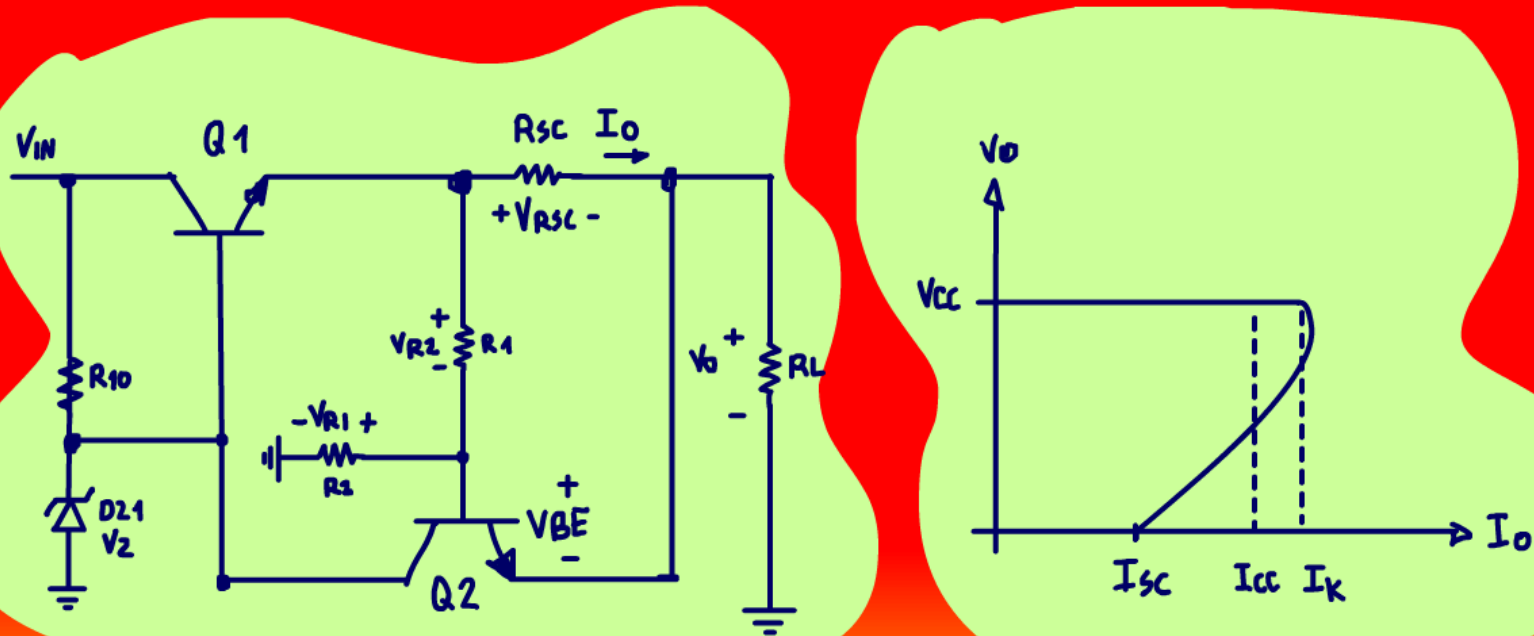


PROTEÇÃO DE CURTO DO TIPO FOLD BACK.

Vamos dobrar a corrente, para trás!



Professor Bairros (22/05/2024)



**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>

Proteção de curto do tipo Fold Back.

Sumário

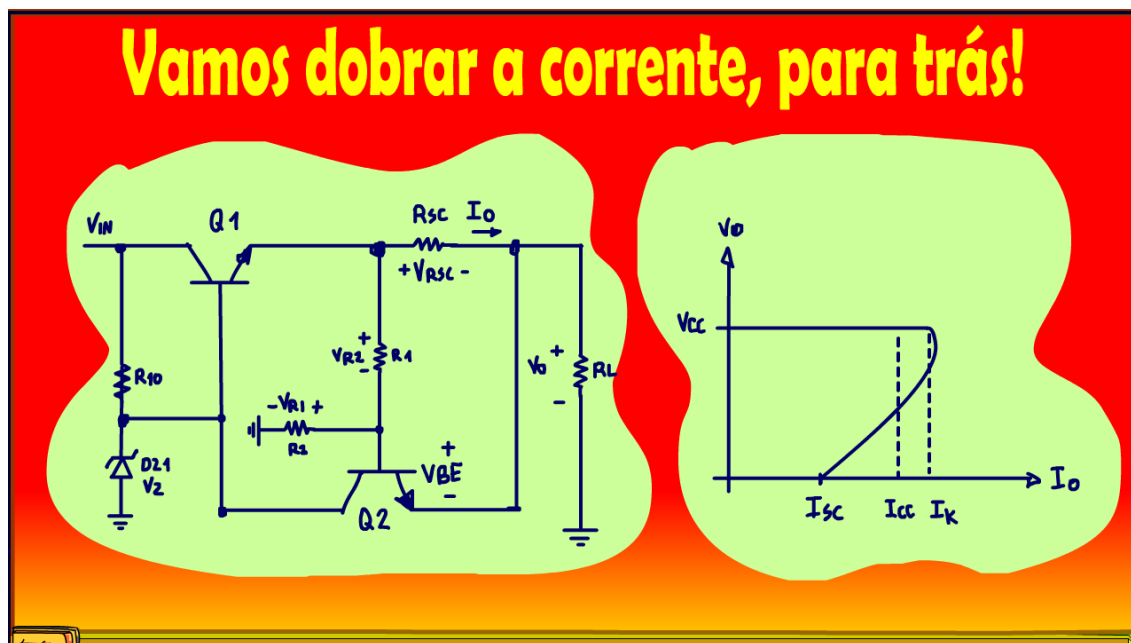
1. Introdução	5
2. Proteção de curto com limitador de corrente.....	6
3. O gráfico Tensão corrente.....	7
4. A potência no funcionamento normal.	8
5. O disparo do circuito de proteção.....	9
6. Como funciona o circuito de proteção.....	10
7. A potência na fonte de corrente.	11
8. O circuito de proteção fold back	12
9. O gráfico.	13
10. O circuito.....	14
11. Exemplo.	15
12. Análise com circuito como fonte de tensão.....	16
13. A tensão base emissor de Q2.	17
14. A tensão VA.	18
15. A corrente no divisor.	19
16. A tensão VBE.....	20
17. Calculando VBE.....	21
18. A corrente de disparo.	22
19. A malha 1.....	23

Proteção de curto do tipo Fold Back.

20.	A malha 2.....	24
21.	A corrente de disparo.	25
22.	O gráfico.....	26
23.	A corrente de curto-circuito.	27
24.	A corrente do divisor.	28
25.	A corrente de curto.....	29
26.	O gráfico.....	30
27.	A queda de tensão.	31
28.	Conclusão.	32
29.	Créditos.....	33

Proteção de curto do tipo Fold Back.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

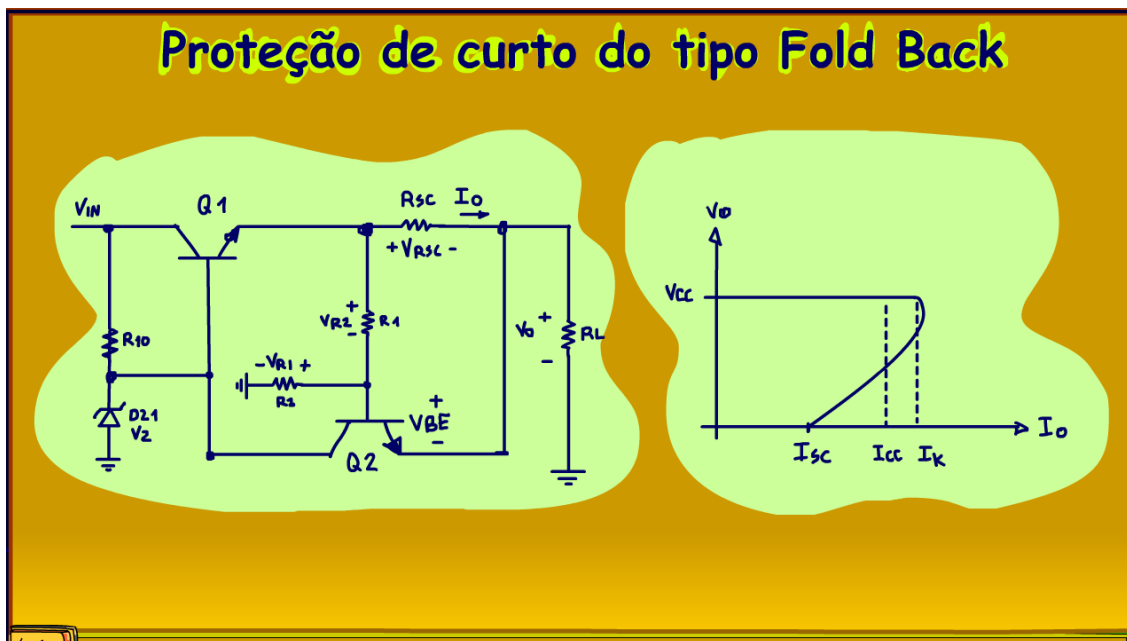


YOUTUBE: <https://youtu.be/KwAFAGNxV9g>

Proteção de curto do tipo Fold Back.

1. INTRODUÇÃO

Proteção de curto do tipo Fold Back



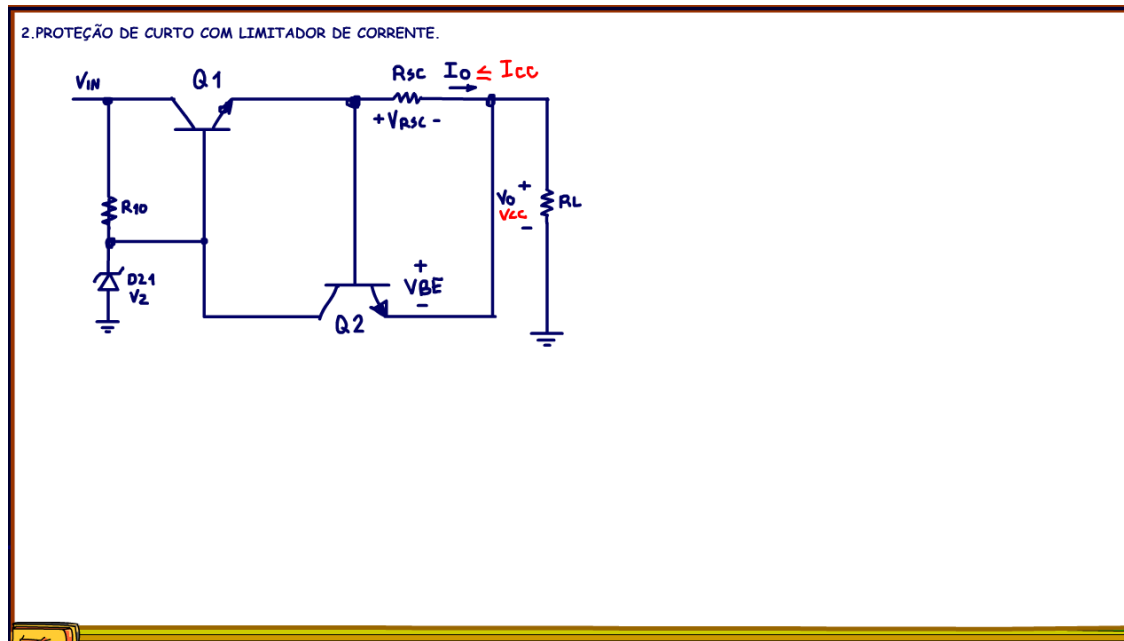
A proteção de corrente do tipo fold back melhora uma questão importante no circuito de proteção de curto-circuito com limitação de corrente, a questão da potência no transistor série durante o disparo da proteção.

Nesse tutorial eu vou falar sobre o circuito de proteção do tipo foldback.

Vamos lá.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

2. PROTEÇÃO DE CURTO COM LIMITADOR DE CORRENTE.



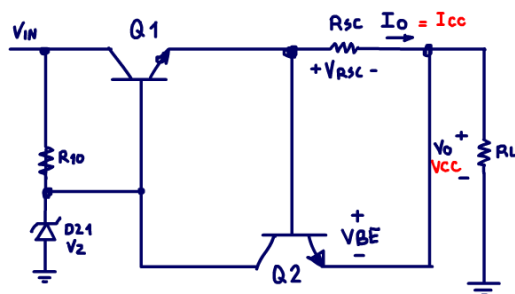
Num tutorial passado eu falei no circuito de proteção contra curto-circuito com limitador de corrente, esse circuito da figura, também conhecido como grampeador de corrente, o link está na descrição desse tutorial, lá mostrei toda a teoria.

Esse circuito é projetado para manter a tensão VCC constante sobre a carga, até a corrente máxima de trabalho que eu vou chamar ICC, esses são os parâmetros normais do circuito funcionando como fonte de tensão.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

3. O GRÁFICO TENSÃO CORRENTE.

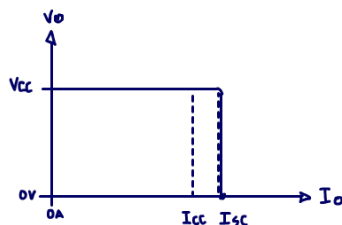
3. O GRÁFICO TENSÃO CORRENTE.



Fonte de tensão

$$V_o = V_{CC}$$

$$I_{O\text{MÁX}} = I_{CC}$$



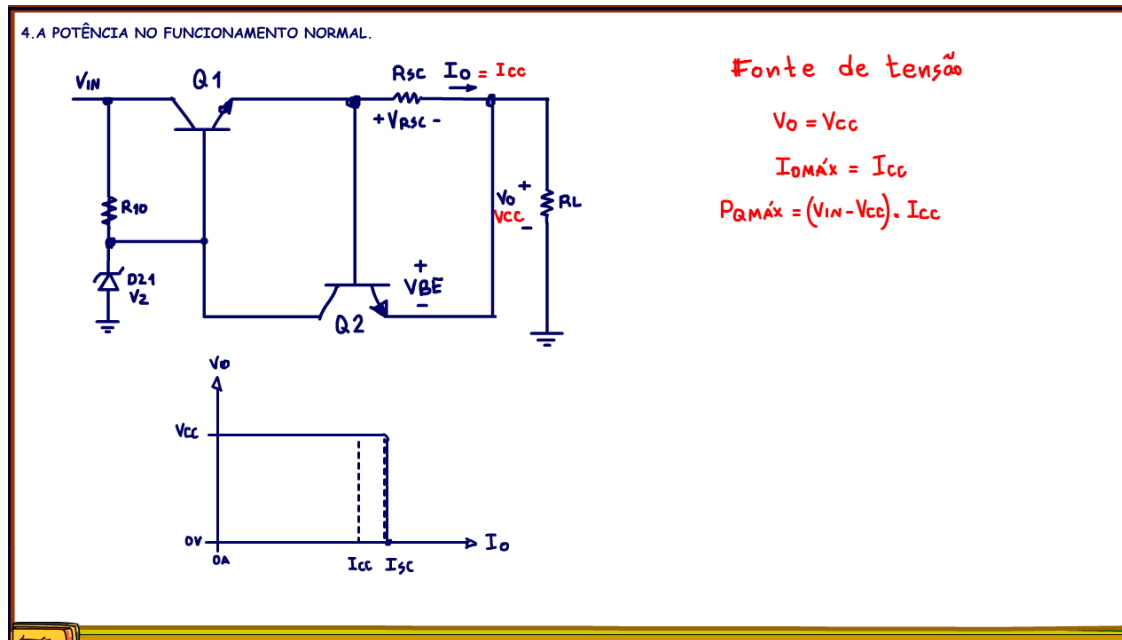
Podemos ver o funcionamento desse circuito no gráfico da figura.

Entre a corrente de saída, vou chamar de I_o , ir de zero até a corrente máxima I_{CC} o circuito tem um comportamento estável, é para essa região que o circuito é projetado.

Nessa região o circuito opera como uma fonte de tensão constante, a tensão de saída é igual a V_{CC} e a máxima corrente de saída é igual a I_{CC} .

Proteção de curto do tipo Fold Back.

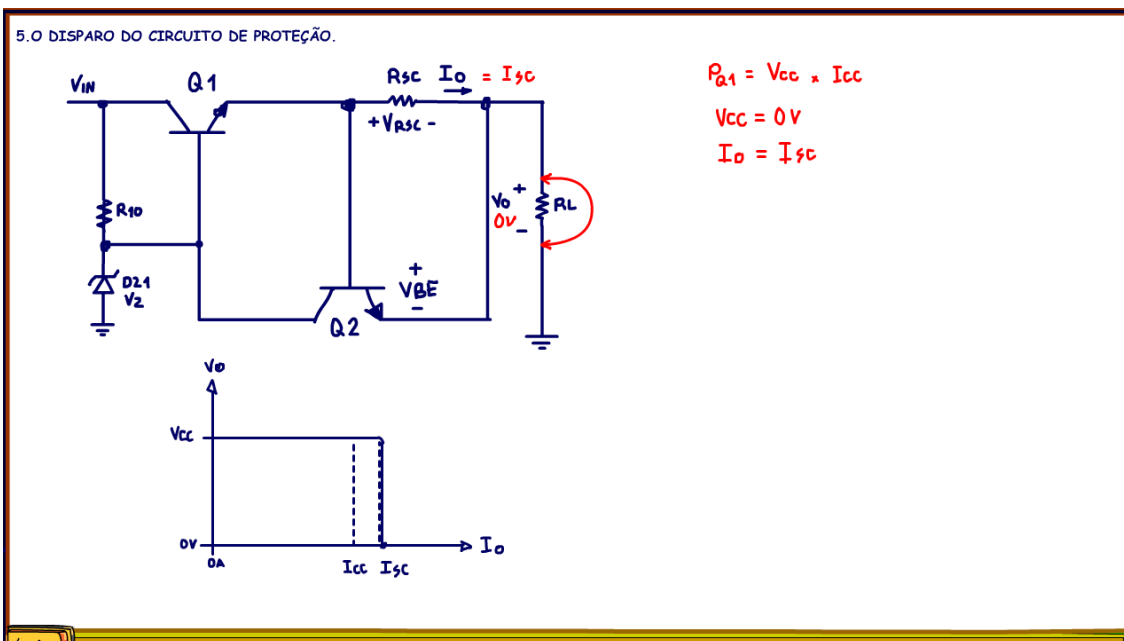
4. A POTÊNCIA NO FUNCIONAMENTO NORMAL.



Na região do funcionamento como fonte de tensão a potência no transistor série Q1 vai ser igual a tensão de entrada menos a tensão de saída VCC, multiplicado pela corrente de saída, a máxima potência de dissipação do transistor vai ocorrer na máxima corrente ICC, essa é uma potência que podemos considerar normal para o transistor série Q1.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

5. O DISPARO DO CIRCUITO DE PROTEÇÃO.



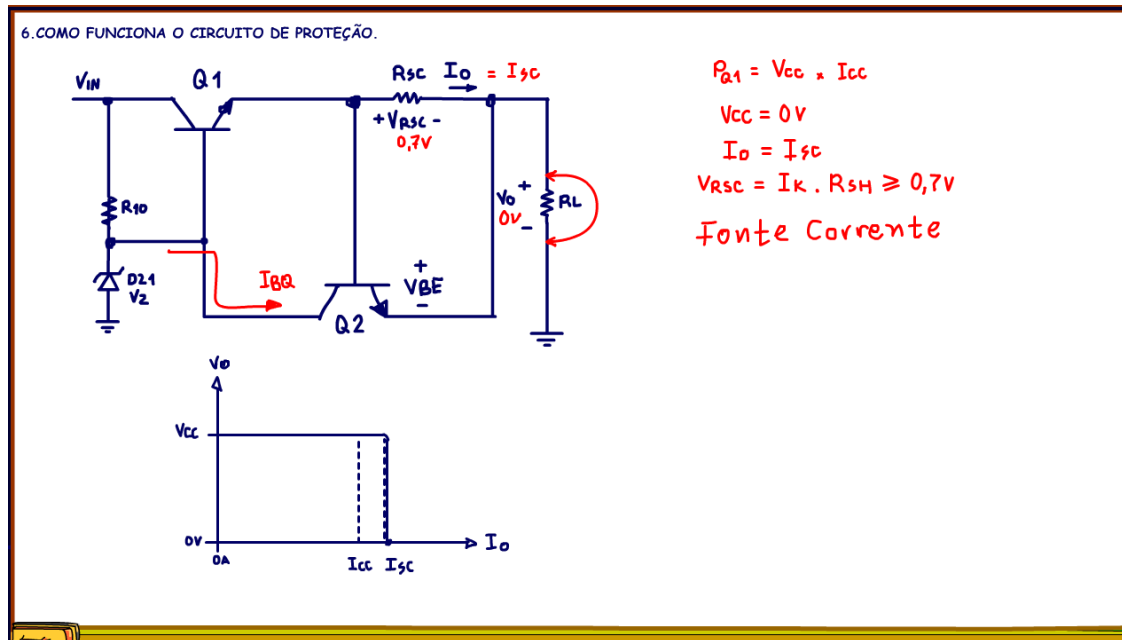
Mas, se um curto-circuito ocorrer na saída, a corrente vai disparar, então entra em ação o circuito de proteção que vai limitar, grampear a corrente de saída.

Quando o valor da corrente de saída alcançar valor de curto-circuito ISC, o circuito de proteção é acionado e grampeia a corrente nesse valor.

No curto-circuito a tensão de saída é igual a zero.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

6. COMO FUNCIONA O CIRCUITO DE PROTEÇÃO.



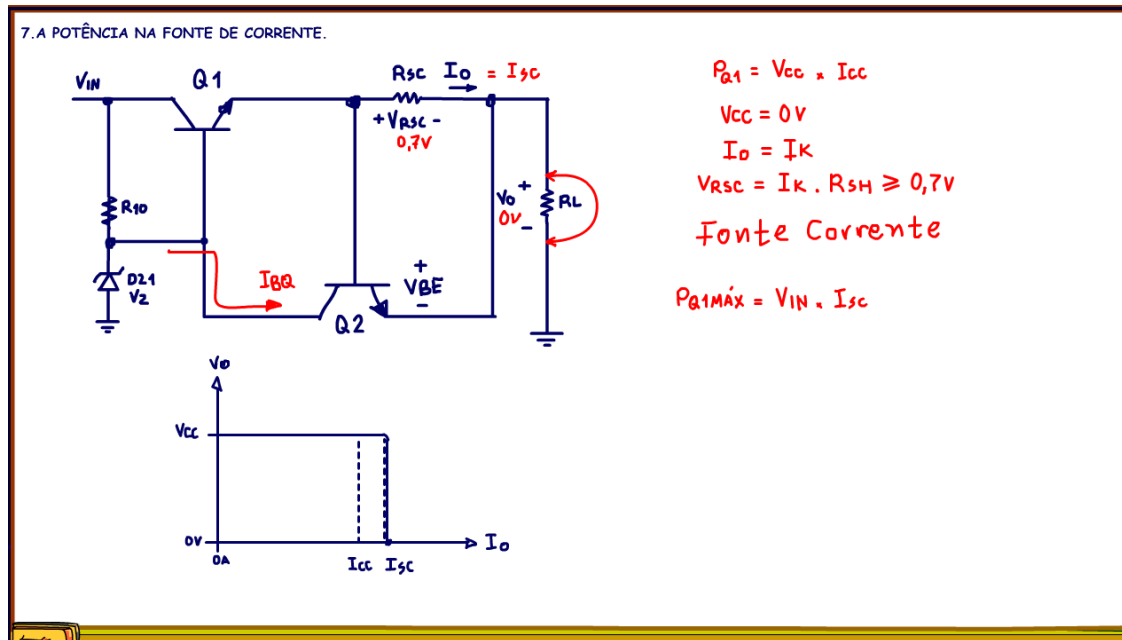
O circuito de proteção dispara porque a corrente de curto-circuito vezes a resistência shunt gera uma tensão de 0,7V que polariza o transistor Q2 que passa a conduzir, desviando a corrente de base, e a corrente é estabilizada no valor da corrente de curto-circuito.

O circuito passa a operar como uma fonte de corrente constante.

A corrente de curto-circuito é sempre maior do que a corrente máxima de trabalho ICC.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

7. A POTÊNCIA NA FONTE DE CORRENTE.

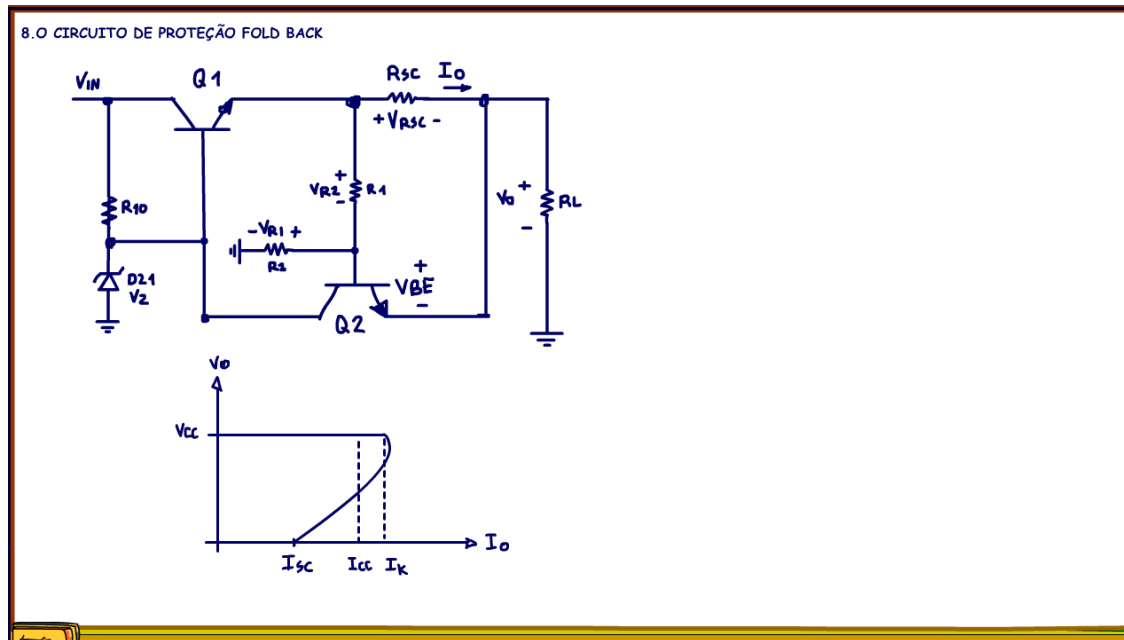


Veja que a potência no transistor série Q1 aumenta muito quando o circuito passa a operar como fonte de corrente, agora a tensão sobre o transistor vai ser toda a tensão de entrada, então a potência no transistor Q1 será igual ao produto da tensão de entrada multiplicado pela corrente de curto-circuito.

O resultado disso é que o transistor vai ter que ser projetado para uma potência muito acima da potência normal de trabalho, isso é um transtorno, mesmo que o circuito ofereça um bom sistema de proteção.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

8. O CIRCUITO DE PROTEÇÃO FOLD BACK



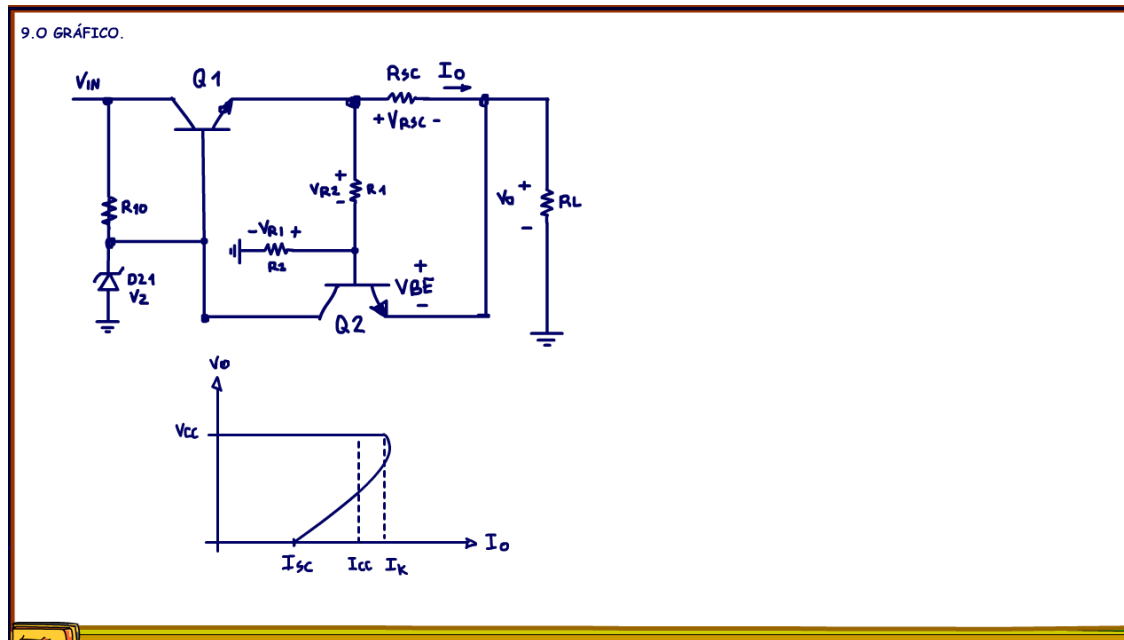
Aí entra em ação o circuito de proteção fold back.

Nesse tipo de proteção uma vez alcançada a corrente de disparo I_k , a corrente é reduzida, fold back em inglês poderia ser traduzindo como dobrar para trás, então quando a tensão de saída for zero volt, curto total, a corrente de curto-circuito I_{sc} dobra para trás e fica menor do que a corrente máxima de trabalho I_{CC} .

Veja que o gráfico tem o desenho da dobra, por isso esse nome.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

9. O GRÁFICO.

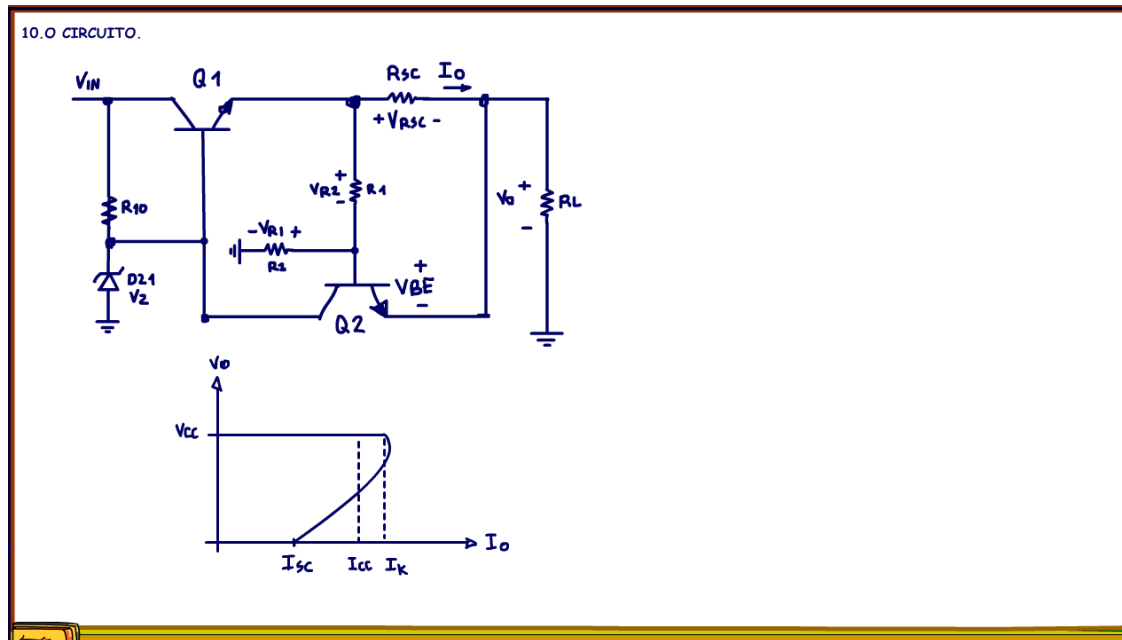


Note que neste gráfico a corrente de disparo do circuito de proteção continua sendo maior do que a corrente máxima de trabalho I_{CC} , mas a corrente de curto-circuito aquela que fica depois do circuito atuar é menor do que a corrente de disparo.

Quando o circuito estabiliza na corrente de curto-circuito a tensão na saída é igual a zero, claro é um curto.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

10. O CIRCUITO.



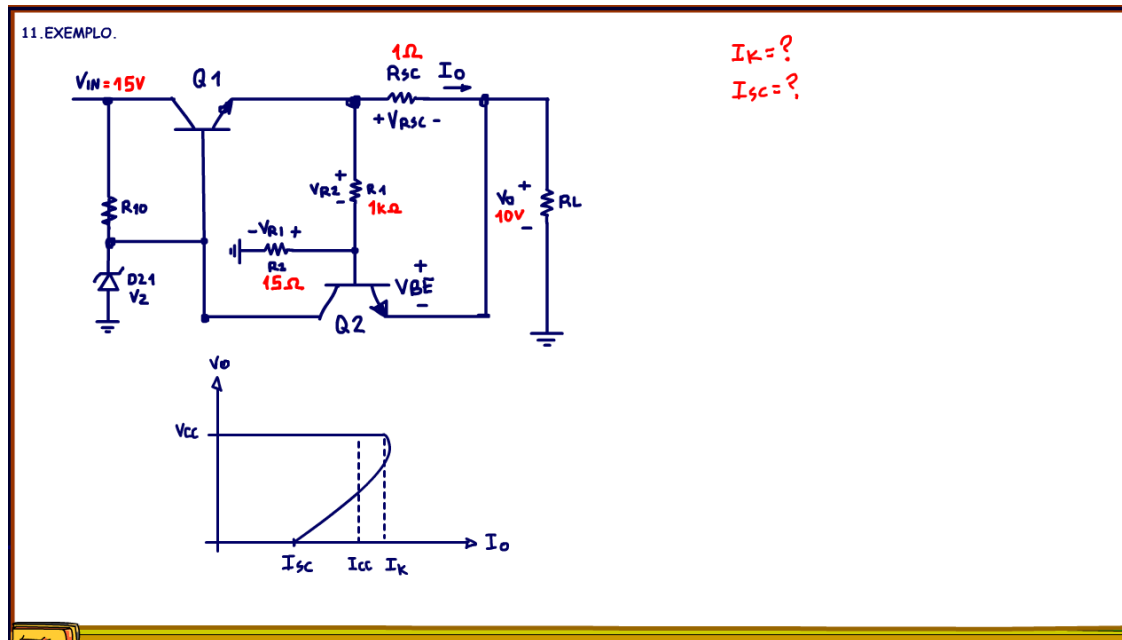
Mas para fazer esse milagre o circuito fica mais complicado, agora é incluído um divisor de tensão formado por R_1 e R_2 , é esse divisor que vai fazer o milagre.

Para o disparo do circuito ainda é usado uma resistência shunt.

Vou explicar o circuito usando um exemplo, claro que primeiro vou dar uma visão geral.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

11. EXEMPLO.



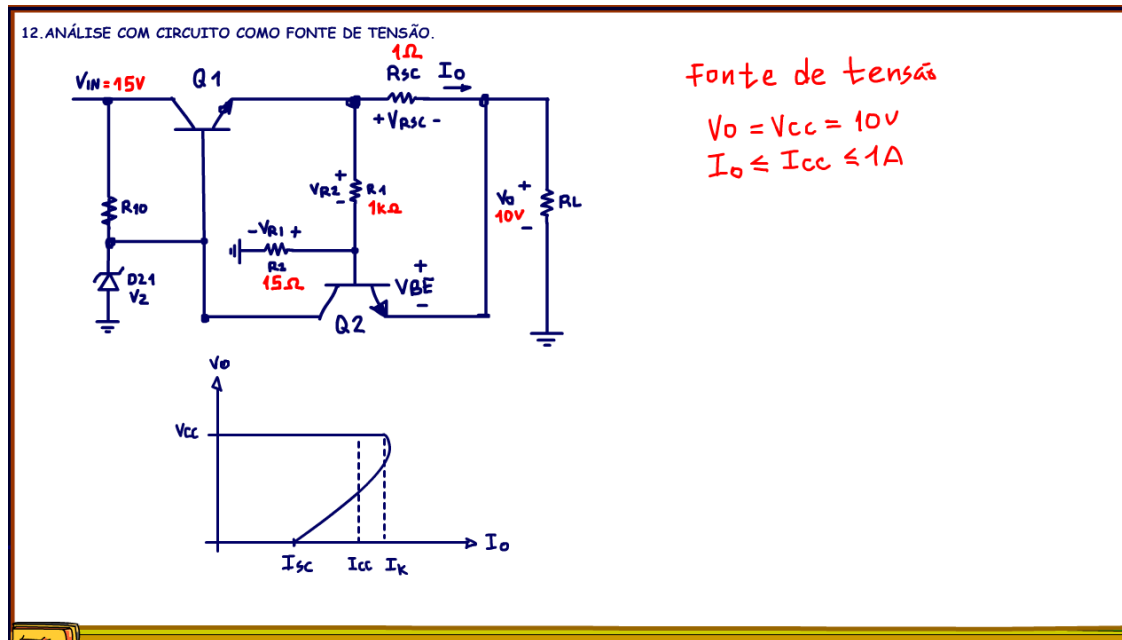
Vou analisar o funcionamento do circuito da figura, uma fonte de tensão com tensão de saída VCC igual a 10V, máxima corrente de trabalho Icc é igual a 2A e proteção de curto-circuito do tipo fold back.

O circuito é alimentado por uma tensão retificada de 15V.

Vou analisar o circuito e determinar a corrente de disparo I_K e a corrente de curto-circuito I_{sc} , não coloquei os valores dos componentes da polarização porque não influem no circuito do fold back, para que complicar não é mesmo?

Proteção de curto do tipo Fold Back.

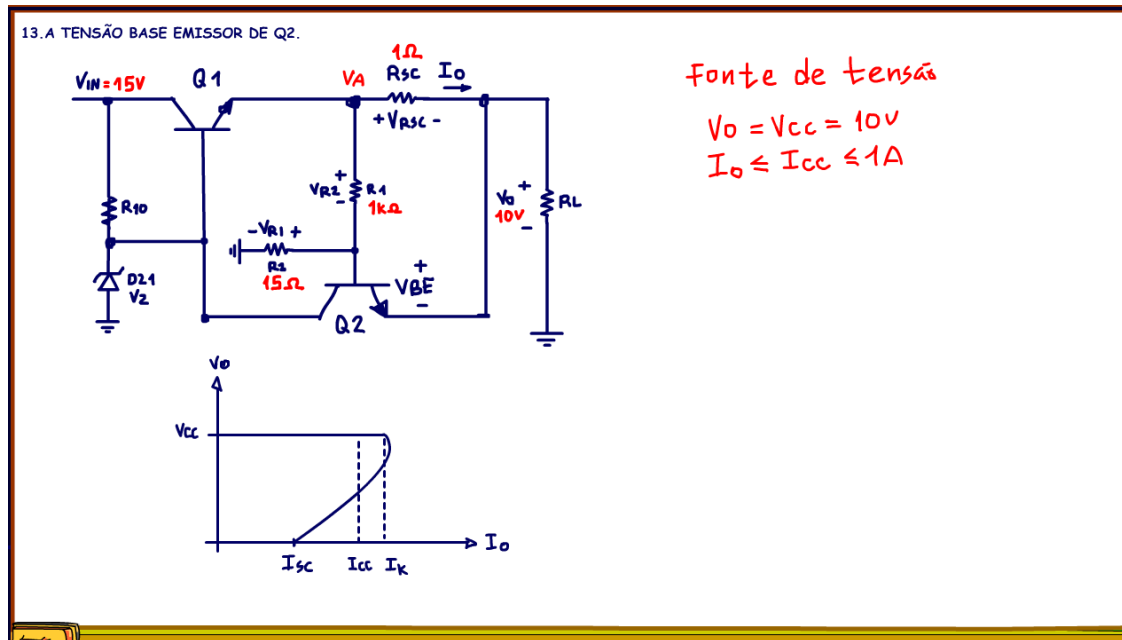
12. ANÁLISE COM CIRCUITO COMO FONTE DE TENSÃO.



A análise será feita em três momentos, primeiro no momento que o circuito está funcionando como fonte de tensão, nesse caso a tensão de saída é 10V e a corrente de saída é igual ou menor do que 1A, vou mostrar que na corrente máxima de saída de 1A, o transistor Q2 está cortado, isso é, a tensão base emissor é menor do que 0,7V.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

13. A TENSÃO BASE EMISSOR DE Q2.



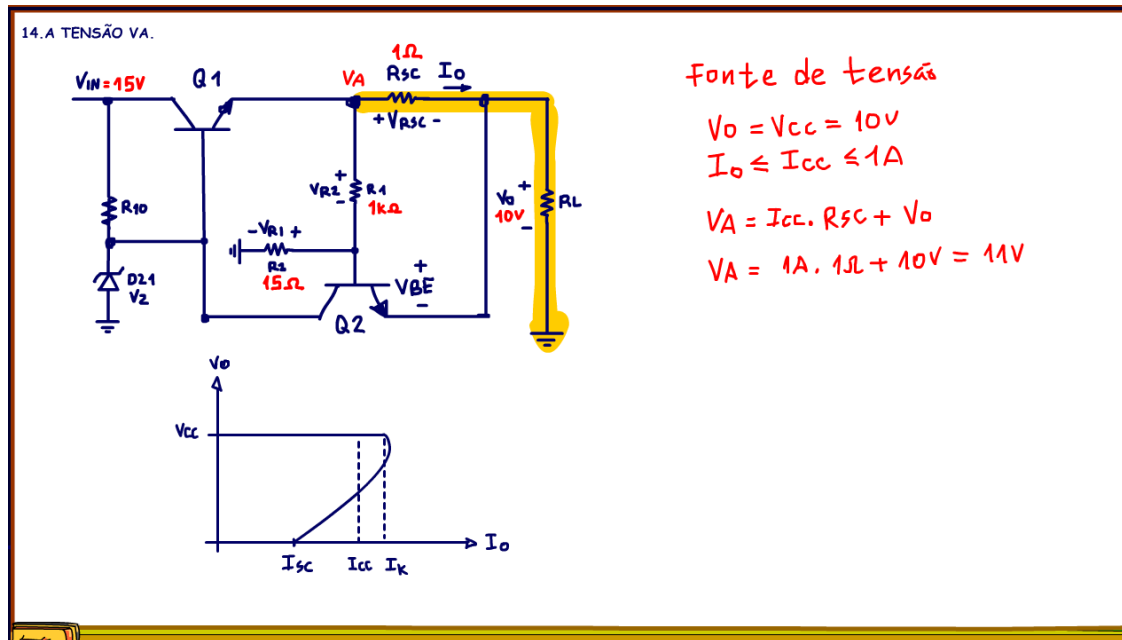
Vou fazer a análise para provar que a tensão base emissor do transistor Q2 é menos do que 0,7V, vou mostrar nos mínimos detalhes, porque essa forma de analisar vai ser usado em outros momentos.

Para a análise da tensão base emissor vou considerar que a junção base emissor não está conduzindo, nesse caso não tem corrente nenhuma entrando na base do transistor Q2, então temos dois circuitos em paralelo com a tensão VA alimentando os dois circuitos.

Essa é a mesma técnica usada na análise circuitos com diodos, a gente chuta o estado do diodo, conduzindo ou não, e então analisa o circuito para provar se o chute está certo ou não.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

14. A TENSÃO VA.



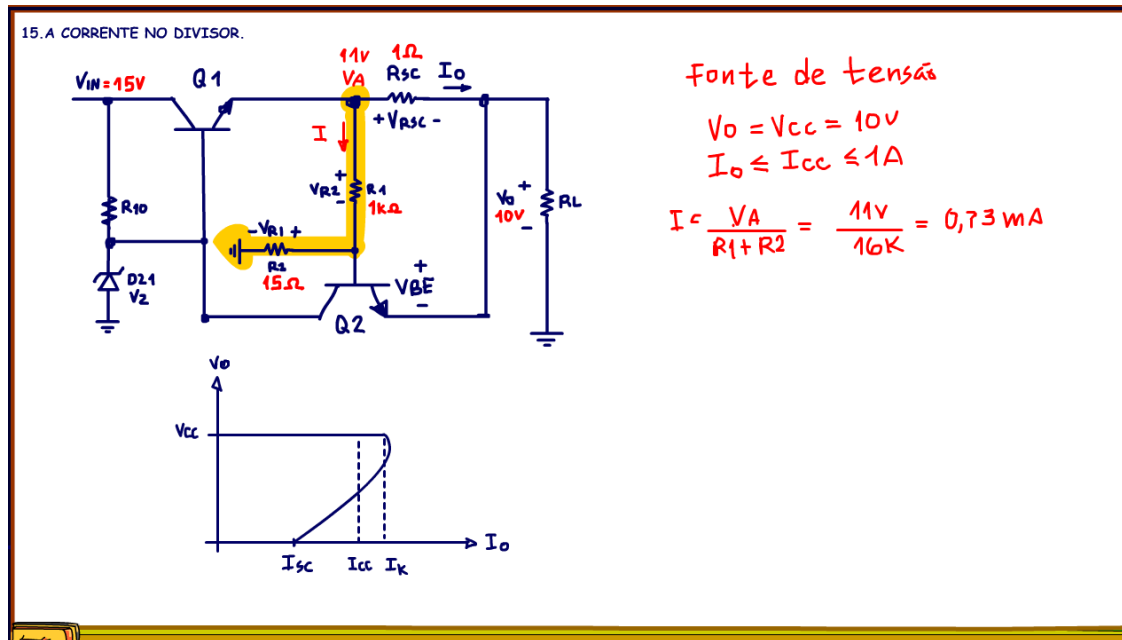
Vou calcular a tensão VA no pior caso, isso para o circuito funcionando como fonte de tensão.

No pior caso a corrente de saída é igual a 1A, e a tensão VA pode ser determinada pela malha da figura.

A tensão VA é igual a 1A da corrente de saída; vezes 1 OHM da resistência shunt; mais a tensão de saída que é igual a 10V; isso dá 11V.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

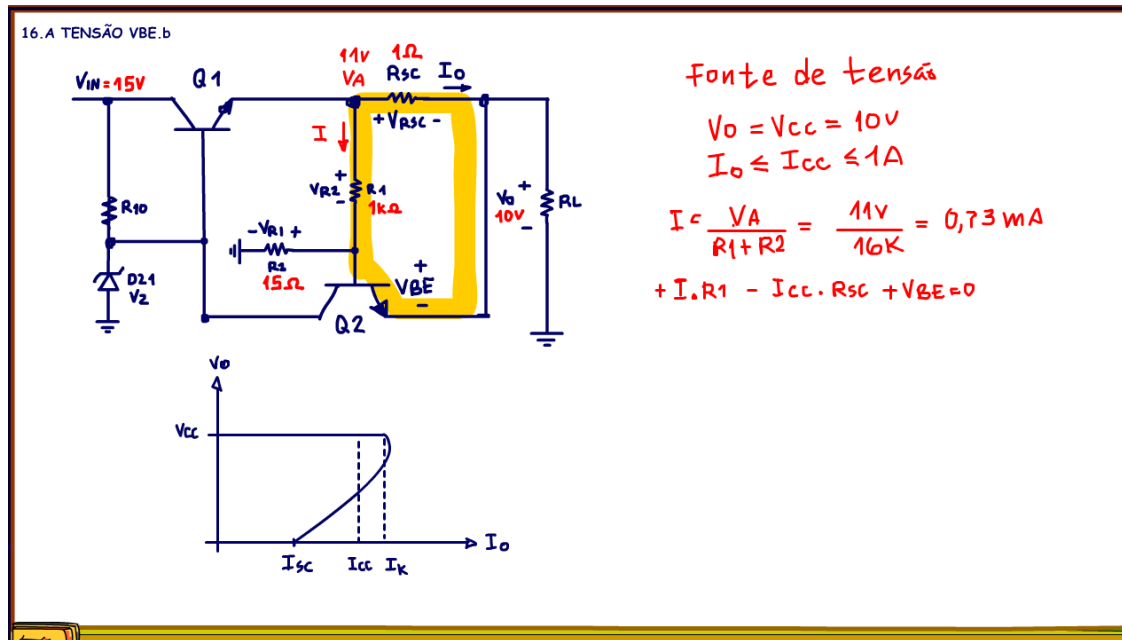
15. A CORRENTE NO DIVISOR.



A corrente no divisor é simples, é igual a tensão VA sobre a soma das resistências R1 e R2, 11V sobre 16k, isso dá 0,73 mA.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

16. A TENSÃO VBE.

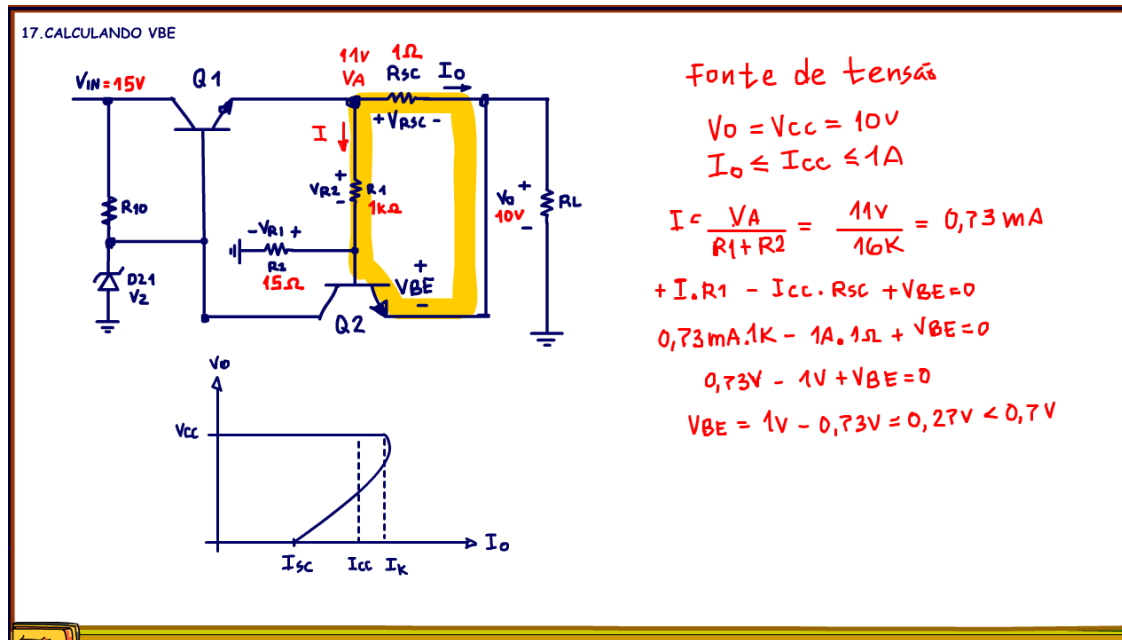


Agora vou calcular VBE usando a malha da figura, se o transistor estiver aberto mesmo, essa tensão tem que ser menor do que 0,7V.

Levantando a equação seguindo no sentido horário fica: a corrente no divisor vezes a resistência R1; menos a corrente de saída ICC vezes o valor da resistência shunt; mais a tensão VBE, tudo isso igual a zero.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

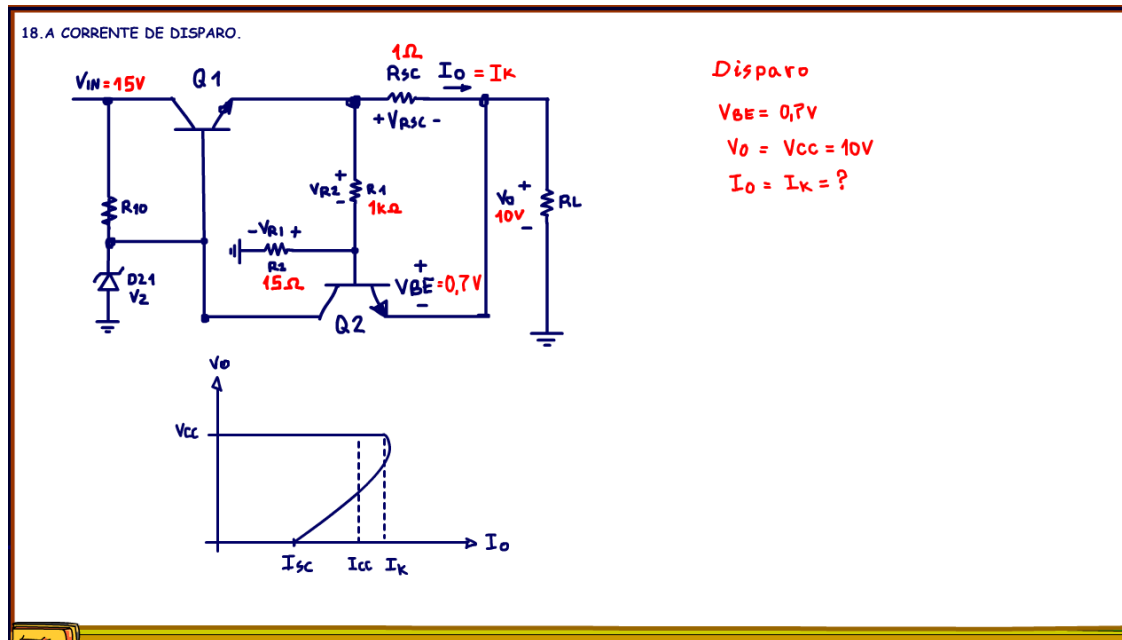
17. CALCULANDO VBE



Substituindo os valores e calculando as parcelas, isolando V_{BE} temos que V_{BE} é igual a 0,27V, bem menor do que 0,7V, então a suposição de que o transistor está cortado durante o funcionamento normal da fonte está correta!

Proteção de curto do tipo Fold Back.

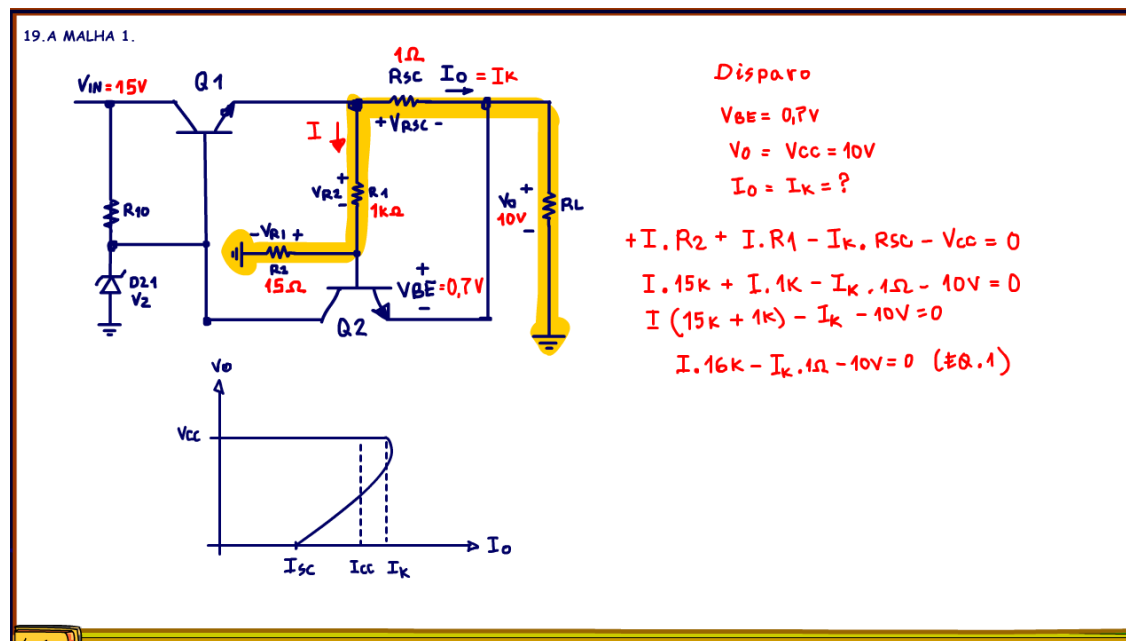
18. A CORRENTE DE DISPARO.



Agora vou calcular a corrente de disparo do circuito de proteção, isso vai acontecer quando o transistor Q2 passar a conduzir, então a tensão VBE vai ser igual a 0,7V, mas a tensão de saída ainda é igual a 10V, a tensão VCC, a pergunta é, qual a corrente de saída, qual a corrente de disparo I_k .

Proteção de curto do tipo Fold Back.

19. A MALHA 1.



Para determinar a corrente I_k , vou ter que montar duas malhas.

A primeira malha é essa da figura, uma malha mais externa, vou escolher essa malha porque ela passa pela resistência shunt.

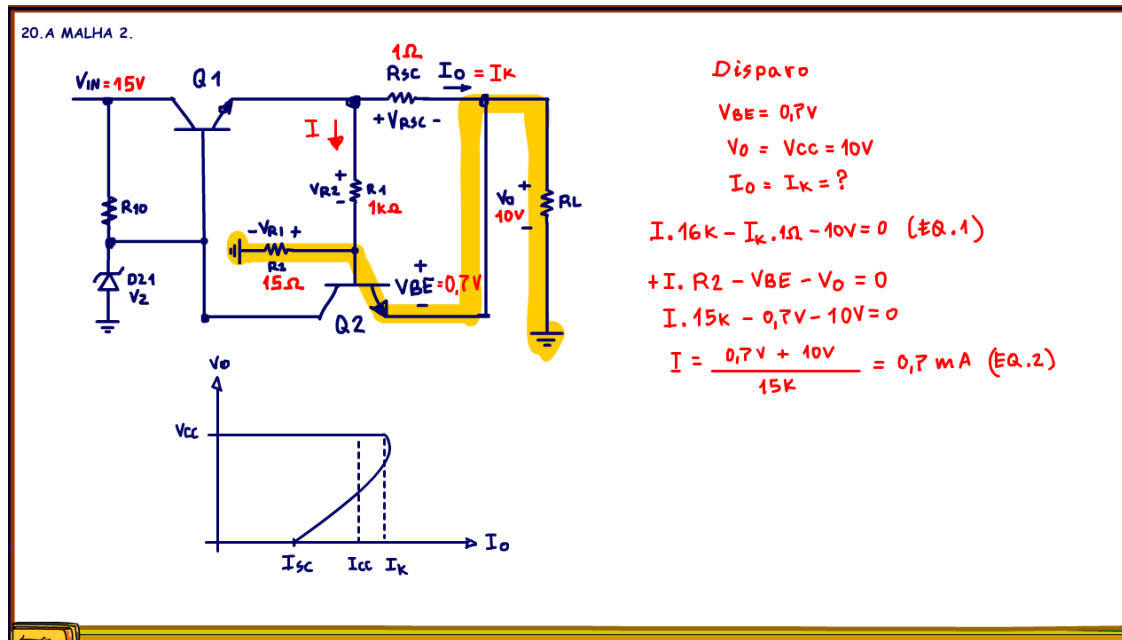
Levantando a equação dessa malha fica: A corrente no divisor I que multiplica a resistência R_2 ; mais a corrente no divisor que multiplica a resistência R_1 ; menos a corrente de disparo I_k que multiplica a resistência shunt; menos a tensão de saída V_{CC} , tudo isso igual a zero.

Substituindo os valores, colocando a corrente do divisor em evidência, agora é só somar as resistências dentro dos parênteses, e pronto, temos a equação da malha 1.

Note que temos duas incógnitas a corrente de disparo I_k , que é a corrente que desejamos determinar e a corrente do divisor, uma verdadeira intrusa, então vou precisar de uma segunda equação.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

20. A MALHA 2.



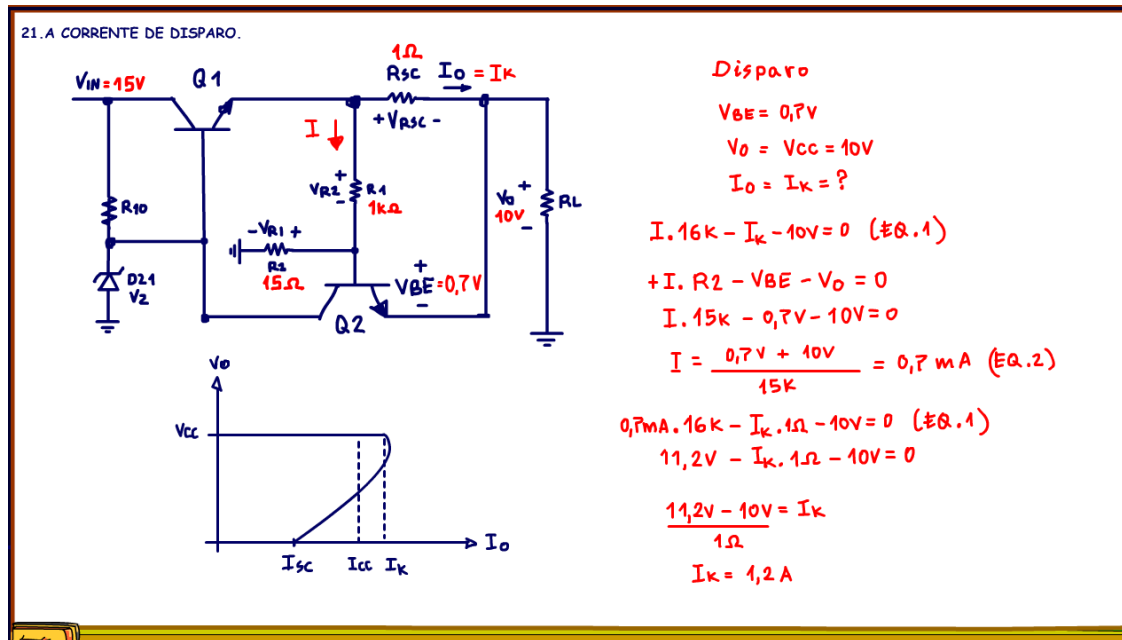
A segunda equação vou tirar dessa malha, essa malha não passa pela resistência shunt, então servirá para determinar a corrente no divisor, um verdadeiro golpe de mestre.

A equação fica, a corrente da malha vezes a resistência R2 menos VBE menos a tensão de saída VCC tudo isso igual a zero.

Substituindo os valores, isolando a corrente do divisor, temos que a corrente do divisor é igual a 0,7 mA.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

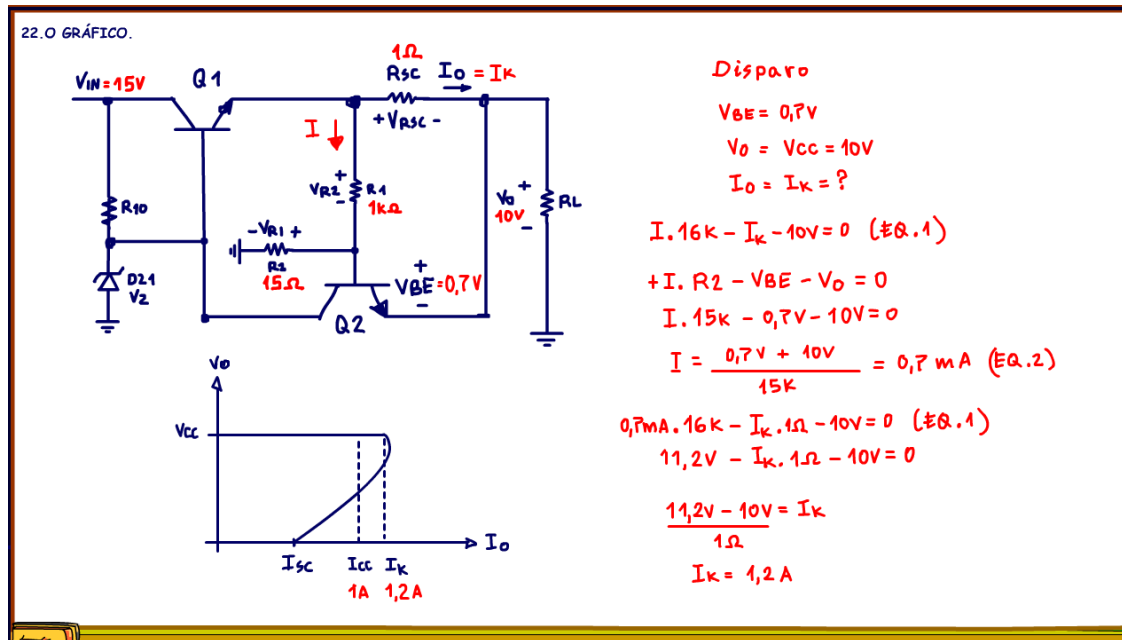
21. A CORRENTE DE DISPARO.



Agora é só substituir a corrente do divisor na equação 1, fazendo o produto da primeira parcela, isolando agora a corrente de disparo, é só passar para o outro lado da igualdade invertendo o sinal, fazendo a divisão, temos que a corrente de disparo é igual a 1,2A.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

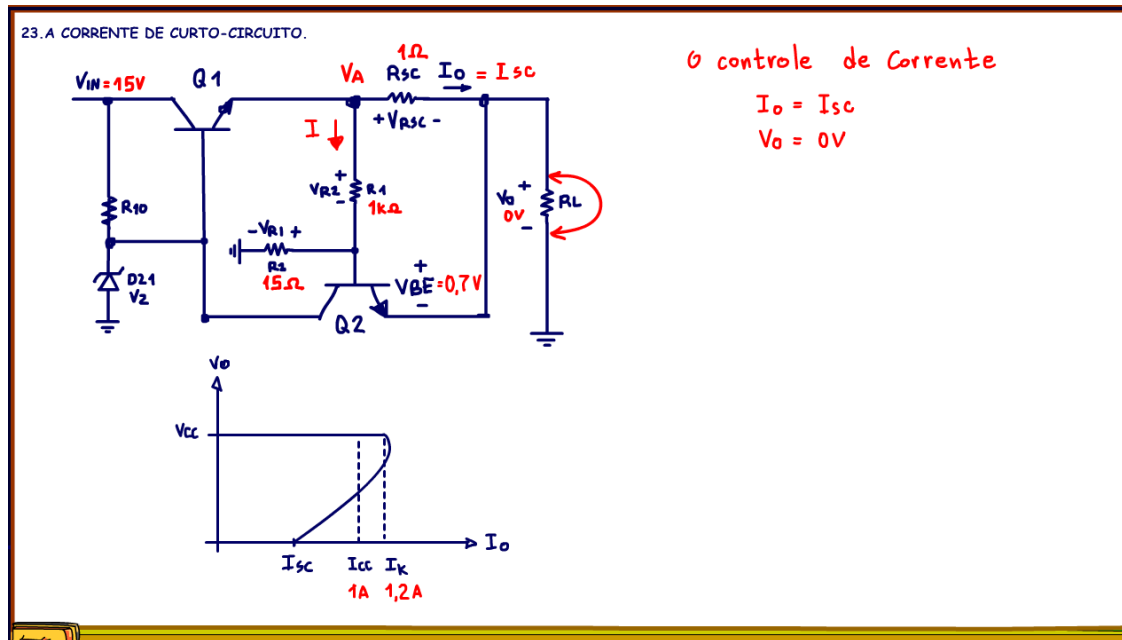
22. O GRÁFICO.



Veja no gráfico que a corrente de disparo fica bem acima da corrente de trabalho de 1A, exatamente como no circuito do controle de corrente com limitador.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

23. A CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO.

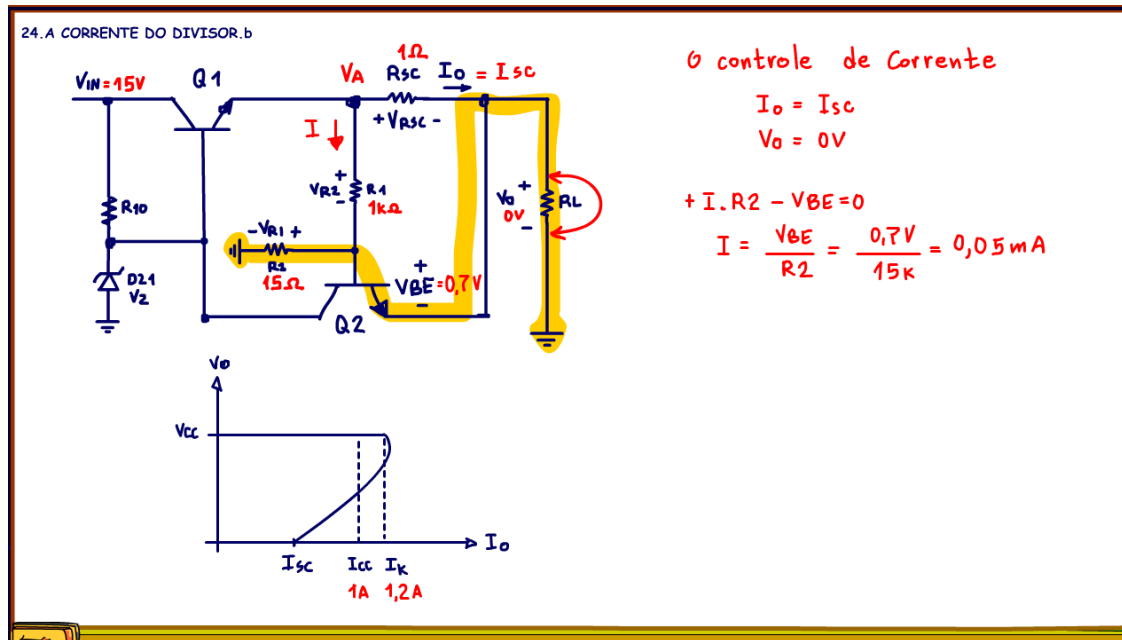


Agora só falta determinar a corrente de curto-circuito a corrente que vai ficar estabilizada após a ação do circuito de proteção.

Nesse caso a corrente de saída é a corrente de curto-circuito, nada mais lógico, mas a tensão de saída é zero volt, isso simplifica muito o cálculo.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

24. A CORRENTE DO DIVISOR.



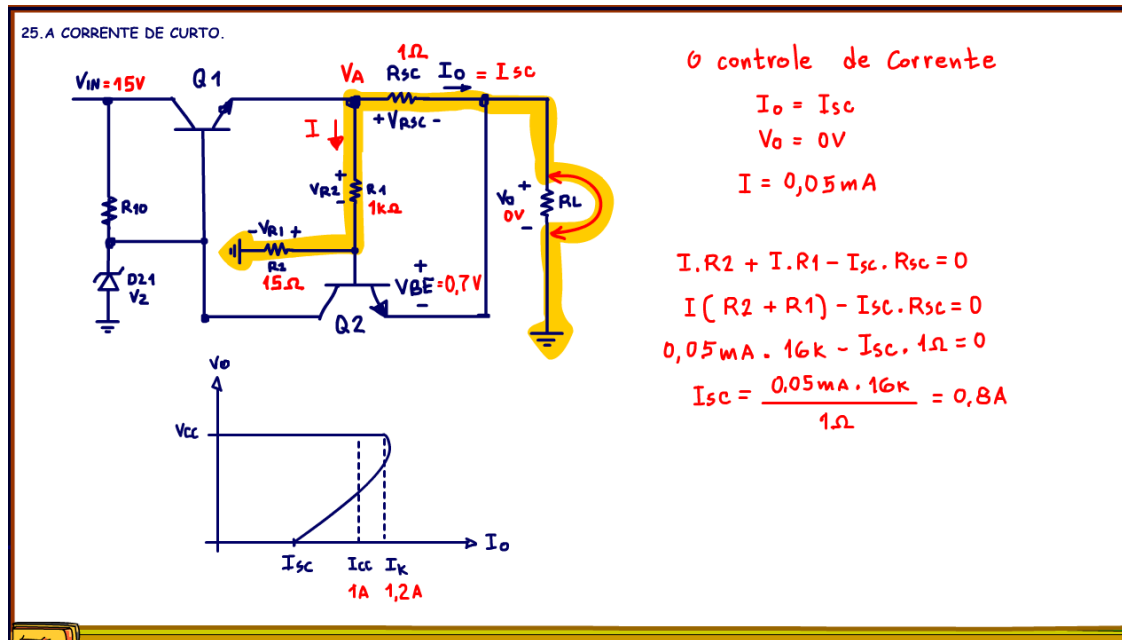
Agora vou começar calculando a corrente do divisor, a malha fica bem simples já que a tensão de saída é zero volt, nessa malha só tem dois componentes, a resistência R2 e a tensão base emissor do transistor Q2.

A equação fica: mais I vezes R2, menos VBE, tudo isso igual a zero.

Isolando a corrente do divisor e calculando fica, 0,05 mA, uma corrente muito baixa.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

25. A CORRENTE DE CURTO.



Agora é só usar a malha da figura para determinar a corrente de curto, a corrente que passa pela resistência shunt.

A equação fica: a corrente do divisor vezes a resistência R_2 , mais a corrente do divisor vezes a resistência R_1 , menos a corrente de curto vezes a resistência shunt, tudo isso igual a zero, isso porque a tensão de saída é zero.

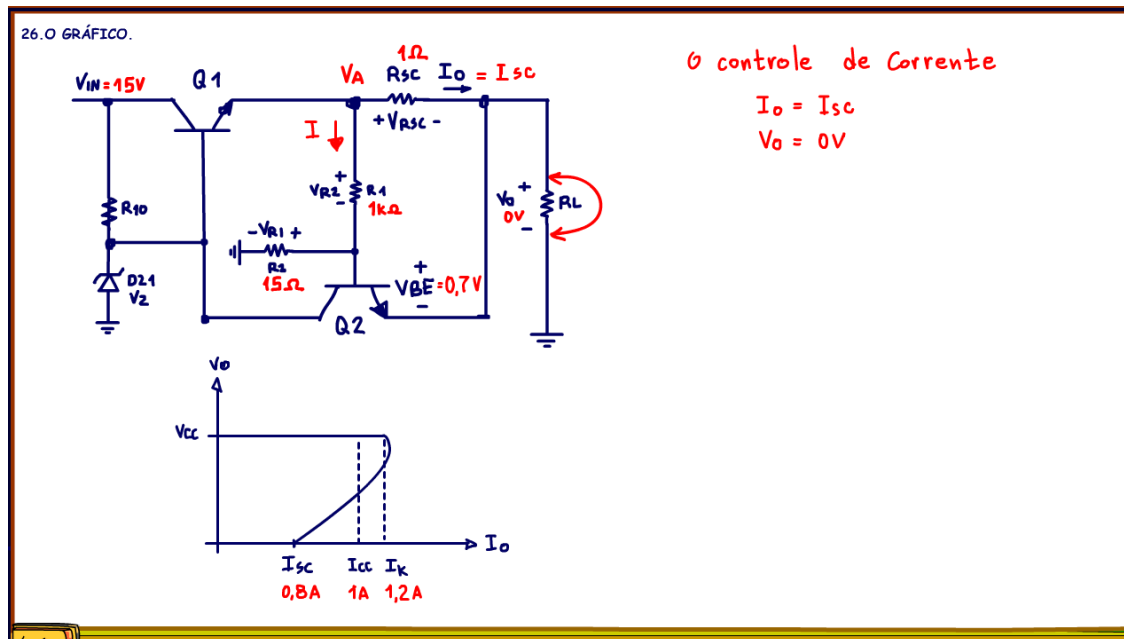
Resolvendo, primeiro colocando a corrente do divisor em evidência.

Substituindo os valores, agora a gente já conhece a corrente do divisor, isolando a corrente de curto-

circuito, calculando chegamos o valor de 0,8A.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

26. O GRÁFICO.

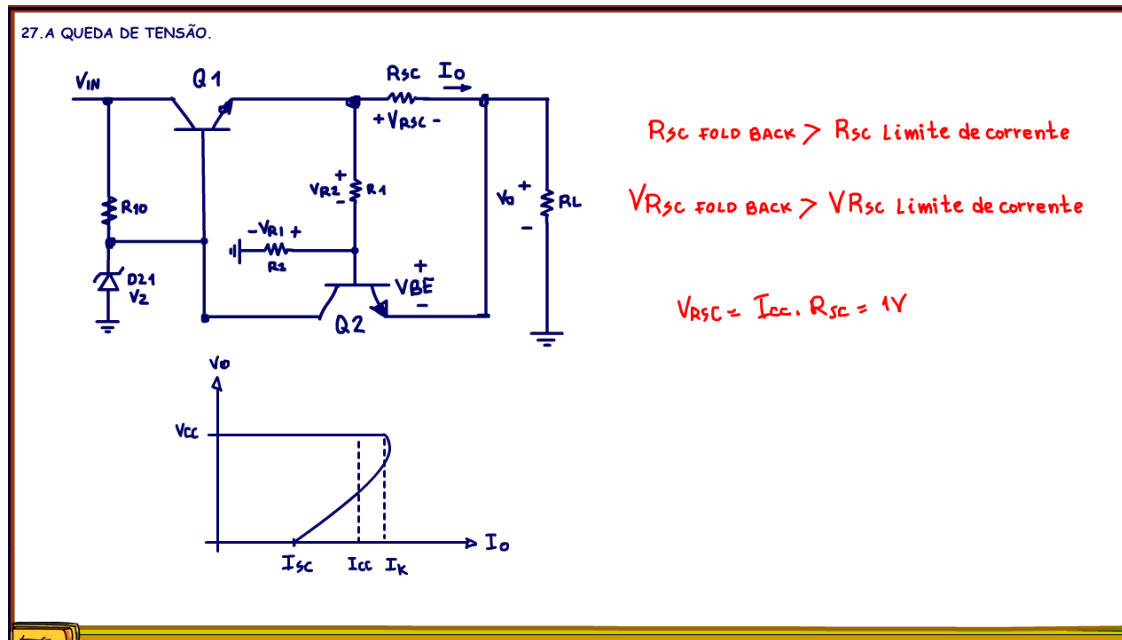


Veja o gráfico, a corrente de curto-circuito é menor do que a corrente de trabalho, veja que fantástico o circuito com a corrente dobrada, o fold back.

A partir desse ponto o circuito passa a funcionar como uma fonte de corrente, mas com uma corrente bem menor do que a corrente de um circuito do tipo limitador de corrente.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

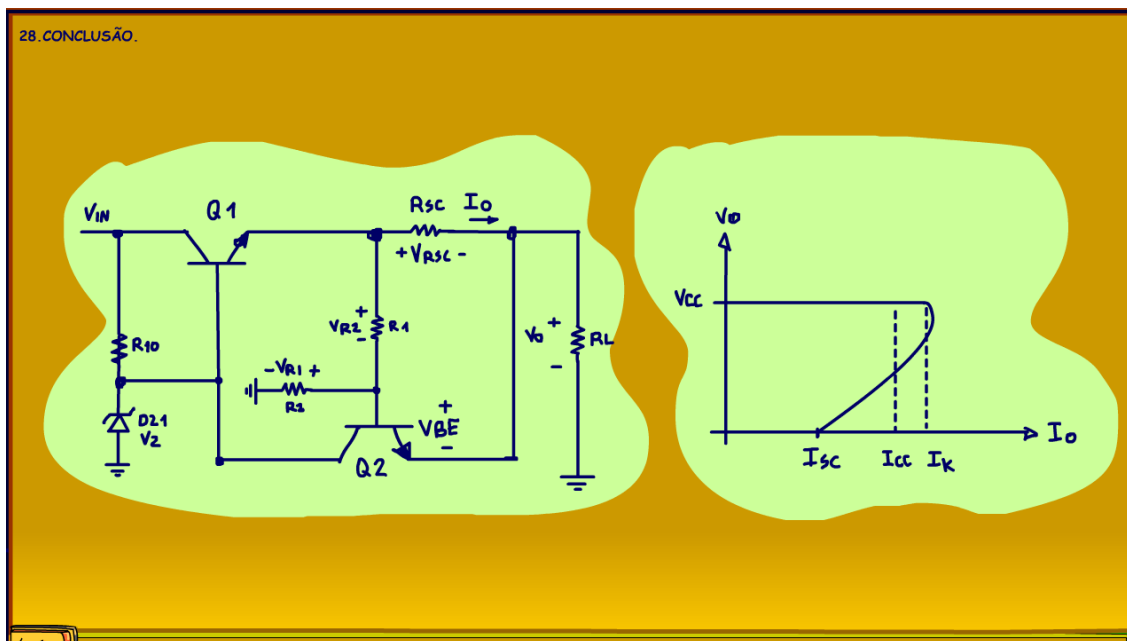
27. A QUEDA DE TENSÃO.



Um dos maiores problemas do controle de fold back é que a resistência shunt apresenta um valor maior do que a resistência shunt para o controle de curto com limitação de corrente, então a queda de tensão na resistência shunt durante o funcionamento normal da fonte é muito grande, nesse circuito para a corrente de um Ampère a queda de tensão na resistência shunt é de 1V, então para circuitos com baixa tensão de saída, tipo 5V, a queda de tensão na resistência shunt torna esse sistema inviável.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

28. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial uma visão geral sobre o funcionamento do controle de corrente do tipo fold back, esse tipo de controle de corrente pode ser usado em fones de tensões ou ainda amplificadores, então bom proveito.

Proteção de curto do tipo Fold Back.

29. 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)

Proteção de curto do tipo Fold Back.

20240505 Proteção de curto do tipo Fold Back

Proteção de curto do tipo Fold Back

A proteção de corrente do tipo fold back soluciona uma questão importante no circuito de proteção de curto-circuito com limitação de corrente, a questão da potência no transistor série durante o disparo da proteção.

Nesse tutorial eu vou falar sobre o circuito de proteção do tipo fold back.

Vamos lá.

Assuntos relacionados.

Fonte linear mais simples do mundo: <https://youtu.be/dxlxd5-bJq8>

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

YOUTUBE: <https://youtu.be/KwAFAgNxV9g>

Vamos dobrar a corrente, para trás!

Fonte de alimentação, controle de corrente fold back, como funciona o controle de corrente fold back,