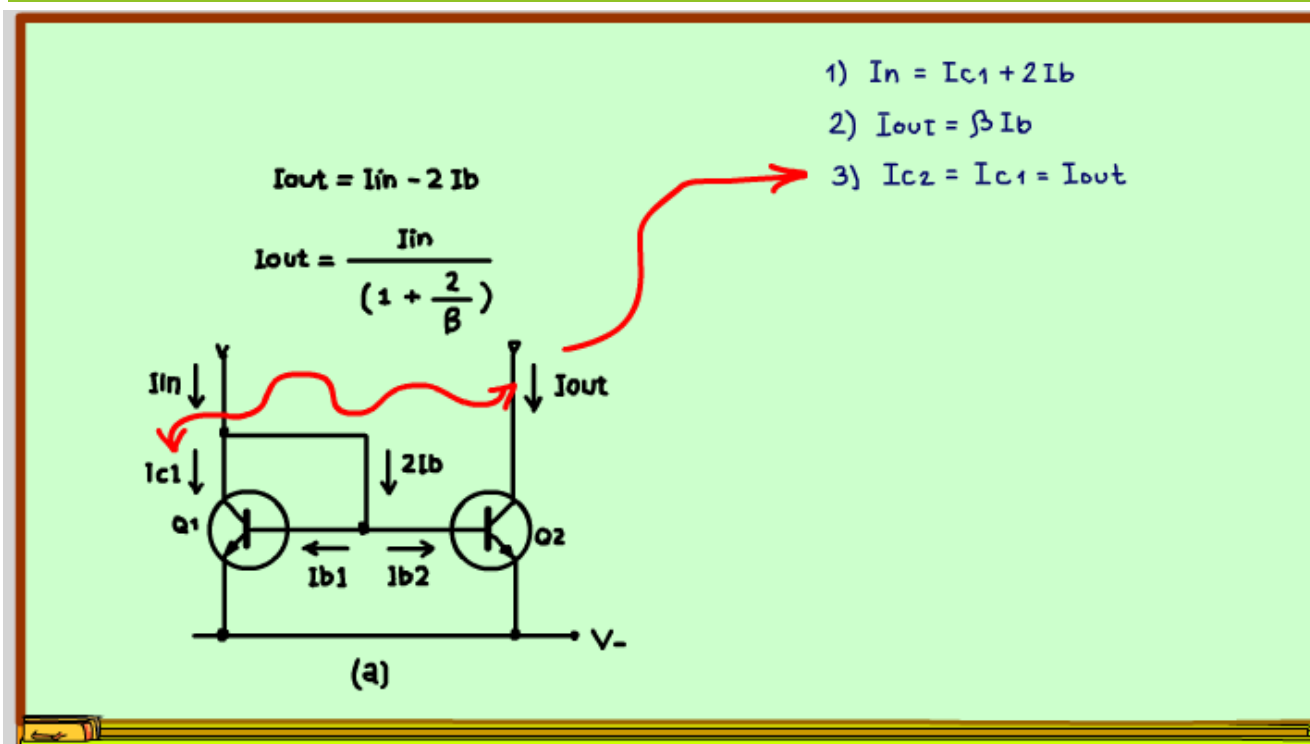
Então esse circuito apresenta um erro.

Esse erro é dado pela equação da figura, note que o ideal é que o denominador fosse igual a um.

Se o ganho do transistor for muito grande, acima de 100, esse erro vai incomodar pouco.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

5. EQUAÇÃO DO ERRO.



Vou mostrar como levantar a equação, só para exercitar, é um bom exercício de eletrônica.

Veja que as correntes conhecidas são mostradas no diagrama, usando mais as características do transistor você consegue chegar na equação facilmente.

Veja que são três as equações que podemos levantar.

Primeiro a equação do nó no coletor de Q1, a corrente de entrada é igual a corrente no coletor de Q1 mais a soma das correntes de base $2I_b$.

Segundo a equação da corrente de saída que é igual a corrente de entrada multiplicada pelo beta.

Terceiro a característica do espelho, a corrente no coletor de Q1 é igual a corrente no coletor de Q2 que é igual a corrente de saída.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

6. RESOLVENDO AS EQUAÇÕES.

$$I_{out} = I_{in} - 2 I_b$$

$$I_{out} = \frac{I_{in}}{\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)}$$

$I_{out} < I_{in}$

1) $I_n = I_{c1} + 2 I_b$
 2) $I_{out} = \beta I_b$
 3) $I_{c2} = I_{c1} = I_{out}$

$$I_n = 2 I_b + I_{c1} = 2 I_b + I_{out}$$

$$I_b = \frac{I_{out}}{\beta}$$

$$I_n = 2 I_b + I_{out} = 2 \frac{I_{out}}{\beta} + I_{out}$$

$$I_n = I_{out} \left(\frac{2}{\beta} + 1 \right)$$

$$I_{out} = \frac{I_n}{\left(\frac{2}{\beta} + 1 \right)}$$

(a)

Agora vou resolver, determinar a corrente de saída em função da corrente de entrada, o ideal é que as duas fossem exatamente iguais.

Na equação 1, eu substituo a corrente I_{c1} pela equação 3.

Na equação 2 eu isolo a corrente de base e então substituo essa corrente de base na equação da corrente de entrada.

Coloco em evidência a corrente de saída.

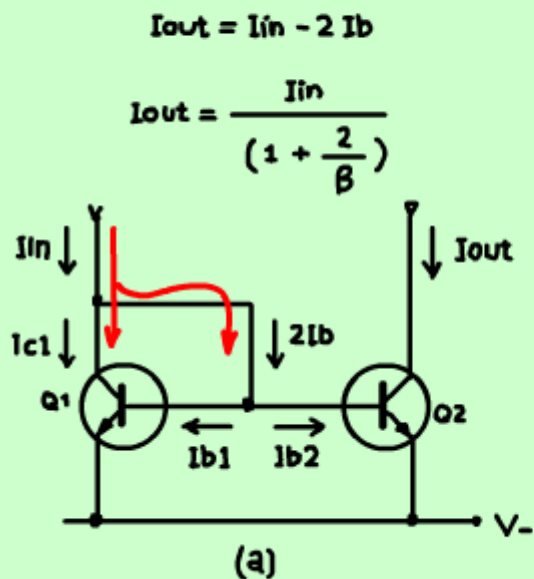
Agora é só passar os parênteses para o outro lado e depois ajustar a equação para ficar igual a equação do livro.

Viu não foi tão complicado.

Note que a corrente de saída não é igual a corrente de entrada tem aqueles parênteses atrapalhando tudo, fazendo com que a corrente de saída seja menor do que a corrente de entrada.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

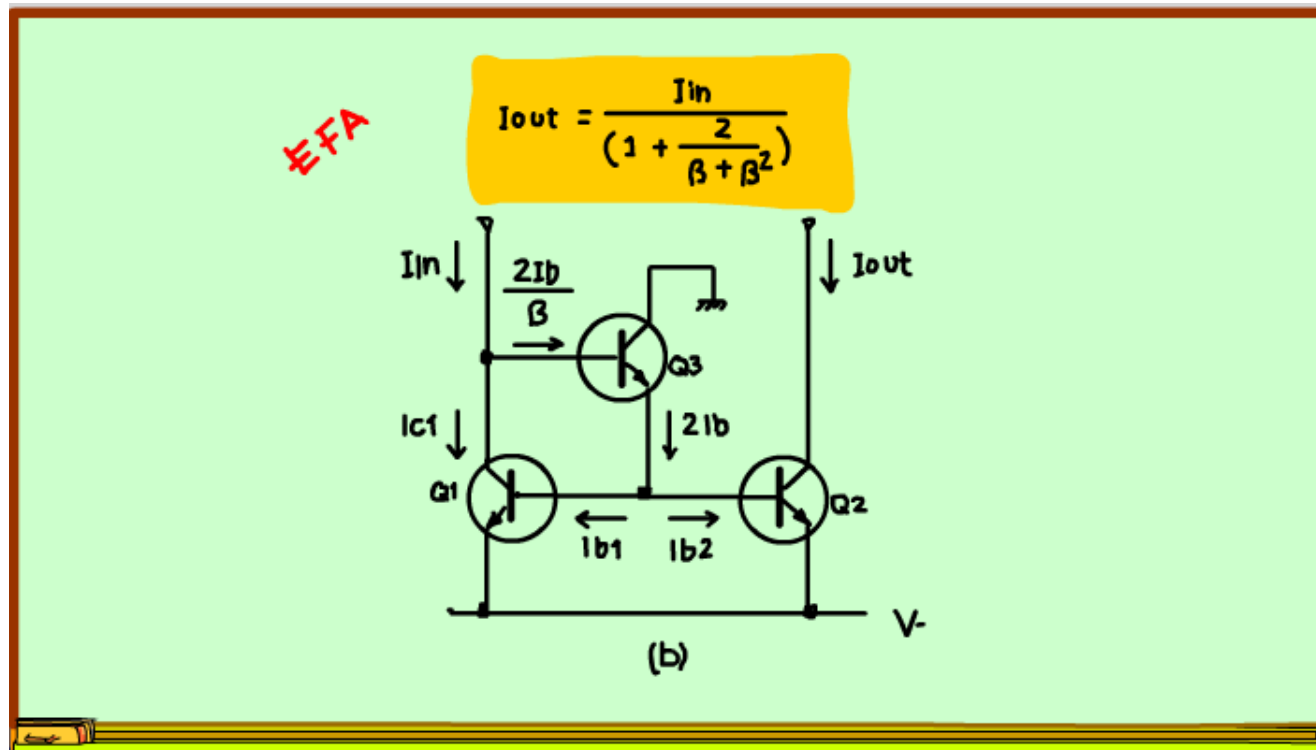
7. O PORQUÊ DO ERRO.



O erro ocorre porque a corrente de entrada é dividida parte vai alimentar as bases dos transistores, aquela parcela igual a $2I_b$, na maioria das vezes, usando transistores de alto ganho esse erro acaba influenciando pouco.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

8. O CIRCUITO MELHORADO



Mas, se você necessitar de mais precisão existe o circuito da figura, chamado de EFA, Emitter follower amplifier, amplificador seguidor de emissor.

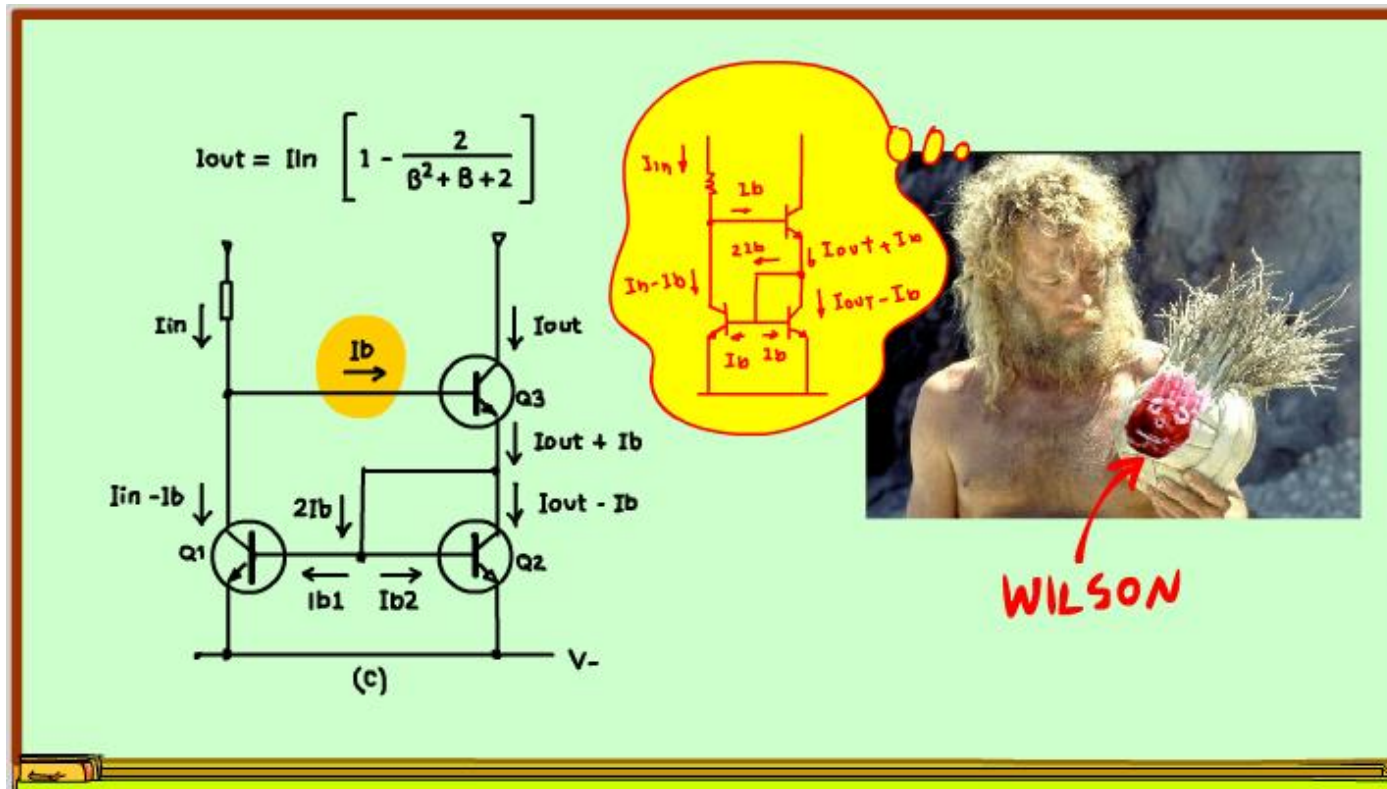
A ideia é simples, colocando o transistor Q3, a corrente de entrada vai perder a corrente de base de Q3, que é muito menor do que a corrente $2I_b$ do circuito anterior, na verdade a corrente de base é a corrente $2I_b$ dividido pelo beta.

A equação é mostrada na figura, com o 2 sendo dividido por um valor muito grande, então o erro fica muito pequeno, para não estender o tutorial

eu vou deixar para levantar a equação num próximo tutorial, mas a forma de resolver segue o mesmo princípio do espelho simples.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

9. O CIRCUITO WILSON.



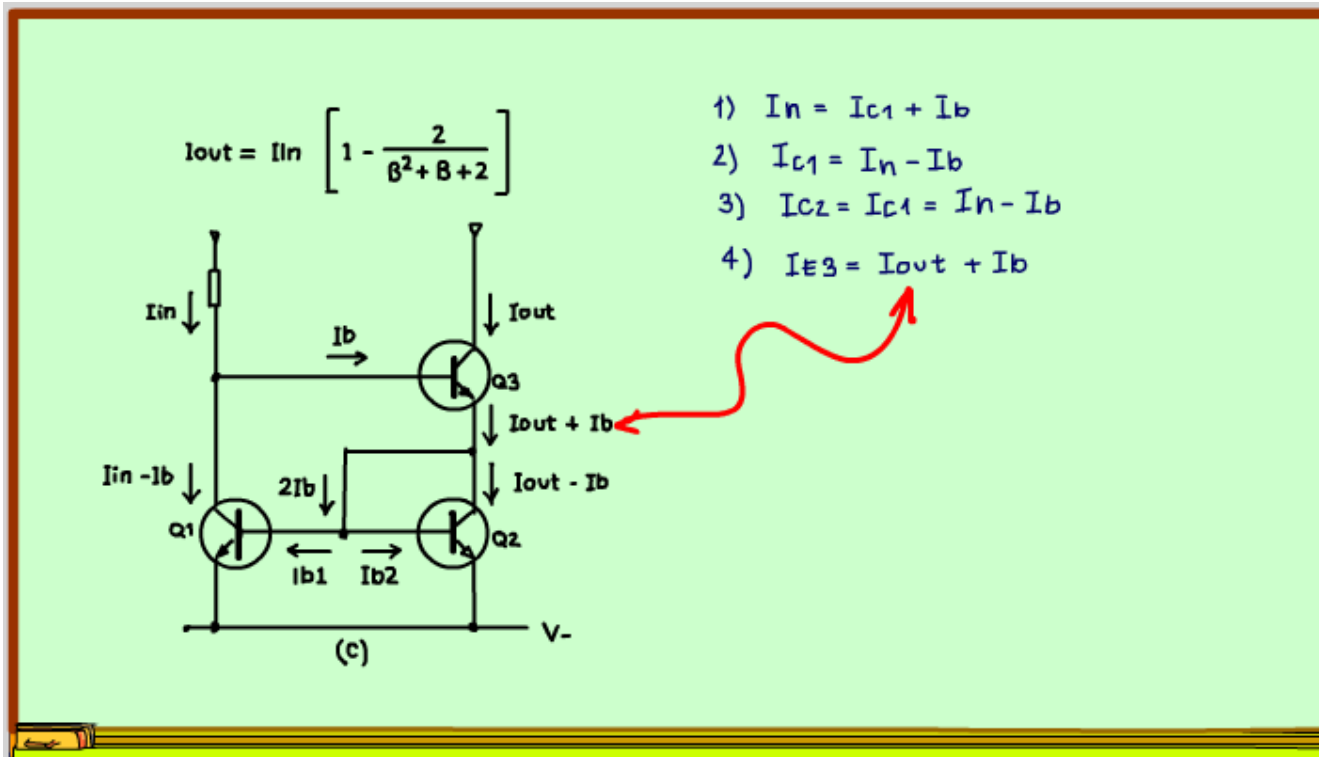
Mas existe um circuito famoso criado por um gênio da eletrônica chamado Wilson, por isso é conhecido como o espelho de Wilson.

A equação gerada é complexa, mas o erro fica bem menor do que as versões, e tem uma explicação bem simples do seu funcionamento, não precisa levantar toda aquela equação, felizmente não é mesmo!

As correntes são indicadas na figura, note que esse é um circuito realimentado e vai existir um momento que a corrente na base do transistor Q3 vai ser igual a corrente de base I_b , é aí que a magia do Wilson acontece.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

10.A MÁGICA DO WILSON.



A equação do nó do coletor do transistor Q1 é exatamente a mesma do espelho simples.

A corrente de entrada vai se dividir, vai ser igual a corrente de coletor do transistor Q1 mais a corrente de base do transistor Q3 que é igual a corrente de base I_b .

Então a corrente no coletor do transistor Q1 vai ser igual a corrente de entrada menos a corrente de base.

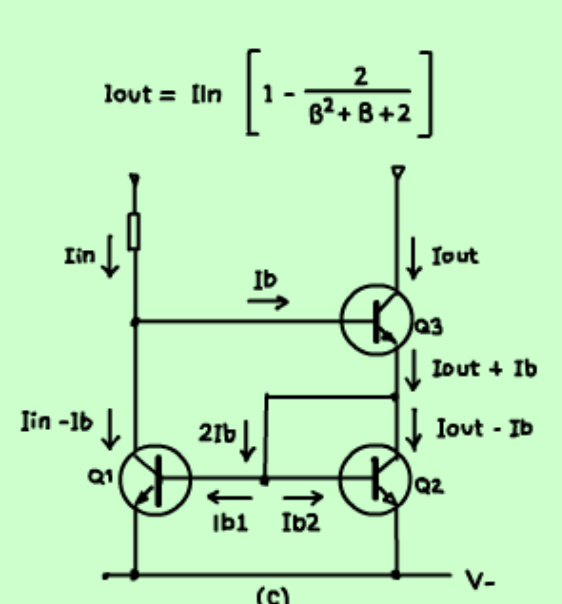
Agora a corrente do espelho, a corrente no coletor do transistor Q2 é igual a corrente no coletor do transistor Q1, mas cuidado, a corrente no coletor do transistor Q2

não é a corrente de saída, a corrente no coletor do transistor Q2 vai ser igual a corrente de entrada menos a corrente de base.

A corrente no emissor do transistor Q3, é igual a corrente de base mais a corrente de saída, aqui eu estou usando a equação completa da corrente de emissor.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

11. RESOLVENDO A EQUAÇÃO DO WILSON



Equation for output current:

$$I_{out} = I_{in} \left[1 - \frac{2}{\beta^2 + \beta + 2} \right]$$

Handwritten derivation steps:

- 1) $I_n = I_{c1} + I_b$
- 2) $I_{c1} = I_n - I_b$
- 3) $I_{c2} = I_{c1} = I_n - I_b$
- 4) $I_E3 = I_{out} + I_b$
- 5) $I_{c2} + 2I_b = I_{out} + I_b$

Intermediate equations:

$$I_{c2} = I_{out} + I_b - 2I_b$$

$$I_{c2} = I_{out} - I_b$$

Final result (highlighted in yellow):

$$I_n - I_b = I_{out} - I_b$$

$$I_n = I_{out}$$

Agora vem a mágica, existe uma segunda equação para a corrente de coletor do transistor Q2, equação no nó do coletor de Q2.

A corrente que sai do nó é igual a corrente de coletor de Q2 mais 2 vezes as correntes de base, isso é igual a corrente que entra no nó, que é igual a corrente de saída mais a corrente de base.

Agora vou isolar a corrente de coletor na equação 5, fazendo a subtração fica, a corrente de coletor do transistor Q2 é igual a corrente de saída menos a corrente de base, essa é a equação que consta no diagrama do livro.

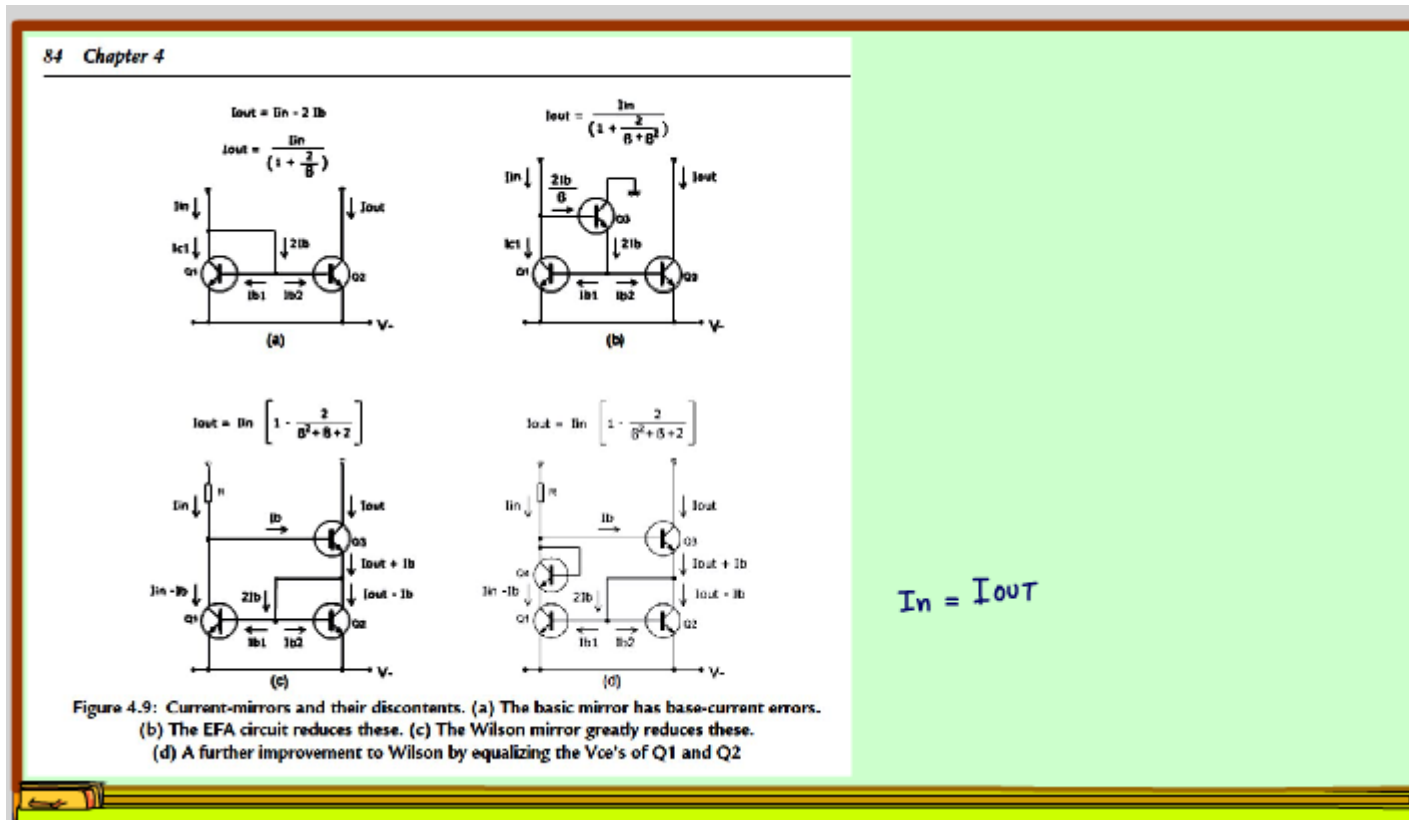
Agora é só usar a equação 3 no lugar da corrente de coletor do transistor Q2.

Veja a mágica acontecendo a corrente de base pode ser simplificada e o resultado é fantástico, a corrente de saída é exatamente igual a corrente de entrada.

Aplausos para o mágico Wilson, ele é muito bom.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

12.A VERSÃO MAIS APURADA DO WILSON.

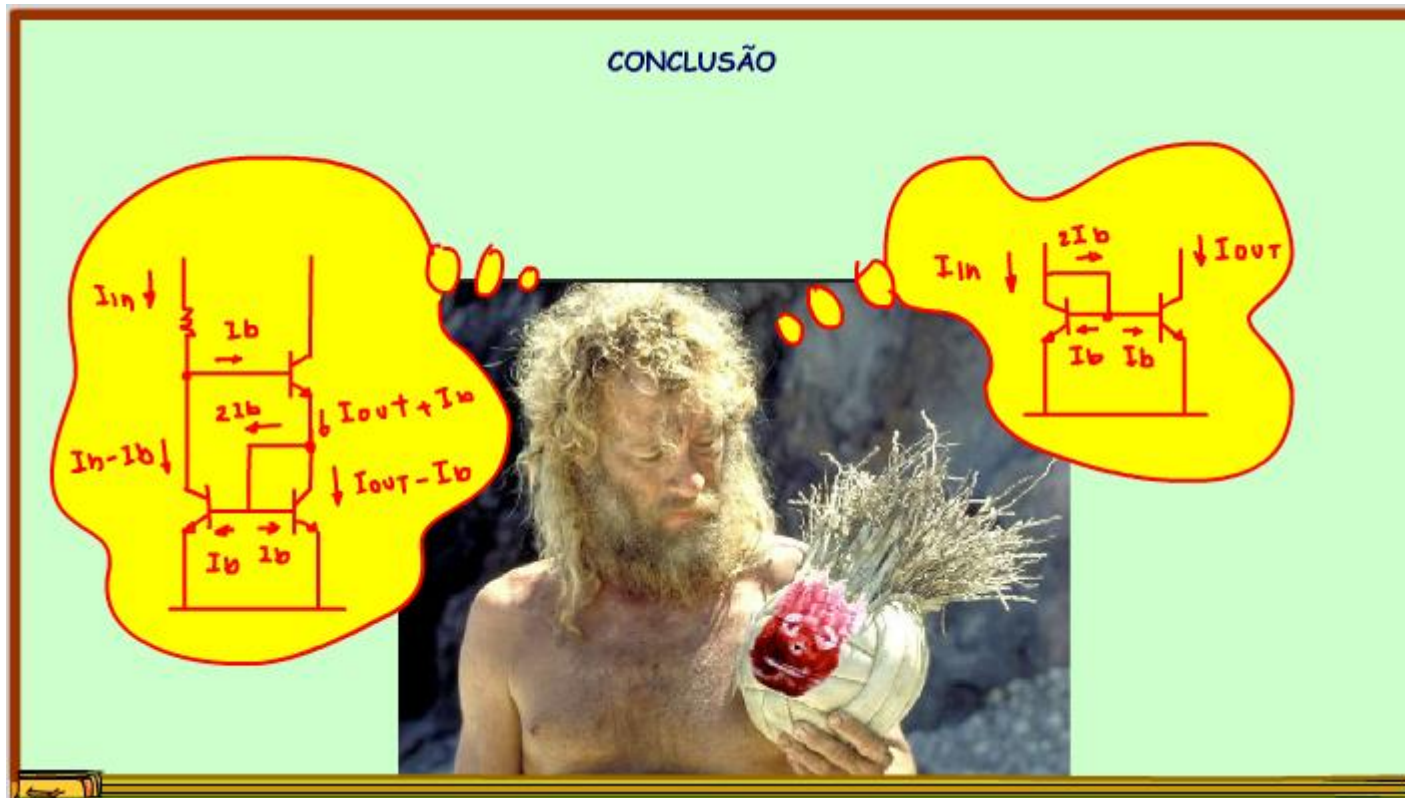


Claro que a equação completa pode ser calculada e é mostrada na figura, mas o denominador ficou muito pequeno mesmo.

Não bastava o sucesso do circuito “C” o Sr. Wilson ainda desenvolveu o circuito “d”, que chega no mesmo resultado com quatro transistor, e fica a pergunta, porque eu vou gastar mais um transistor para fazer a mesma coisa, só pode ter uma explicação, o sucesso subiu a cabeça do senhor Wilson, então esse último circuito é pouco usado.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

13. CONCLUSÃO.



Nesse tutorial você viu três formas de implementar um espelho de corrente, a forma tradicional que é simples e todo mundo usa, a forma “B” com um transistor a mais, que ninguém usa porque se eu vou usar um transistor a mais, então eu vou usar o transistor do Senhor Wilson que é o melhor de todos, então quando você precisar um espelho de corrente melhorado, e tiver disposto a gastar num transistor a mais, use o espelho do Senhor Wilson que é muito bom.

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

14. 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)

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

20230415 Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente Saiba escolher o melhor

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente? Saiba escolher o melhor!

Você sabia que existem mais de um tipo de espelho de corrente?

Nesse tutorial eu vou mostrar os principais tipos e as suas características, para que você saiba escolher o melhor para a sua aplicação.

Assuntos relacionados.

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

SEO:

YOUTUBE: <https://youtu.be/Db729ezJ814>

Espelho de corrente, espelho de corrente Wilson, Análise do espelho de corrente,