

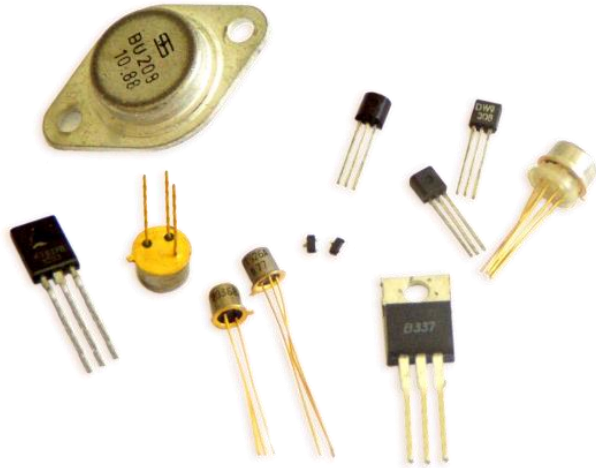
# Internet das Coisas

## Aula 05 - Transistores



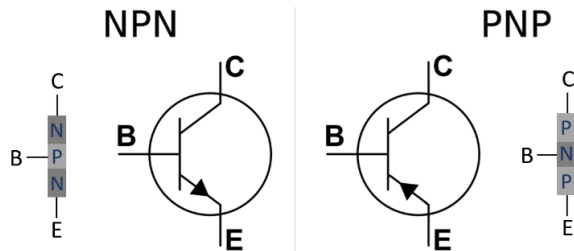
# Transistores

Os transistores são considerados, sem dúvida, como o mais importante componente eletrônico de todos os tempos, sendo um dos grandes responsáveis por impulsionar a tecnologia que hoje nos cerca. A sua flexibilidade, variedade de montagens e possibilidades de aplicação, o tornam um componente bem difícil de ser dominado e conhecido dentro de todo seu potencial.



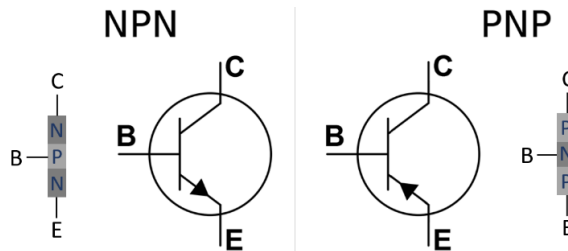
# Transistores

Basicamente, um transistor é a associação de junções PN. O tipo mais comum de transistor (que recebe o nome de BJT, ou Bipolar Junction Transistor), associa duas dessas junções, unindo seus lados iguais. Quando a união dá pelos seus lados P, temos um transistor NPN; ao contrário, quando a união se dá pelos seus lados N, temos um transistor PNP. O lado unido (central à montagem) é chamado de Base e os outros 2 lados iguais são chamados de Coletor e Emissor.



# Transistores

Quando uma corrente é aplicada à base (entrando por ela no tipo NPN ou saindo por ela no tipo PNP), é provocada uma diminuição na área de depleção. Pelas características dos seus materiais, essa diminuição já permite que uma corrente flua entre os elementos iguais (do coletor para o emissor em transistores NPN e do emissor para o coletor em transistores PNP). Quando maior a corrente da Base, maior é a “abertura” (como uma válvula de água) para a passagem da corrente entre coletor e emissor.



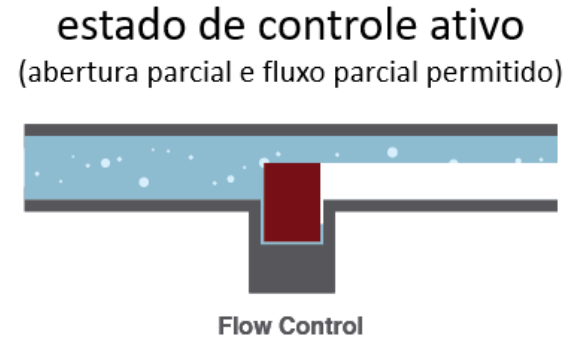
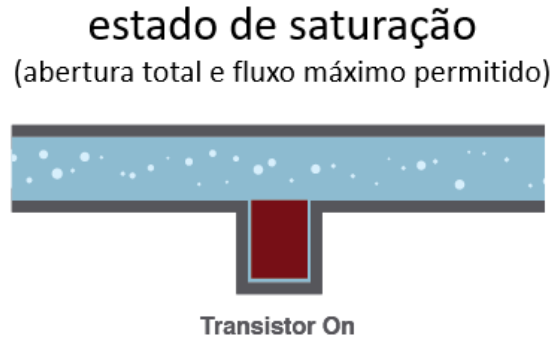
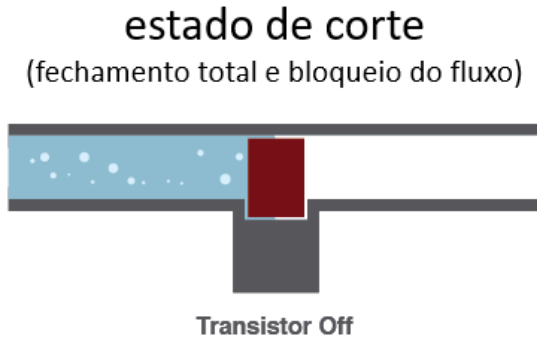
# Transistores

Estes transistores podem ter 3 estados distintos:

- **Estado de corte:** não existe corrente na Base (ou existe e esta é insuficiente). Deste modo, a passagem da corrente entre emissor e condutor está interrompida.
- **Estado de saturação:** a corrente da Base atinge um valor determinado que “abre” totalmente a passagem da corrente entre emissor de condutor.
- **Estado ativo:** na base existe uma corrente nem tão baixa para o estado de corte e nem tão alta para o estado de saturação, permitindo uma passagem apenas parcial da corrente entre emissor e condutor.

# Transistores

Analogia com uma válvula de água:



o HFE (“ganho” representado pelo símbolo  $\beta$ ) funciona como um multiplicador, fazendo com que uma pequena corrente na base gere uma grande corrente no coletor.

# Transistores

Vamos analisar um transistor do tipo NPN:

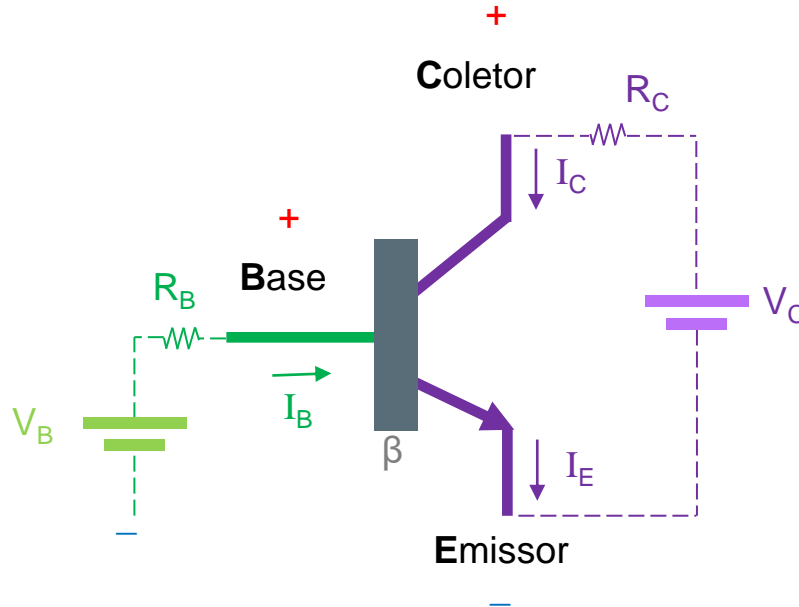
$V_B$  = Tensão da fonte da base

$R_B$  = resistor da base

$I_B$  = corrente da base

$V_{BE}$  = perda de tensão da base (datasheet)

$\beta$  (HFE) = ganho do transistor (datasheet)



$V_{CE}$  = Tensão da fonte do coletor

$R_C$  = resistor do coletor

$I_C$  = corrente do coletor

$I_E$  = corrente do emissor

$V_{CE}$  = perda de tensão do coletor (datasheet)

# Transistores

3  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$

$R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$  4

1 Desenho do circuito

2

Datasheet

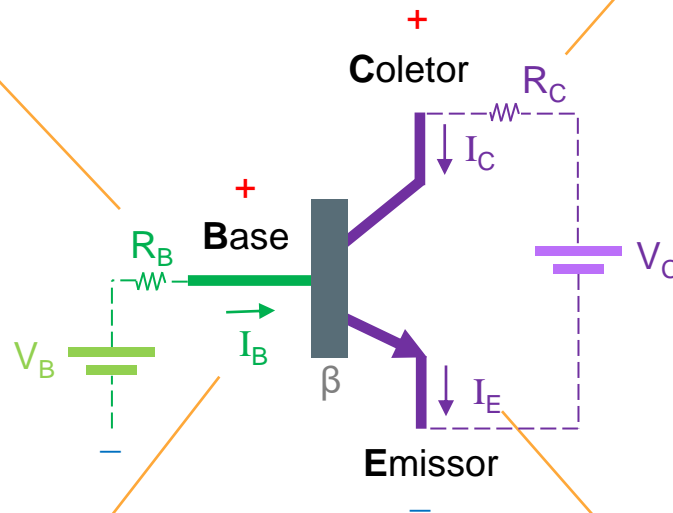
$V_{BE} ?$

$V_{CE} ?$

$\beta ?$

2  $I_B = I_C / \beta$

$I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$  5



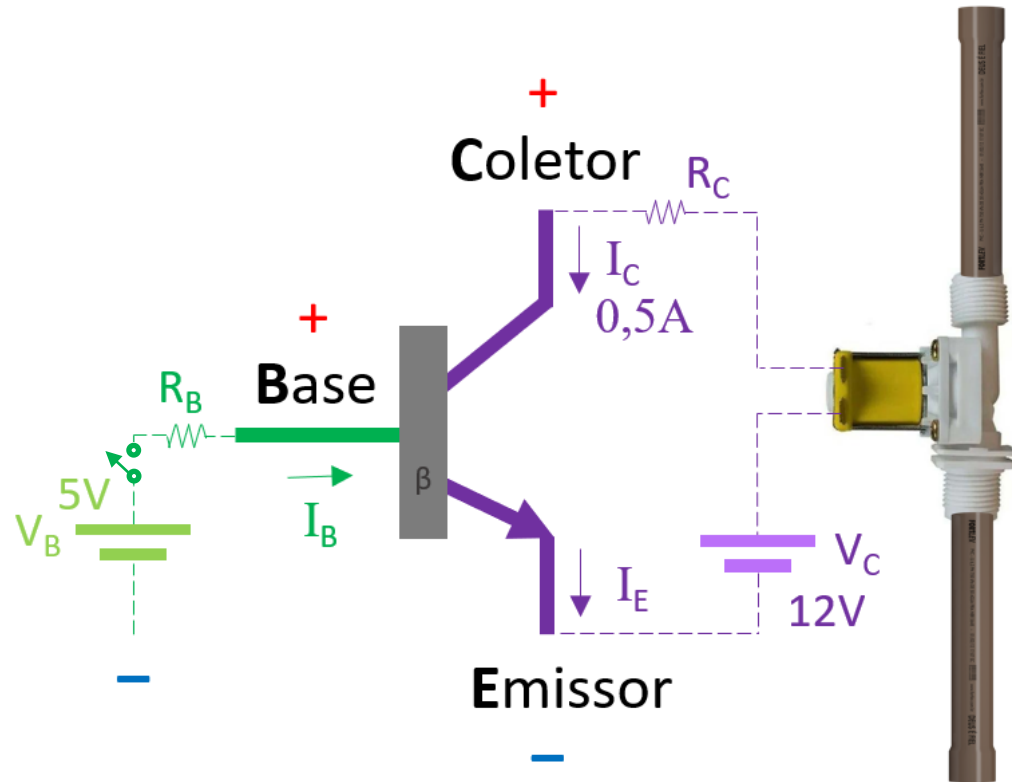


# Transistores

**Exemplo de aplicação:** um pequeno produtor rural resolveu desenvolver um sistema de rega que pudesse ser acionado à distância através de um botão. Para isso, possui uma válvula de água solenoide, alimentada por 9V e que ao ser acionada para liberar a passagem da água, necessita de uma corrente máxima de até 0,5A. Sabendo que o produtor possui apenas duas fontes de tensão (uma de 12V e outra de 5V), desenhe e dimensione um circuito para ativar e desativar essa válvula com o uso do transistor BC-548A (do tipo NPN).



# Transistores



- 1) **Desenhar circuito**
- 2) **Olhar datasheet**
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$

# Transistores

- 1) Desenhar circuito
- 2) Olhar datasheet
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$

## ON CHARACTERISTICS

$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$	548	110	800	
			548A	110	220	
			548B	200	450	
			548C	420	800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 0.5 \text{ mA}$			0.25	V
		$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$			0.60	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 2.0 \text{ mA}$		0.58	0.70	V
		$V_{CE} = 5.0 \text{ V}, I_C = 10 \text{ mA}$			0.77	V

$$\mathbf{B (H_{FE}) = 110 \quad / \quad V_{CE} = 0,25 \text{ V} \quad / \quad V_{BE} = 0,58 \text{ V}}$$

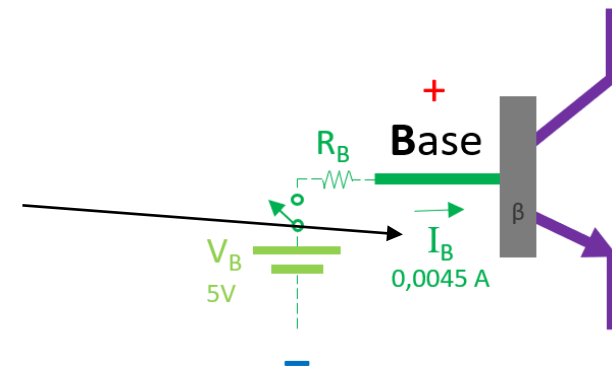
# Transistores

Para calcular a corrente da base, necessitamos saber a corrente que queremos liberar pelo transistor entre coletor e emissor (no caso 0,5 A necessários para acionar a válvula de água) e o ganho do transistor (já consultado no datasheet e no caso 110).

Assim, temos:

$$I_B = I_C / \beta = 0,5 / 110 = 0,0045 \text{ A (ou 4,5 mA)}$$

- 1) **Desenhar circuito**
- 2) **Olhar datasheet**
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$

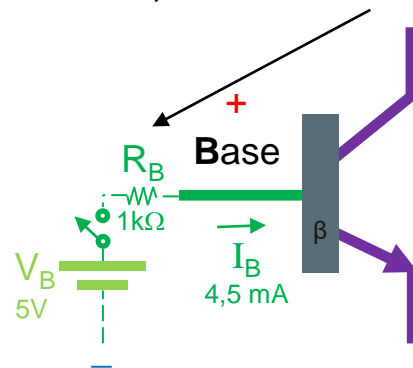


# Transistores

Como já temos a corrente a ser aplicada na base para liberar a corrente de 0,5 A necessária do outro lado para acionar o motor, podemos calcular o valor do resistor que, em série com a fonte de 5 V, garante essa corrente de 0,0045 A. Assim, temos:

$$R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B = (5 - 0,58) / 0,0045 = 4,42 / 0,0045 = 982,2 \, \Omega \approx 1 \, \text{K}\Omega$$

- 1) **Desenhar circuito**
- 2) **Olhar datasheet**
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$

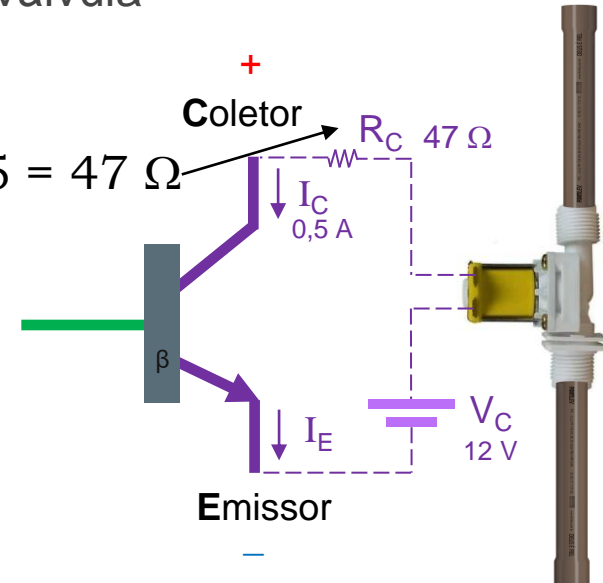


# Transistores

Do outro lado, já possuímos as informações necessárias para calcular o valor do resistor entre coletor e fonte (de 12 V) que garante o ajuste dos 0,5 A que irão alimentar a válvula solenoide, evitando sobrecargas. Assim, temos.

$$R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C = (12 - 0,25) / 0,5 = 11,75 / 0,25 = 47 \, \Omega$$

- 1) **Desenhar circuito**
- 2) **Olhar datasheet**
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$

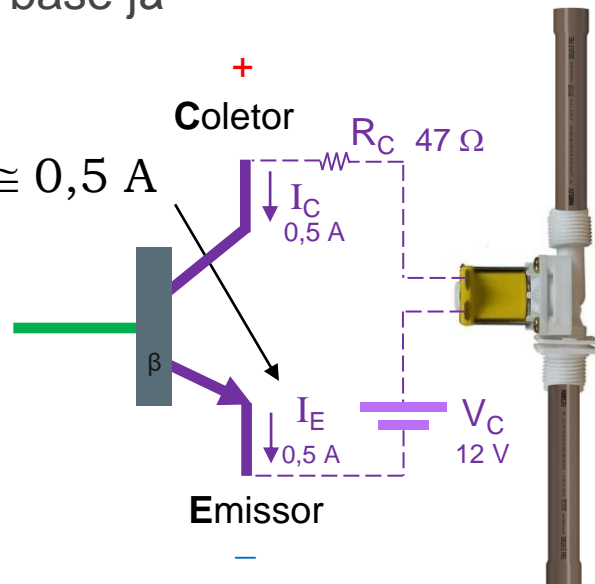


# Transistores

Apenas para complementar as informações e o dimensionamento do circuito, calculamos a corrente que atravessará o emissor. Ela é a soma da corrente do coletor (0,5 A) com a corrente da base já amplificada. Assim, temos:

$$I_E = I_B + (I_B \cdot \beta) = 0,0045 + (0,0045 \cdot 110) = 0,4995 \cong 0,5 \text{ A}$$

- 1) **Desenhar circuito**
- 2) **Olhar datasheet**
- 3)  $I_B = I_C / \beta$
- 4)  $R_B = (V_B - V_{BE}) / I_B$
- 5)  $R_C = (V_C - V_{CE}) / I_C$
- 6)  $I_E = I_B + (I_B \cdot \beta)$



# Transistores

Informações BC-548A  
(datasheet)

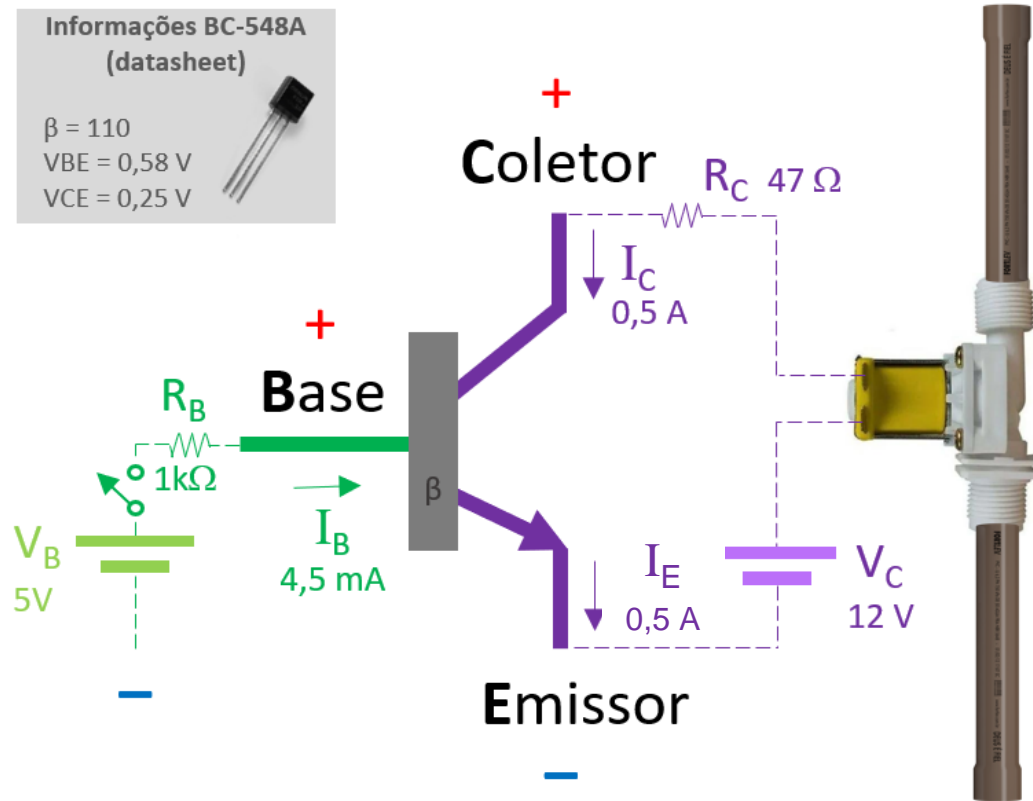
$$\beta = 110$$

$$V_{BE} = 0,58 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 0,25 \text{ V}$$



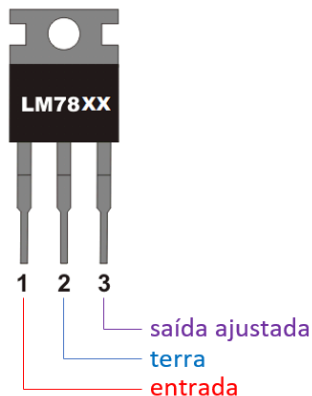
Finalmente, temos:





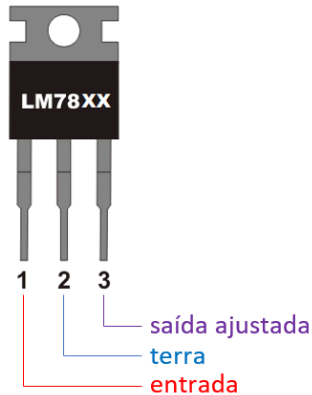
# Transistores

**Transistor regulador de tensão LM78xx (fixo):** família mais comum e barata do mercado, conta com proteção contra curto-circuito em sua saída. Possui tensão de saída fixa e não necessita de nenhum outro componente adicional. O valor dessa tensão de saída dá origem aos dois últimos números que dá nome ao transistor: LM7805 (5 V), LM7806 (6 V), LM7808 (8 V), LM7812 (12 V), LM7815 (15 V), LM7818 (18 V), LM7824 (24 V). Para usar, basta conectar ao pino 1 a tensão a ser regulada e o pino 2 ao terra (GND) e assim a tensão de saída do pino 3 será a indicada pelo transistor da família LM78xx escolhido.



# Transistores

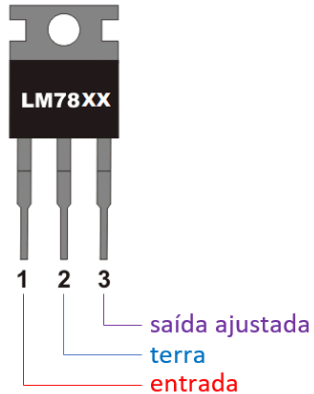
## Transistor regulador de tensão LM78xx (fixo): cuidados



- Tensão máxima de entrada a ser regulada: máximo de 35 V (com exceção do transistor LM7824 que suporta até 40 V na entrada).
- Para a tensão de saída ser garantida, a tensão de entrada deve ser no mínimo 3 V maior do que ela.

# Transistores

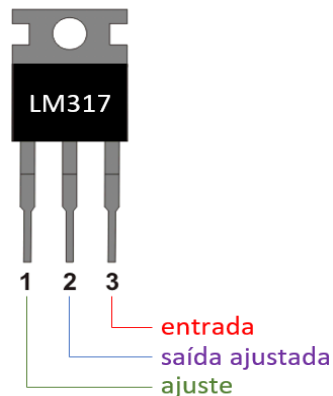
## Transistor regulador de tensão LM78xx (fixo): cuidados



- A corrente máxima utilizada pelo subcircuito que utiliza a tensão de saída deve ser limitada à 1 A.
- A potência dissipada deve ser calculada e se o seu valor superar 1W, o transistor deverá utilizar um dissipador de calor. Para essa cálculo,  $P = (V_{\text{entrada}} - V_{\text{saída}}) / I_{\text{saída}}$

# Transistores

**Transistor regulador de tensão LM317:** o transistor LM317 é também um regulador de tensão, com uso um pouco mais difícil do que os da família LM78xx, porém com uma grande vantagem: através da combinação de 2 resistores é possível regular a tensão de saída desejada. Para o seu uso, também é suportada uma tensão de entrada de até 40 V, com tensão de saída entre 3 e 37 V (pela queda de tensão dissipada) e corrente máxima de 1 A. Quanto ao seu uso, o LM317 pode ser utilizado com diversas montagens diferentes que variam a sua aplicação.



# Transistores

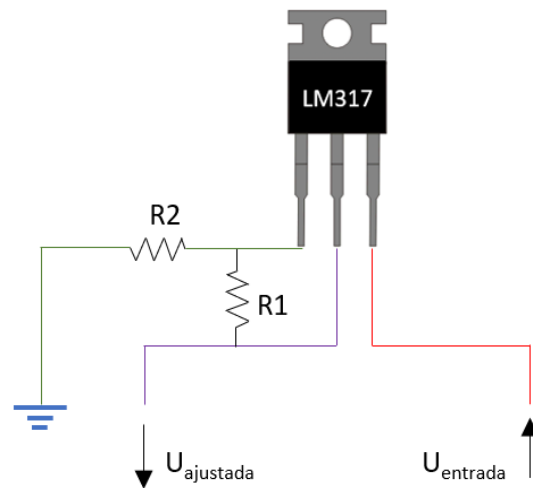
**Como usar:** nesta configuração, independente de qual for a tensão de entrada (até 40 V), a tensão de saída é definida pela combinação dos resistores  $R_1$  e  $R_2$ .

$$U_{\text{ajustada}} = 1,25 \cdot (1 + R_2 / R_1)$$

Podemos isolar os resistores para descobrir quais valores devem ter para chegar à tensão de saída desejada:

$$R_1 = R_2 / ((V_{\text{ajustada}} / 1,25) - 1)$$

$$R_2 = ((V_{\text{ajustada}} / 1,25) - 1) \cdot R_1$$



# Transistores

**Exemplo:** precisamos obter uma tensão de saída de 10 V com o LM317. Quais valores de resistores devemos utilizar e qual a tensão de entrada mínima e máxima?

$U_{\text{entrada}}$  = qualquer valor entre **13 V** e **40 V**

Para calcular os resistor, podemos “chutar” um para descobrir o outro. Exemplo, vamos dar um chute  $R_1$  de 240  $\Omega$ .

$$R_2 = ( (V_{\text{ajustada}}/1,25) - 1 ) \cdot R_1 = ( (10/1,25) - 1 ) \cdot 240 = 7 \cdot 240 = \mathbf{1680 \Omega = 1,68 K\Omega}$$

