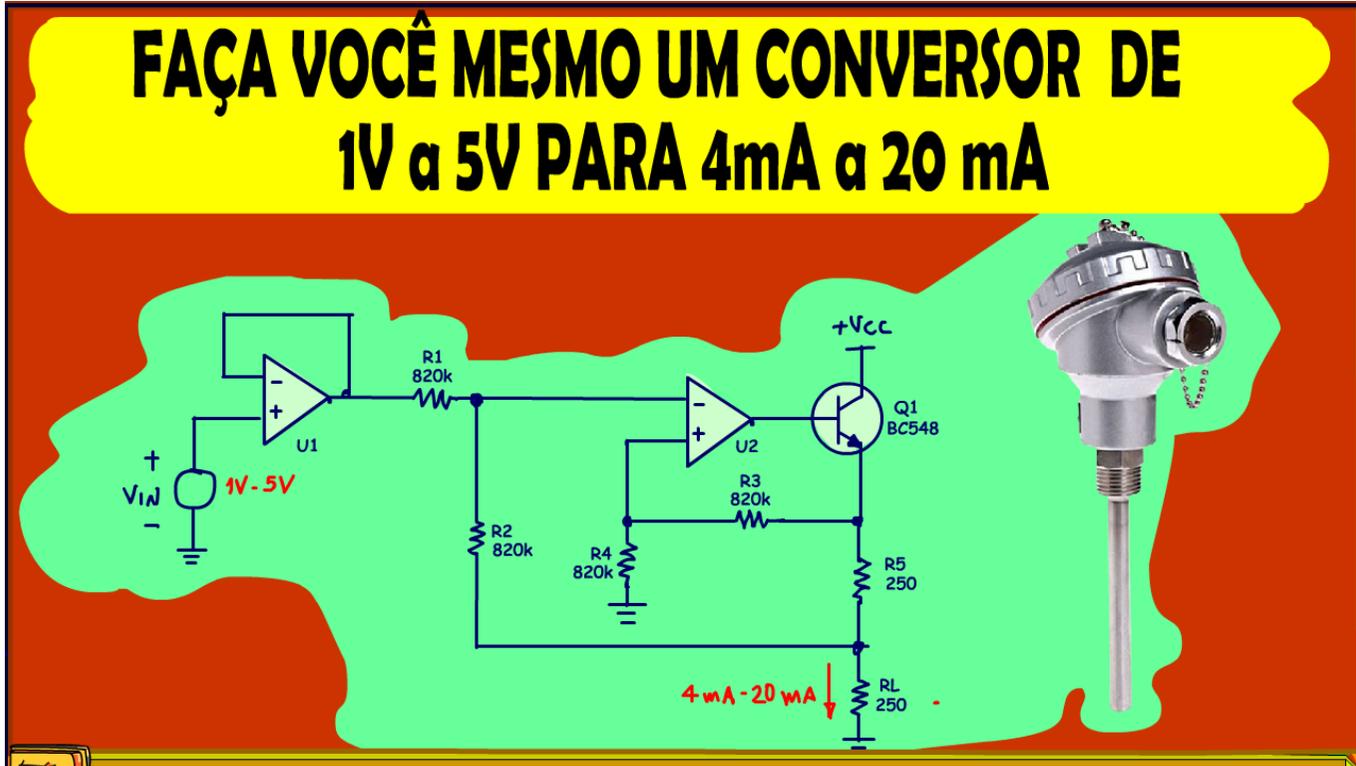


# FAÇA VOCÊ MESMO UM CONVERSOR 1 A 5VOLT PARA 4 A 20 MILIAMPÉRE

## FAÇA VOCÊ MESMO UM CONVERSOR DE 1V a 5V PARA 4mA a 20 mA



Professor Bairros (12/10/2024)

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére



The screenshot shows the homepage of 'bairrospd BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. It features a navigation menu with 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. A prominent yellow banner reads 'APRENDA A LER RESISTORES'. Below it, there's a cartoon illustration of a man and a dog. A blue button at the bottom says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' with a 'CLIQUE AQUI' link.

**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairos

[www.bairrospd.com](http://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](http://www.bairrospd.com)

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

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## Sumário

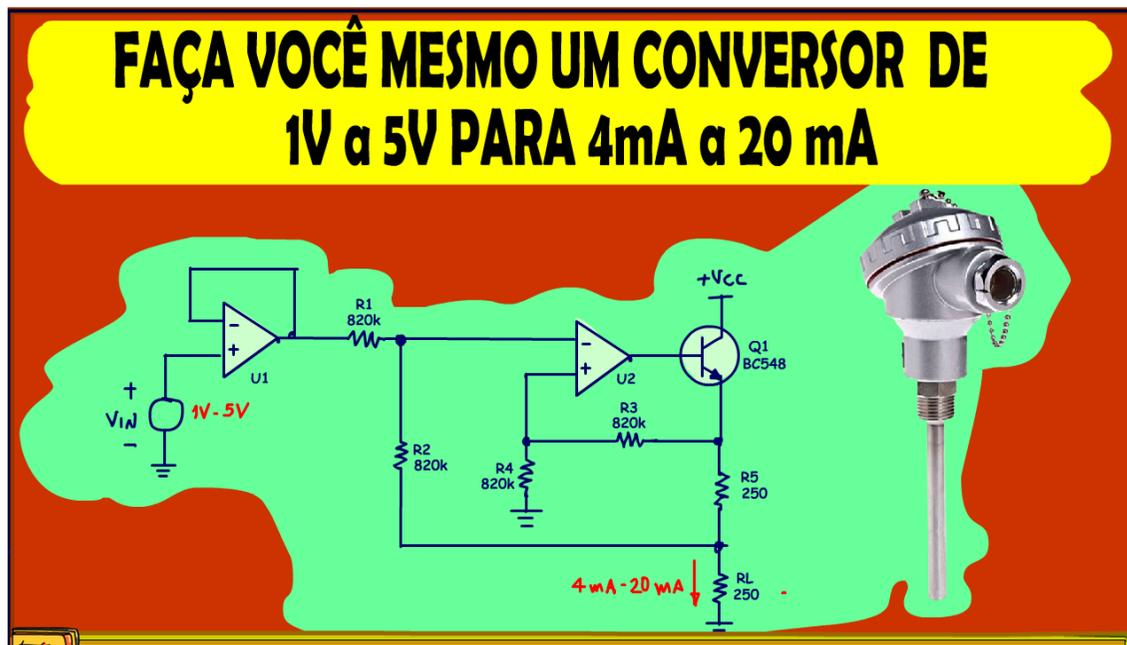
1. Introdução .....	5
2. O conceito. ....	6
3. O circuito. ....	7
4. A tensão na resistência R5. ....	8
5. A corrente na resistência R5. ....	9
6. A corrente na carga. ....	10
7. Analisando o circuito. ....	11
8. O operacional U1. ....	12
9. O operacional U2. ....	13
10. A realimentação do operacional U2. ....	14
11. As malhas.....	15
12. As correntes e tensões. ....	16
13. As correntes nas resistências R3 e R4. ....	17
14. A tensão na resistência R5. ....	18
15. A equação da malha 1. ....	19
16. A malha 2.....	20
17. O sistema de equação. ....	21
18. A solução. ....	22
19. Substituindo na equação 1.....	23

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

20.	A corrente na carga.....	24
21.	Conclusão. ....	25
22.	Créditos.....	26

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

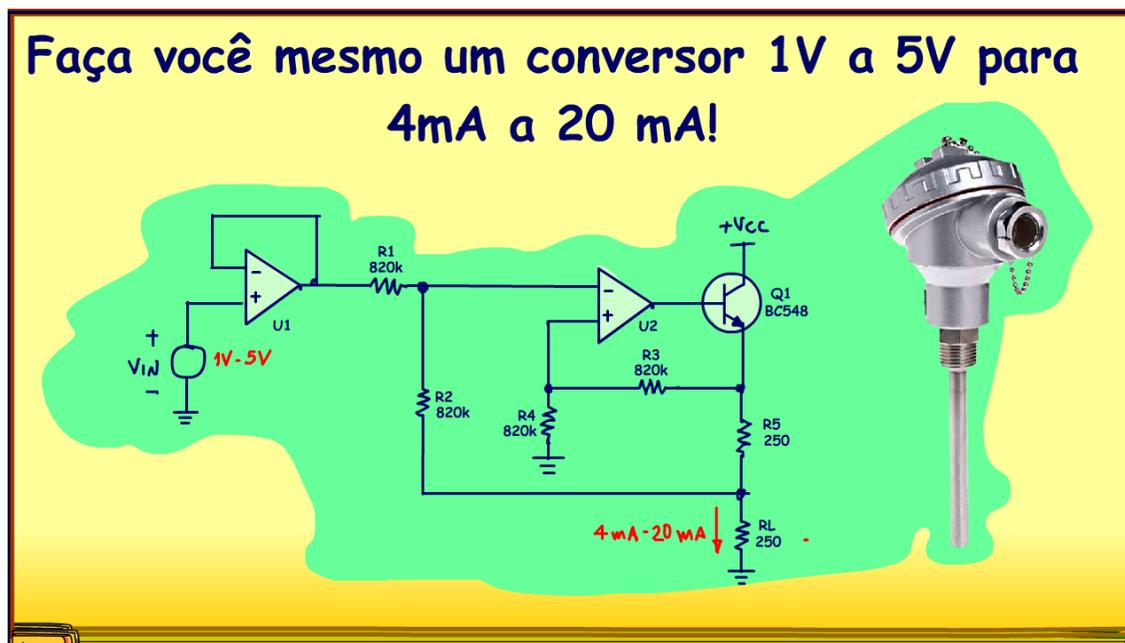


YOUTUBE: <https://youtu.be/0At4ZlkHabo>

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

## 1. INTRODUÇÃO

**Faça você mesmo um conversor 1V a 5V para 4mA a 20 mA!**



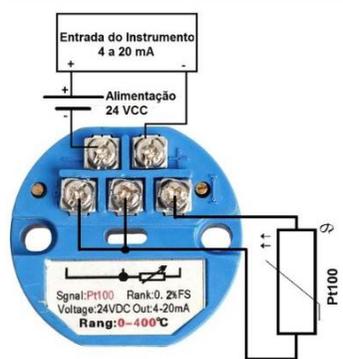
Faça você mesmo um conversor 1V a 5V para 4mA a 20 mA

Esse é um daqueles circuitinhos muito útil para a transmissão de dados, principalmente de um sensor para o comando, a maioria dos sensores transfere os dados da medição via corrente e não via tensão, então é para isso que esse circuito serve, ele converte a medição feita na forma de tensão, como a temperatura, converte para corrente e manda para o comando, mas como ele faz esse milagre, isso que vamos ver agora, vamos lá.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 2. O CONCEITO.

### 2.O CONCEITO.



Transmissor De Temperatura - Pt100 (0 A 400°C) Para 4-20ma |

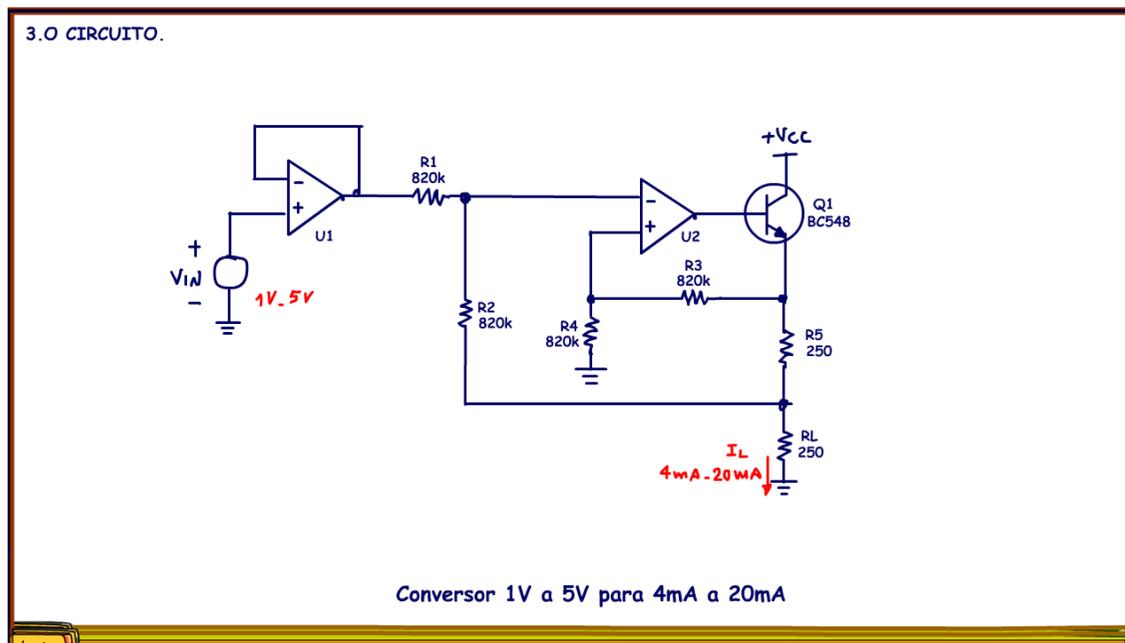


Este é um circuito muito usado na transmissão de dados, o sinal de entrada na forma de tensão, é transformado em corrente, os sinais no formato de corrente podem transitar distancias maiores com menos interferências.

Veja o sensor de temperatura do tipo PT100 da figura, veja a plaquinha de ligação, ali diz que o dado é transmitido no formato de corrente, com corrente variando de 4 mA a 20 mA, esse é o padrão, mas a medição interna do sensor normalmente é feita na forma de tensão, aí entra o circuito desse tutorial que converte o sinal de tensão em corrente, nesse caso a tensão de 1V a 5V é convertida em corrente de 4mA a 20mA, quem sabe não tem um circuitinho desses dentro desse sensor?

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

### 3. O CIRCUITO.

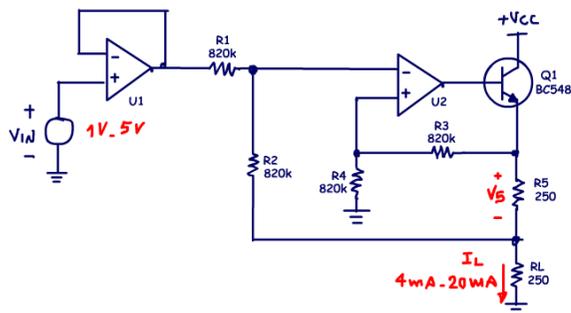


O circuito é mostrado na figura, a tensão de entrada é  $V_{in}$ , o seu valor pode variar de 1V a 5V, e a corrente de saída é a corrente na carga, a resistência  $R_L$  de 250 OHM , a corrente nessa resistência deverá variar de 4mA a 20 mA.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

#### 4. A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R5.

##### 4.A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R5.



$$V_{IN} = V_5 \quad ?$$

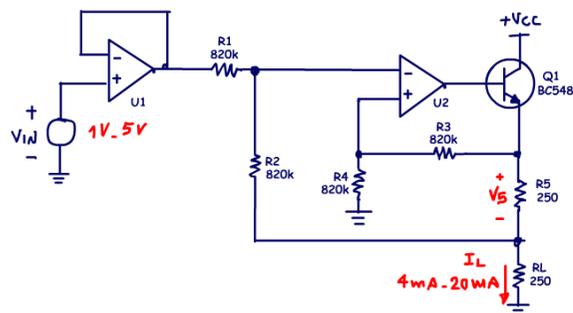
Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

O segredo desse circuito é que a tensão de entrada vai aparecer igualzinha sobre a resistência R5, então toda a análise desse circuito vai rodar em torno de determinar se a tensão na resistência R5, vou chamar de  $V_5$  é igual a tensão de entrada  $V_{in}$ .

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

### 5. A CORRENTE NA RESISTÊNCIA R5.

5.A CORRENTE NA RESISTÊNCIA R5.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

$$\text{Se } V_S = V_{IN}$$

$$\text{Para } V_{IN} = 5V \Rightarrow V_S = 5V$$

$$I_S = \frac{V_S}{R_5} = \frac{5V}{250\Omega} = 20mA$$

$$\text{Para } V_{IN} = 1V \Rightarrow V_S = 1V$$

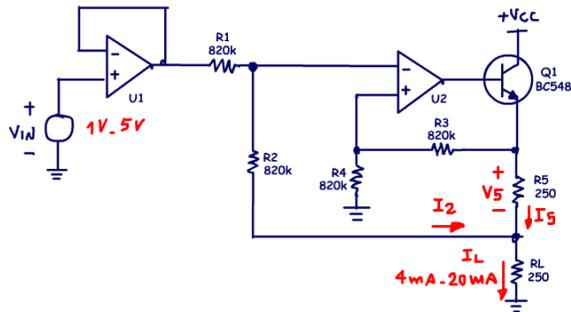
$$I_S = \frac{V_S}{R_5} = \frac{1V}{250\Omega} = 4mA$$

Veja que se a tensão na resistência R5 acompanhar a tensão de entrada então: para a tensão de entrada igual a 5V a corrente na resistência R5 será de 20mA, e se a tensão na entrada for 1V, a corrente será de 4mA, então o segredo desse circuito é fazer com que tensão na resistência R5 seja exatamente igual a tensão de entrada.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 6. A CORRENTE NA CARGA.

6.A CORRENTE NA CARGA.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

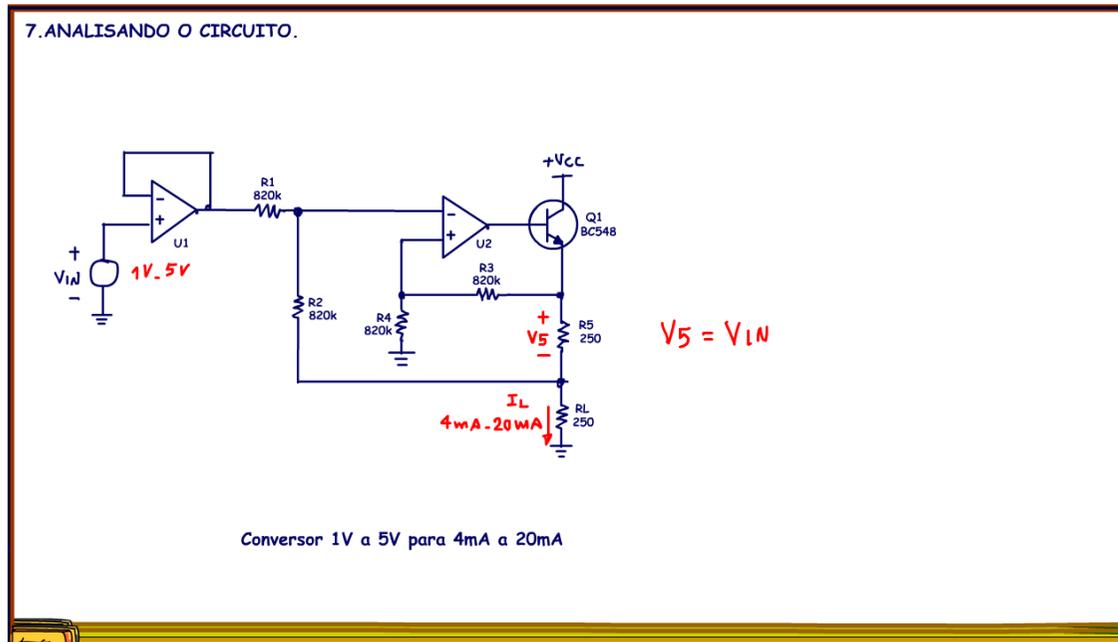
$$I_5 = I_L$$

$$I_2 \ll I_5$$

Para que esse circuito tenha sentido, a corrente na resistência R5 tem que seguir direto para a carga, mas também tem uma corrente chegando pelo ramo da resistência R2, mas veja os valores das resistências R5 e R2, o valor da resistência R2 é muito maior do que o valor da resistência R5, então a corrente do ramo da resistência R2 pode ser desprezada e então podemos dizer que a corrente que vem da resistência R5 segue direto para a carga e mais, não importa o valor da carga!

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 7. ANALISANDO O CIRCUITO.

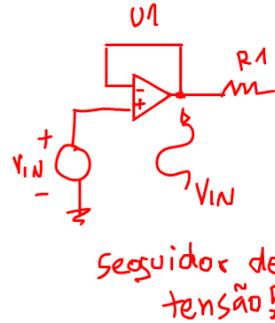
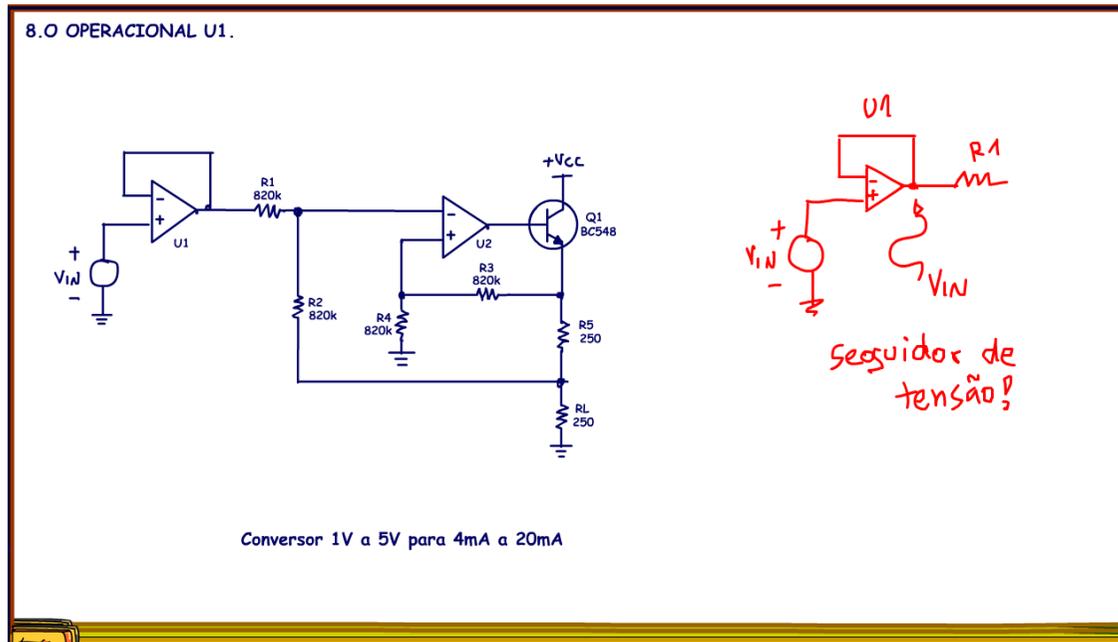


Agora vamos analisar o circuito para comprovar que a tensão na resistência R5 é igual a tensão de entrada  $V_{in}$ .

Esse é um circuito com amplificador operacional, então para entender o seu funcionamento a primeira pergunta a ser feita é: Os operacionais estão operando como amplificadores?

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 8. O OPERACIONAL U1.



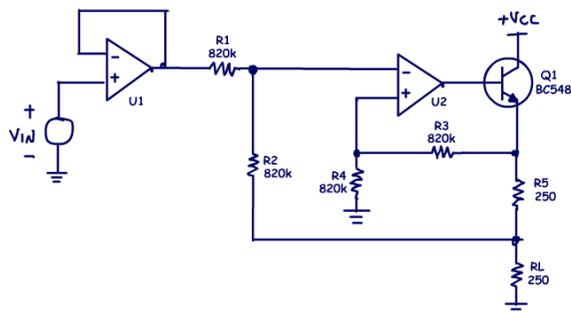
O circuito do operacional U1 é claramente um circuito com realimentação negativa, a saída está ligada direto na entrada não inversora, isso que caracteriza um circuito com amplificador operacional como amplificador, o circuito que ter realimentação negativa, tem que haver uma ligação entre a saída do operacional e a entrada não inversora desse operacional.

O circuito do operacional U1 é um seguidor de tensão, um dos circuitos básicos do operacional, nesse caso a tensão na saída o operacional U1 é igual a tensão de entrada  $V_{in}$ , isso vai simplificar muito a análise.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

## 9. O OPERACIONAL U2.

9.O OPERACIONAL U2.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

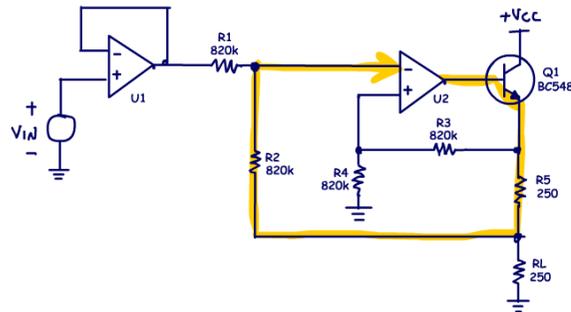
O operacional U2  
tem realimentação  
negativa?

E o circuito do operacional U2, o que você acha, tem realimentação negativa?

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 10. A REALIMENTAÇÃO DO OPERACIONAL U2.

10.A REALIMENTAÇÃO DO OPERACIONAL U2.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

O operacional U2  
tem realimentação  
negativa?

sim!

ZERO VIRTUAL  
 $I^+ = I^- = 0A$   
 $V^- = V^+ (V^+ - V^- = 0)$

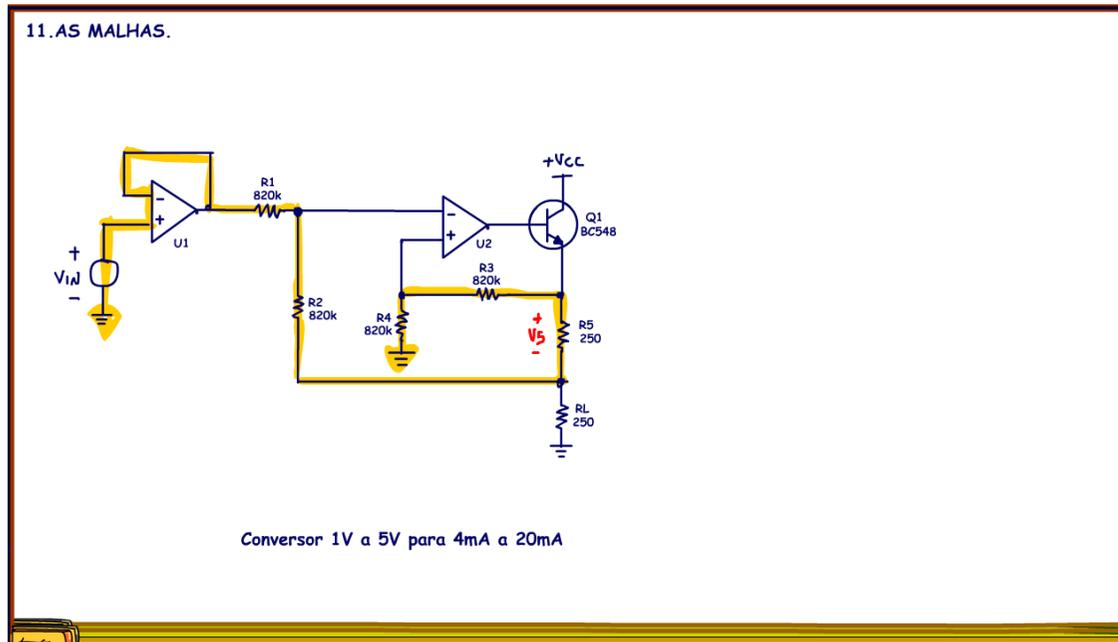
Sim, veja o circuito de realimentação marcado na figura, é um caminho estranho tortuoso, mas é um caminho que liga a saída do operacional U2 a entrada inversora, então, sim o operacional U2 tem realimentação negativa e então, podemos usar o zero virtual.

As correntes nas entradas do operacional U2 são iguais a zero, não tem corrente entrando no operacional U2, e a tensão na entrada não inversora é iguala tensão na entrada inversora, o que equivale a dizer que a queda de tensão entre as entradas do operacional é zero!

Então podemos aplicar tranquilamente a teoria do zero virtual na análise desse circuito.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 11. AS MALHAS.



Agora que a gente já sabe como lidar com os operacionais é só levantar as equações das malhas, cuidando para que as equações incluam a Tensão de entrada VIN e a tensão na resistência R5.

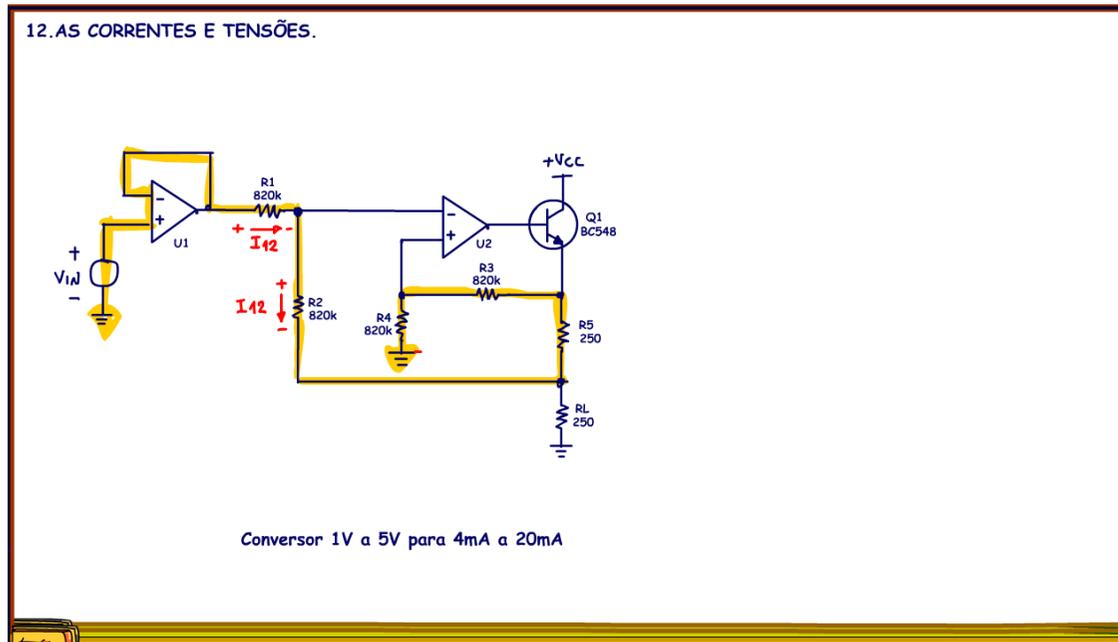
Não é fácil encontrar as malhas nesse circuito, talvez se você tivesse resolvendo sozinho teria que fazer mais de uma tentativa, eu achei duas malhas possíveis de resolver esse circuito.

A primeira malha é essa figura, a vantagem é que ela passa pela tensão de entrada VIN e pela tensão V5, a tensão na resistência R5.

Vou chamar de malha 1.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 12. AS CORRENTES E TENSÕES.



Antes de levantar as equações devo escrever as correntes nos componentes e assim determinar a polaridade das tensões nos componentes, vou precisar dessa polaridade para levantar a equação.

Como eu não sei a resposta vou chutar o sentido das correntes, mas olhando o circuito eu tenho uma boa ideia do sentido, se eu errar algum dos chutes a corrente vai aparecer com o sinal negativo no final.

Veja os sentidos escolhidos, bem lógico.

Um detalhe importante é que eu escolhi a corrente na resistência R2 no mesmo sentido da corrente na resistência R1, isso porque eu sei que a corrente que vem da resistência R1 tem que seguir direto para a resistência R2, já que para dentro do operacional não

vai corrente alguma, é o zero virtual em ação.

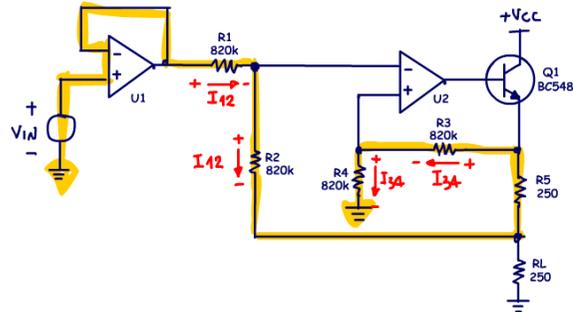
Como eu já sei que é a mesma corrente vou chamar de corrente  $I_{12}$ , a corrente que passa na resistência R1 e na resistência R2!

Sabendo o sentido eu já posso colocar a polaridade das tensões em cada uma das resistências, observando que o positivo fica sempre do lado que a corrente está entrando.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

### 13. AS CORRENTES NAS RESISTÊNCIAS R3 E R4.

13.AS CORRENTES NAS RESISTÊNCIAS R3 E R4.



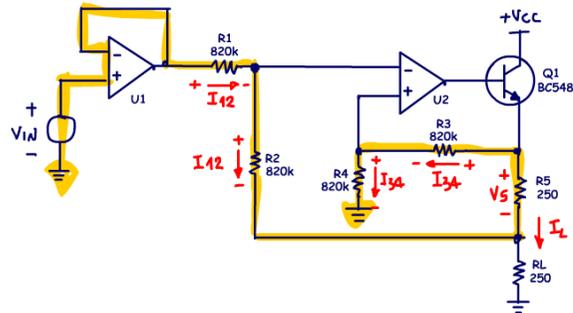
Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

Vou fazer o mesmo para as resistências R3 e R4, eu sei que a corrente vem do emissor do transistor Q1, então o sentido das correntes nessas resistências é como indicado na figura e mais, eu sei que a corrente que passa na resistência R3 segue direto para a resistência R4, claro nenhuma corrente vai para a entrada do operacional, então vou chamar essa corrente de I34, sabendo o sentido da corrente já posso colocar as polaridades também.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

#### 14. A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R5.

14.A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R5.

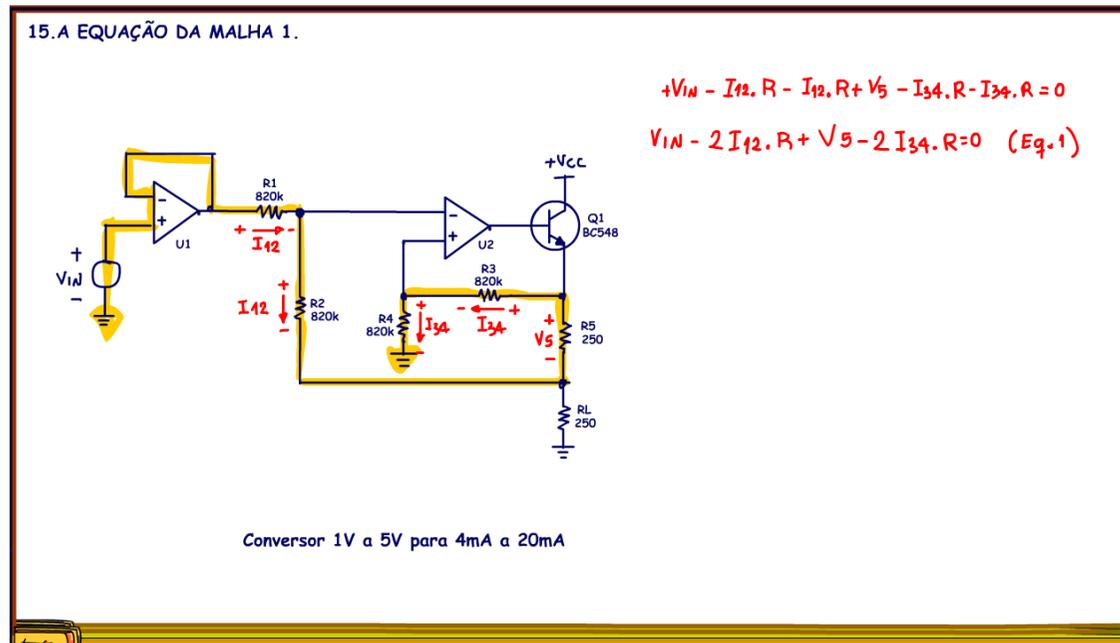


Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

Como eu sei que a corrente na resistência R5 está vindo do emissor do transistor Q1, então o positivo da tensão na resistência R5 está para cima, essa é a tensão que eu quero determinar, em função da tensão de entrada, se tudo der certo, essa tensão será igual a tensão de entrada  $V_{in}$ .

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

### 15. A EQUAÇÃO DA MALHA 1.



Pronto, temos tudo para levantar a equação da malha 1, vou levantar a equação no sentido horário, partindo do terra em direção a fonte de tensão da entrada  $V_{IN}$ .

Tudo começa pela tensão de entrada, então fica:  $+V_{IN}$ , passo pelo o operacional e não somo nada, é o zero virtual em ação, a tensão diferencial nas entradas do operacional é zero, agora vou escrever a tensão na resistência R1 usando a lei de OHM, mas aqui eu vou escrever o valor da resistência como "R", isso porque todas as resistências têm o mesmo valor, você já tinha observado isso?

Então fica: se estou passando do mais para o menos então é,  $-I_{12}$  multiplicado por "R", a tensão na resistência R1.

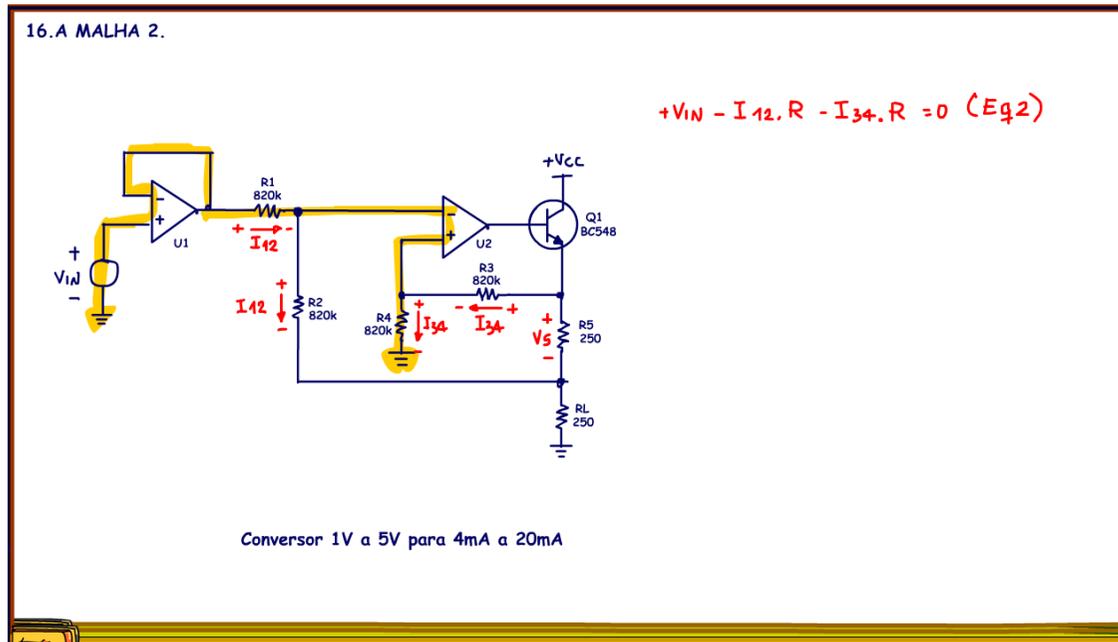
Agora é só seguir no mesmo compasso,  $-I_{12}$  multiplicado por R, essa é a tensão na resistência R2; mais a tensão na resistência R5,  $V_5$ ;

Agora  $-I_{34}$  multiplicado por R, essa é a tensão na resistência R3;  $-I_{34}$  multiplicado por R, a tensão na resistência R4, tudo isso igual a zero, essa é equação da malha 1.

Note que tem parcelas que podem ser simplificadas, podem ser somadas, aquelas com as correntes  $I_{12}$  e  $I_{34}$ , depois da soma veja como ficou a equação da malha 1, vou chamar de equação 1.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 16. A MALHA 2.



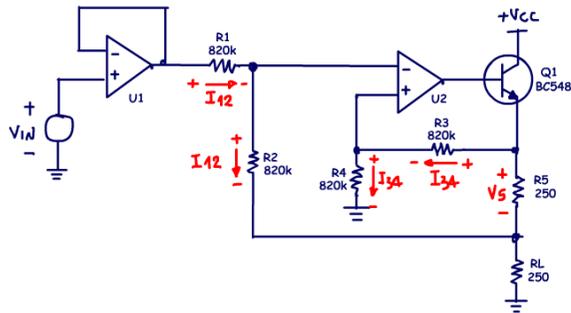
Veja agora a malha dois, ficou bem mais simples não é mesmo.

Vamos levantar a equação no sentido horário como antes e vamos começar pela tensão de entrada; + VIN, a tensão de entrada; o operacional U1 não soma nada, -I12 multiplicado pela resistência R1 que é igual a R, todas as resistências são iguais, não soma nada do operacional U2; fecha a malha pela resistência R4, -I34 multiplicado por R4 que também é igual a R, tudo isso igual a zero, vou chamar de equação 2.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 17. O SISTEMA DE EQUAÇÃO.

17.0 SISTEMA DE EQUAÇÃO.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

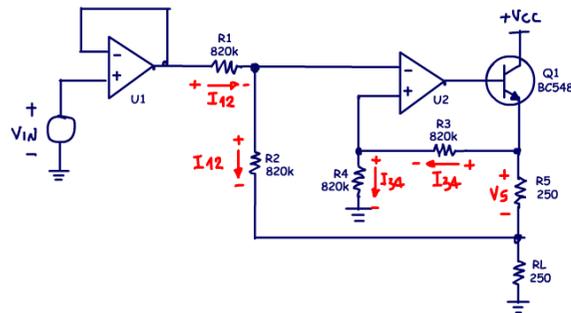
$$\begin{cases} V_{IN} - 2I_{12}.R + V_5 - 2I_{34}.R = 0 \text{ (Eq.1)} \\ +V_{IN} - I_{12}.R - I_{34}.R = 0 \text{ (Eq2)} \end{cases}$$

Agora vem a matemática, resolver o sistema de equação, temos duas equações e queremos a relação entre a tensão de saída V5 e a tensão de entrada VIN.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 18. A SOLUÇÃO.

18.A SOLUÇÃO.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

$$\begin{cases} V_{IN} - 2I_{12}.R + V_5 - 2I_{34}.R = 0 \text{ (Eq.1)} \\ +V_{IN} - I_{12}.R - I_{34}.R = 0 \text{ (Eq2)} \end{cases}$$

$$+V_{IN} - I_{12}.R = +I_{34}.R$$

$$+I_{34} = \frac{+V_{IN} - I_{12}.R}{R}$$

Para solucionar esse sistema vou usar a substituição, vou tirar a corrente  $I_{34}$  na equação 2 e substituir na equação 1.

Primeiro vou trabalhar a equação 2 isolando a corrente  $I_{34}$ , para isso passo a parcela com a corrente  $I_{34}$  para o outro lado da igualdade trocando o sinal, a operação.

Vou ajeitar a equação e passar a resistência  $R$  para o outro lado da igualdade dividindo.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 19. SUBSTITUINDO NA EQUAÇÃO 1.

19.SUBSTITUINDO NA EQUAÇÃO 1.

Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

$$\begin{cases} V_{IN} - 2I_{12} \cdot R + V_5 - 2I_{34} \cdot R = 0 \text{ (Eq.1)} \\ +V_{IN} - I_{12} \cdot R - I_{34} \cdot R = 0 \text{ (Eq2)} \end{cases}$$

$$+I_{34} = \frac{+V_{IN} - I_{12} \cdot R}{R}$$

$$V_{IN} - 2I_{12} \cdot R + V_5 - 2I_{34} \cdot R = 0$$

$$V_{IN} - 2I_{12} \cdot R + V_5 - 2 \cdot \left( \frac{+V_{IN} - I_{12} \cdot R}{R} \right) \cdot R = 0$$

$$V_{IN} - 2I_{12} \cdot R + V_5 - 2 \cdot (+V_{IN} - I_{12} \cdot R) = 0$$

$$V_{IN} - 2I_{12} \cdot R + V_5 - 2V_{IN} + 2I_{12} \cdot R = 0$$

$$-V_{IN} + V_5 = 0$$

$$V_5 = V_{IN}$$

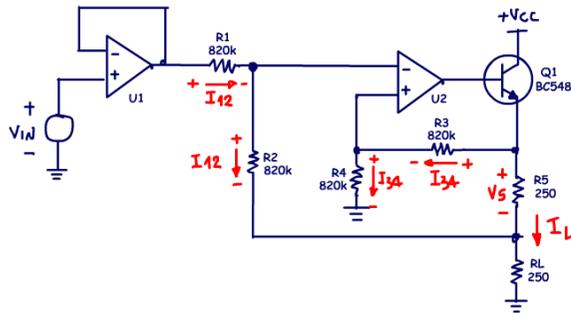
Agora substituindo a corrente I34 na primeira equação, veja que dá para simplificar a resistência R na última parcela, vamos agora multiplicar os parênteses por dois cuidando sinal, menos dois vezes a tensão de entrada Vin fica menos 2Vin, já na segunda parcela menos dois vezes menos a corrente I12R fica mais dois vezes I12R, veja agora a mágica acontecer, as parcelas com a corrente I12 podem ser simplificadas e tem mais uma simplificação Vin - 2Vin é só -VIN, veja o que restou, -VIN +V5 igual a zero.

Passando a tensão -VIN para o outro lado da igualdade a mágica acontece, a tensão de entrada VIN é exatamente igual a tensão na resistência R5, e pronto era exatamente isso que queríamos comprovar e está comprovado.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 20. A CORRENTE NA CARGA.

20.A CORRENTE NA CARGA.



Conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA

$$V_{IN} = 5V$$

$$I_L = \frac{V_{IN}}{250\Omega}$$

Se  $V_{IN} = 1V$

$$I_L = \frac{1V}{250\Omega} = 0,004A = 4mA$$

Se  $V_{IN} = 5V$

$$I_L = \frac{5V}{250\Omega} = 0,020A = 20mA$$

Então concluímos que a corrente na carga é igual a tensão de entrada dividido pela resistência R5 de 250 OHM.

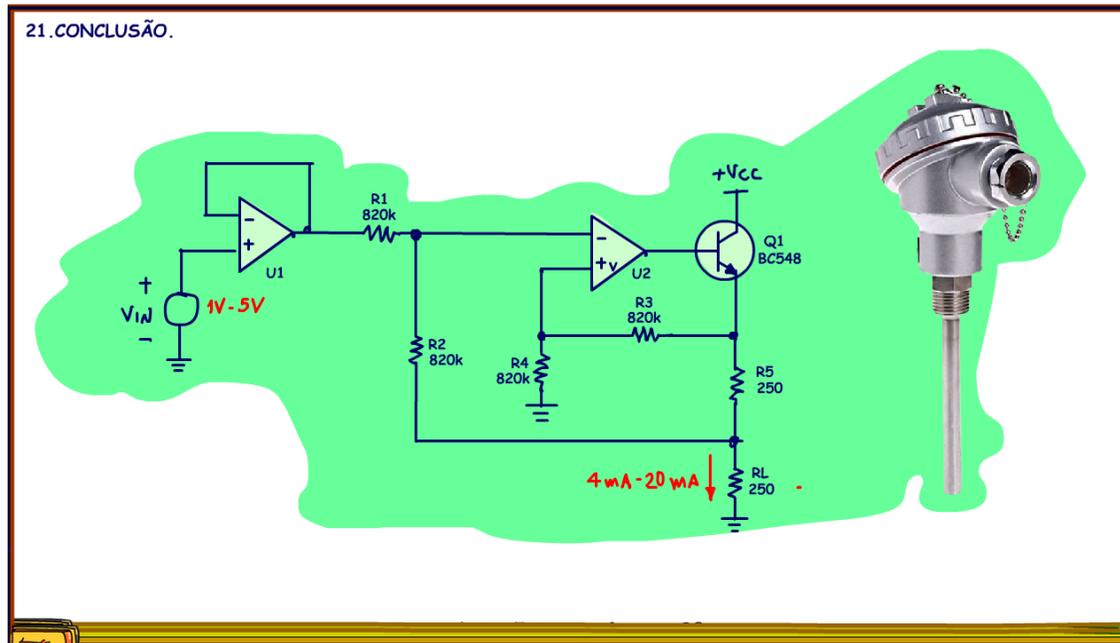
Se a tensão na entrada for igual a 1V a corrente na carga será igual a 4 mA, se a tensão na entrada for igual a 5V, a corrente na carga será de 20 mA e mais não importa o valor da carga, não precisa ser de 250 OHM!

Pronto, depois da análise concluímos que o circuito realmente funciona!

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 21. CONCLUSÃO.

21. CONCLUSÃO.



Vimos nesse tutorial a análise do conversor 1V a 5V para 4mA a 20mA, para isso usamos as leis básicas da análise de circuito, LEI DE OHM, LEI DAS MALHAS, LEI DOS NÓS, e mais o modelo do amplificador operacional com realimentação negativa, o zero virtual, a análise de circuitos eletrônicos é sempre feita dessa forma, a análise se repete, agora é só montar o circuito e aproveitar, bom proveito.

Faça você mesmo um conversor 1 a 5Volt para 4 a 20 miliAmpére

## 22. 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](http://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](http://www.bairrospd.com)

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Faça você mesmo um conversor 1 a 5V para 4 a 20 miliAmpére

20241008 Faça você mesmo um conversor 1V a 5V para 4mA a 20 mA

Faça você mesmo um conversor 1V a 5V para 4mA a 20 mA!

Esse é um daqueles circuitinhos muito útil para a transmissão de dados, principalmente de um sensor para o comando, tudo isso porque enviar a medição no formato de corrente é muito mais seguro do que enviar no formato de tensão, a transmissão suando corrente é mias imune a interferências e menos dependente dos cabos, então vamos ver como fazer ele milagre, vamos lá.

Assuntos relacionados.

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

YOUTUBE: <https://youtu.be/0At4ZlkHabo>

Conversor 4 a 20 mA, como fazer um conversor, como fazer um conversor 4 a 20 mA,