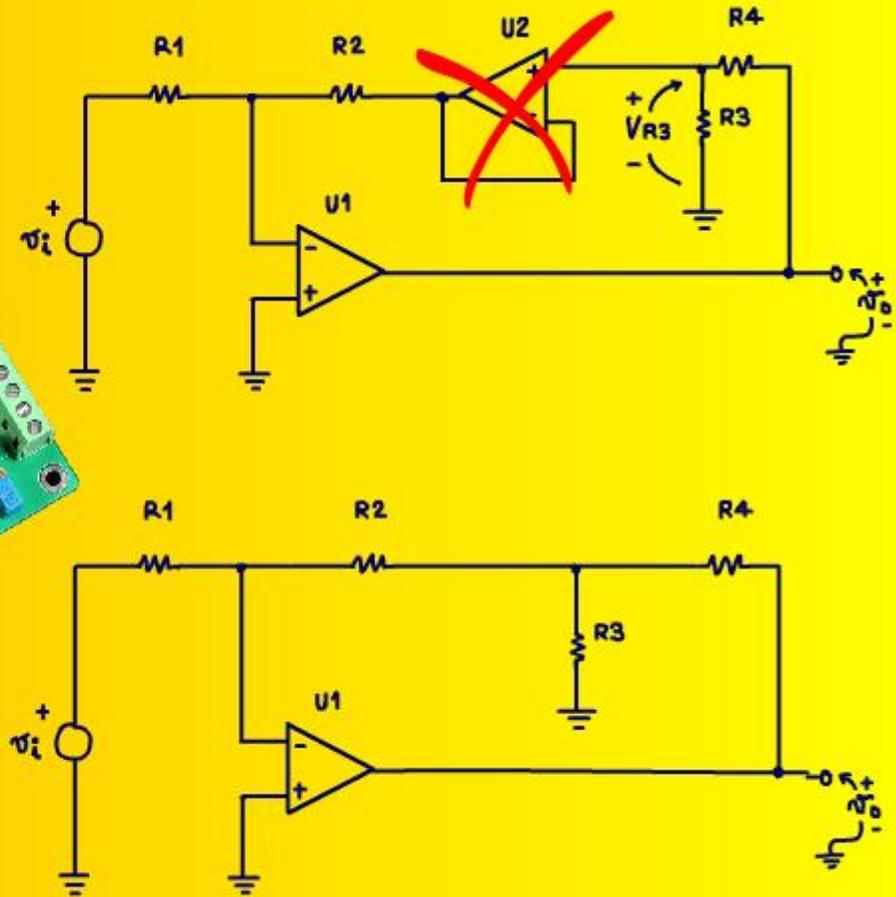
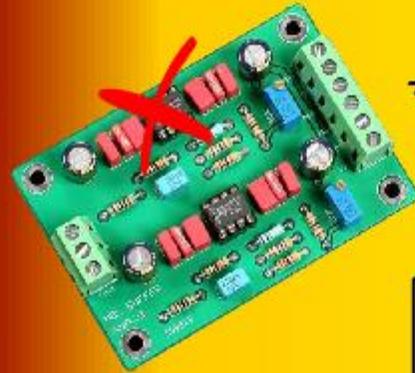


Se tirar esse
componente
muda
alguma coisa?





VISITE
O NOSSO
SITE e
CANAL
YOUTUBE

www.bairrospd.com
Professor Bairros

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>

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

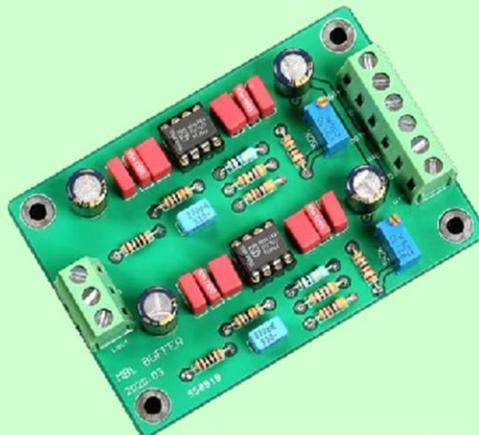
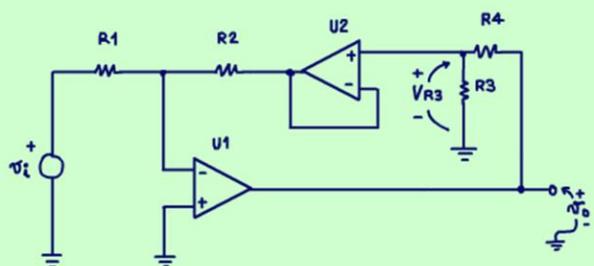
SUMÁRIO

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional	0
Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional	3
O circuito do multiplicador de ganho com dois operacionais.	4
O circuito com um operacional.	5
Levantando as equações das malhas.	6
As equações das malhas.....	7
A solução da equação.	8
A malha 2.	9
A corrente I_4	10
A malha 3.	11
Calculando o ganho.	12
A equação final.....	13
O exemplo prático 1.....	14
Exemplo prático 2.	15
As diferenças.	16
Conclusão.	17
Créditos	18

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

AMPLIFICADOR MULTIPLICADOR DE GANHO OU REALIMENTAÇÃO DESACOPLADA COM UM AMPLIFICADOR OPERACIONAL

AMPLIFICADOR MULTIPLICADOR DE GANHO OU REALIMENTAÇÃO DESACOPLADA COM UM AMPLIFICADOR OPERACIONAL



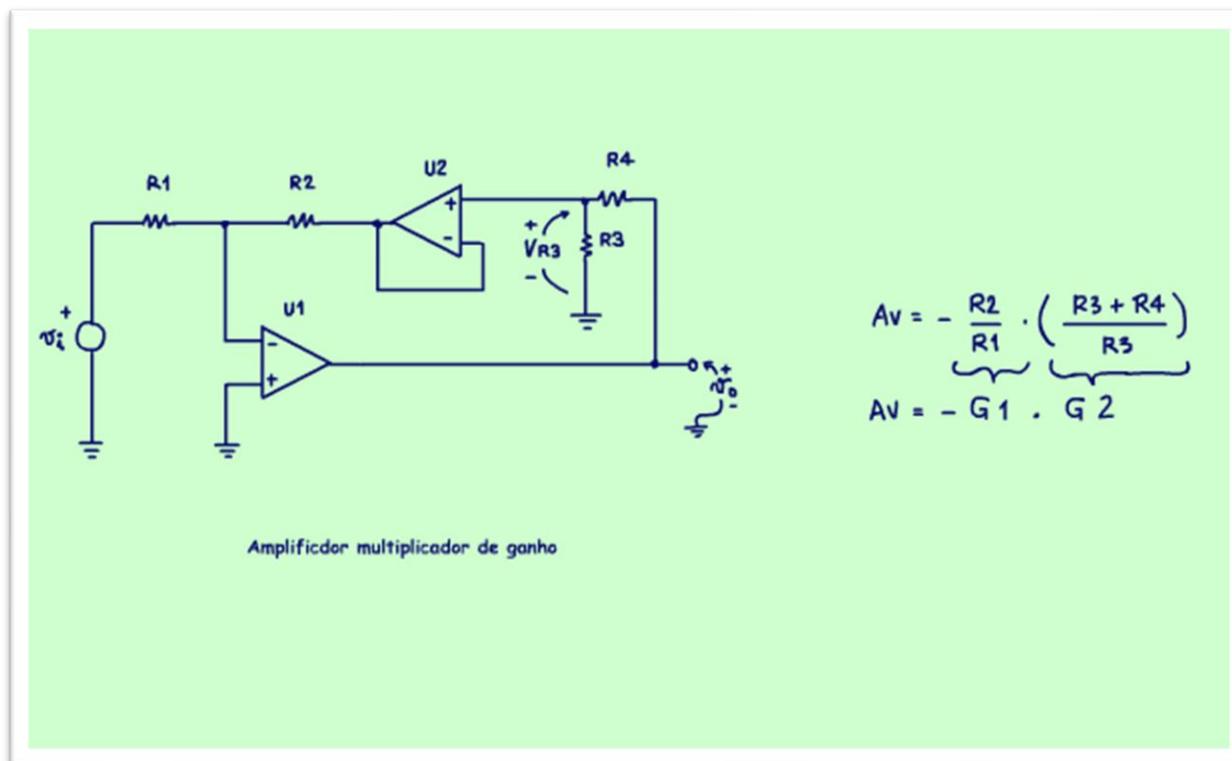
Olhando para o circuito do tutorial passado, o circuito do amplificador multiplicador de ganho o seguidor Daniel Ribeiro me perguntou: Como ficaria exatamente o mesmo circuito sem o operacional de realimentação, isto é, com uma rede T de realimentação? Já adianto que é um circuito prático, pois já vi em algumas aplicações.

Então é sobre isso que eu vou falar nesse tutorial, vou tirar o segundo amplificador operacional e ver o que acontece!

Vamos lá.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

O CIRCUITO DO MULTIPLICADOR DE GANHO COM DOIS OPERACIONAIS.



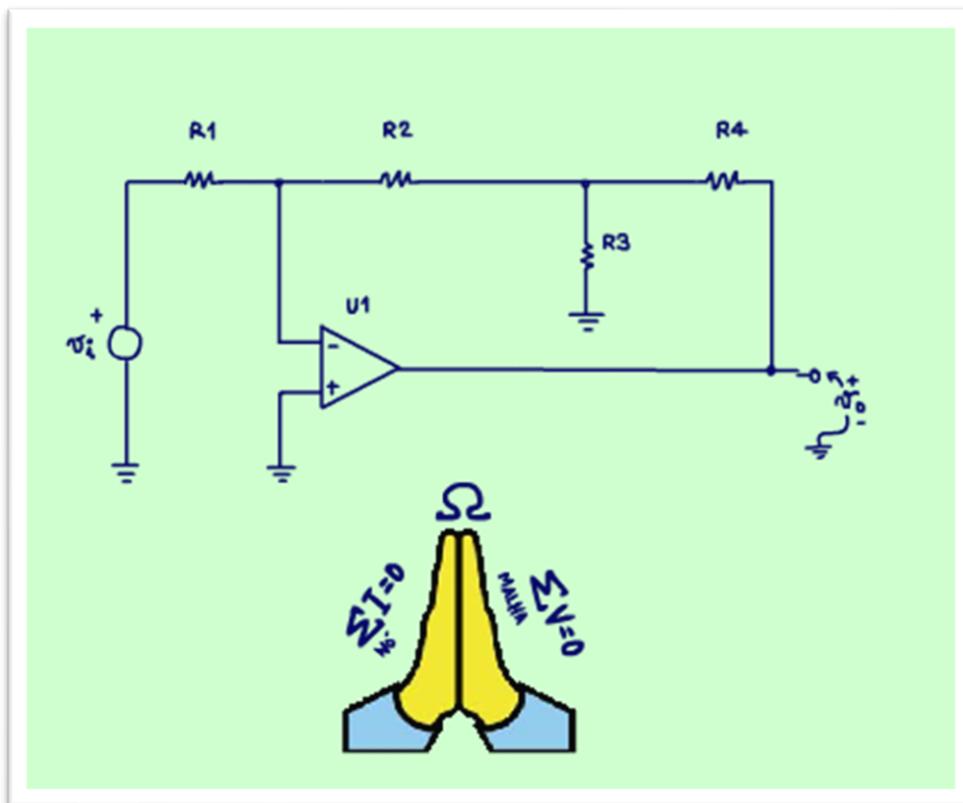
O Daniel estava se referindo a esse circuito, visto no tutorial passado.

A equação do ganho também é mostrada na figura e pode ser simplificada para: menos ganho 1 multiplicado pelo ganho 2, por isso é chamado de multiplicador de ganho.

A grande vantagem desse circuito é conseguir altos ganhos de tensão, usando resistências de baixos valores e a equação também é bem simples, fica fácil projetar o circuito com o ganho que a gente quer.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

O CIRCUITO COM UM OPERACIONAL.



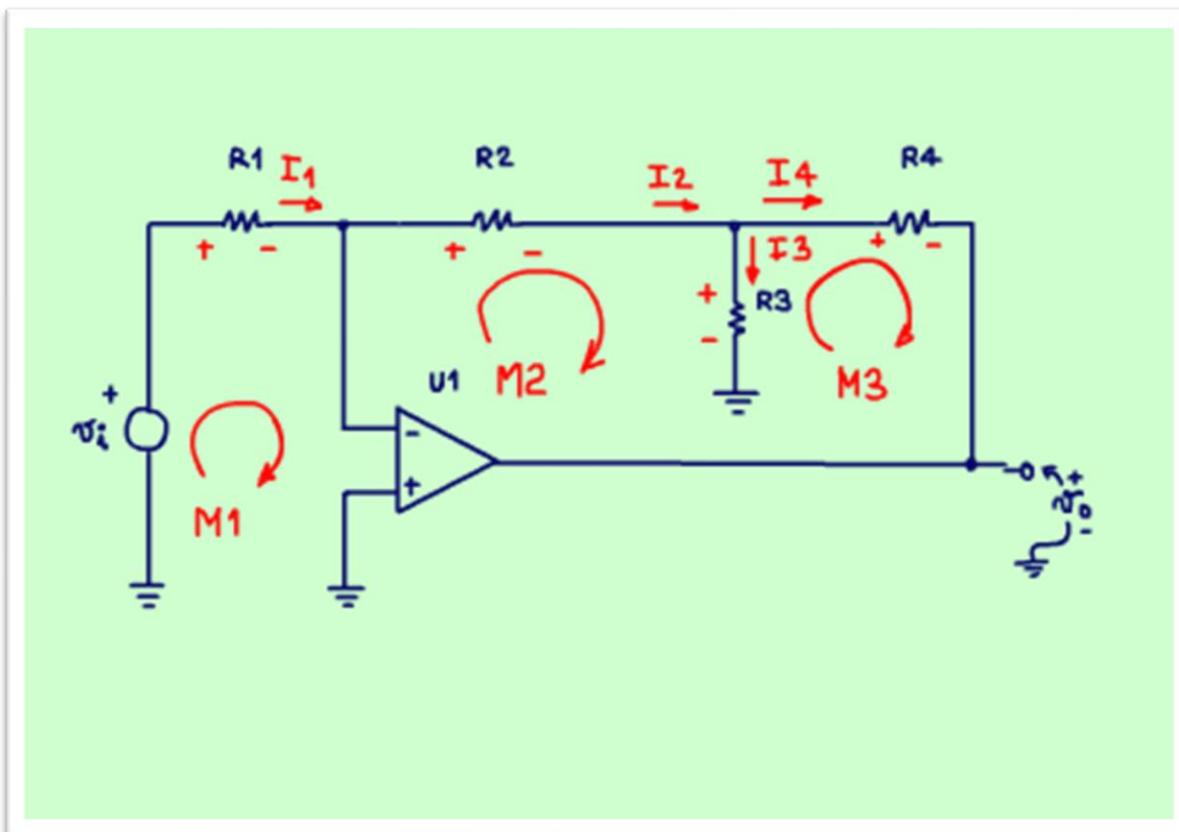
O circuito que o Daniel está propondo é esse da figura, sem o segundo operacional, será que muda muito.

Vou calcular o ganho e comparar com o circuito anterior, para isso vou usar a Santa Trindade novamente, LEI DE OHM, LEI DAS MALHAS, LEI DOS NÓS, simples assim, a eletrônica se repete.

Uma coisa é certa ficou mais simples vocês não acham?

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

LEVANTANDO AS EQUAÇÕES DAS MALHAS.



Vou analisar o circuito para determinar o ganho de tensão, isso é a tensão de saída v_o sobre a tensão de entrada v_i .

Vou traçar três malhas, todas no sentido horário.

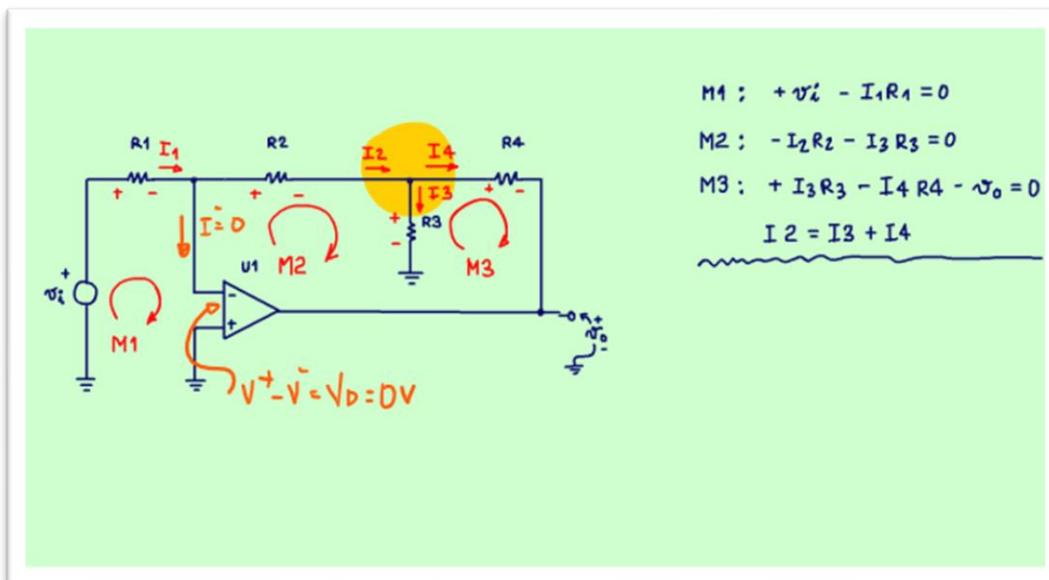
Agora vou chutar as correntes nos ramos, todas no sentido horário.

Agora vou escrever a polaridade das tensões em cada componente considerando o positivo do lado que a corrente está entrando.

Agora vou escrever as equações, já substituído a tensão em cada resistência pelo produto da corrente pela resistência.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

AS EQUAÇÕES DAS MALHAS.



A malha 1: Mais tensão de entrada V_i , menos a tensão na resistência R_1 , que já vou escrever na forma da lei de OHM, corrente I_1 vezes a resistência R_1 , tudo isso igual a zero.

Note que eu não escrevi a tensão nas entradas do operacional, claro essa tensão é zero, coisas do zero virtual.

A malha 2: Menos a tensão na resistência R_2 , aplicando a LEI DE OHM fica corrente I_2 vezes a resistência R_2 , menos a tensão na resistência R_3 , que é igual a corrente I_3 vezes a resistência R_3 , tudo isso igual a zero.

A malha 3: mais a tensão na resistência R_3 , que é igual a corrente I_3 vezes a resistência R_3 , menos a tensão na resistência R_4 , que é igual a corrente I_4 vezes a resistência R_4 , menos a tensão de saída V_o , tudo isso igual a zero.

Note que tem três equações, mas quatro incógnitas, quatro correntes, então tem que conseguir mais uma equação, de onde ela vem?

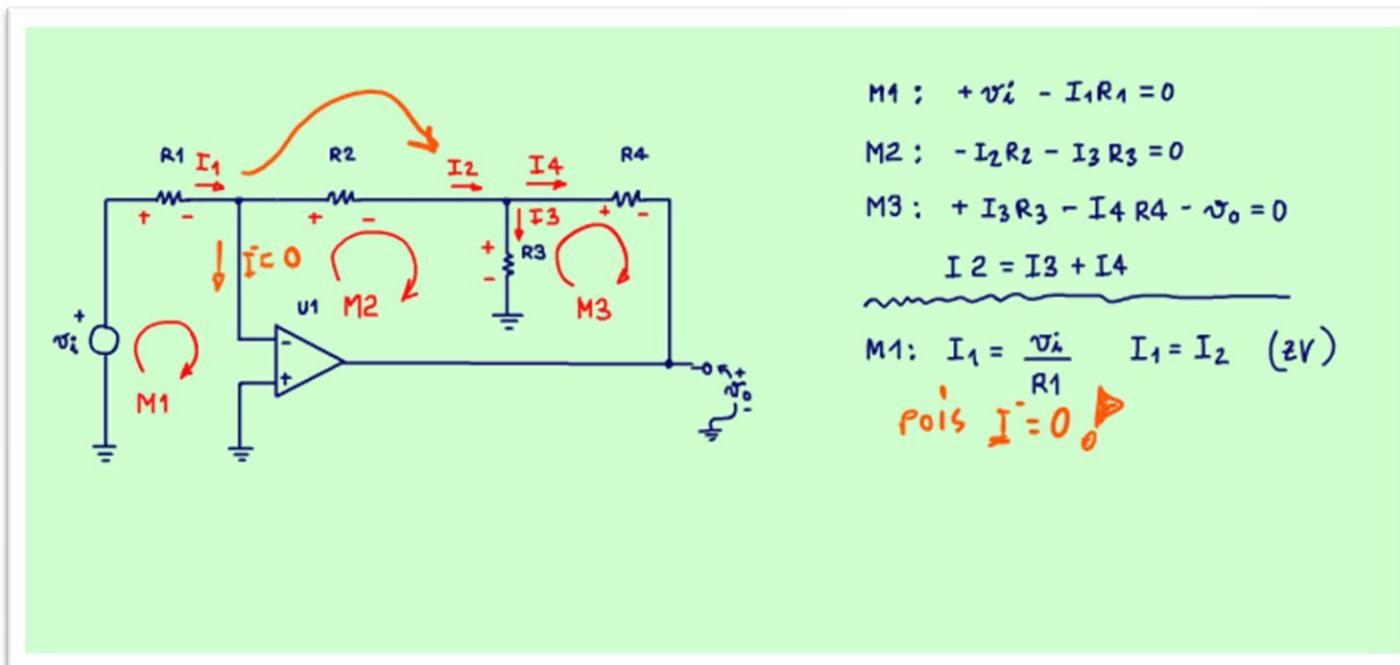
Isso mesmo da LEI DOS NÓS, no nó entre as resistências R_2 , R_3 e R_4 .

A corrente I_2 que entra no nó é igual a somadas correntes I_3 mais I_4 , que saem do nó, simples assim.

Agora é só resolver para encontrar a relação tensão de saída V_o sobre a tensão de entrada V_i .

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

A SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO.



Claro que existem mais de uma forma de resolver, quem gosta de matemática já está babando, porque esse é uma equação bem interessante de ser resolvida.

Primeiro de tudo a malha 1 já é o suficiente para tirar a corrente I_1 , a corrente I_1 é igual a tensão de entrada V_i sobre R_1 .

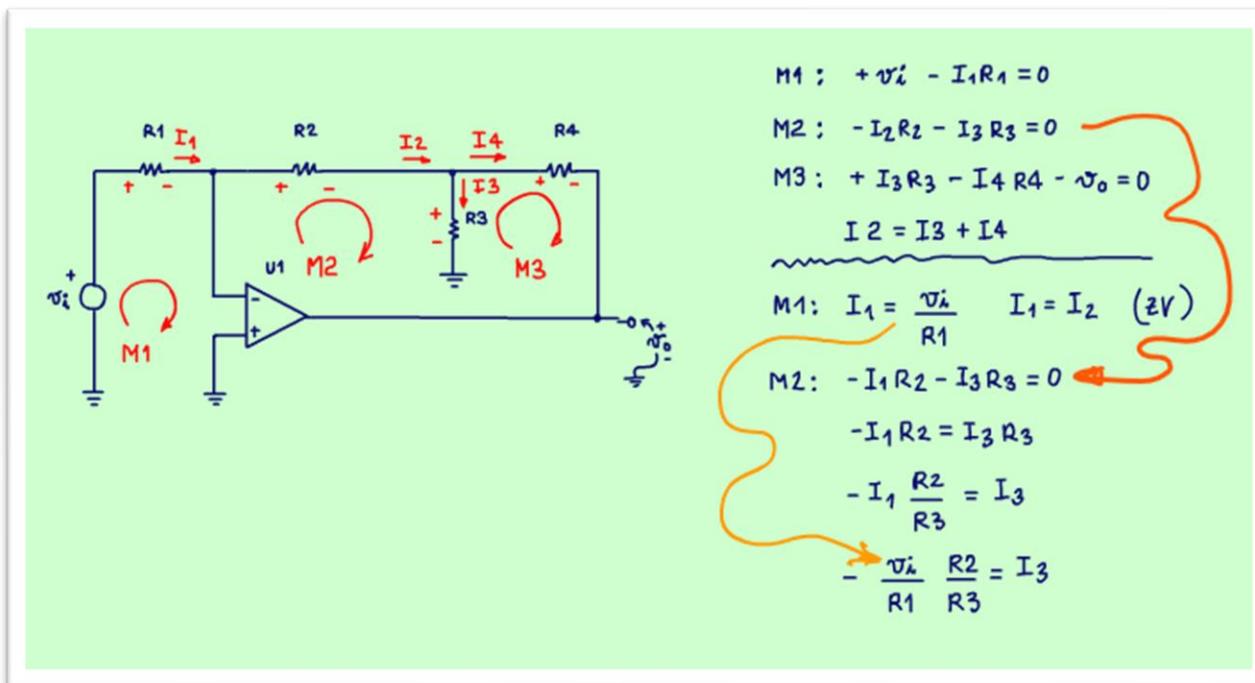
Agora tem um detalhe importante do operacional, a corrente I_1 ao chegar no nó da entrada não

inversora do operacional, segue reto para a resistência R_2 , claro, você está careca de saber que as correntes nas entradas do operacional é zero, não entra corrente no operacional, é o zero virtual.

Então temos mais uma equação, a corrente I_2 é igual a corrente I_1 , ao resolver a corrente I_1 a gente já resolveu a corrente I_2 , a gente alimentou dois coelhos com uma cenoura só.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

A MALHA 2.

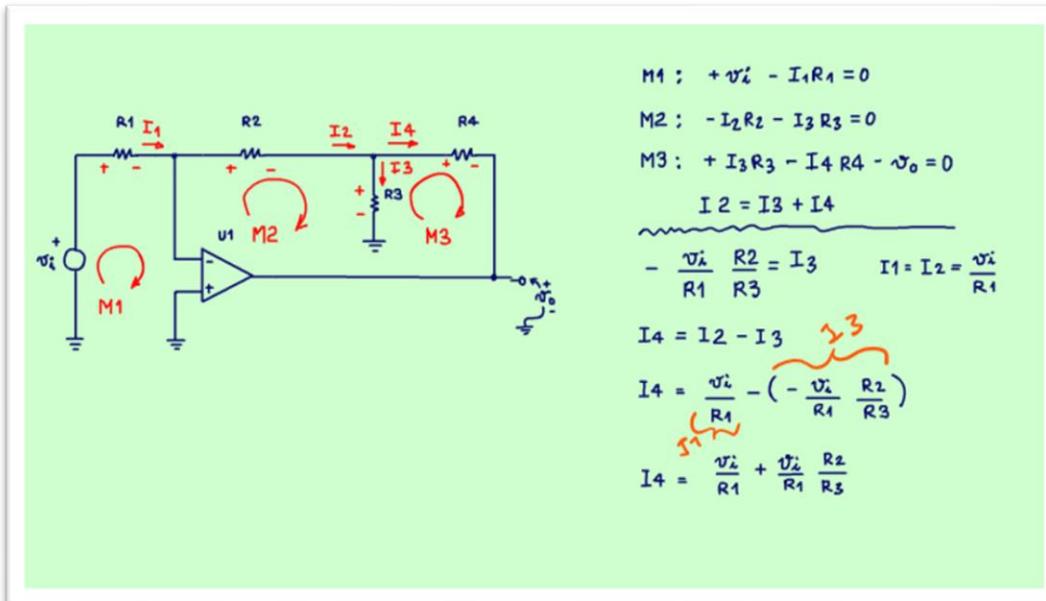


Agora vou trabalhar a malha dois, como eu sei que a corrente I_1 é igual a corrente I_2 , então a malha dois fica, menos a corrente I_1 vezes a resistência R_2 , menos a corrente I_3 vezes a resistência R_3 , tudo isso igual a zero.

Agora é só isolar a corrente I_3 , e substituindo a corrente I_1 por tensão de entrada v_i dividido pela resistência R_1 , chegamos na equação da corrente I_3 .

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

A CORRENTE I4.



Para resolver a malha 3 eu preciso da corrente I4 e essa corrente sai facilmente da equação do nó, é só isolar a corrente I4,

Isolando a corrente I4 fica: a corrente I4 é igual a corrente I2 menos a corrente I3.

Eu sei que a corrente I2 é igual a corrente I1 e que a corrente I1 é igual a tensão de entrada vi dividido pela resistência R1, então coloco esse valor no lugar de I2 na equação.

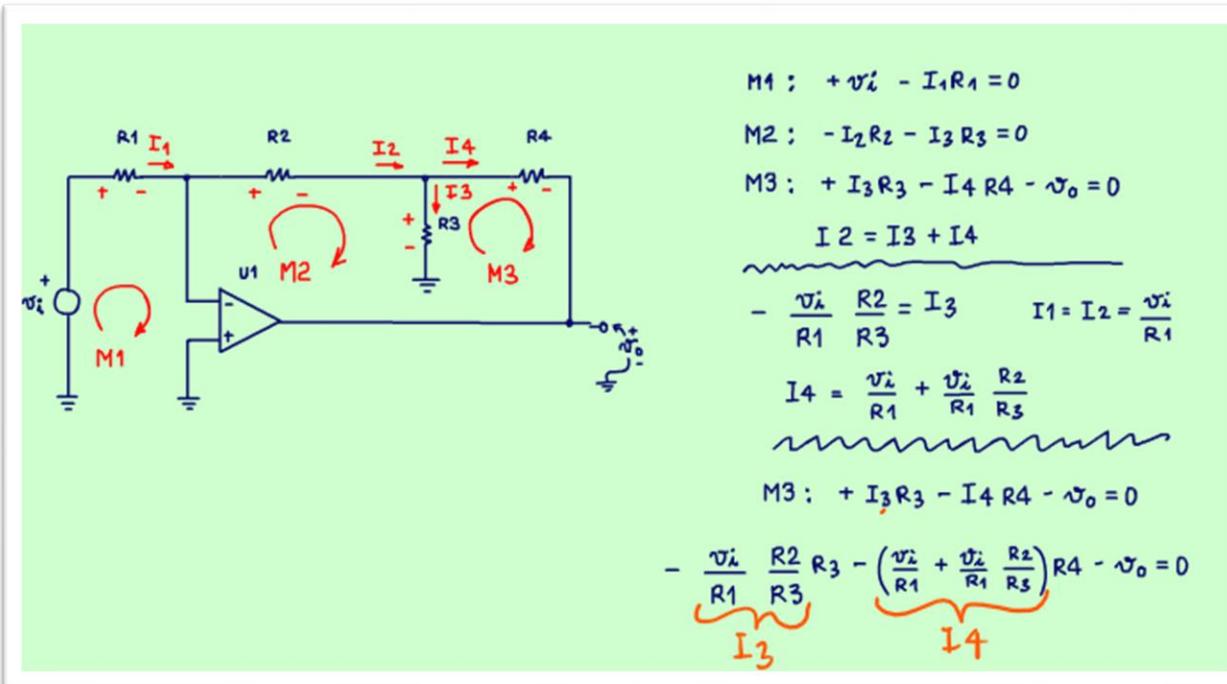
Eu também sei a corrente I3, acabamos de calcular, então coloco esse valor na equação, cuidado, têm que colocar os parênteses, o menos fora é da equação da corrente I4, e o menos dentro é da equação da corrente I3.

Como menos vezes menos é mais, os parênteses somem como num passe de mágica, eu adoro quando isso acontece.

Pronto agora eu tenho a corrente I4, tenho todas as correntes é só aplicar na malha 3 resolver.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

A MALHA 3.



Vou reescrever a equação da malha 3 colocando as correntes que acabamos de calcular.

A corrente I_3 vezes a resistência R_3 fica, menos a tensão de entrada v_i sobre R_1 , vezes a resistência R_2 sobre a resistência R_3 , essa é a corrente I_3 que multiplica a resistência R_3 .

Menos a corrente I_4 vezes R_4 fica, coloco dentro dos parênteses a equação do I_4 lá de cima e multiplico tudo isso pela resistência R_4 .

Depois é só fazer menos a tensão de saída v_o e igualar tudo a zero.

Viu, não tem mais corrente alguma, nessa equação só têm as resistências, a tensão de entrada e a tensão de saída, agora o desafio é tentar encontrar a razão entre a tensão de saída sobre a tensão de entrada o ganho.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

CALCULANDO O GANHO.

$$\begin{aligned}
 M1: & +v_i - I_1 R_1 = 0 \\
 M2: & -I_2 R_2 - I_3 R_3 = 0 \\
 M3: & +I_3 R_3 - I_4 R_4 - v_o = 0 \\
 & I_2 = I_3 + I_4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -\frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} R_3 - \left(\frac{v_i}{R_1} + \frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} \right) R_4 - v_o &= 0 \\
 -\frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} R_3 - \left(\frac{v_i}{R_1} + \frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} \right) R_4 &= v_o \\
 -\frac{v_i}{R_1} R_2 - \left(\frac{v_i}{R_1} \cdot R_4 + \frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4 \right) &= v_o \\
 -\frac{v_i}{R_1} R_2 - \frac{v_i}{R_1} \cdot R_4 - \frac{v_i}{R_1} \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4 &= v_o \\
 -\frac{1}{R_1} \left(R_2 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_3} \right) &= Av
 \end{aligned}$$

Primeiro de tudo vou isolar a tensão de saída, passar para o lado de lá da igualdade invertendo a operação.

Agora do lado esquerdo da equação tem uma simplificação saltando aos olhos, a resistência R3 no numerador com a resistência R3 no denominador, a mágica está começando.

Agora vou colocar a resistência R4 para dentro dos parênteses para poder eliminar os parênteses, agora cada parcela dentro dos parênteses tem a resistência R4.

Para eliminar de vez os parênteses têm que tirar aquele menos na frente dos parênteses, como fazer isso?

Invertendo tudo dentro dos parênteses, agora pode tirar os parênteses.

Todas as parcelas tem o termo menos tensão de entrada Vi sobre a resistência R1, então vou colocar em evidência, eu preciso separar a tensão de entrada vi.

Veja como ficou a equação, está quase pronta.

Ficou: menos a tensão de entrada vi sobre a resistência R1 multiplicando aquelas somas de resistências dentro dos parênteses.

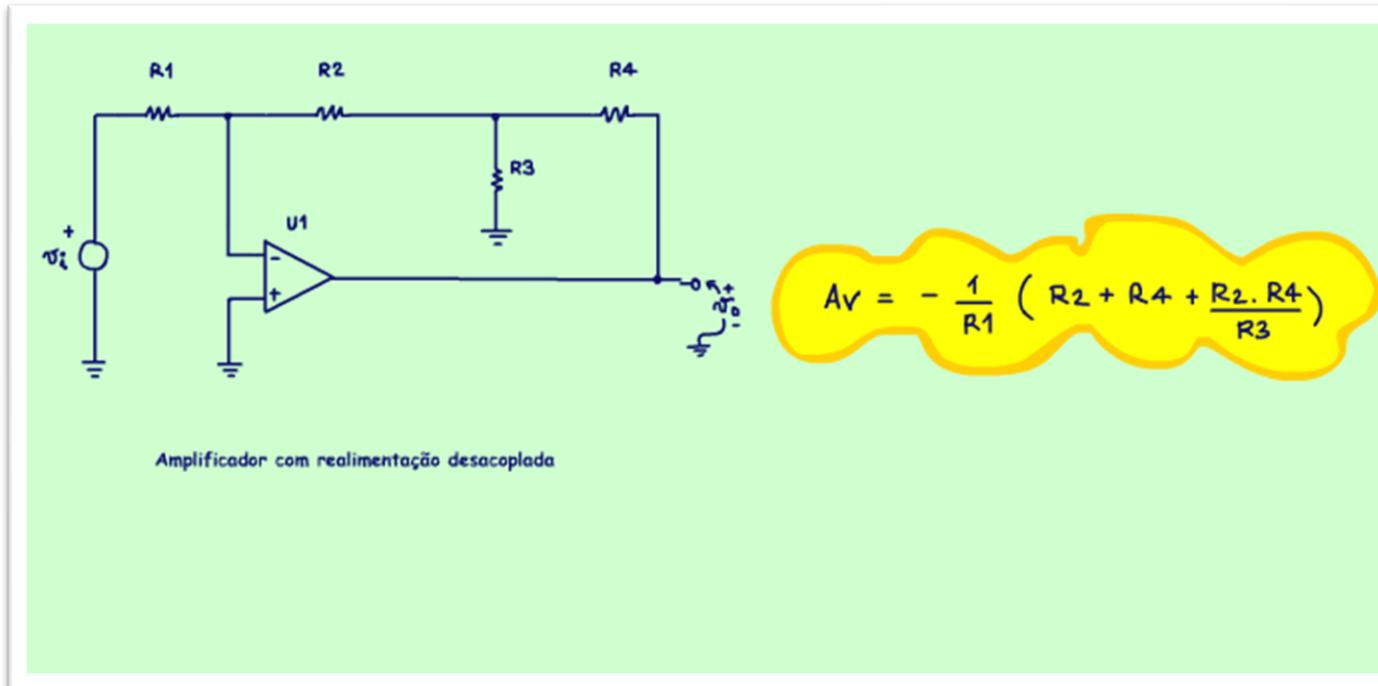
Note que o sinal menos de dentro dos parênteses saiu junto com menos a tensão de entrada Vi sobre a resistência R1.

Agora é fácil é só passar a tensão de entrada para o outro lado, tava multiplicando passa dividindo.

Essa é a equação do ganho, o produto de um sobre a resistência R1 multiplicado pelos parênteses cheios de somas de resistências.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

A EQUAÇÃO FINAL.

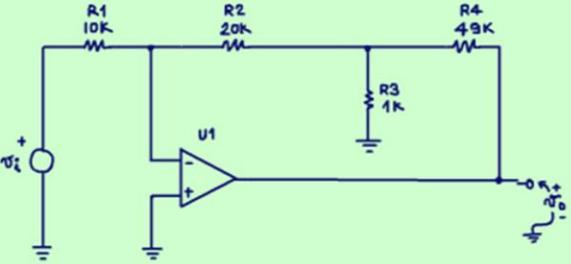


E aqui está o circuito do amplificador com realimentação desacoplada com um operacional e a sua equação, isso você só encontra aqui nesse amalucado.

Esse Daniel não sabia que ia dar tanto trabalho para o Professor Bairros.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

O EXEMPLO PRÁTICO 1.



Amplificador com realimentação desacoplada

Com 2 AMPOP $A_v = 2.50 = 100$

	A	B
44	$A_v = -\frac{1}{R_1} \left(R_2 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_3} \right)$	
45		
46	10,00	R1
47	20,00	R2
48	1,00	R3
49	49,00	R4
50	-104,90	A_v

$$A_v = -\frac{1}{10k} \left(20k + 49k + \frac{20k \cdot 49k}{1k} \right) = -104,9$$

No tutorial passado eu calculei um circuito com ganho 100 usando os valores de resistências da figura, claro que eu estou usando um amplificador com um só operacional, a pergunta é, qual o ganho desse circuito, será muito diferente do circuito com dois operacionais?

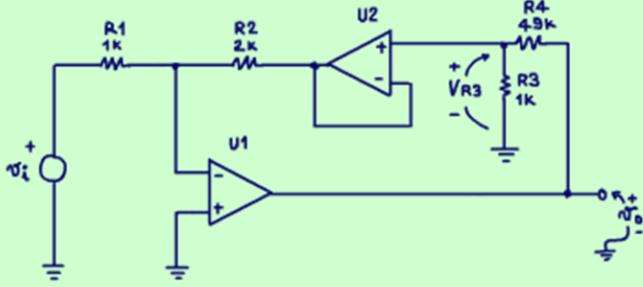
Então, é só substituir os valores na equação, eu coloquei numa planilha excel.

Calculei e o ganho deu menos 104,9, quase a mesma coisa!

Então esse circuito também pode ser usado para conseguir altos ganhos com baixos valores de resistências, esse circuito também é chamado de amplificador com realimentação desacoplada.

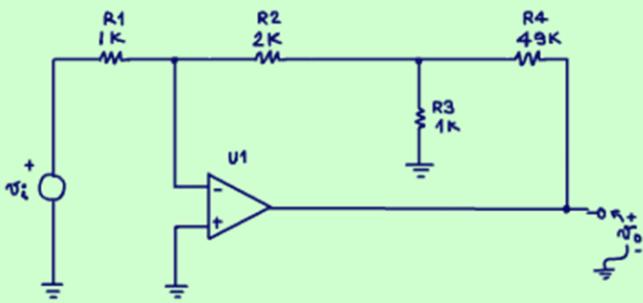
Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

EXEMPLO PRÁTICO 2.



$$A_v = - \frac{R_2}{R_1} \cdot \left(\frac{R_3 + R_4}{R_3} \right)$$

$$A_v = - G_1 \cdot G_2$$

$$A_v = - 2 \cdot 50 = -100$$


	A	B
44	$A_v = - \frac{1}{R_1} \left(R_2 + R_4 + \frac{R_2 \cdot R_4}{R_3} \right)$	
45		
46		1,00 R1
47		2,00 R2
48		1,00 R3
49		49,00 R4
50		-149,00 Av

$$A_v = - \frac{1}{1k} \left(1k + 49k + \frac{20k \cdot 49k}{20k} \right) = -149$$

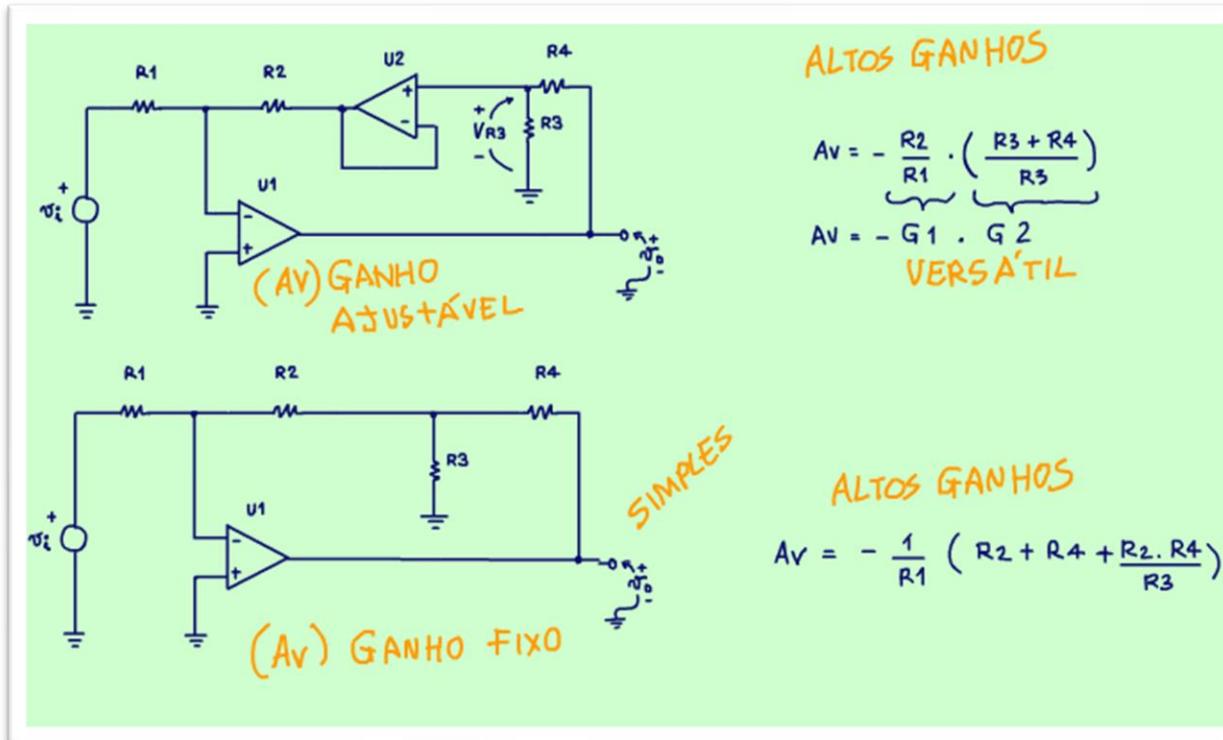
Agora vou simplesmente fazer a resistência R1 igual a 1K e a resistência R2 igual a 2K, note que para o circuito com dois amplificadores operacionais o ganho não muda nada, porque o ganho G1 que é razão entre a resistência R1 e a resistência R2, continua igual a 2, então o ganho final continua igual a menos 100.

Agora alterando as mesmas resistências no circuito com um AMPOP, colocando na planilha, o ganho vai para menos 149, mudou muito.

Então esse circuito não pode ser chamado de multiplicador de ganho, não tem uma equação tão simples como o circuito com dois amplificadores operacionais.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

AS DIFERENÇAS.



Aqui estão os dois circuitos, quais as diferenças.

Os dois circuitos têm a qualidade de conseguir altos ganhos com resistências de baixos valores, quanto a este aspecto são equivalentes.

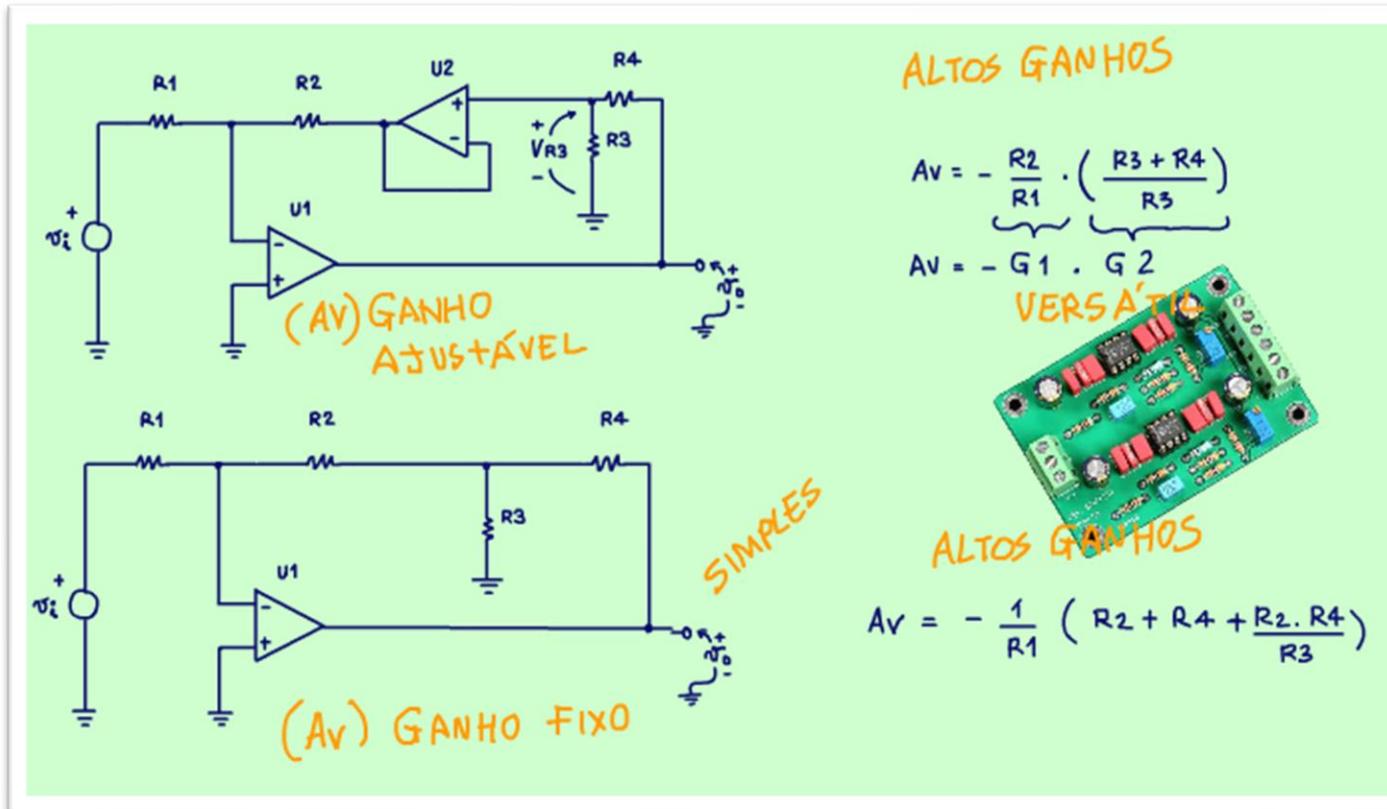
O circuito com um amplificador operacional é mais simples se você quiser o ganho fixo, esse circuito é o preferido para amplificadores simples e ganho fixo.

O circuito com dois operacionais e mais versátil e é usado quando você precisar ajustar o ganho alterando somente uma resistência, por exemplo a resistência R2, o ganho é linear em função dessa resistência, esse circuito é muito usado em amplificadores de

instrumentação onde você precisa alterar o ganho toda a hora.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial que é possível construir um amplificador de alto ganho usando um somente um amplificador operacional, agora se você encontrar esse circuito em algum equipamento, já sabe que o ganho é alto, um agradecimento especial ao Daniel Ribeiro.

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

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)

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

20230323 Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

Amplificador multiplicador de ganho ou realimentação desacoplada com um amplificador operacional

O seguidor Daniel ribeiro me perguntou: Colmo ficaria exatamente o mesmo circuito sem o operacional de realimentação, isto é, com uma rede T de realimentação? Já adianto que é um circuito prático, pois já vi em algumas aplicações.

Então é sobre isso que eu vou falar nesse tutorial, vou tirar o segundo amplificador operacional e ver o que acontece!

Assuntos relacionados.

Amplificador com um AMPOP: https://youtu.be/fCgTd8vh_lM

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

SEO: Amplificador de alto ganho, multiplicador de ganho, realimentação desacoplada, amplificador de alto ganho, amplificador com realimentação desacoplada, amplificador com multiplicador de ganho,

YOUTUBE: <https://youtu.be/RDtWrj18kn0>