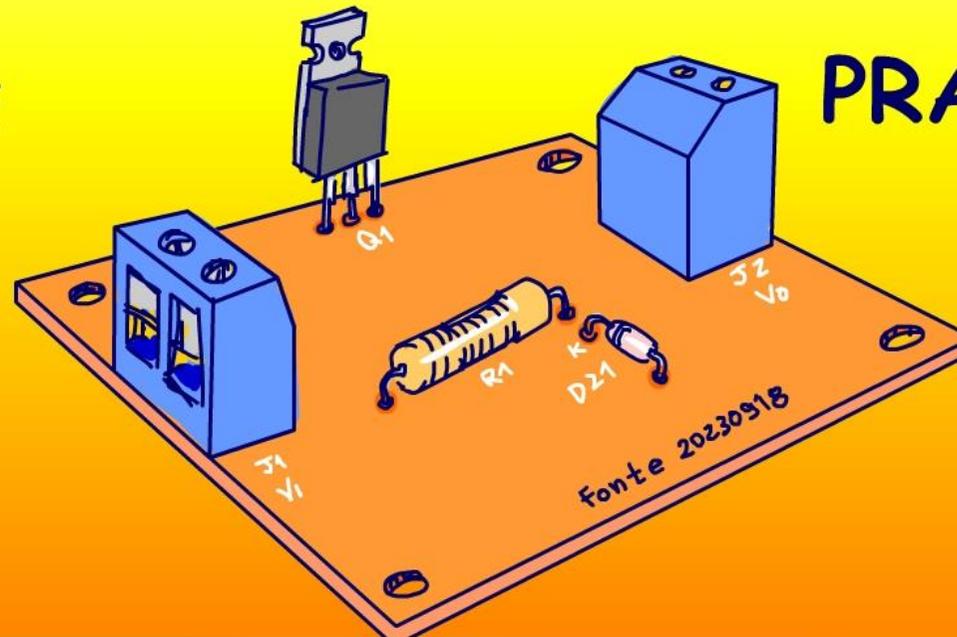


# Fonte Linear simples ZENER + TRANSISTOR

ANÁLISE

PROJETO

PRÁTICA





**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**  
**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>

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### Sumário

1. Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor .....	4
2. O Circuito. ....	5
3. A tensão de entrada. ....	6
4. O transistor. ....	7
5. O ZENER. ....	8
6. O diodo de compensação. ....	9
7. A resistência R1. ....	10
8. A tensão sobre R1 .....	11
9. A corrente em R1. ....	12
10. Corrente mínima no ZENER .....	13
11. Corrente em R1. ....	14
12. Determinando o valor de R1. ....	15
13. Analisando para a tensão de entrada mais alta. ....	16
14. A tensão na resistência R1. ....	17
15. A corrente em R1. ....	18
16. A corrente no ZENER. ....	19
17. A potência na resistência R1 .....	20

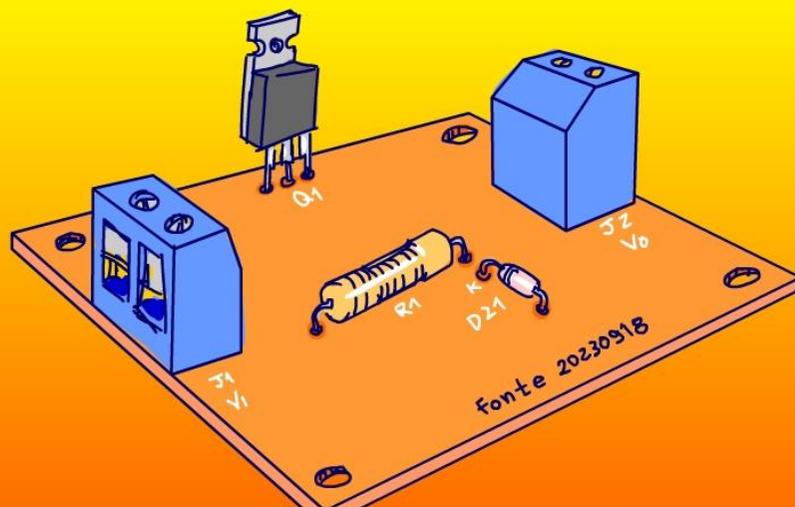
## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

18. A potência do ZENER.....	21
19. A potência no transistor.....	22
20. Corrente no ZENER sem carga.....	23
21. Conclusão.....	24
22. Créditos.....	26

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 1. PENSANDO SOBRE FONTE LINEAR SIMPLES COM ZENER E TRANSISTOR

# Fonte Linear simples ZENER + TRANSISTOR



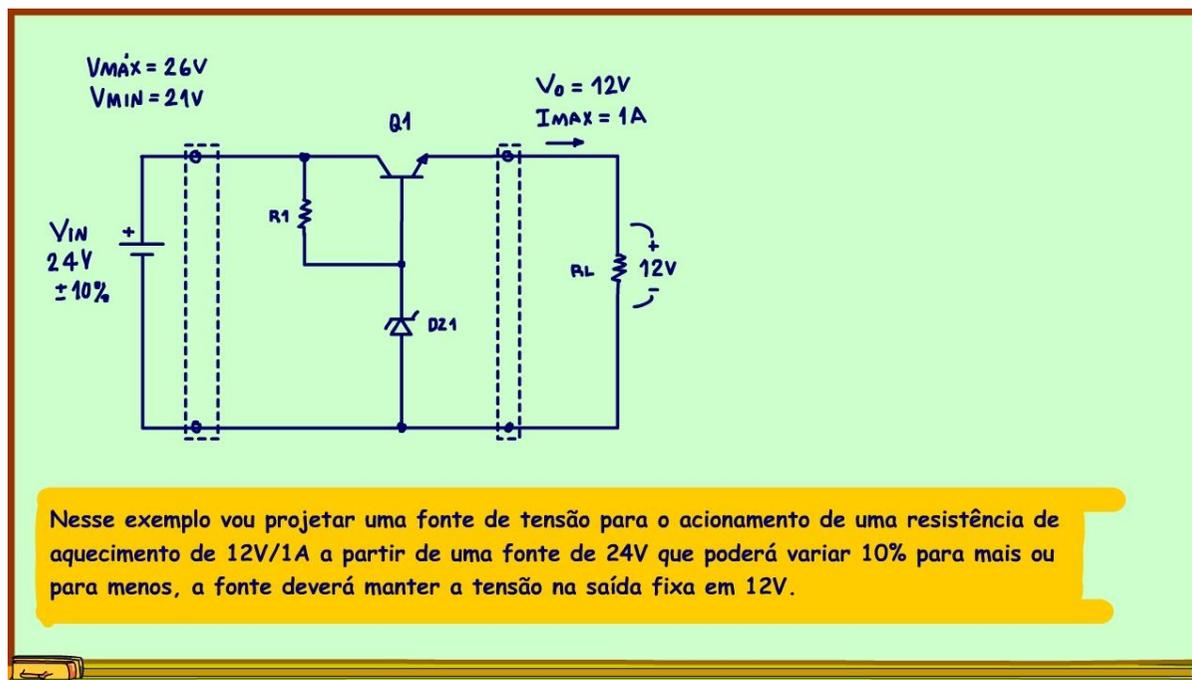
## ANÁLISE PROJETO PRÁTICA

Uma fonte de tensão linear é aquela que tem um transistor entre a carga e fonte de entrada, o transistor funciona como uma espécie de resistência variável, seu valor é ajustado de forma a manter a tensão na carga constante, vou mostrar como você pode projetar uma facilmente.

Vamos lá.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 2. O CIRCUITO.



A nossa missão é:

Projetar a fonte de tensão para o acionamento de uma resistência de aquecimento de 12V/1A a partir de uma fonte de 24V que poderá variar 10 % para mais ou para menos, a função da fonte é manter a tensão na saída fixa em 12V, mesmo que a entrada varie.

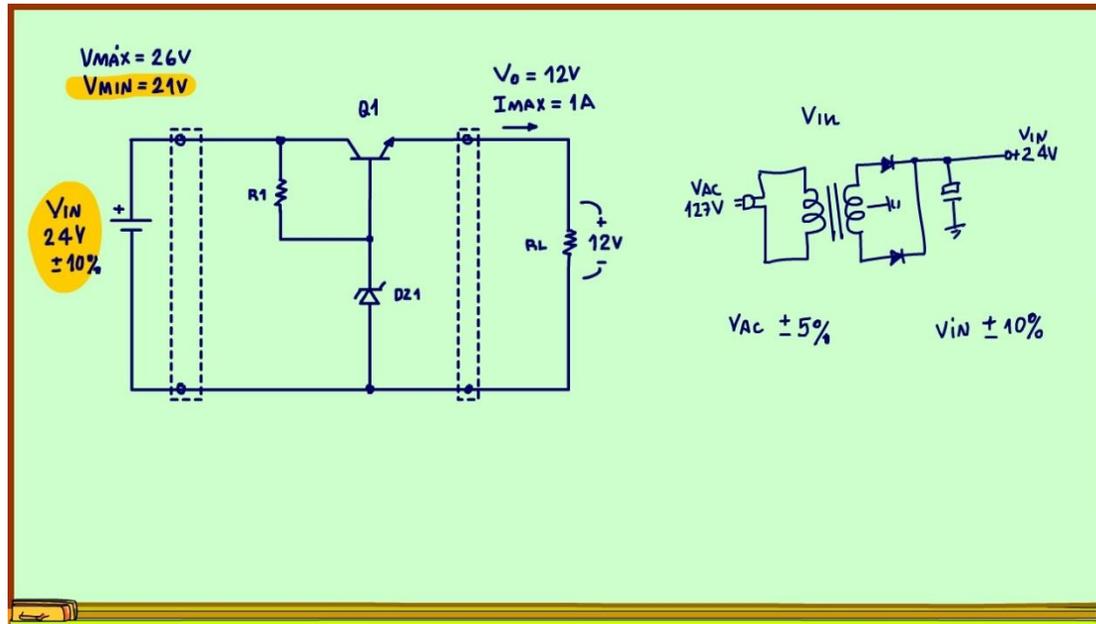
Esse é um dos circuitos mais simples, não espere muito dele não, mas, para cargas até 1A, é aplicável, eu vou mostrar nesse tutorial porque ele é a base de toda a fonte linear, o pai de todos.

Essa é uma fonte muito simples, só tem três componente, o maior problema dessa fonte é que se a carga for colocada em curto o transistor irá queimar, por isso é bom colocar um fusível em série com a carga.

Nesse tutorial eu vou mostrar como dimensionar o ZENER, o transistor e a resistência R1, para deixar tudo mais claro foi aplicar a teoria em um projeto prático.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 3. A TENSÃO DE ENTRADA.



O objetivo de uma fonte de tensão é manter a tensão na saída constante, mesmo que a tensão de entrada varie, então um dos dados mais importantes é especificar a variação da tensão de entrada.

Aqui nesse diagrama eu chamei a tensão de entrada de  $V_{in}$ , essa tensão normalmente vem de uma fonte não regulada, daquelas com transformador e retificador, pode ser de onda completa com center-tape, ou com retificador em ponte, com o capacitor de filtro, enfim uma fonte que forneça uma tensão contínua retificada filtrada bonitinha.

Nesse exemplo a fonte de entrada deverá fornecer uma tensão de 24V contínuo.

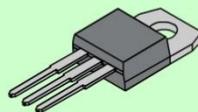
Mas, na prática essa tensão pode variar, isso acontece porque a tensão da rede pode variar, a regra é a tensão da rede só pode variar mais 5% ou menos 5%, mas, por segurança vou considerar nesse projeto uma variação de mais 10% e menos 10%, aconselho você prever nos seus projetos uma variação dessa ordem.

Pronto o primeiro dado está especificado, a tensão de entrada será de 24V com variação de mais ou menos 10%, então a tensão máxima será de 26V e a tensão mínima será de 21V, vou arredondar para simplificar.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 4. O TRANSISTOR.

TIP31, TIP31A, TIP31B, TIP31C NPN / TIP32, TIP32A, TIP32B, TIP32C PNP					
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T <sub>c</sub> = 25°C unless otherwise noted)					
Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
Collector-Emitter Sustaining Voltage(1) (I <sub>c</sub> = 30 mA, I <sub>be</sub> = 0)	TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	V <sub>CE(sus)</sub>	40 60 80 100		V
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 30 V, I <sub>be</sub> = 0) (V <sub>CE</sub> = 60 V, I <sub>be</sub> = 0)	TIP31, TIP32, TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B, TIP31C, TIP32C	I <sub>co</sub>		0.3 0.3	mA
Collector Cutoff Current (V <sub>CE</sub> = 40 V, V <sub>BE</sub> = 0) (V <sub>CE</sub> = 80 V, V <sub>BE</sub> = 0) (V <sub>CE</sub> = 80 V, V <sub>BE</sub> = 0) (V <sub>CE</sub> = 100 V, V <sub>BE</sub> = 0)	TIP31, TIP32 TIP31A, TIP32A TIP31B, TIP32B TIP31C, TIP32C	I <sub>cs</sub>		0.2 0.2 0.2 0.2	mA
Emitter Cutoff Current (V <sub>BE</sub> = 5.0 V, I <sub>c</sub> = 0)		I <sub>eo</sub>		1.0	mA
<b>ON CHARACTERISTICS (1)</b>					
DC Current Gain (I <sub>c</sub> = 1.0 A, V <sub>CE</sub> = 4.0 V) (I <sub>c</sub> = 3.0 A, V <sub>CE</sub> = 4.0 V)		h <sub>FE</sub>	25 10	50	
Collector-Emitter Saturation Voltage (I <sub>c</sub> = 3.0 A, I <sub>be</sub> = 375 mA)		V <sub>CE(sat)</sub>		1.2	V
Base-Emitter On Voltage (I <sub>c</sub> = 3.0 A, V <sub>CE</sub> = 4.0 V)		V <sub>BE(on)</sub>		1.8	V
<b>DYNAMIC CHARACTERISTICS</b>					
Current Gain - Bandwidth Product (2) (I <sub>c</sub> = 500 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V, f <sub>max</sub> = 1 MHz)		f <sub>T</sub>	3.0		MHz
Small Signal Current Gain (I <sub>c</sub> = 500 mA, V <sub>CE</sub> = 10 V, f = 1 kHz)		h <sub>fe</sub>	20		



$$I_C = 3A$$

$$P = 40W$$

$$R_{\theta JC} = 3,125 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$hFE = 25 \text{ } (\beta)$$

Agora vou começar a determinar os componentes, que são somente três, o transistor Q1, a resistência R1 e o diodo ZENER.

Vou começar pelo transistor.

O dado principal que vai nortear a escolha do transistor é a corrente máxima na saída, nesse caso o transistor deverá suportar uma corrente de coletor de 1A, existem muitos no mercado, eu vou escolher o TIP31.

Veja que esse transistor serve porque a máxima corrente nominal é de 3A, tá sobrando corrente.

Sobrar corrente pode!

Existem outras características importante como a potência máxima, esse transistor na temperatura ambiente pode operar dissipando uma potência de até 40W.

A resistência térmica da junção, essa resistência vai definir o tipo de dissipador de calor a ser usado

E a característica fundamental para esse circuito o ganho de corrente em corrente contínua, o famoso hfe com letra maiúscula, que equivale ao beta, que nesse transistor para 1A é igual a 25, ganho típico para transistor de potência.

Pronto, temos todos os dados do transistor.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 5. O ZENER.

TABELA DE CODIFICAÇÃO PARA DIODO ZENER DE ACORDO COM A POTÊNCIA

0,4 W	0,5 W	0,5 W	1,0 W
1N745 - 3,3V	1N5221B - 2,4V	1N5247B - 17V	1N4728A - 3,3V
1N747 - 3,6V	1N5222B - 2,5V	1N5248B - 18V	1N4729A - 3,6V
1N748 - 3,9V	1N5223B - 2,7V	1N5249B - 19V	1N4730A - 3,9V
1N749 - 4,3V	1N5225B - 3,0V	1N5251B - 22V	1N4731A - 4,3V
1N750 - 4,7V	1N5226B - 3,3V	1N5252B - 24V	1N4732A - 4,7V
1N751 - 5,1V	1N5227B - 3,6V	1N5253B - 25V	1N4733A - 5,1V
1N752 - 5,6V	1N5228B - 3,9V	1N5254B - 27V	1N4734A - 5,6V
1N753 - 6,7V	1N5229B - 4,3V	1N5255B - 28V	1N4735A - 6,2V
1N754 - 6,8V	1N5230B - 4,7V	1N5256B - 30V	1N4736A - 6,8V
1N755 - 7,5V	1N5231B - 5,1V	1N5257B - 33V	1N4737A - 7,5V
1N756 - 8,2V	1N5232B - 5,6V	1N5258B - 36V	1N4738A - 8,2V
1N757 - 9,1V	1N5233B - 6,0V	1N5259B - 39V	1N4739A - 9,1V
1N758 - 10V	1N5234B - 6,2V	1N5260B - 43V	1N4740A - 10V
1N759 - 11V	1N5236B - 7,5V	1N5262B - 51V	1N4742A - 12V
1N962 - 12V	1N5235B - 6,8V	1N5261B - 47V	1N4741A - 11V
1N964 - 13V	1N5237B - 8,2V	1N5263B - 56V	1N4743A - 13V
1N965 - 15V	1N5238B - 8,7V	1N5264B - 60V	1N4744A - 15V
1N966 - 16V	1N5239B - 9,1V	1N5265B - 62V	1N4745A - 16V
1N967 - 18V	1N5240B - 10V	1N5266B - 68V	1N4746A - 18V
1N968 - 20V	1N5241B - 11V	1N5267B - 75V	1N4747A - 20V
1N969 - 22V	1N5242B - 12V		1N4748A - 22V
1N970 - 24V	1N5243B - 13V		1N4749A - 24V
1N971 - 27V	1N5244B - 14V		1N4750A - 27V
1N972 - 30V	1N5245B - 15V		1N4751A - 30V
1N973 - 33V	1N5246B - 16V		1N4752A - 33V
			1N4753A - 36V
			1N4754A - 39V
			1N4755A - 43V
			1N4756A - 47V
			1N4757A - 51V
			1N4758A - 56V
			1N4759A - 62V
			1N4760A - 68V
			1N4761A - 75V

$+V_Z - 0,7V - 12V = 0$   
 $+V_Z = +0,7V + 12V = 12,7V$

catodo  $\leftarrow$   $\text{K}$   $\text{A}$  Anodo

Agora vou determinar o ZENER!

O mais importante no ZENER é a tensão ZENER é claro.

A tensão ZENER deverá ser escolhida de forma a garantir que a tensão na saída seja 12V, então preciso analisar o circuito para determinar a tensão no diodo ZENER!

Pra analisar vou levantar a equação da malha que passa pelo ZENER, pela junção base emissor do transistor e pela carga, só não sei a tensão no ZENER, vou levantar a equação seguindo o sentido horário da corrente de malha.

A equação da malha fica: mais a tensão no

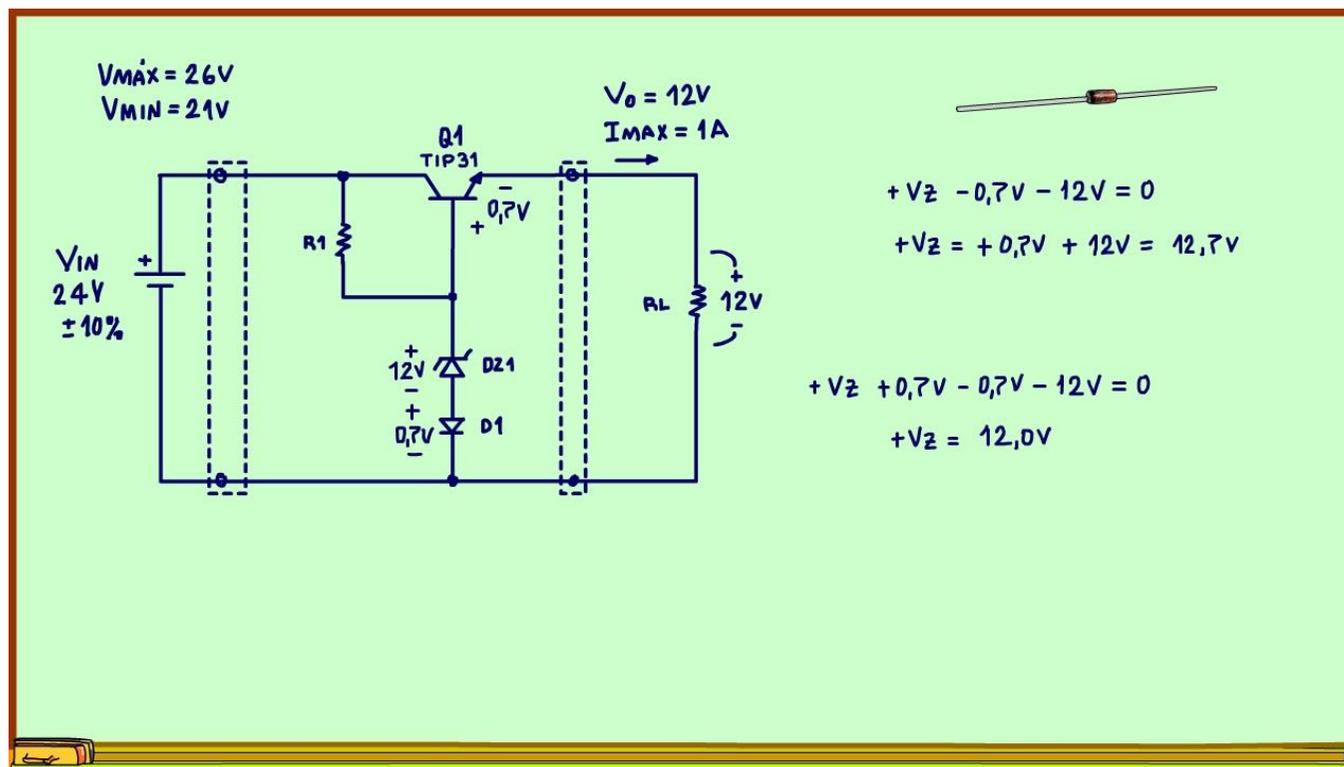
ZENER, a pergunta, estou passando do menos para o mais, a energia está aumentando, menos 0,7V da junção base emissor do transistor e menos 12V da tensão de saída, tudo isso igual a zero.

Resolvendo a tensão ZENER deverá ser de 12,7V.

Agora é só procurar na tabela um ZENER com essa tensão, nessa tabela não existe um ZENER com essa tensão, talvez exista para outro fabricante.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 6. O DIODO DE COMPENSAÇÃO.



Um diodo ZENER de 12,7V é difícil de encontrar, mas 12V é fácil, então aqui tem um truque bem interessante é aumentar a tensão na base do transistor acrescentando um diodo retificador de Silício, um 1N4007 por exemplo, veja com fica o circuito com esse diodo.

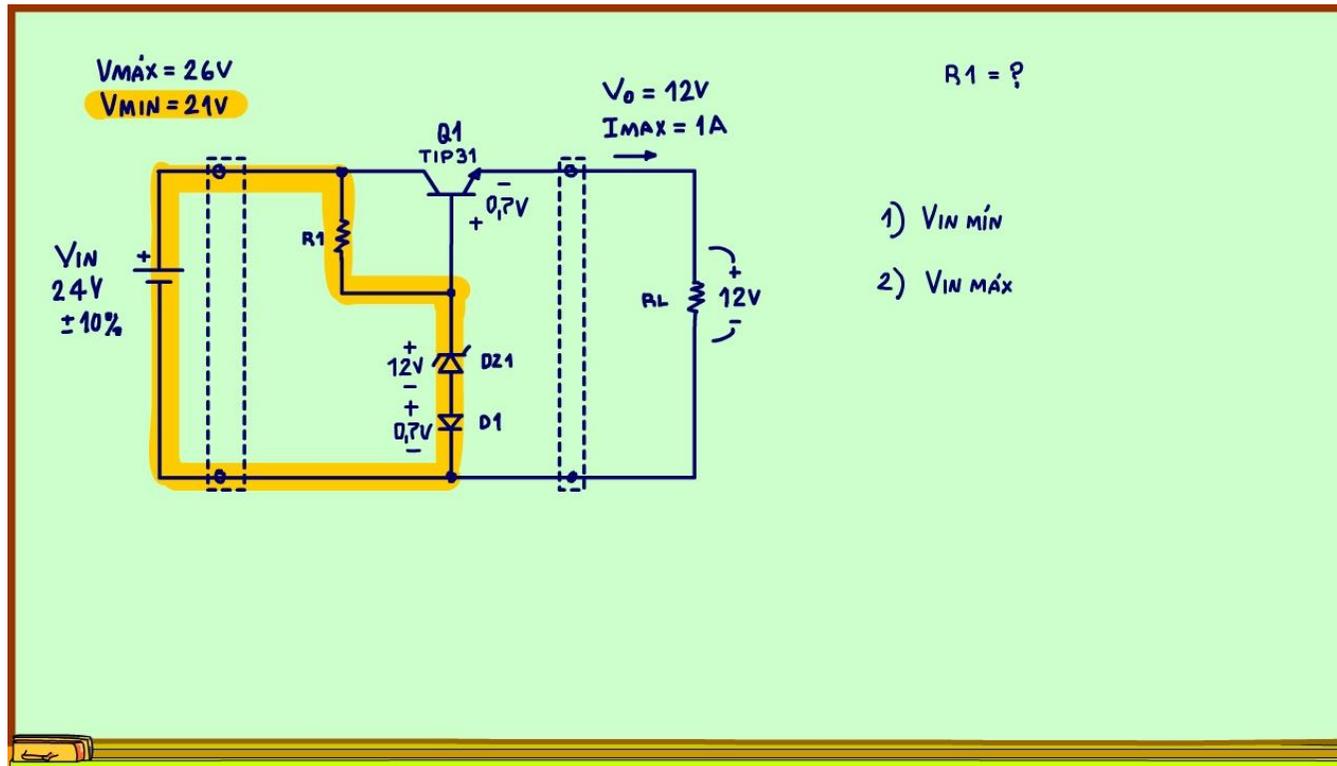
Nesse caso a equação recebe a parcela extra de mais 0,7V devido a esse diodo mágico, e no final, a tensão ZENER fica cravadinho em 12V, o diodinho D1 operou o milagre.

Falta a potência do ZENER mas isso será determinado na segunda etapa do projeto.

Note que para calcular a tensão ZENER não foi preciso olhar para a tensão de entrada!

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 7. A RESISTÊNCIA R1.



Agora só falta a resistência R1.

Essa resistência vai ser determinada a partir da malha de entrada, agora sim, vai ser preciso a tensão de entrada.

A técnica aqui é determinar R1 em dois passos, no primeiro passo é determinado o valor da resistência R1, para a menor tensão de entrada, no segundo passo é determinado a potência da resistência R1, analisando o circuito para a maior tensão de entrada, nesse passo também será determinado a potência no ZENER e a potência no transistor.

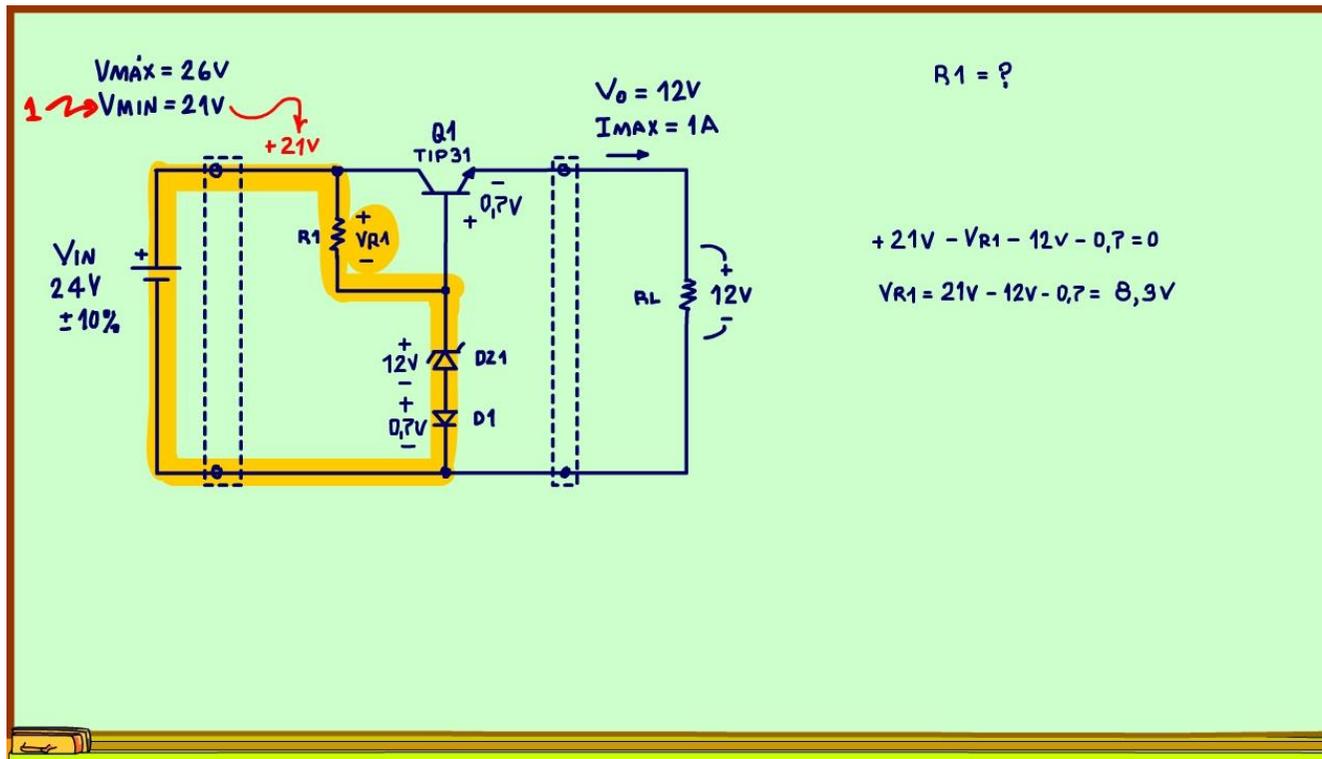
Então vamos ao primeiro passo para

a tensão de entrada igual a 21V.

Para determinar R1 preciso saber a tensão e a corrente sobre essa resistência.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 8. A TENSÃO SOBRE R1



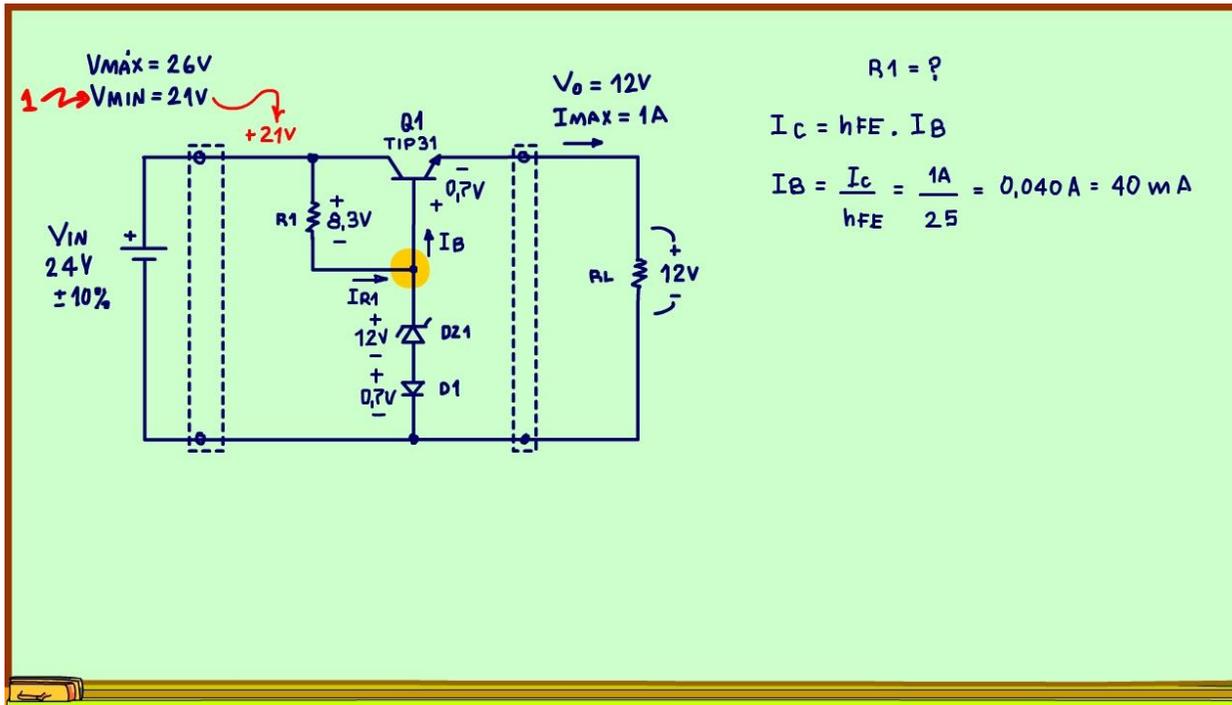
Para determinar a tensão sobre R1 é só analisar a malha que passa pela fonte, por R1, pelo ZENER e pelo diodo D1, só está faltando a tensão sobre R1, aqui como tem fonte posso até usar a malha prática.

Está entrando 21V, perdi 12V no ZENER, perdi 0,7V no diodo, sobrou quanto para a resistência R1?

Sobrou 8,3V, pronto já temos a tensão falta a corrente.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 9. A CORRENTE EM R1.



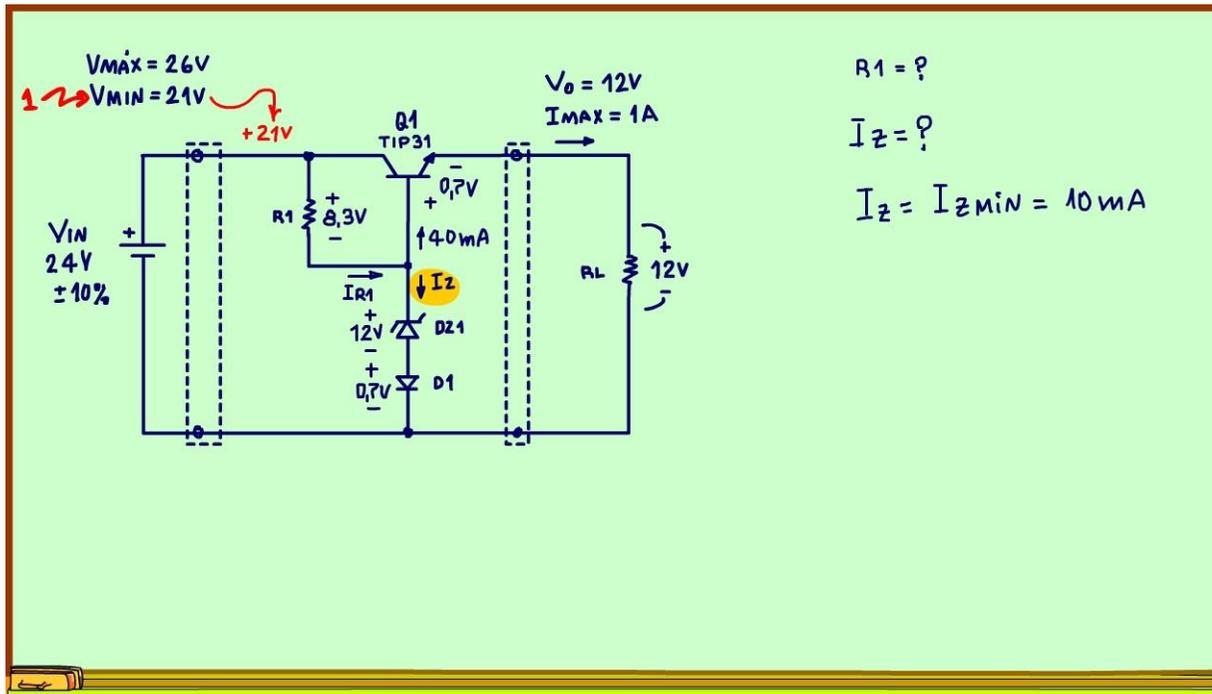
Para determinar a corrente em R1 devo olhar para o nó na base do transistor.

A corrente na base do transistor a gente tem, claro é só usar a característica básica do transistor, a corrente de coletor é igual ao ganho hFE vezes a corrente de base, então a corrente de base é igual a corrente de coletor dividido pelo hfe, eu vou considerar a corrente de coletor igual a corrente de emissor máxima, nesse caso 1A.

O hfe a gente viu antes é 25, então a corrente de base é igual a 1A dividido por 25, isso dá, 0,040A ou 40 mA, é melhor trabalhar com corrente em mA.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 10. CORRENTE MÍNIMA NO ZENER



Mas qual a corrente no ZENER?

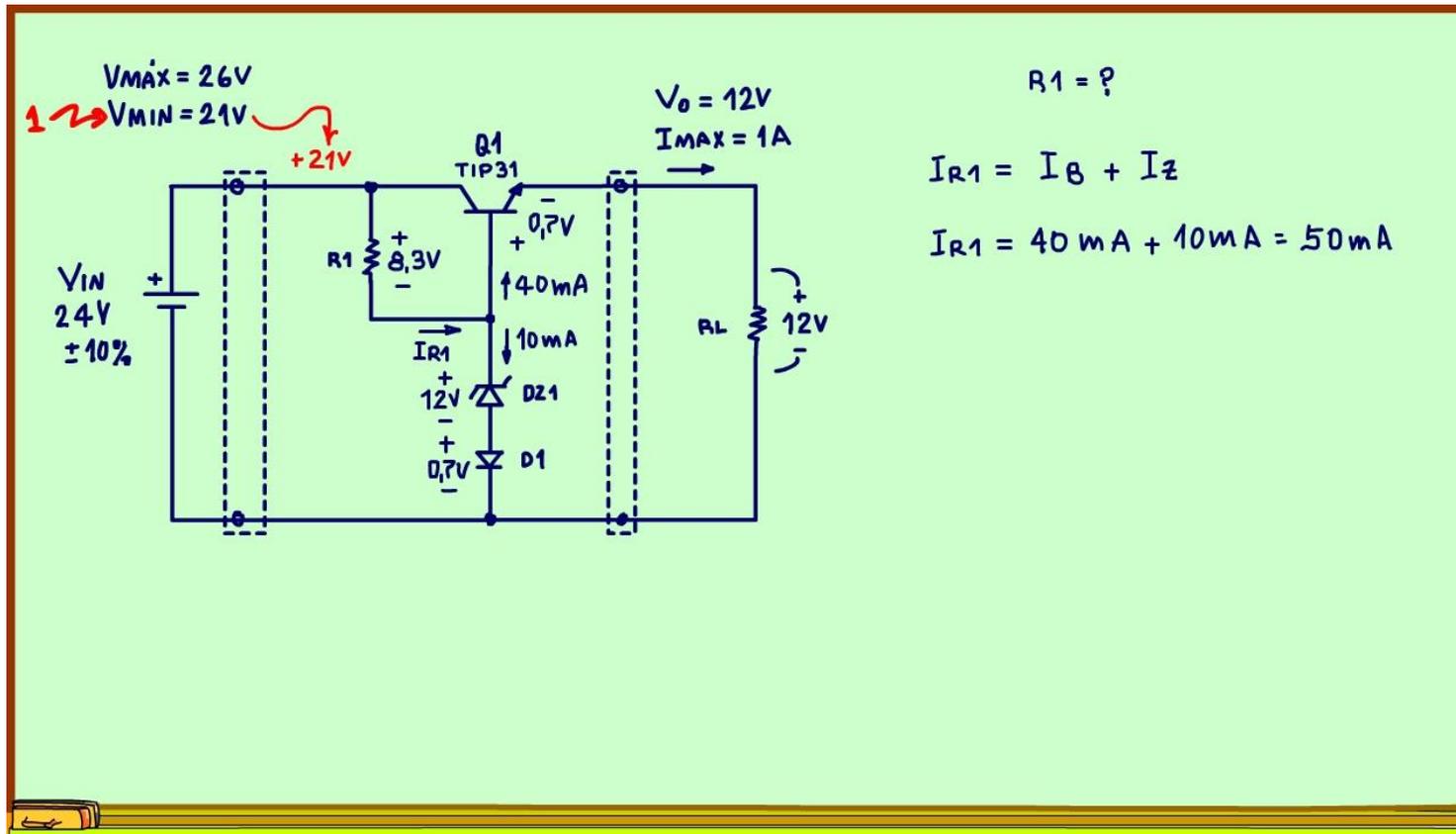
Para a menor tensão de entrada, a corrente no ZENER deverá ser a mínima.

Uma forma mais precisa seria considerar a corrente mínima no ZENER igual a 10% da corrente máxima, ou ficar ao redor disso.

Na prática uma corrente de 10 mA para zeneres menores do que 24V tá muito bom, estimar dessa forma simplifica porque ainda não sabemos a potência do ZENER.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 11. CORRENTE EM R1.



$$R1 = ?$$

$$I_{R1} = I_B + I_Z$$

$$I_{R1} = 40mA + 10mA = 50mA$$

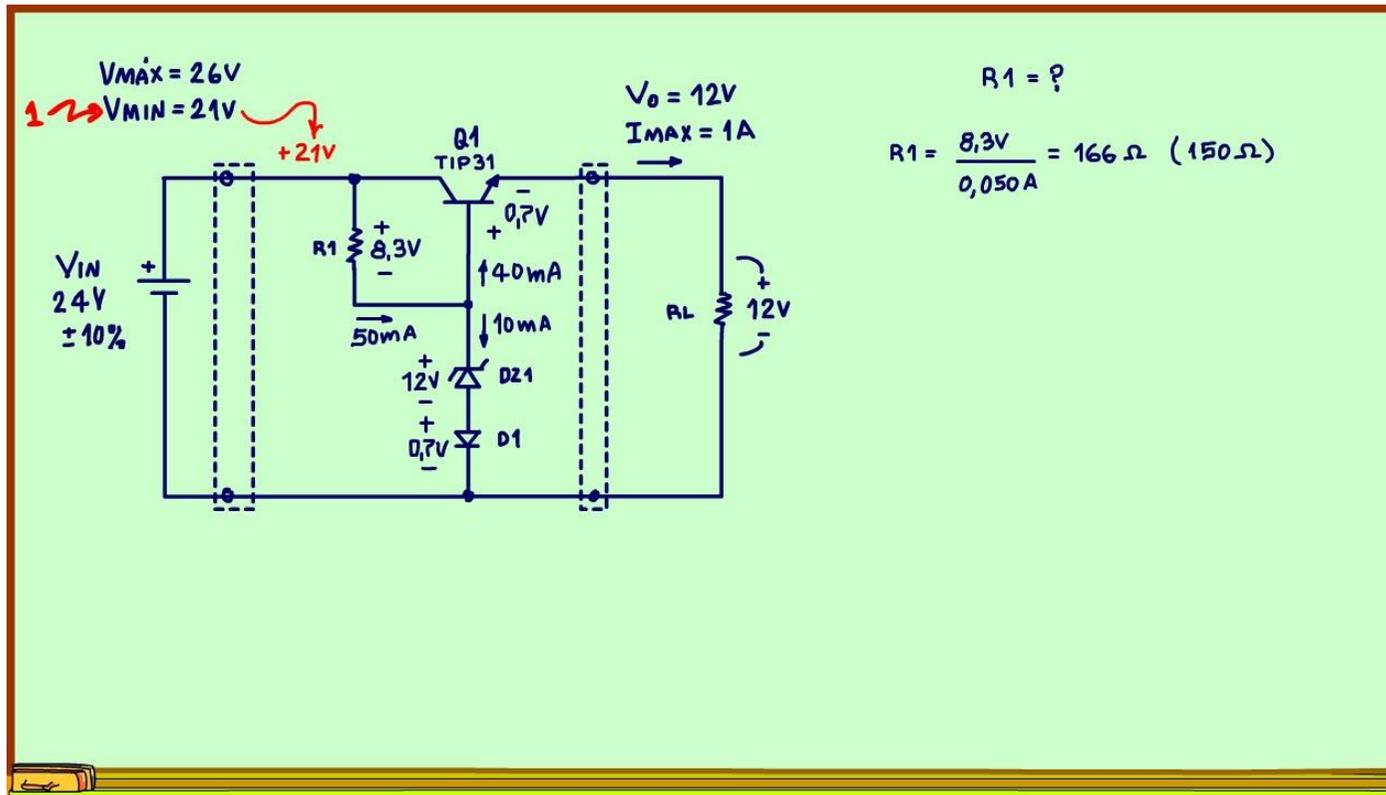
Agora é possível determinar a corrente na resistência R1, é só usar a LEI DOS NÓS.

Se está saindo 40 mA para a base do transistor e 10 mA para o ZENER, quanto está entrando pela resistência R1?

Simple, 50 mA, pronto agora temos tudo para determinar a resistência R1.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 12. DETERMINANDO O VALOR DE R1.



$$R1 = ?$$

$$R1 = \frac{8,3V}{0,050A} = 166 \Omega \text{ (150 } \Omega \text{)}$$

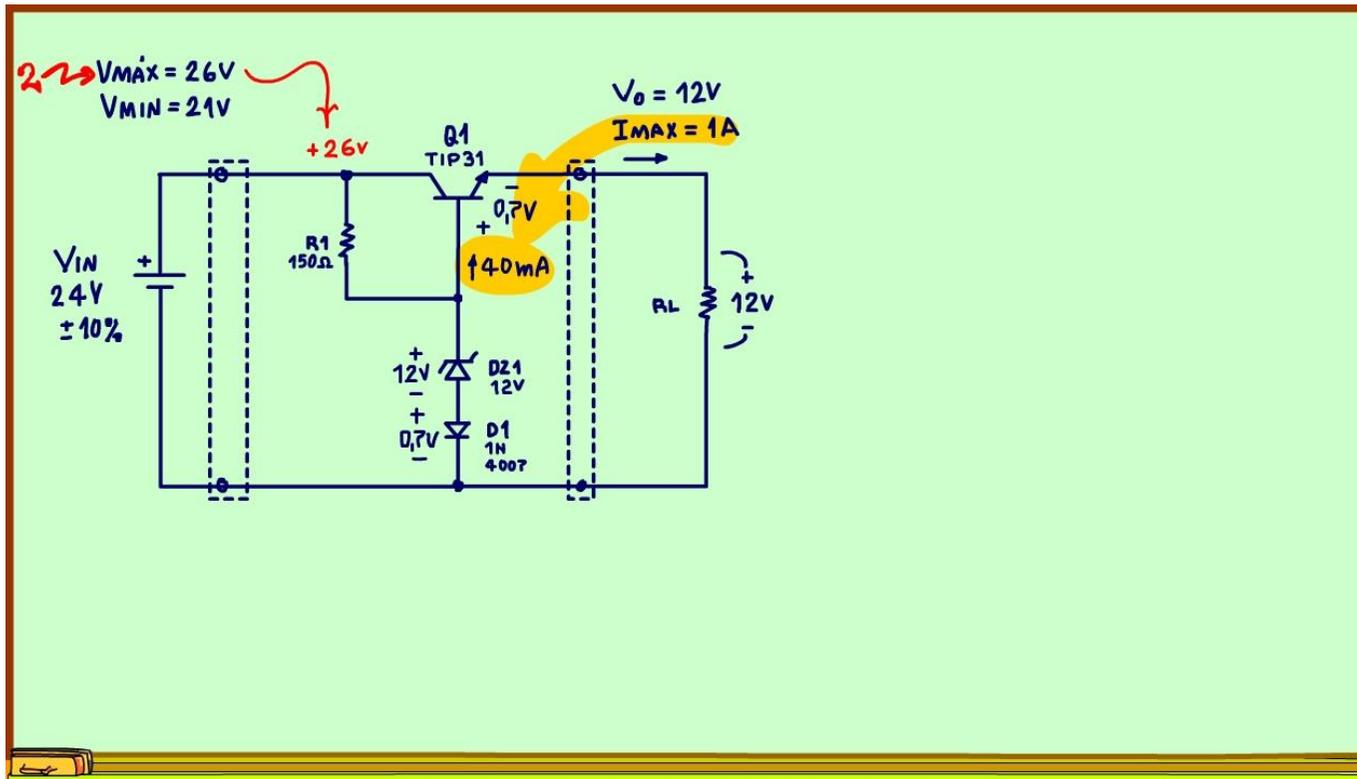
Agora é só usar a LEI DE OHM para determinar R1.

A resistência R1 é igual a 8,3V dividido por 50 mA isso dá, 166 OHM, o valor comercial mais perto é 150 OHM.

Pronto essa é a resistência R1, falta determinar as potências, vamos para o passo 2!

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

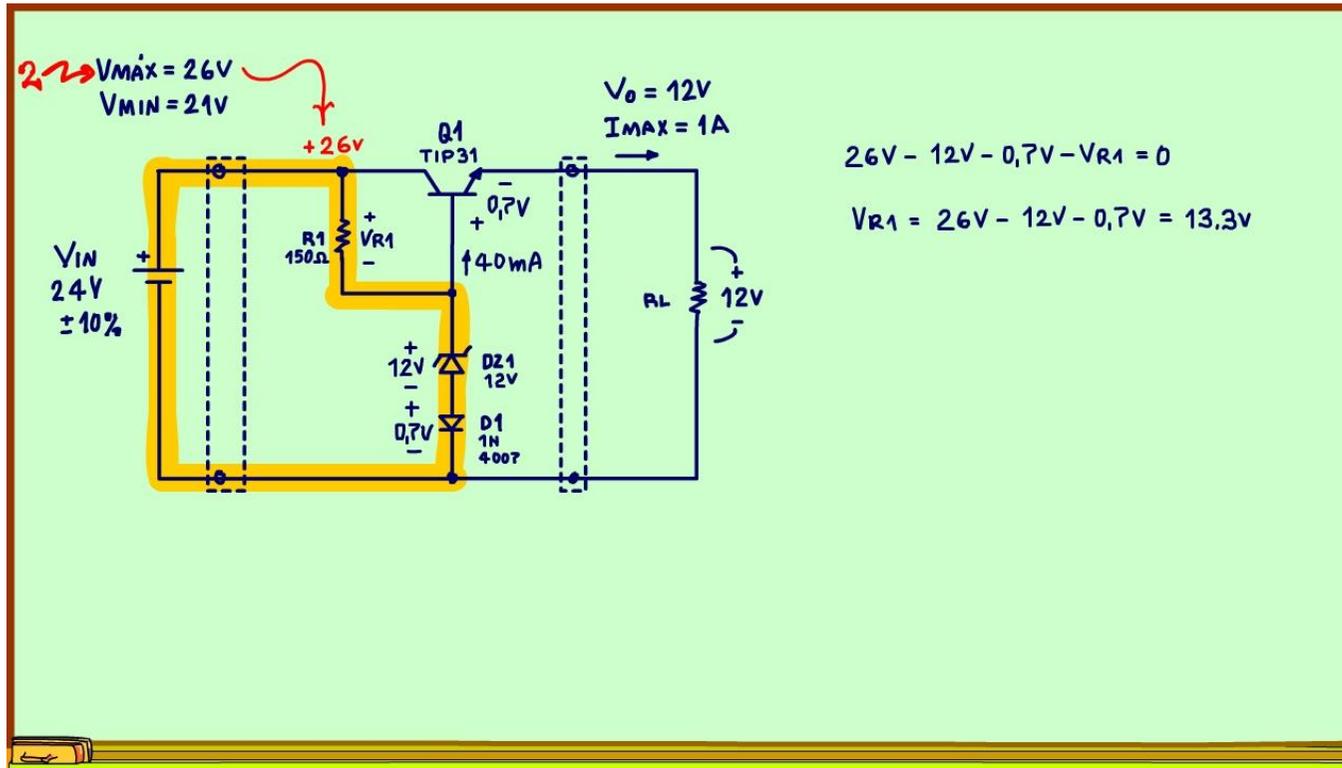
### 13. ANALISANDO PARA A TENSÃO DE ENTRADA MAIS ALTA.



Agora vou analisar para a tensão de entrada mais alta, a tensão de 26V, mas para a mesma tensão e corrente na saída, se a corrente de saída continua igual a 1A, então a corrente de base continua 40 mA, mas as correntes na resistência e no diodo ZENER aumentam, mais tensão mais corrente.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 14.A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R1.

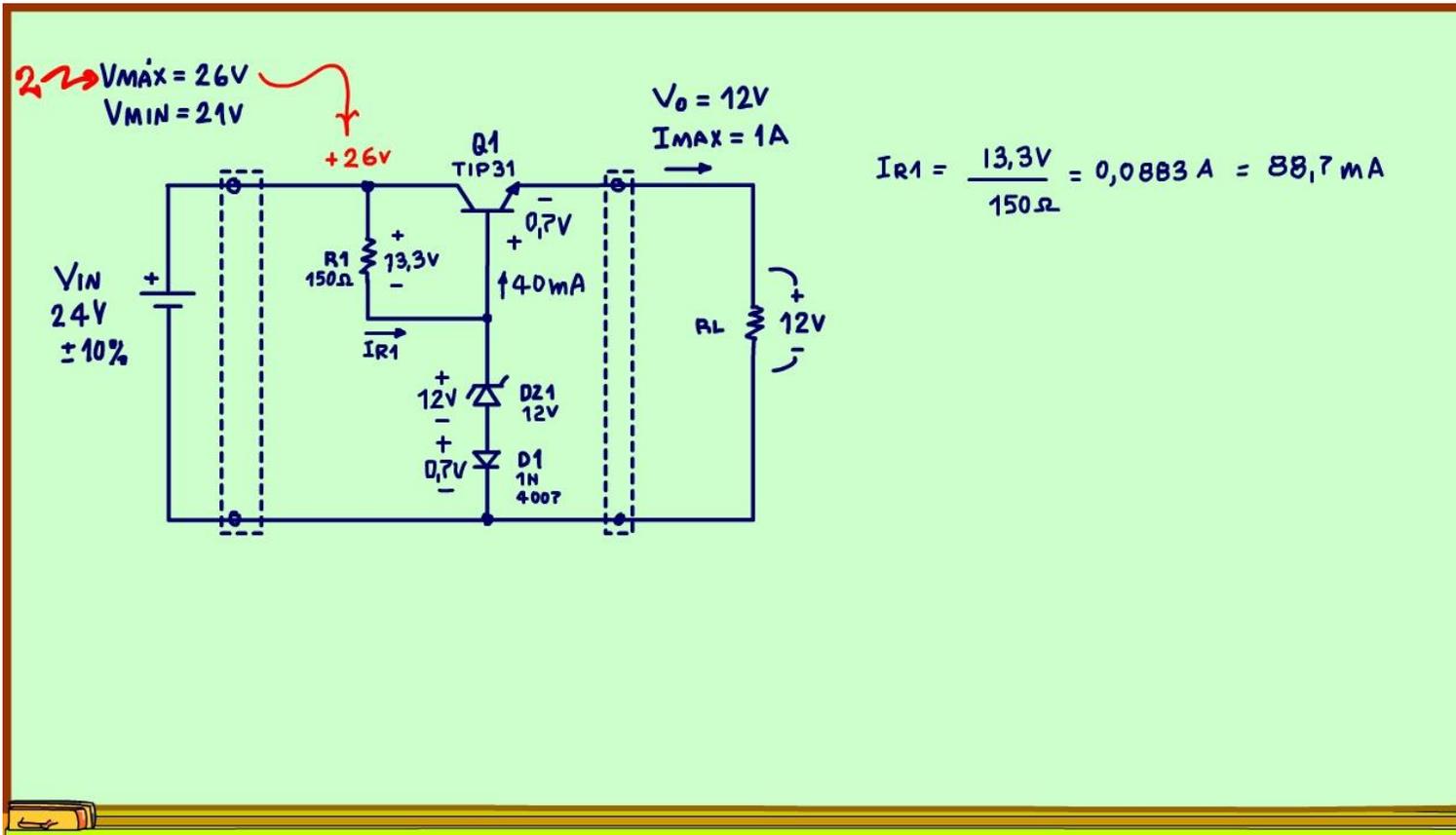


Vou começar determinando a tensão na resistência R1, é só usar a malha de entrada novamente, está entrando 26V, estão sendo gastos 12V no ZENER, 0,7V no diodo D1 sobrou quanto para a resistência R1?

Sobrou 13,3V, essa é a tensão na resistência R1.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

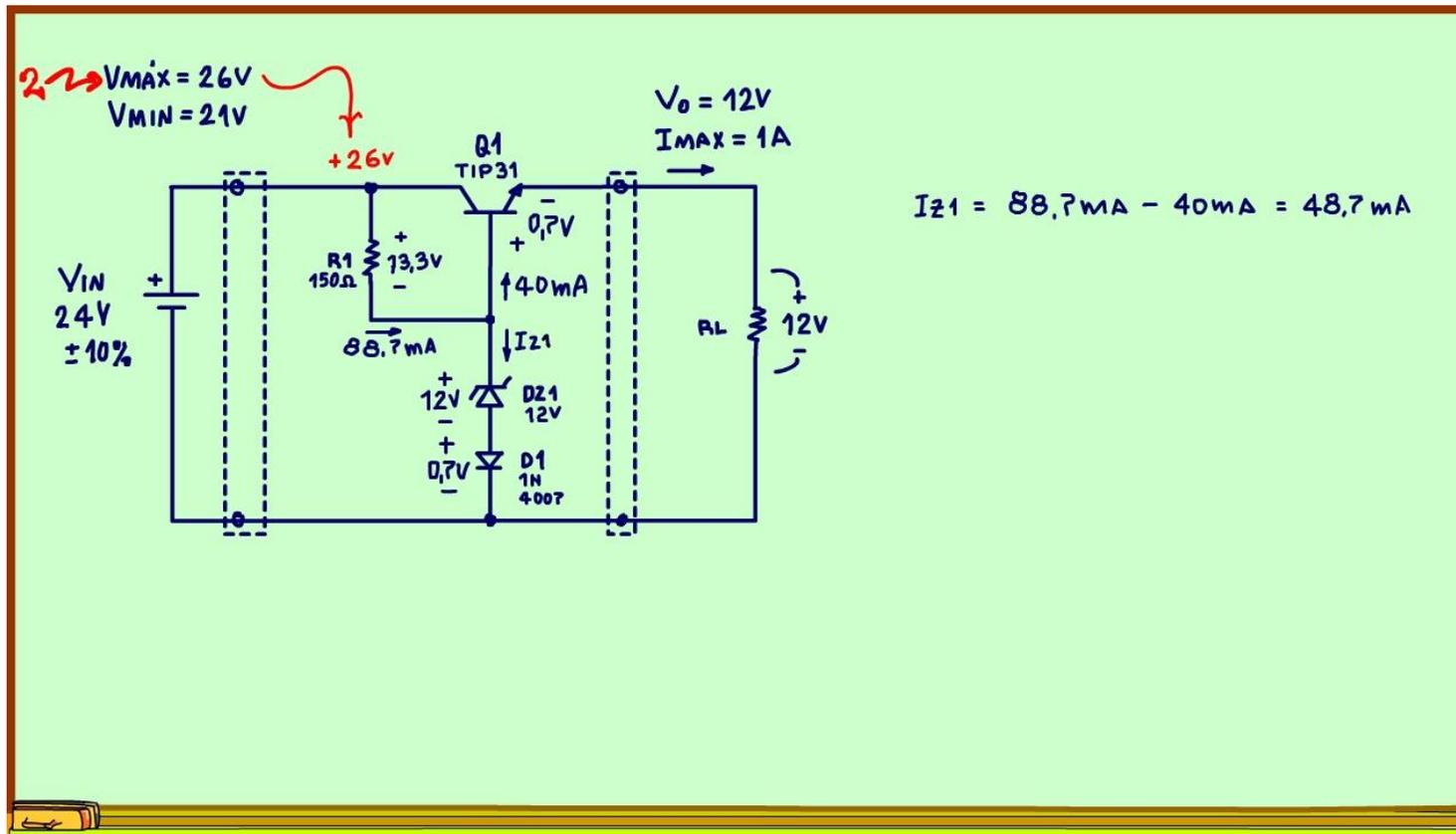
### 15.A CORRENTE EM R1.



A corrente na resistência R1 vai ser 13,3V dividido por 150 OHM, isso dá, 88,7 mA, bem maior do que os 50 mA de antes.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 16.A CORRENTE NO ZENER.

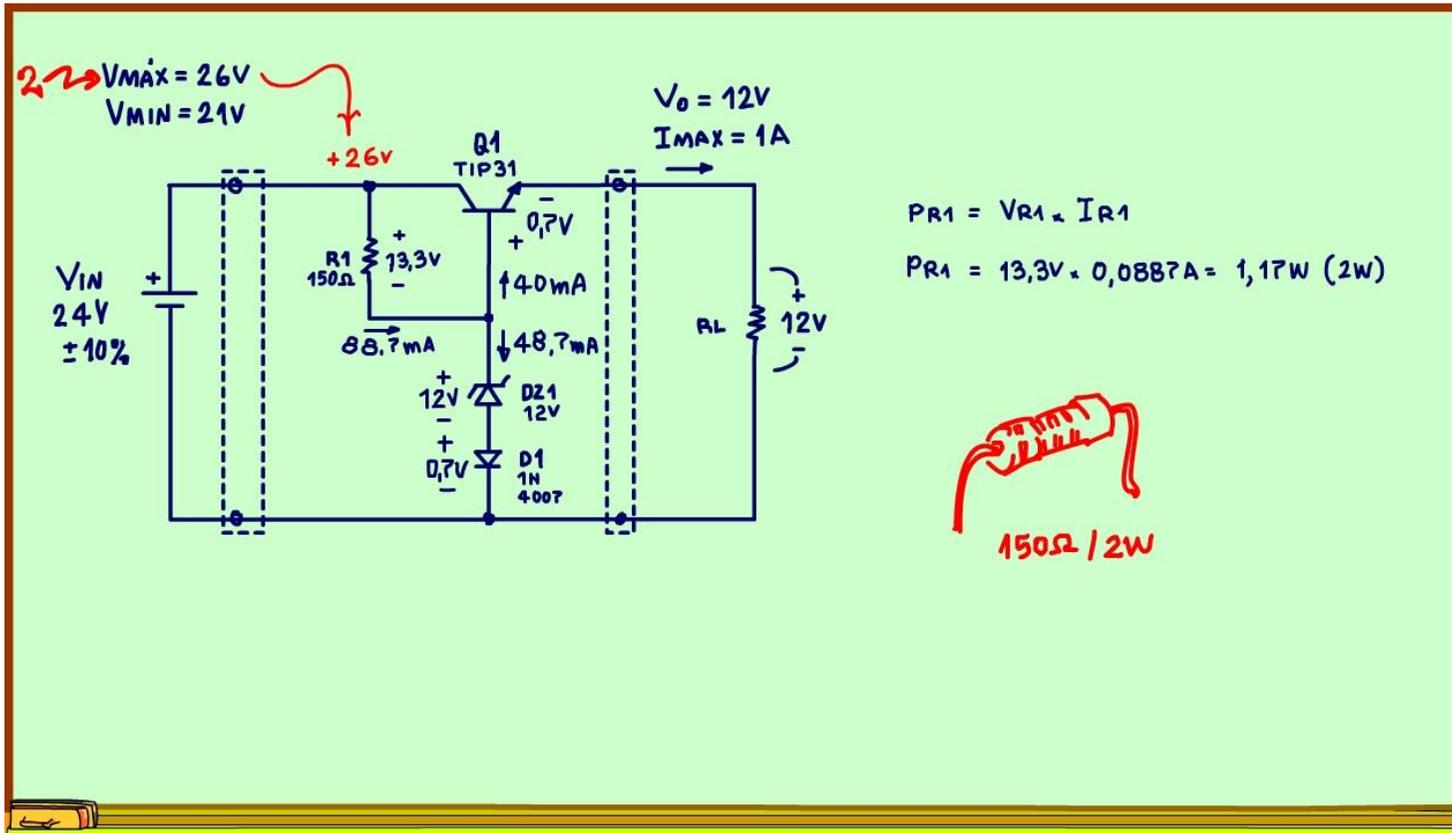


Agora temos condições de determinar a corrente no ZENER, é só usar a LEI DOS NÓS no nó da base, está entrando 88,7 mA da resistência R1, está saindo 40 mA para a base do transistor, sobrou quanto para o ZENER?

Sobrou 48,7 mA!

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 17.A POTÊNCIA NA RESISTÊNCIA R1.



Agora temos condições de calcular as potências nos componentes, primeiro na resistência.

A potência é igual a tensão no componente multiplicado pela corrente nesse componente.

A potência na resistência R1 é igual a 13,3V vezes 88,7 mA isso dá, 1,17W.

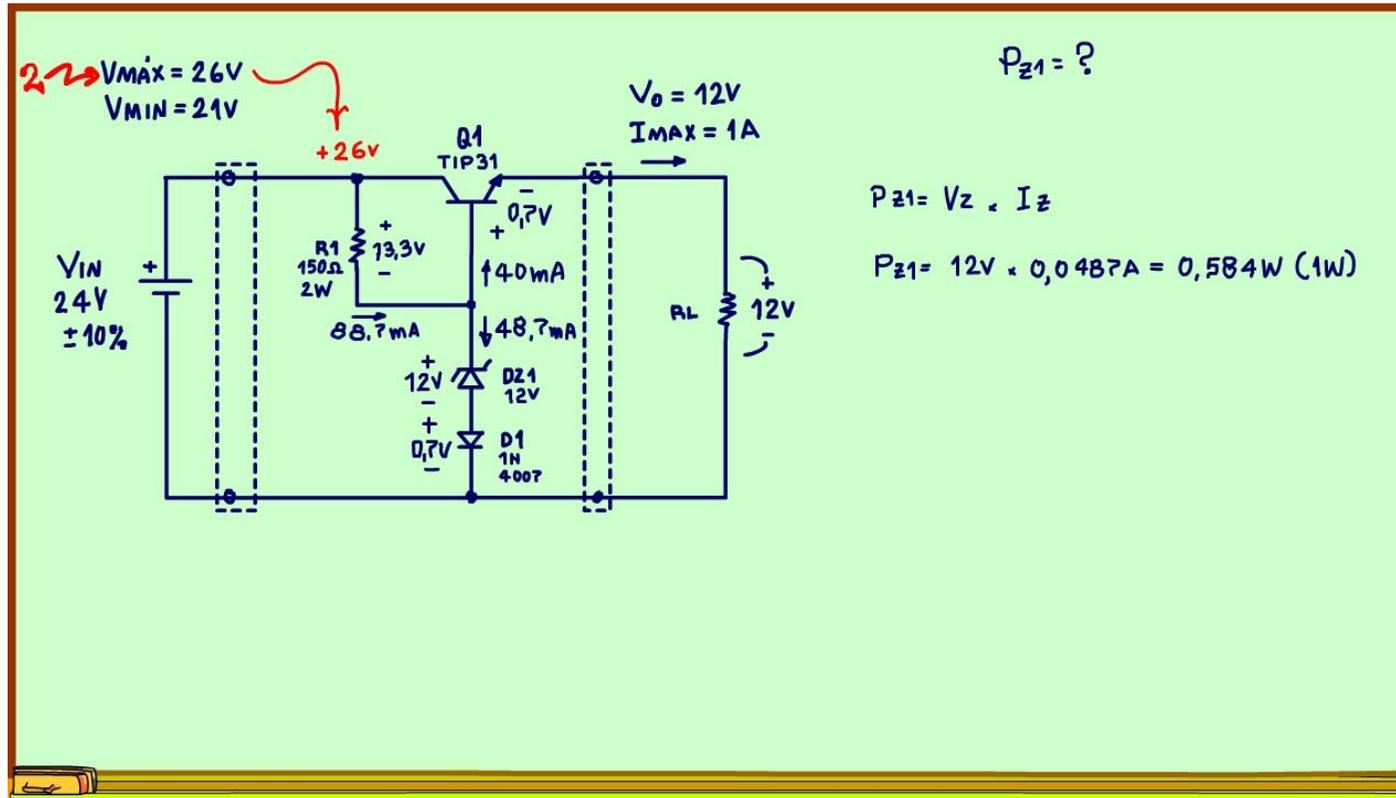
Vou especificar uma resistência com uma potência maior, 2W já tá bom.

Agora podemos comprar a resistência, 150 OHM, 2W!

Para calcular a potência é melhor usar a corrente em Ampère para o resultado sair em watt.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 18.A POTÊNCIA DO ZENER.

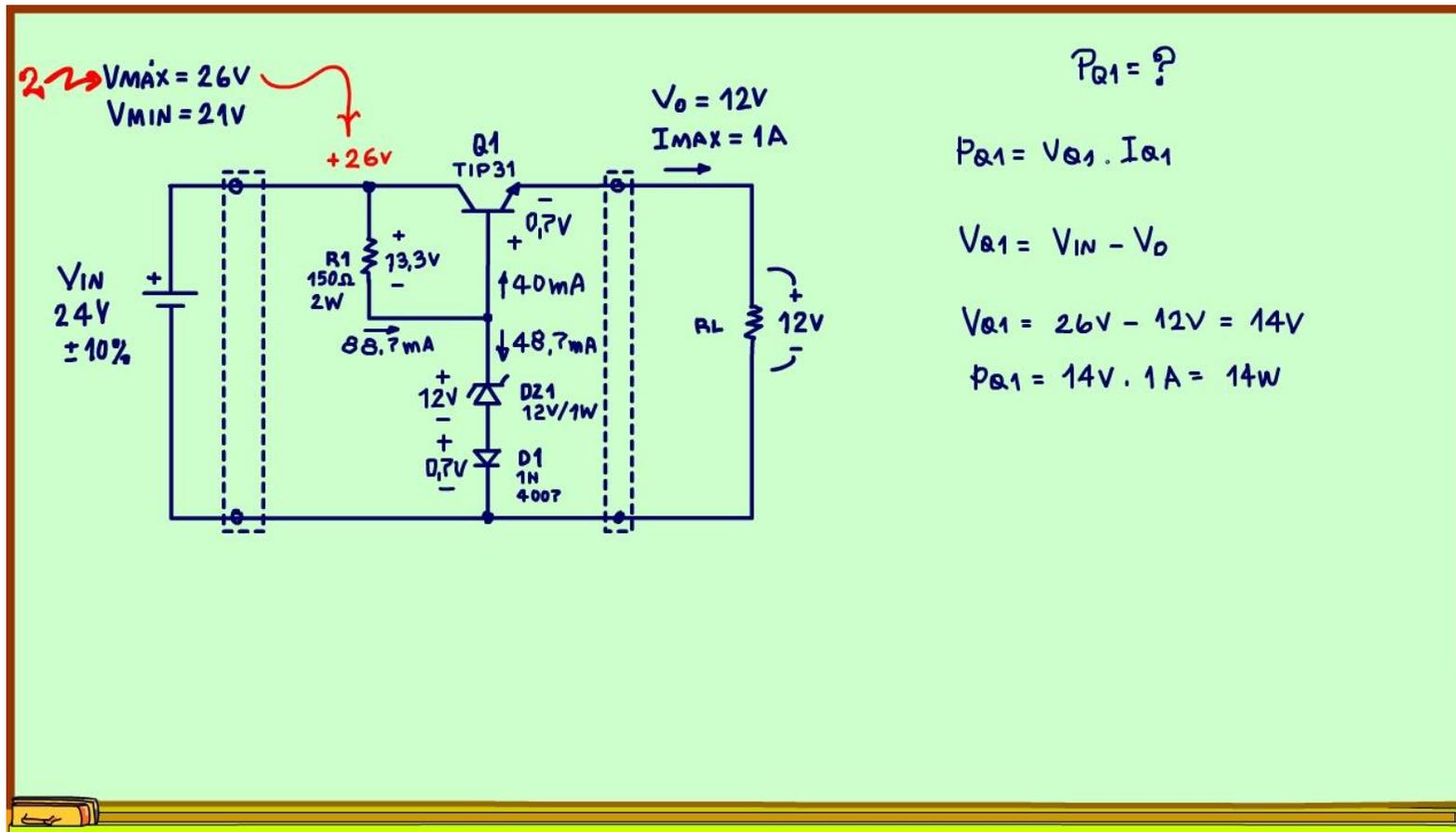


Agora é só fazer o mesmo para o ZENER.

A potência no ZENER é igual a 12 V vezes a corrente de 48,7 mA, isso dá 0,584W, não dá para usar um ZENER de meio watt, vamos usar um ZENER de 1W.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 19.A POTÊNCIA NO TRANSISTOR.

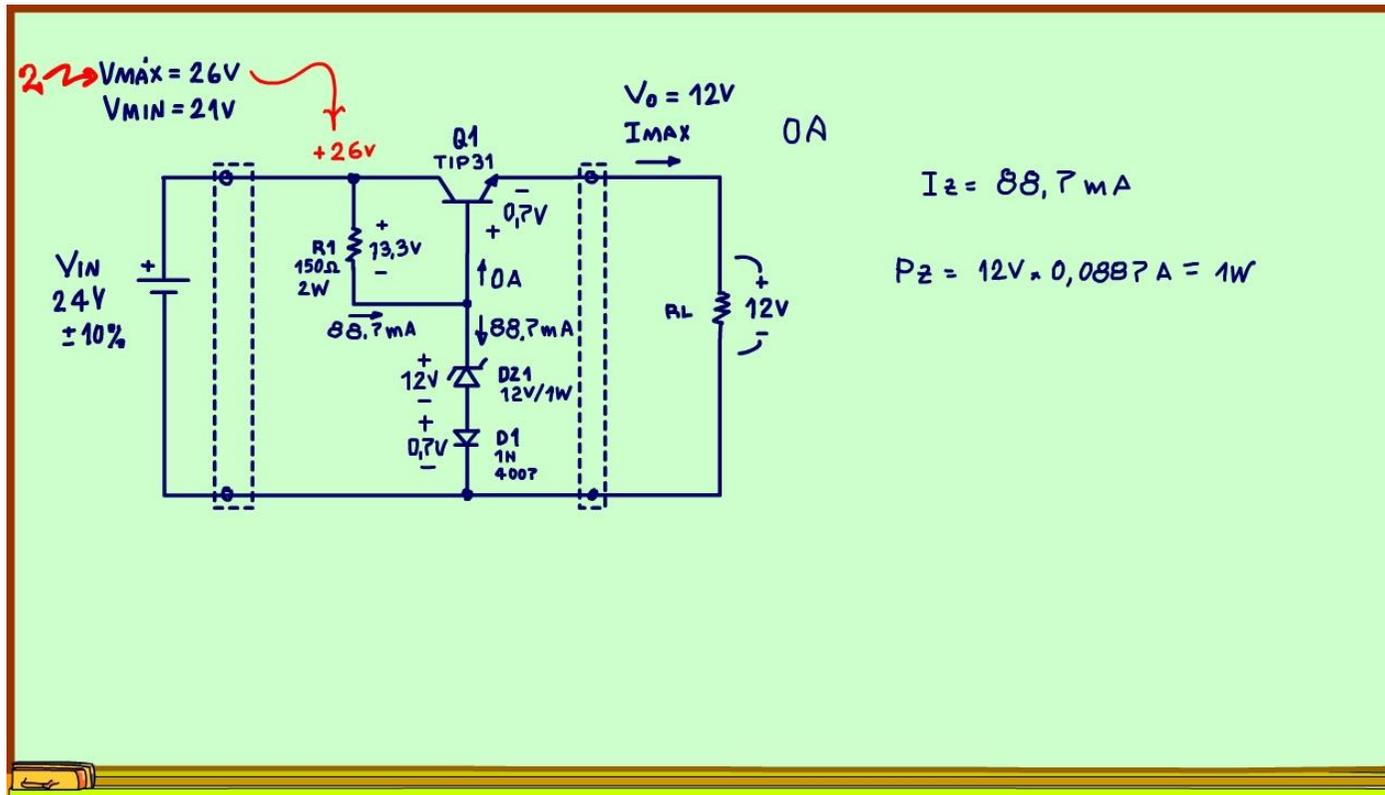


A potência no transistor segue o mesmo roteiro, a corrente é a máxima 1A, e a tensão no transistor é a tensão de entrada 26V menos a tensão de saída 12V, isso dá, 14V.

A potência é igual a 14V vezes 1A, 14W, bem abaixo do máximo do transistor que é de 40W.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 20. CORRENTE NO ZENER SEM CARGA.



Aqui tem um detalhe que deve ser levado em conta.

No enunciado está considerando que a carga sempre vai estar ligada, então a corrente que vem de R1 vai se dividir no nó da base, mas o que acontece se a carga for desligada?

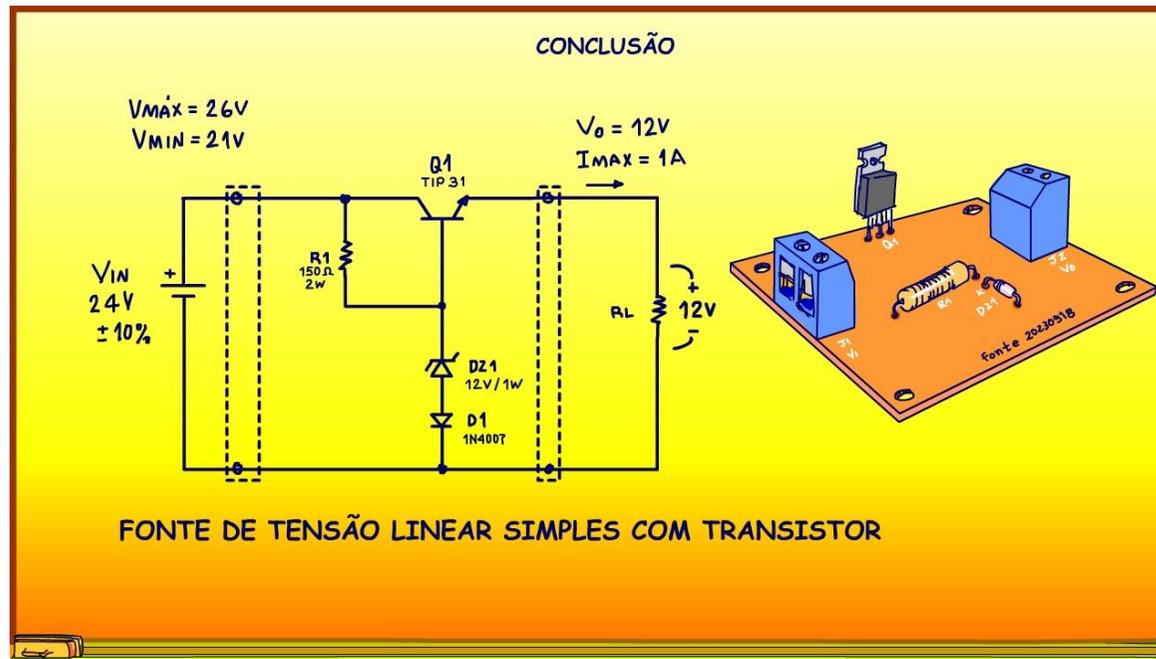
A corrente de base é zero, então toda a corrente que vem de R1 vai passar pelo zener, será que ele vai suportar, é sempre bom testar essa hipótese.

A potência no ZENER nesse caso é igual a 12V vezes a corrente de 88,7 mA, isso dá, 1,0067W, está no limite, mas o ZENER

suportaria, então um ZENER de 1W pode ser usado, mas o ideal é colocar um ZENER de 5W.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 21. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial como projetar uma fonte linear simples, para tensão e corrente de saída fixas, bom proveito.

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

### 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)

## Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

20230915 Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

Pensando sobre fonte linear simples com ZENER e transistor

Uma fonte de tensão linear é aquela que tem um transistor entre a carga e fonte de entrada, o transistor funciona como uma espécie de resistência variável, seu valor é ajustado de forma a manter a tensão na carga constante, vou mostrar como você pode projetar uma facilmente.

Assuntos relacionados.

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

SEO:

fonte linear, fonte linear simples, como funciona a fonte linear simples, projeto fonte linear simples,

YOUTUBE:

<https://youtu.be/kmJRJpprlYY>