

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
EEL7011 – Eletricidade Básica

**AULA 10**  
**TRANSISTORES BIPOLARES**

## 1 INTRODUÇÃO

Os objetivos desta aula são:

- Introduzir conceitos básicos sobre transistores;
- Discutir e apresentar o funcionamento básico dos transistores como interruptores (chaves).

A invenção do transistor foi um marco para a engenharia elétrica e eletrônica, assim como para toda humanidade. Com o desenvolvimento dos transistores foi possível a construção de equipamentos eletrônicos verdadeiramente portáteis funcionando apenas com pilhas ou baterias. Além disso, o reduzido volume destes componentes a possibilidade de associação para implementar funções analógicas ou digitais, das mais diversas, proporcionou um desenvolvimento sem igual na indústria de equipamentos eletroeletrônicos.

Por tudo isso, o contato com estes dispositivos é essencial para o estudante de engenharia, além do que, a grande maioria dos circuitos eletrônicos emprega um ou milhares destes componentes.

## 2 O TRANSISTOR BIPOLAR

### 2.1 Conceitos fundamentais

O transistor bipolar é um dispositivo semiconductor de 3 terminais, no qual uma pequena corrente em um terminal pode controlar uma corrente muito maior que flui entre o segundo e o terceiro terminal. Isto significa que o transistor bipolar pode funcionar tanto como amplificador (de corrente) quanto como interruptor (chave).

Os transistores bipolares podem ser classificados em NPN ou PNP, de acordo com a concentração (dopagem) contida nas suas três regiões. A figura 1 apresenta a estrutura simplificada dos transistores bipolares NPN e PNP.

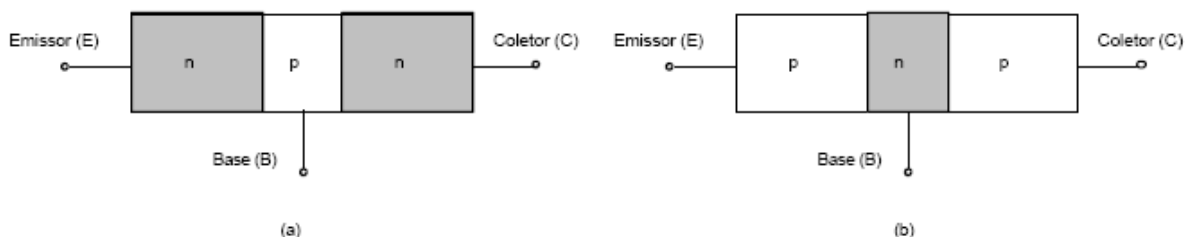


Figura 1 – Estrutura simplificada dos transistores bipolares (a) NPN e (b) PNP.

A figura 2 apresenta os símbolos elétricos dos transistores bipolares NPN e PNP.

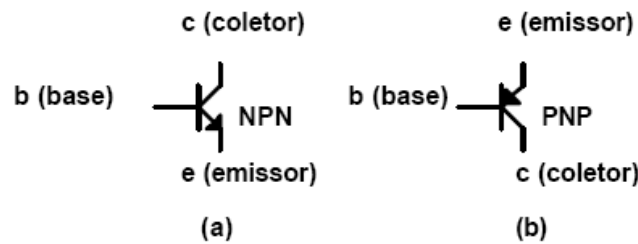


Figura 2 – Símbolos elétricos dos transistores bipolares (a) NPN e (b) PNP.

Nesta disciplina, será vista a operação do transistor apenas como **chave** (interruptor). Note que o transistor também pode funcionar como **amplificador**, assunto que será abordado em outras disciplinas.

## 2.2 Operação do transistor como chave

Considere o transistor utilizado no circuito da figura 3 (a). Uma tensão positiva, denominada  $V_{cc}$  é aplicada aos terminais do coletor e do emissor do transistor NPN através de um resistor  $R$ . O circuito recebe energia elétrica de uma fonte de alimentação que pode ser uma bateria.

Ao se aplicar à base do transistor um sinal pulsado (onda quadrada), o transistor irá operar como uma chave eletrônica.

Quando a tensão aplicada na base do transistor for nível baixo (zero volts) o transistor não conduzirá corrente, não havendo, portanto corrente em  $R$  e a tensão de saída é igual a tensão da bateria ( $V_{cc}$ ).

Quando a tensão aplicada na base do transistor for nível alto (por exemplo, 5 volts) o transistor conduz e a tensão de saída será igual a tensão de referência (terra), ou seja, 0 volts.

Com boa aproximação, o circuito a transistor da figura 3 (a) pode ser substituído pelo circuito da figura 3 (b). Assim, quando uma tensão de **nível alto** é aplicada no terminal de controle (sinal) a **chave fecha** e quando uma tensão de **nível baixo** é aplicada no terminal de controle (sinal) a **chave abre**.

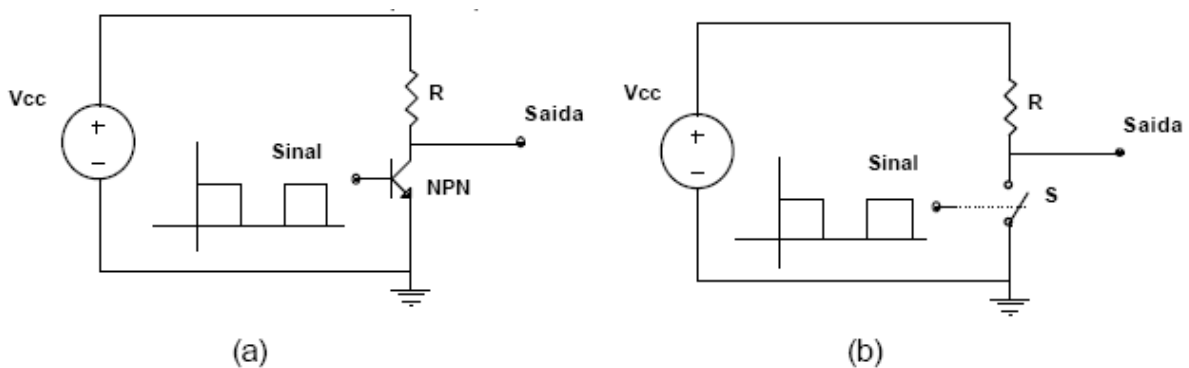


Figura 3 - Transistor NPN operando como chave lógica.

Operação semelhante pode ser obtida com um transistor do tipo PNP, com algumas modificações e variações que você verá na parte experimental.

**Importante:** note que a base do transistor servirá como terminal de controle para o circuito.

### 2.3 O transistor bipolar na prática

Na prática, o transistor bipolar pode apresentar diferentes tipos de encapsulamento. O encapsulamento mais comum para a utilização em baixa potência é o mostrado na figura 4. Note a disposição dos três terminais.

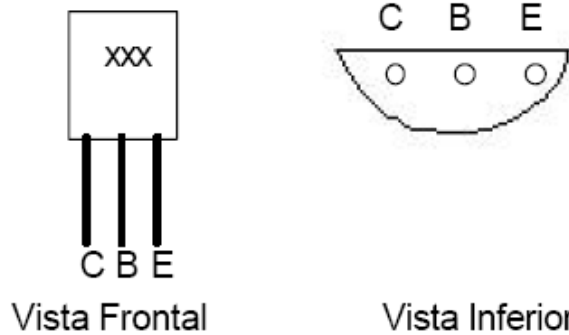
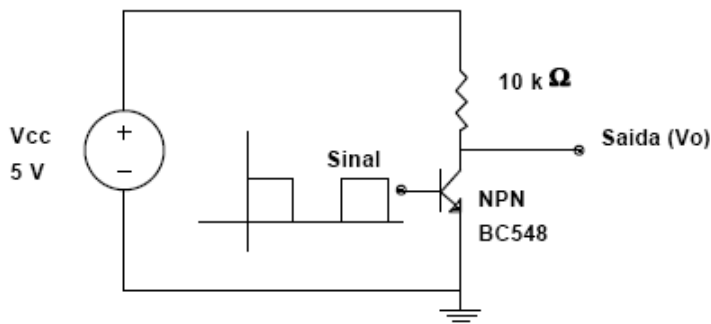


Figura 4 - Disposição típica dos terminais dos transistores bipolares.

## 3 PARTE EXPERIMENTAL

Monte o circuito na figura 5. Utilize o gerador de funções para gerar o sinal quadrado na frequência de 5 kHz.

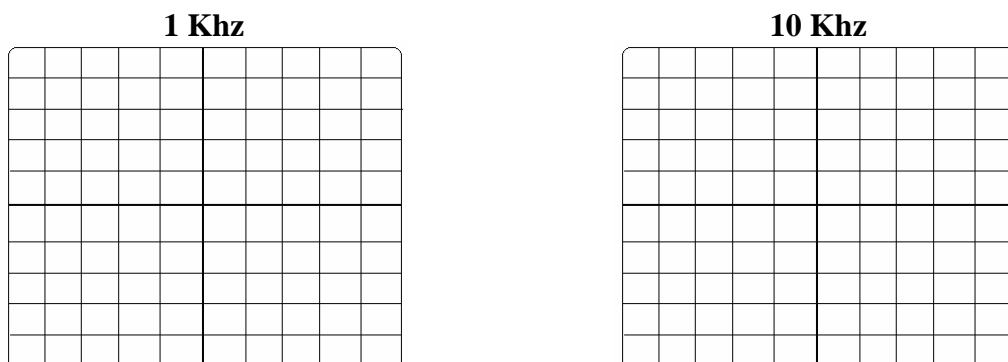


- Frequência do sinal quadrado = 1 à 100 kHz;
- Valor de pico do sinal quadrado = 5 V.

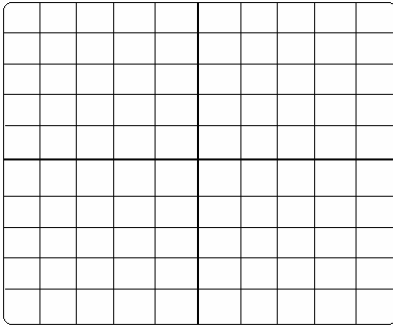
Figura 5 - Circuito do transistor operando como chave.

**Importante:** a tensão aplicada na base do transistor deve ser obtida da saída lógica (0 a 5 volts) do gerador de sinais.

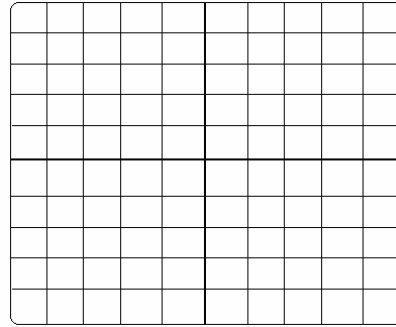
a) Com auxílio do osciloscópio, desenhe as formas de onda da tensão de entrada (sinal na base do transistor) e da tensão de saída ( $V_o$ ) para as seguintes frequências:



**50 KHz**



**100 KHz**



Comente o que aconteceu com a forma de onda da tensão de saída na frequência de 100 kHz.

- b) Explique o funcionamento do circuito da figura 5 com ajuda das formas de onda observadas no osciloscópio.
- c) Redesenhe o circuito da figura 5 usando um transistor PNP e explique o seu funcionamento.