

TRANSISTORES

Transistores são elementos ativos em circuitos elétricos, e existem dois tipos de transistores: os transistores de junção e os transistores de efeito campo. Neste texto vamos conhecer o transistor de junção. Trata-se de um elemento que tem três conectores elétricos chamados de emissor (E), base (B) e coletor (C). Existem dois tipos de transistores de junção de acordo com a ordem de junção dos materiais semicondutores, os transistores NPN e os transistores PNP.

Nos transistores NPN o emissor deve ser ligado num polo negativo e o coletor num polo positivo e nos transistores PNP a polaridade é inversa. A Figura 1 mostra os sinais que se usam para representar transistores NPN e PNP em esquemas eletrônicos. Botamos as letras E, B e C para indicar emissor (E), base (B) e coletor (C). A seta no emissor indica o sentido da corrente no transistor. Em esquemas eletrônicos estas letras não são em geral indicadas.

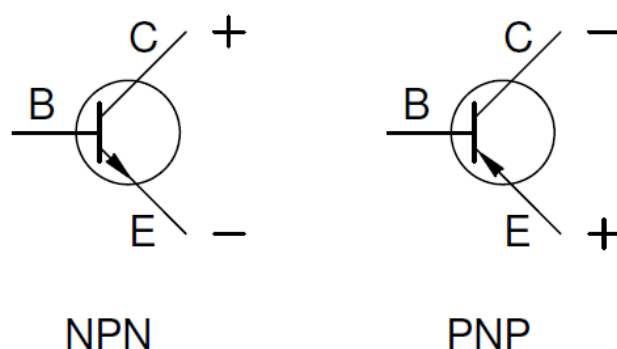
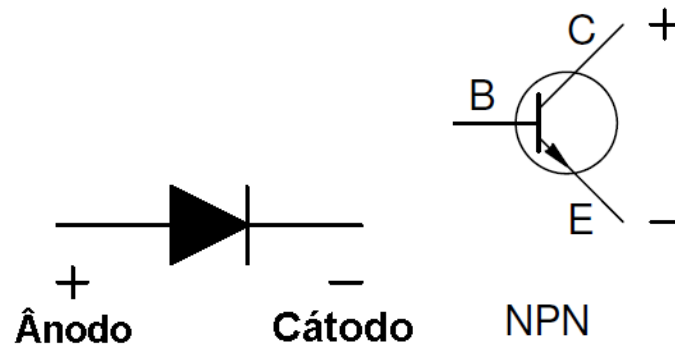


Figura 1: Representação simbólica dos transistores NPN e PNP.

Pessoas treinadas reconhecem os respectivos terminais pelo desenho: o emissor é o terminal com uma seta que lembra um símbolo de diodo (e o sentido da corrente) e a base termina perpendicularmente num traço grosso.

A ideia de um transistor ideal é funcionar como se fosse uma chave comandada pela corrente na base. Em um diodo ideal ele permite a passagem da corrente desde que a tensão no ânodo seja maior que a tensão do cátodo, não permitindo nenhum controle adicional do fluxo da corrente. No caso do transistor NPN, por exemplo, além da tensão do coletor ter que ser maior do que a tensão do emissor, tem que existir uma corrente na base para permitir a passagem de corrente entre o coletor e o emissor. Portanto, no transistor é possível ter um controle maior do fluxo da corrente.

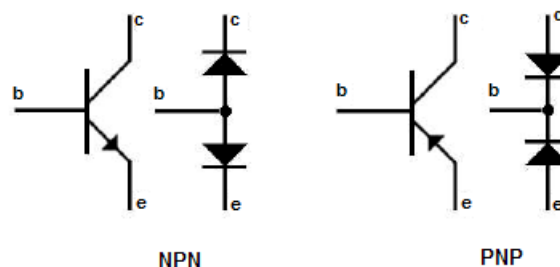


A corrente que passa no coletor C (I_C) é proporcional a corrente na base B (I_B). Este fator de proporcionalidade entre estas correntes chama-se fator de amplificação de corrente do transistor. Frequentemente este parâmetro é escrito como h_{FE} . Este parâmetro é muito elevado, alguns valores típicos oscilam entre 100 a 300.

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

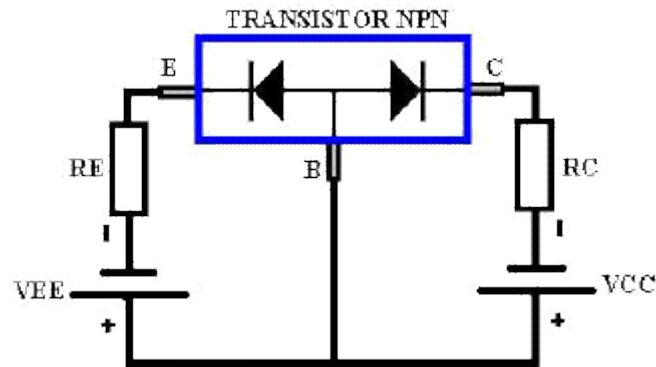
Para um transistor operar num circuito é necessário que seja convenientemente polarizado. A polarização consiste na fixação de tensões e correntes nos terminais do dispositivo, dentro de seus limites de operação e modo de funcionamento desejado. Existem quatro combinações possíveis de polarização do transistor bipolar de junção, porém somente três são utilizadas. Vamos considerar na análise um transistor NPN, porém o mesmo procedimento poderia ser aplicado a um transistor com polaridade complementar.

Para maior entendimento, podemos fazer uma analogia do transistor bipolar de junção com dois diodos, para entendermos alguns aspectos de seu funcionamento, porém não podemos construir nenhum transistor dessa maneira.

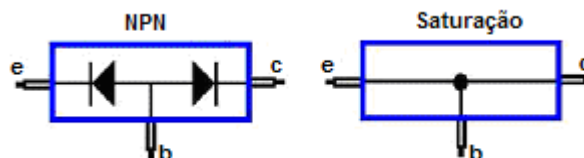


Primeira situação de polarização: os diodos equivalentes das junções emissor (BE) e base coletor (BC) são diretamente polarizados.

O circuito equivalente fazendo-se analogia com diodos para essa situação de polarização é mostrado na figura ao lado:



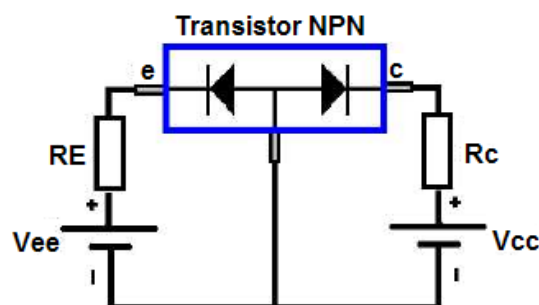
Como os dois diodos BE e BC estão diretamente polarizados, então conduzirão muito bem. Considerando os diodos equivalentes como ideais, o circuito equivalente para essa situação é apresentado abaixo.



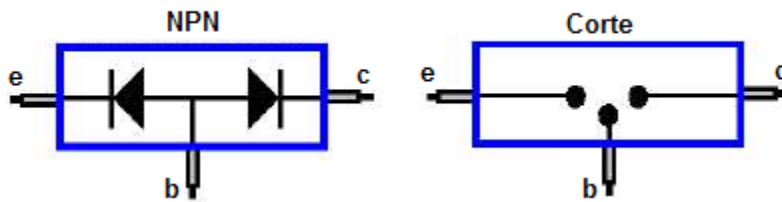
A essa situação de polarização chamamos saturação e dizemos que o transistor está saturado quando a polarização entre base e emissor e entre base e coletor é direta. O transistor saturado corresponde a uma chave fechada entre coletor e emissor. Esta configuração é utilizada para acionamento de cargas como se estivessemos utilizando chaves, como por exemplo, um interruptor para o controle do acendimento de uma lâmpada, para isto, o transistor corresponde a situação de interruptor acionado (saturado) e a lâmpada estaria acesa.

Segunda situação de polarização: os diodos equivalentes das junções base emissor (BE) e base coletor (BC) são reversamente polarizados.

O circuito equivalente fazendo-se analogia com diodos para essa situação de polarização é mostrado na figura ao lado.



Em polarização reversa, os diodos equivalentes não conduzem. A situação de polarização é equivalente aos diodos cortados, como mostra a figura abaixo.

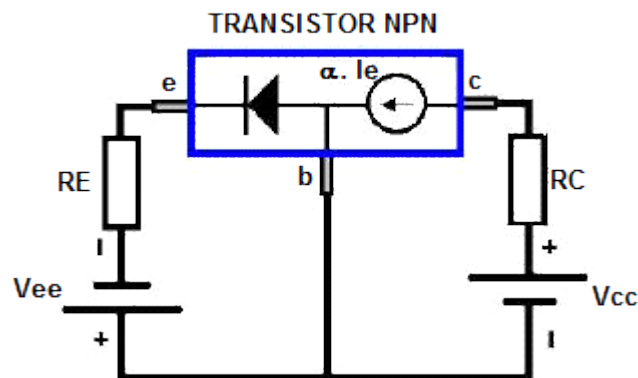


A essa situação de polarização chamamos corte e dizemos que o transistor está cortado quando a polarização entre base e emissor e entre base e coletor é reversa. O transistor cortado, ainda considerando o exemplo anterior do interruptor utilizado para acender ou apagar uma lâmpada, corresponde a situação de chave aberta, isto é, a lâmpada permanecerá apagada se o interruptor se mantiver nesta situação.

A primeira e a segunda forma de polarização são utilizadas em circuitos em que o transistor deva funcionar como uma chave. São chamados de circuitos de chaveamento. Podemos utilizar esta topologia para acionar motores, lâmpadas, válvulas, cilindros e etc. As fontes chaveadas também possuem transistores, ou componentes similares, funcionando no regime de corte e saturação.

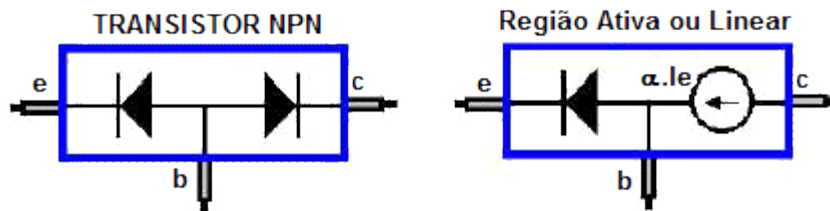
Terceira situação de polarização: o diodo BE é diretamente polarizado e o diodo BC é reversamente polarizado.

O circuito equivalente fazendo-se analogia com diodo e fonte de corrente para essa situação de polarização é mostrado na figura ao lado.



Uma vez que a polarização do diodo BE é direta então, conduzirá muito bem. Como a base é uma região estreita, as cargas emitidas no emissor, terão condições de chegar próxima a junção BC reversamente polarizada, sendo atraídas pela barreira de potencial formado junto a junção, sendo coletadas no coletor, onde há a dissipação de energia por efeito Joule. Essa situação de operação é conhecida como operação ativa do transistor bipolar de junção,

pois o transistor funciona como uma fonte de corrente na malha de coletor onde a corrente passa a ser igual a $I_c = \alpha \cdot I_e$. O efeito de transferência da corrente entre as duas malhas, base emissor e base coletor é chamado efeito transistor. A figura a seguir mostra a analogia com diodos do transistor NPN e o circuito equivalente com o transistor polarizado na região ativa ou linear de operação.



Os circuitos que utilizam transistores operando na região ativa são chamados de circuitos lineares. Um exemplo destes circuitos são os amplificadores de áudio e as fontes de alimentação do laboratório de eletrônica. O transistor é utilizado para controlar uma determinada tensão ou corrente de um circuito. O transistor poderá estar ligado em série ou em paralelo, depende apenas da topologia do circuito.