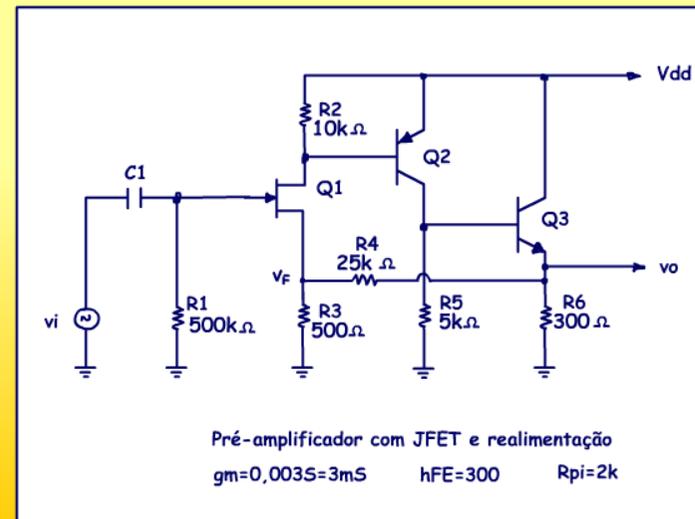
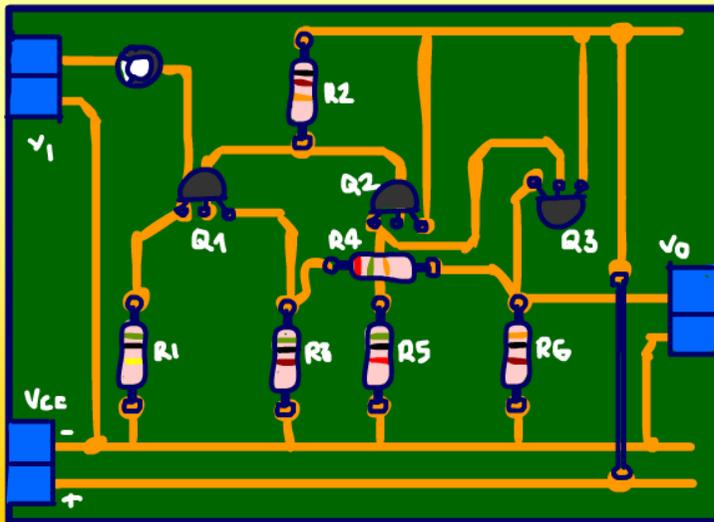


ANÁLISE CIRCUITO PRÉ-AMPLIFICADOR COM JFET E COM REALIMENTAÇÃO.

# Veja a análise desse amplificador com realimentação e tudo mais.



Professor Bairros (17/12/2023)

Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd.com'. The header includes the logo and text: 'bairrospd BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a navigation menu with items like 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. The main content area features a section titled 'APRENDA A LER RESISTORES' with an illustration of a person working with electronic components. Another section is titled 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.' At the bottom, there is a blue button that says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and 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>

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### Sumário

1. Análise circuito pré-amplificador cm JFET e com realimentação. ....	4
2. O circuito.....	5
3. A realimentação.....	6
4. A realimentação negativa. ....	7
5. O diagrama em bloco com a realimentação. ....	8
6. A realimentação negativa. ....	9
7. A equação do circuito realimentado. ....	10
8. Analisando o circuito com realimentação de tensão negativa. ....	11
9. Os modelos AC.....	12
10. A tensão VGS. ....	13
11. A corrente de DRENO. ....	14
12. A corrente de base do transistor Q2. ....	15
13. A corrente de coletor de Q2. ....	16
14. A tensão no coletor de Q2. ....	17
15. A tensão de saída vo. ....	18
16. O ganho com a malha fechada. ....	19
17. A equação da realimentação. ....	20
18. A equação simplificada. ....	21

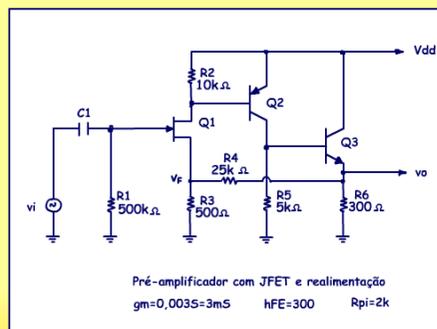
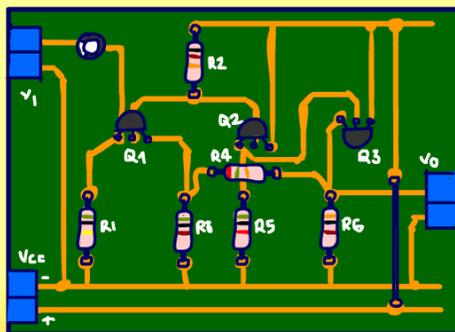
## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

19. Aplicando do circuito do exemplo .....	22
20. Aplicando no amplificador operacional. ....	23
21. Aplicação no amplificador com par diferencial. ....	24
22. Conclusão. ....	25
23. Créditos .....	26

Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

## 1. ANÁLISE CIRCUITO PRÉ-AMPLIFICADOR COM JFET E COM REALIMENTAÇÃO.

### Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.



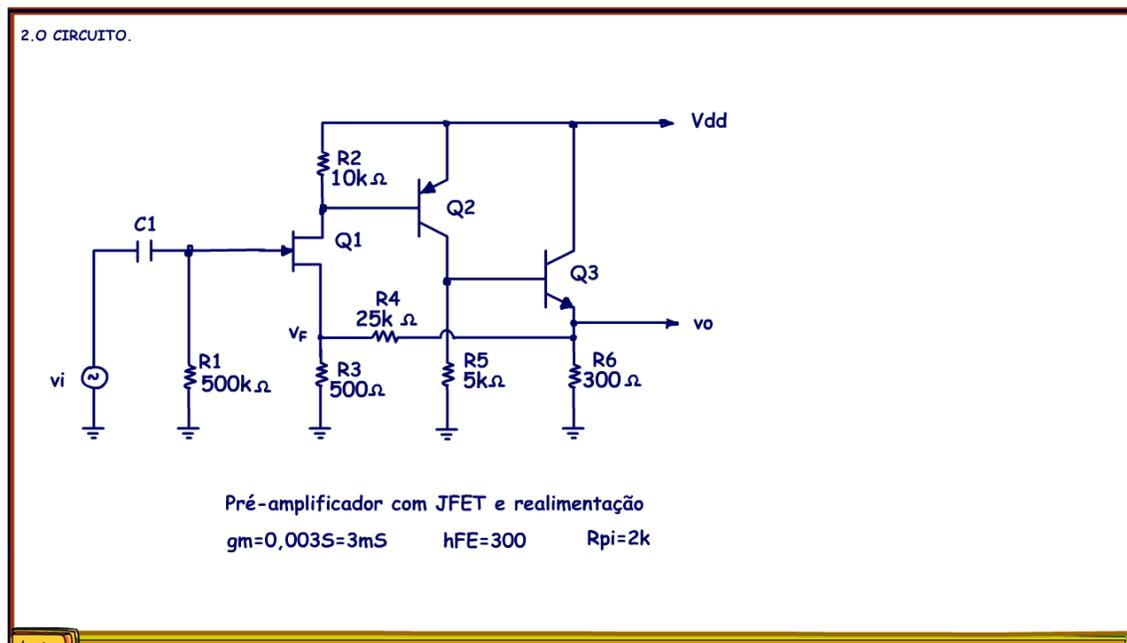
Nesse tutorial eu vou analisar um circuito de um pré-amplificador com JFET na entrada e transistores de junção, uma combinação perfeita e o melhor de tudo com realimentação, a questão é como analisar esse tipo de circuito?

É isso que eu vou mostrar nesse tutorial.

Vamos lá.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 2. O CIRCUITO.



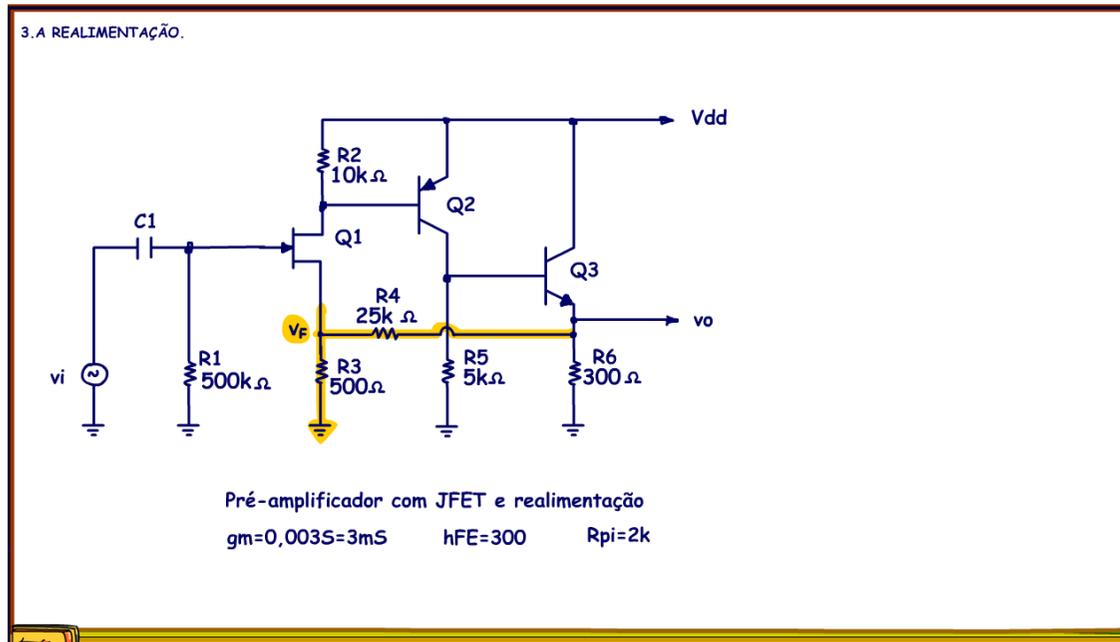
Esse é o circuito, o transistor Q1 é um JFET que vai dar a esse circuito uma alta impedância de entrada e vai providenciar o primeiro ganho de tensão amplificando o sinal de tensão da entrada gerando a corrente de DRENO  $i_{d1}$ , o ganho vai ser dado pela transcondutância, o valor dessa transcondutância é 3 mS.

A corrente de DRENO vai ser injetada no transistor de junção Q2 que vai amplificar essa corrente gerando a corrente de coletor  $i_{c2}$ , essa corrente ao circular pela resistência de coletor R5 vai gerar a tensão de coletor do transistor Q2.

Como o último estágio é um seguidor de emissor, então a tensão no coletor do transistor Q2 vai aparecer direto no emissor do transistor Q3, a carga é a resistência R6 de 300 OHM.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 3. A REALIMENTAÇÃO.

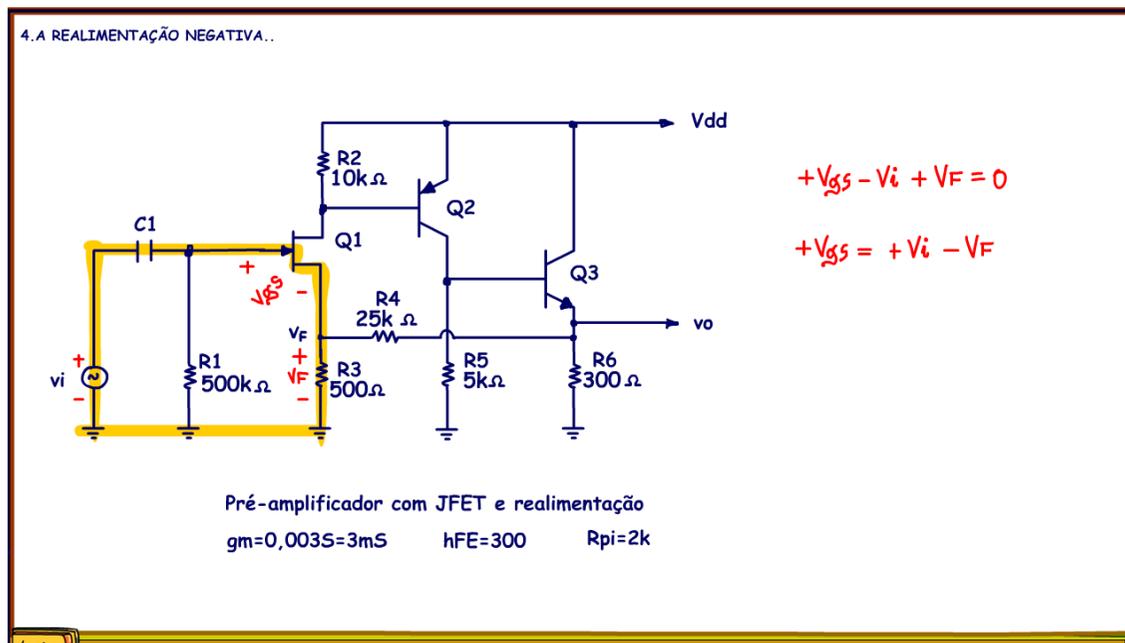


Esse circuito parece que não tem segredo, mas agora vem o detalhe que torna tudo mais simples, a realimentação.

A realimentação é formada pelas resistências R4 e R3, esse conjunto de resistência pega parte do sinal de saída, a tensão de saída e realimenta para entrada, então temos uma realimentação por tensão, no diagrama a tensão realimentada é VF, algo similar ao que é feito com os operacionais, resta saber se a realimentação é positiva ou negativa.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 4. A REALIMENTAÇÃO NEGATIVA.



Para saber se a realimentação é positiva ou negativa, é preciso montar a malha da figura para determinar a tensão VGS, a tensão de GATE SOURCE do JFET, ele é o primeiro amplificador, note que a tensão de realimentação está com o positivo para o SOURCE do JFET.

Agora é só escrever a equação da malha, vou levantar a equação no sentido anti-horário começando pela tensão VGS, então fica mais VGS, menos Vi, mais VF, a tensão de realimentação.

Isolando vgs fica VGS é igual a tensão de entrada menos a tensão realimentada, então a realimentação é negativa o sinal presente na saída do circuito é

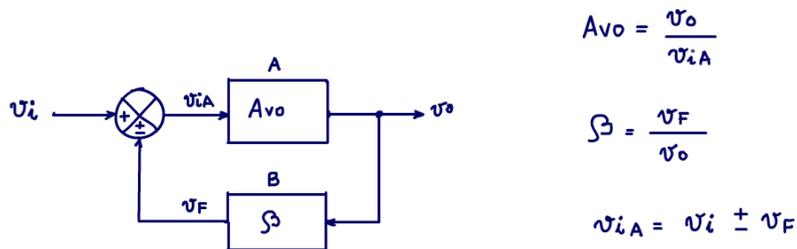
realimentado e vai diminuir a tensão de entrada.

Claro que o ganho vai diminuir, mas o circuito vai ficar mais estável e muito mais controlável, isso é o melhor da realimentação.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 5. O DIAGRAMA EM BLOCO COM A REALIMENTAÇÃO.

5. O DIAGRAMA EM BLOCO COM A REALIMENTAÇÃO.



Quando tem realimentação existe uma forma diferente de descrever o circuito, é usando blocos.

O bloco A representa o circuito amplificador sem realimentação, com a realimentação aberta, por isso o ganho é escrito com AVO, esse "O" é de open, realimentação aberta.

O ganho desse bloco é igual a tensão de saída sobre a tensão de entrada do bloco,  $v_{iA}$ .

O bloco B, representa a realimentação, o ganho desse circuito representado pela letra grega beta, é a relação da tensão de entrada do bloco que é a tensão  $v_o$ , e a tensão de saída  $v_f$ , isso é realimentação.

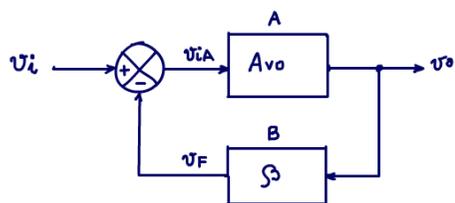
Normalmente esse ganho é menor do que um, é um ganho que diminui a tensão da entrada do bloco.

A entrada do bloco A é a tensão  $v_{iA}$ , é resultado de uma operação matemática que pode ser uma soma ou uma subtração da tensão do sinal de entrada mais ou menos a tensão realimentada, essa operação é representada dentro daquele círculo posicionada na entrada do bloco A.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 6. A REALIMENTAÇÃO NEGATIVA.

6. A REALIMENTAÇÃO NEGATIVA.



$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_{iA}}$$

$$\beta = \frac{v_F}{v_o}$$

$$v_{iA} = v_i - v_F$$

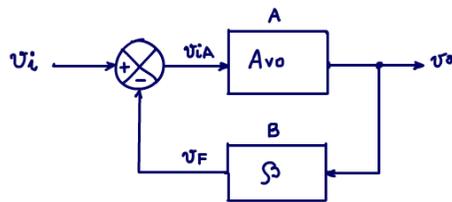
Quando a realimentação é negativa, como nesse exemplo, o circuito vai trabalhar como amplificador, dentro do círculo vai ser desenhado somente o sinal menos.

Se a operação for de soma o circuito vai oscilar, mas isso veremos em breve noutro tutorial.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 7. A EQUAÇÃO DO CIRCUITO REALIMENTADO.

7. A EQUAÇÃO DO CIRCUITO REALIMENTADO.



$$v_o = v_{iA} \cdot A_{vo} \quad (1)$$

$$v_{iA} = v_i - v_F \quad (2)$$

$$v_F = \beta \cdot v_o \quad (3)$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = ?$$

$$v_o = (v_i - v_F) A_{vo}$$

$$v_o = (v_i - \beta \cdot v_o) A_{vo}$$

$$v_o = v_i \cdot A_{vo} - \beta \cdot v_o \cdot A_{vo}$$

$$v_o + \beta \cdot v_o \cdot A_{vo} = v_i \cdot A_{vo}$$

$$v_o (1 + \beta A_{vo}) = v_i A_{vo}$$

$$\frac{v_o}{v_i} = A_v = \frac{A_{vo}}{(1 + \beta A_{vo})}$$

Agora vou determinar a tensão de saída do circuito com realimentação negativa.

Tudo começa determinando o ganho só do circuito com a malha aberta, o bloco A, veja na figura.

Agora vamos determinar a tensão de entrada do bloco A, essa tensão é igual a tensão do sinal de entrada  $v_i$  subtraída da tensão de realimentação  $v_F$ .

A tensão de realimentação  $v_F$  é igual a tensão de saída  $v_o$  multiplicada pelo beta, esse é o bloco B.

Agora vou trabalhar essa equação para determinar o ganho de tensão com realimentação que é a relação da

tensão de saída  $v_o$  sobre a tensão de entrada  $v_i$ , o sinal de entrada.

Primeiro vou substituir a tensão  $v_{iA}$  na equação 1, depois vou substituir a tensão de realimentação, agora é só trabalhar a equação.

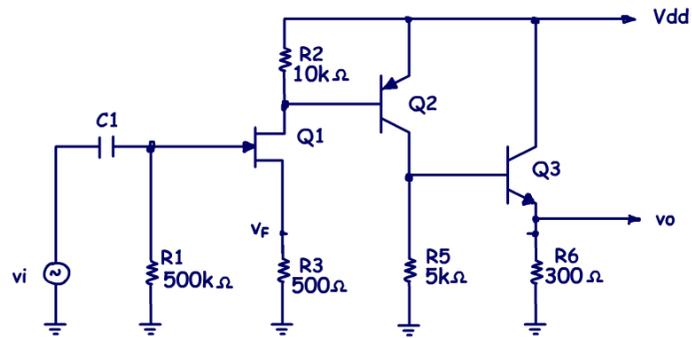
Passo o ganho do circuito aberto para dentro dos parênteses, passo a parcela com a tensão de saída  $v_o$  para o outro lado da igualdade, coloco a tensão de saída  $v_o$  em evidência, passo os parênteses para o outro lado e pronto, temos a equação clássica com realimentação negativa.

Essa equação indica que o ganho de malha aberta vai ser reduzido pelo valor dentro dos parênteses.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 8. ANALISANDO O CIRCUITO COM REALIMENTAÇÃO DE TENSÃO NEGATIVA.

8. ANALISANDO O CIRCUITO COM REALIMENTAÇÃO DE TENSÃO NEGATIVA.



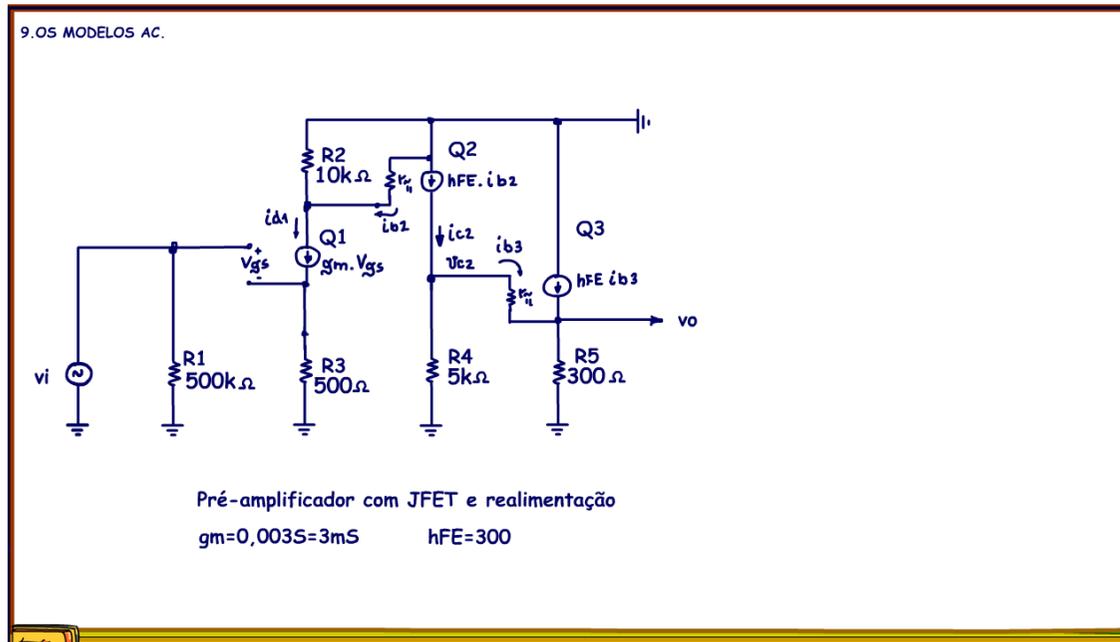
Pré-amplificador com JFET e realimentação  
 $g_m = 0,0035 = 3\text{mS}$      $h_{FE} = 300$      $R_{pi} = 2\text{k}$

Agora vamos aplicar tudo isso no circuito do exemplo.

Então, o primeiro passo é determinar o ganho do circuito aberto, sem realimentação, para isso é só analisar o circuito sem a resistência de realimentação R4, o circuito é mostrado na figura.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 9. OS MODELOS AC.

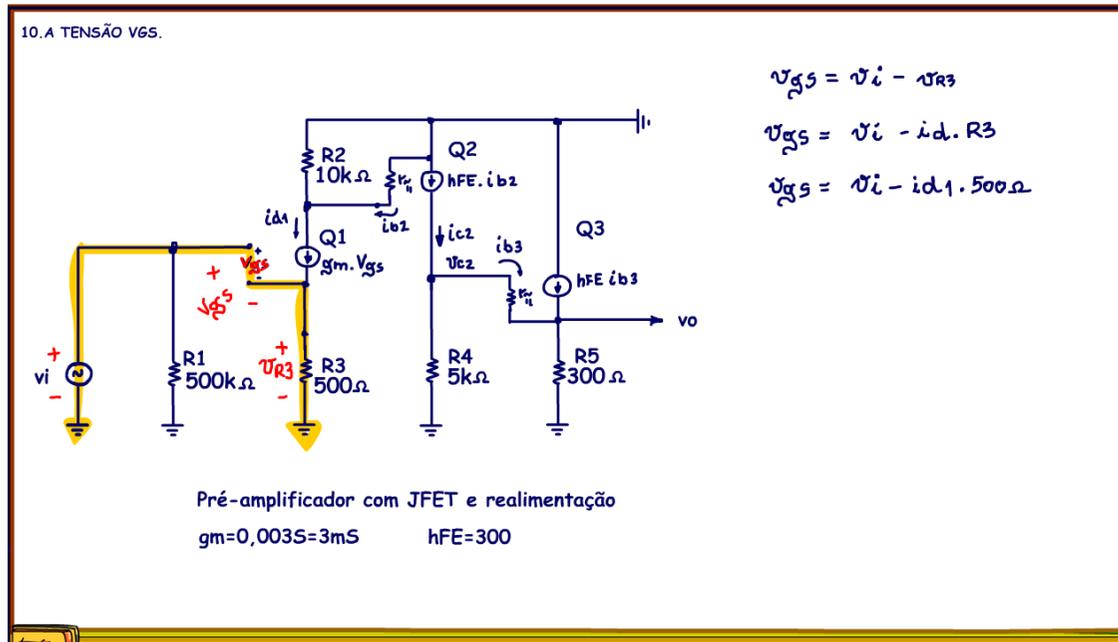


Para analisar esse circuito vamos lançar mão dos modelos para pequenos sinais, assunto que você está careca de ver aqui no canal do Professor Bairros.

O capacitor é colocado em curto e a fonte de tensão também.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 10.A TENSÃO VGS.



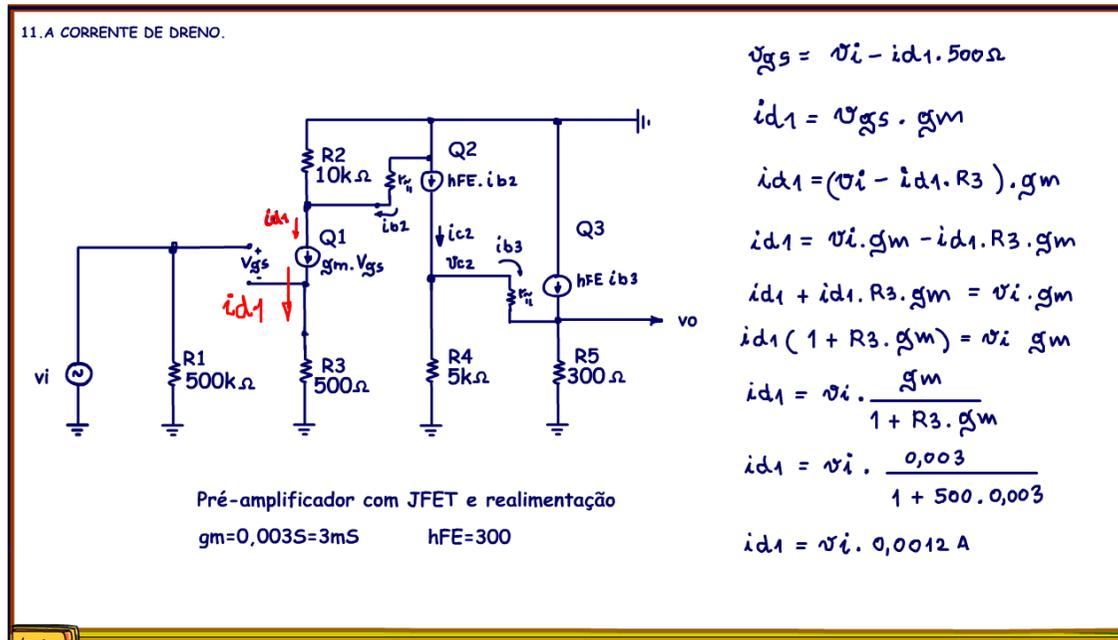
Toda a análise começa determinando a tensão VGS do JFET Q1, essa tensão vai aparecer amplificada na forma da corrente de DRENO.

A tensão VGS é igual a tensão de entrada  $v_i$  menos a tensão no SOURCE a tensão sobre a resistência R3.

Como a corrente na resistência R3 é a mesma corrente de DRENO a equação fica: a tensão GATE SOURCE é igual a tensão de entrada  $v_i$  menos a corrente  $i_d$  que multiplica R3, substituindo o valor de R3, temos a equação da tensão VGS a ser amplificada pelo JFET Q1.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 11.A CORRENTE DE DRENO.



A corrente de DRENO é a tensão VGS vezes o ganho de transcondutância, é assim que funciona o JFET.

A corrente de DRENO será igual a tensão GATE SOURCE multiplicado pela transcondutância que nesse exemplo é igual a 3mS.

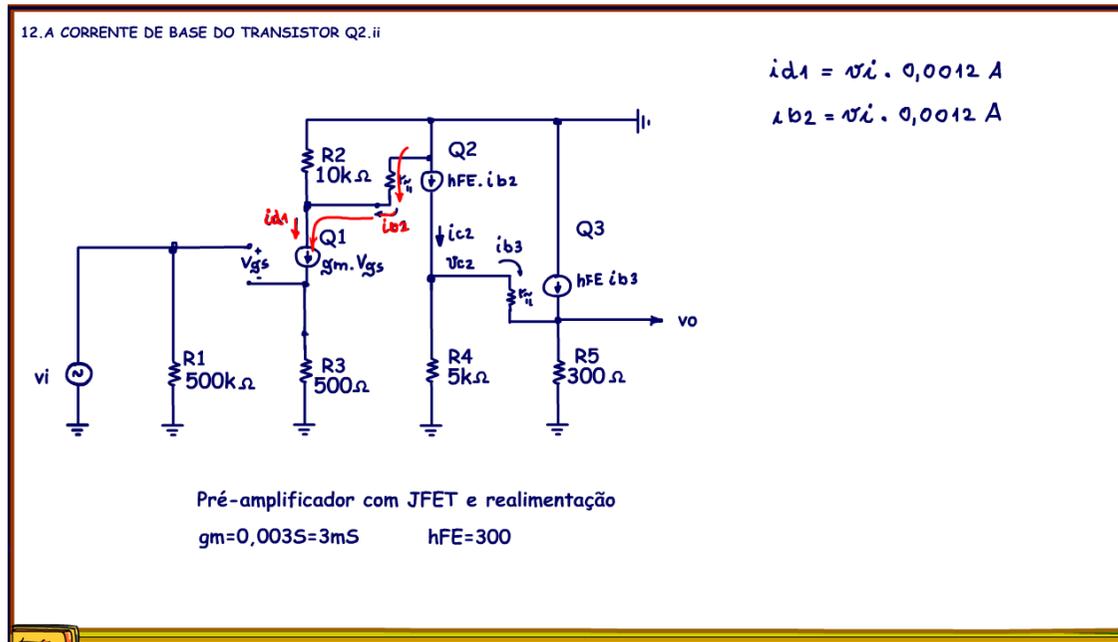
Estou querendo saber o valor da corrente de DRENO, resta trabalhar a equação.

Substituindo os valores na equação agora aparecem duas correntes de DRENO, eliminando os parênteses e separando a corrente de DRENO, e por último isolando a corrente chegamos na equação da figura.

Substituindo os valores e calculando a corrente é igual a tensão de entrada  $v_i$  vezes 0,0012.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 12.A CORRENTE DE BASE DO TRANSISTOR Q2.



A corrente gerada pelo JFET deve ser inserida na base do transistor Q2 para nova amplificação.

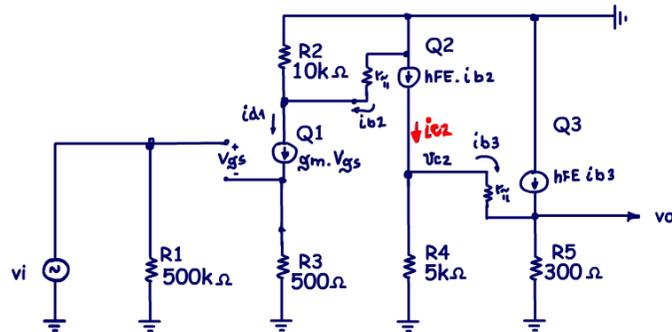
Aqui a corrente de DRENO na verdade vai se dividir, parte vai para a resistência R2 e parte vai para a resistência PI do transistor Q2, aqui vou simplificar e dizer que toda a corrente de DRENO vai para a base do transistor, isso porque a resistência PI é bem menor do que R2.

Então a corrente de base do transistor Q2 é igual corrente de DRENO.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 13.A CORRENTE DE COLETOR DE Q2.

13.A CORRENTE DE COLETOR DE Q2.



Pré-amplificador com JFET e realimentação  
 $g_m = 0,0035 = 3\text{mS}$        $h_{FE} = 300$

$$i_{d1} = v_i \cdot 0,0012 \text{ A}$$

$$i_{b2} = v_i \cdot 0,0012 \text{ A}$$

$$i_{c2} = i_{b2} \cdot h_{FE}$$

$$i_{c2} = v_i \cdot 0,0012 \text{ A} \cdot 300$$

$$i_{c2} = v_i \cdot 0,360 \text{ A}$$

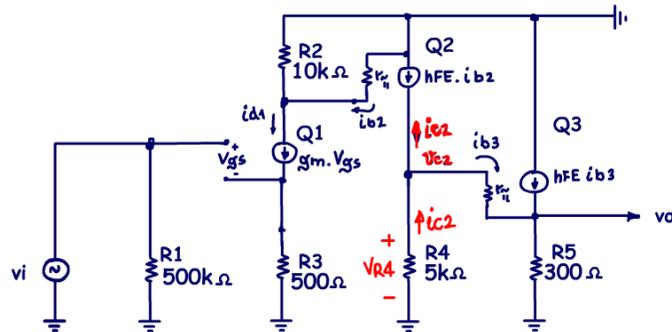
A corrente de coletor do transistor Q2 é simplesmente a corrente de base multiplicado pelo  $h_{fe}$ , que nesse exemplo vale 300.

A corrente de coletor é igual a tensão de entrada  $v_i$  vezes 0,360 A.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 14.A TENSÃO NO COLETOR DE Q2.

14.A TENSÃO NO COLETOR DE Q2.



Pré-amplificador com JFET e realimentação  
 $g_m = 0,0035 = 3\text{mS}$        $h_{FE} = 300$

$$i_{d1} = v_i \cdot 0,0012$$

$$i_{b2} = v_i \cdot 0,0012$$

$$i_{c2} = i_{b2} \cdot h_{FE}$$

$$i_{c2} = v_i \cdot 0,0012 \cdot 300$$

$$i_{c2} = v_i \cdot 0,360\text{ A}$$

$$v_{C2} = V_{R4} = i_{c2} \cdot R_4$$

$$v_{C2} = v_i \cdot 0,360\text{ A} \cdot 5000\ \Omega$$

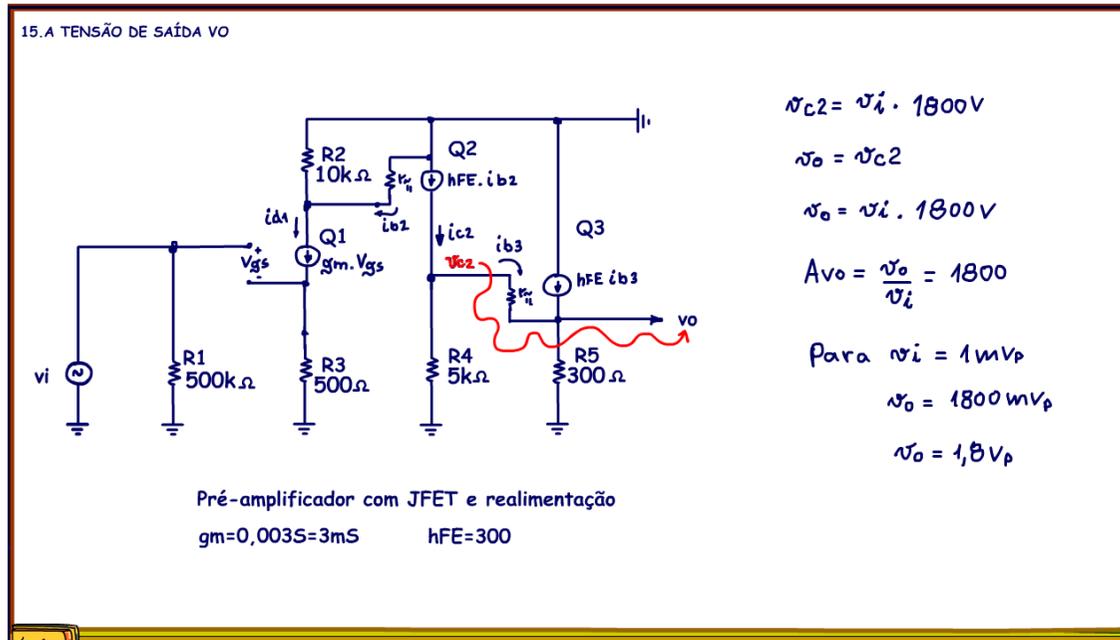
$$v_{C2} = v_i \cdot 1800\text{ V}$$

Agora fica fácil determinar a tensão no coletor do transistor Q2, é a tensão sobre R4, então é só multiplicar a corrente de coletor do transistor Q2 pela resistência R4 de 5 kOHM, substituindo os valores e calculando.

A tensão no coletor é igual a tensão de entrada vi vezes 1800 V.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 15.A TENSÃO DE SAÍDA VO.



Para determinar a tensão de saída  $v_o$  eu vou usar a característica do seguidor de emissor, a tensão de saída seguidor de emissor é aproximadamente igual a tensão de entrada do seguidor de emissor, nesse caso a tensão de coletor do transistor Q2.

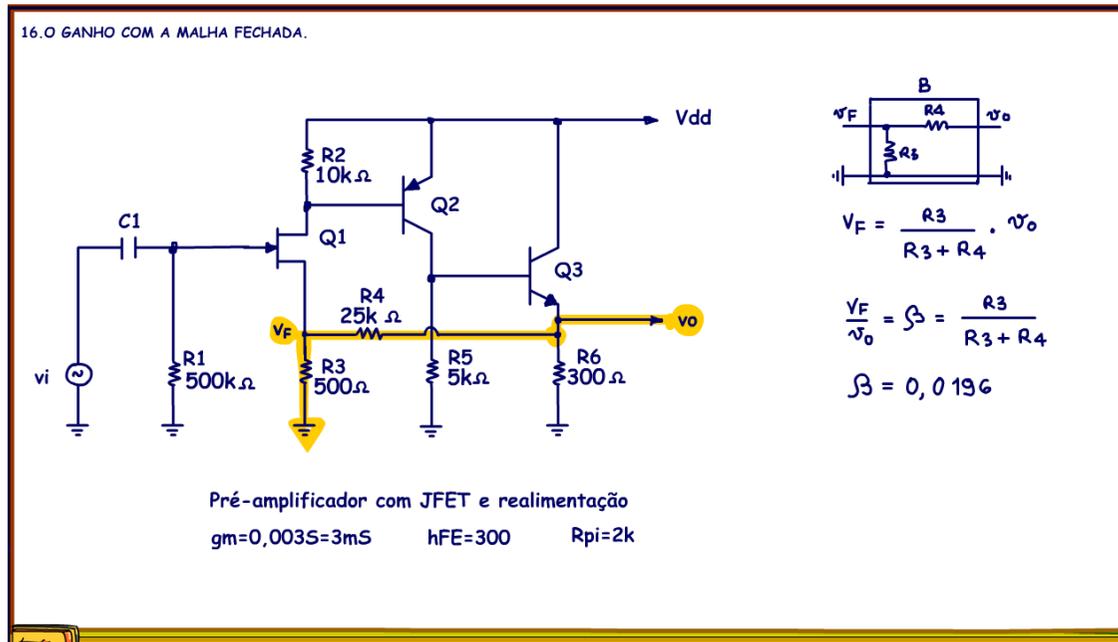
Então a tensão de saída  $v_o$  é igual a tensão de entrada  $v_i$  vezes 1800.

O ganho de tensão de malha aberta o  $A_{vo}$  é igual a 1800, um ganho bem alto.

Se a tensão de entrada for 1 mVp vai sair 1800 mvp que é igual a 1,8Vp, amplificou um bocado.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 16.O GANHO COM A MALHA FECHADA.



$$V_F = \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot v_o$$

$$\frac{V_F}{v_o} = \beta = \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

$$\beta = 0,0196$$

Agora fica fácil calcular o ganho com a malha fechada, é só incluir a resistência de realimentação no circuito, agora a gente já sabe que o ganho em malha aberta é 1800, agora precisamos determinar o ganho de realimentação, o beta.

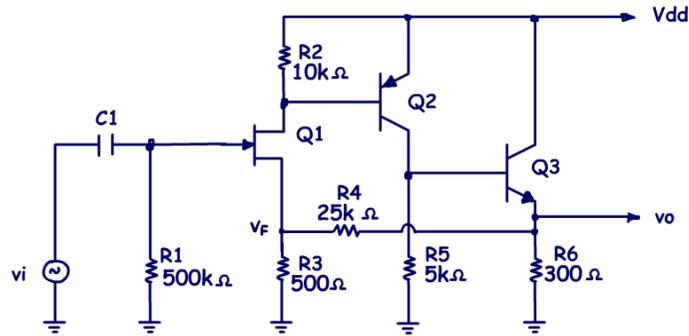
O bloco B, a realimentação é um simples divisor de tensão formado por R4 e R3, a tensão de saída, a tensão realimentada VF, é tirado sobre a resistência R3.

Substituindo os valores e calculando, o beta é igual a 0,0196 da tensão de saída.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 17.A EQUAÇÃO DA REALIMENTAÇÃO.

17.A EQUAÇÃO DA REALIMENTAÇÃO.



Pré-amplificador com JFET e realimentação  
 $g_m = 0,0035 = 3\text{mS}$      $h_{FE} = 300$      $R_{pi} = 2\text{k}$

$$A_{vo} = \frac{v_o}{v_i} = 1800$$

$$\beta = 0,0196$$

$$A_v = \frac{A_{vo}}{1 + \beta \cdot A_{vo}}$$

$$A_v = \frac{1800}{1 + 0,0196 \cdot 1800}$$

$$A_v = 49,59$$

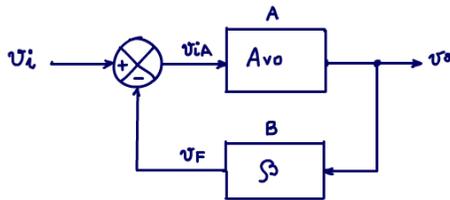
Agora é só usar na equação da realimentação sabendo que o ganho de malha aberta é igual a 1800 e o ganho da realimentação 0,0196, substituindo e calculando dá aproximadamente 49,59.

Esse é o ganho desse circuito com a malha fechada, com a realimentação, o ganho é bem menor do que o ganho sem realimentação.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 18.A EQUAÇÃO SIMPLIFICADA.

18.A EQUAÇÃO SIMPLIFICADA.



$$A_v = \frac{A_{v0}}{1 + \beta A_{v0}}$$

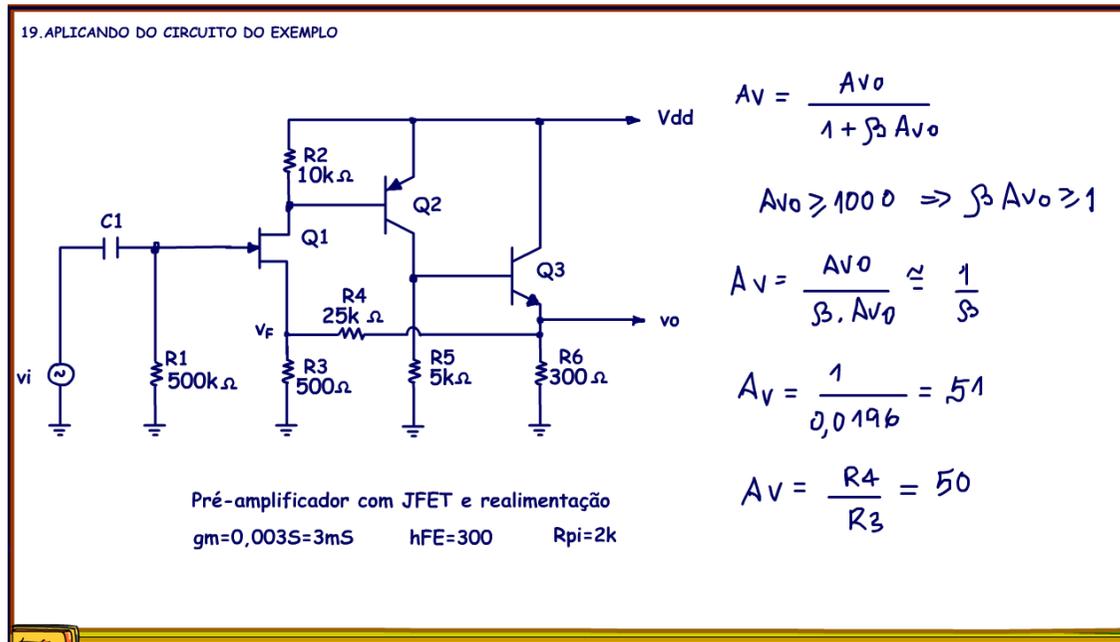
$$A_{v0} \geq 1000 \Rightarrow \beta A_{v0} \geq 1$$

$$A_v = \frac{A_{v0}}{\beta \cdot A_{v0}} \approx \frac{1}{\beta}$$

Usando a teoria dos blocos ficou mais fácil determinar o ganho de malha fechada, existe um caso bem interessante, se o ganho de malha aberta for muito grande, igual ou maior do que mil, então o produto ganho de malha aberta vezes o ganho da realimentação será muito maior do que 1, então, a equação poderá ser simplificada como mostra a figura, e o ganho poderá ser avaliada como o inverso do ganho de realimentação beta, é uma boa simplificação você não acha.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 19. APLICANDO DO CIRCUITO DO EXEMPLO



Esse é exatamente o caso do circuito do exemplo, então não precisava fazer aquela calculeira toda se você soubesse que o ganho do circuito em malha aberta fosse muito alto, então, bastava determinar o beta, que é o divisor de tensão igual 0,0196 e inverter esse valor, daria um ganho de 51, viu bem próximo.

E tem mais se a resistência de realimentação R4 é muito maior do que a resistência R3, então o cálculo poderá ser mais simplificado ainda, basta dividir a resistência de realimentação R4 pela resistência R3, a mesma equação do amplificador operacional lembra!

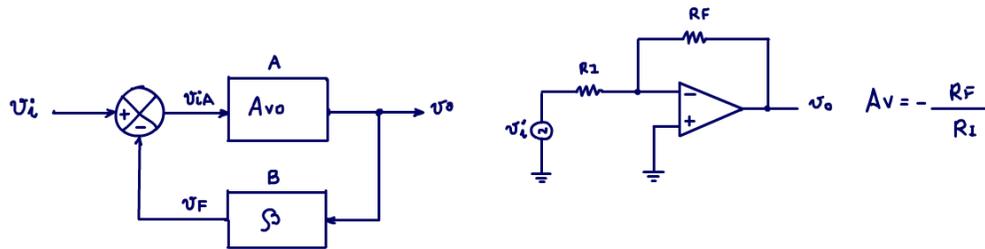
Por isso quando você encontrar um circuito desse tipo, com realimentação por tensão, pode apostar o ganho do amplificador em malha aberta é muito grande e você pode avaliar rapidinho o ganho do circuito olhando só para a realimentação.

E se você quiser aumentar ou diminuir o ganho, já sabe onde mexer.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 20. APLICANDO NO AMPLIFICADOR OPERACIONAL.

20. APLICAÇÃO NO AMPLIFICADOR COM PAR DIFERENCIAL.

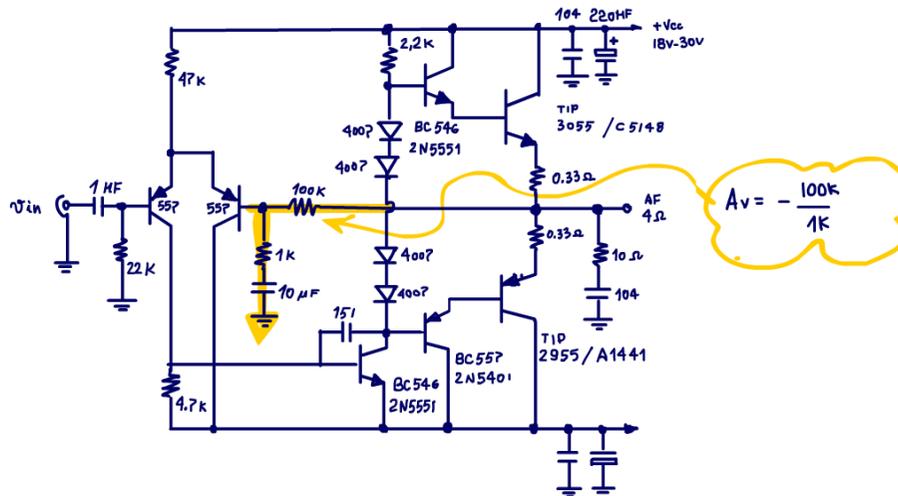


Essa é a mesma teoria aplicada no amplificador operacional, o ganho em malha aberta de um amplificador operacional é maior do que 10 mil, então para saber o ganho do circuito com realimentação negativa, basta saber o beta da realimentação e isso você já vinha fazendo a muito tempo.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 21. APLICAÇÃO NO AMPLIFICADOR COM PAR DIFERENCIAL.

21. APLICAÇÃO NO AMPLIFICADOR COM PAR DIFERENCIAL.

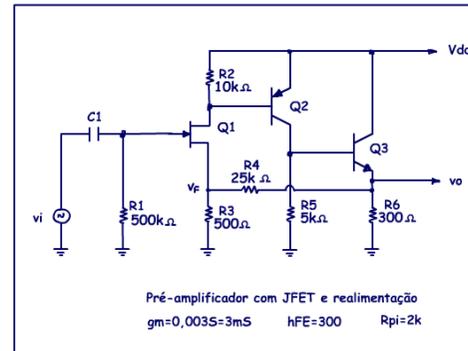
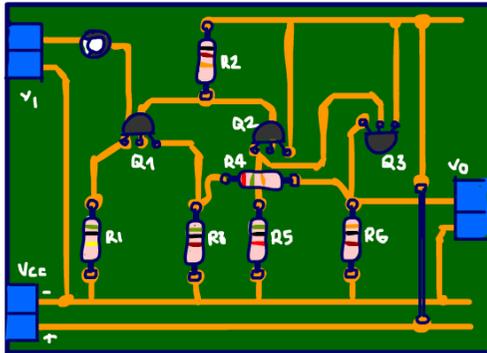


Outra aplicação é no amplificador de potência com entrada com par diferencial, que é similar a um amplificador operacional, o ganho é muito alto, então aquelas resistências de realimentação que você está acostumado de ver, só elas irão determinar o ganho desse circuito.

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

### 22. CONCLUSÃO.

22. CONCLUSÃO.



$$A_v = \frac{R_4}{R_3} = \frac{2500}{500} = 50$$

Nesse tutorial você viu como analisar um circuito amplificador com realimentação de tensão, usando os blocos tudo fica bem mais.

Nunca foi tão fácil, bom proveito.

Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

## 23. 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)

## Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

20231216 Análise circuito pré-amplificador cm JFET e com realimentação

Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.

Nesse tutorial eu vou analisar um circuito de um pré-amplificador com JFET na entrada e transistores de junção, uma combinação perfeita e o melhor de tudo com realimentação, a questão é como analisar esse tipo de circuito?

É isso que eu vou mostrar nesse tutorial.

Assuntos relacionados.

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

SEO:

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

Veja a análise desse amplificador com realimentação e tudo mais.

Análise circuito pré-amplificador, pré-amplificador com realimentação, análise circuito amplificador com realimentação, análise circuito amplificador,

Análise circuito pré-amplificador com JFET e com realimentação.