

## 1. Objetivos:

- Verificar o uso do transistor como chave.

## 2. Material

- **No laboratório**
  - Fios;
  - Protoboard;
  - Transistores BC548 ou BC558;
  - Resistores de 10K e 1K
- **No simulador**
  - Software TinkerCad
  - Conexões
  - *Placa de ensaio pequena*
  - Transistor NPN (BJT)
  - Resistores
  - LED
  - Fonte de Energia
  - Interruptor deslizante

## 3. Introdução:

Um transistor pode operar como chave eletrônica, bastando para tal polarizá-lo de forma conveniente: corte ou saturação. Quando um transistor está saturado opera como um curto (chave fechada) entre o coletor e o emissor de forma que  $V_{CE} \cong 0V$  e quando está no corte, opera como um circuito aberto (chave aberta) entre o coletor e o emissor, de forma que  $V_{CE} \cong V_{CC}$ .

No ponto de saturação (chave fechada) a corrente de base é alta ( $I_{B\ SAT}$ ) e no ponto de corte (chave aberta) a corrente de base é zero. A figura 1 mostra um transistor operando como chave eletrônica e sua respectiva reta de carga.

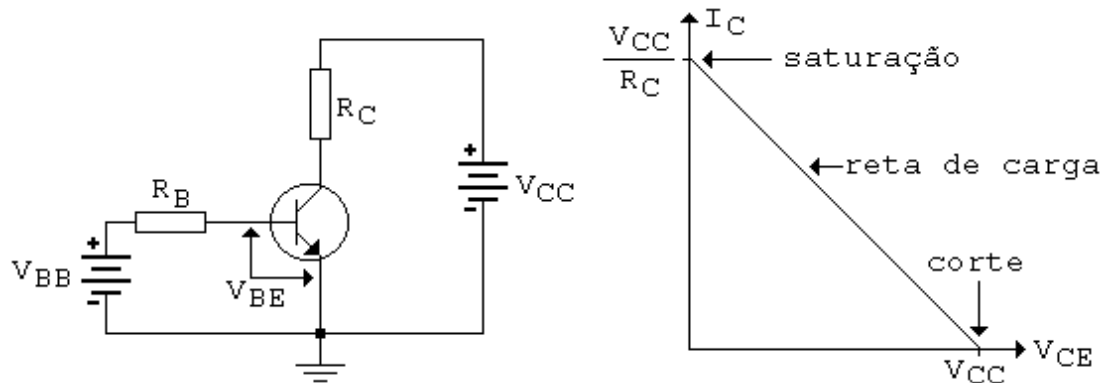


Figura 1: Transistor bipolar como chave e reta de carga do transistor bipolar

Para obter o extremo superior da reta de carga (corrente  $I_C$ ) devemos supor um curto entre coletor e emissor ( $V_{CE} = 0$ ), de forma que toda a tensão de alimentação se fixe no resistor de coletor. Teremos então:

$$I_C = V_{CC} / R_C$$

Para obter o extremo inferior da reta de carga, devemos supor os terminais de coletor e emissor abertos. Teremos então:

$$V_{CE} = V_{CC}$$

Fica então caracterizado que o transistor opera apenas em um dos extremos da reta de carga: corte ou saturação. Podemos então, tomando como exemplo o circuito mostrado anteriormente, calcular a corrente de base e a corrente de coletor.

Aplicando LKT para calcular a corrente de base, temos:

$$I_B R_B + V_{BE} - V_{BB} = 0$$

onde:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

OBS:  $V_{BE}$  típica é da ordem de 0,7V

Supondo  $V_{BB} = 4V$  e  $R_B = 680k\Omega$ , a corrente de base ( $I_B$ ) será:

$$I_B = (4V - 0,7V) / 680k\Omega = 4,85\mu A$$

Para calcular a corrente de coletor podemos aplicar LKT na malha  $V_{CC}$ ,  $V_{RC}$  e  $V_{CE}$ , onde teremos:

$$V_{CC} - V_{RC} - V_{CE} = 0$$

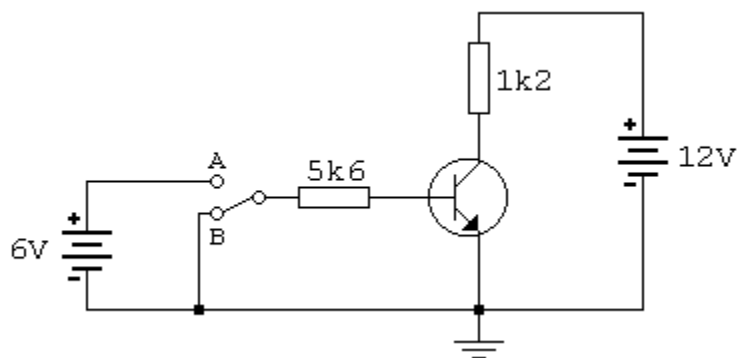
$$V_{RC} = V_{CC} - V_{CE}$$

$$I_C = V_{RC} / R_C \text{ ou } I_C = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C$$

No chaveamento eletrônico com transistores, devemos levar em conta dois tipos de saturação: fraca e forte. Na saturação fraca, a corrente de base é suficiente para levar o transistor à saturação. Tal procedimento não é aconselhável visto que pode haver uma variação de  $\beta_{CC}$  e na própria corrente de base de saturação ( $I_{B \text{ SAT}}$ ).

Utiliza-se normalmente a saturação forte, que assegura a condição de saturação para todos os valores de  $\beta_{CC}$ . Uma regra prática é considerar a corrente de base como 1/10 da corrente de saturação de coletor. Desta forma, supondo que  $I_{C \text{ SAT}} = 12\text{mA}$ , então será fixada uma corrente de base de 1,2mA (relação 10:1).

Tomemos como exemplo o circuito abaixo, onde verificaremos se ele está operando como chave eletrônica.



a) Considerando uma tensão de base igual a zero (chave no ponto B), a corrente de base será igual a zero (condição de corte) e a corrente de coletor será igual a zero. Nestas condições o transistor operará como uma chave aberta e a tensão no resistor de coletor será zero, pois  $V_{RC} = R_C I_C$ ; logo, a tensão entre coletor e emissor será igual a 12V pois  $V_{CE} = V_{CC} - V_{RC}$ .

Quando a tensão de base for 6V, a corrente de base ficará:

$$I_B = (V_{BB} - V_{BE}) / R_B = (6 - 0,7) / 5600 = 0,964\text{mA}$$

b) Imaginemos um curto entre o coletor e emissor (chave na posição A). Neste caso, a tensão entre coletor e emissor assume idealmente 0V e a corrente de saturação do coletor pode ser assim calculada:

$$V_{RC} = V_{CC} - V_{CE} = 12 - 0 = 12V$$

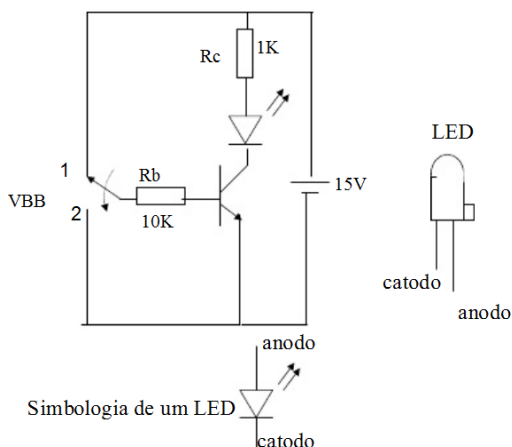
$$I_{C SAT} = V_{RC} / R_C = 12 / 1.200 = 10mA$$

Comparando a corrente de base com a corrente de coletor, verifica-se que esta última é cerca de 10 vezes maior do que a corrente de base, o que assegura a saturação para uma vasta gama de  $\beta_{CC}$ .

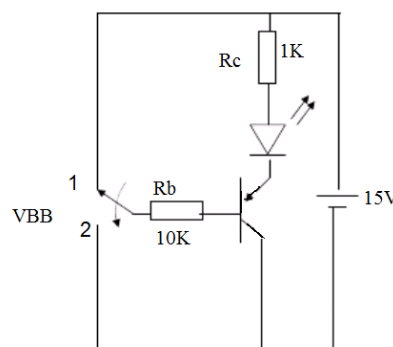
#### 4. Atividades práticas de laboratório:

1. Descubra, com o auxílio do datasheet do transistor, se o transistor que você tem em suas mãos é PNP ou NPN. Registre devidamente no relatório e monte um dos circuitos abaixo:

Circuito para transistor NPN



Circuito para transistor PNP



- 2 - Calcule os valores de  $I_B$ ,  $I_C$  e  $V_{CE}$  (para os dois circuitos) e anote na Tabela 1.

*OBS: para efeito de cálculo da corrente  $I_C$ , considere a queda de tensão nos extremos do led = 1,6V.*

- 3 - Meça e anote os valores listados na Tabela 1 para um dos circuitos (transistores BC558 e BC548).

- 4 - Analise os valores calculados e medidos na tabela 1 e apresente suas conclusões

**TABELA 1**

	<b>CALCULADO</b>			<b>MEDIDO</b>		
<b>TRANSISTOR</b>	<b>I<sub>B</sub></b>	<b>I<sub>C</sub></b>	<b>V<sub>CE</sub></b>	<b>I<sub>B</sub></b>	<b>I<sub>C</sub></b>	<b>V<sub>CE</sub></b>
BC558 VBB=VCC (chave na posição 1)						
BC558 VBB=GND (chave na posição 2)						
BC548 VBB=VCC (chave na posição 1)						
BC548 VBB=GND (chave na posição 2)						