

Sumário

Introdução	5
Estrutura básica	6
Terminais do transistor	7
Simbologia	8
Aspecto real dos transistores	9
Teste de transistores	10
Teste com o uso do multímetro	12
Detecção de descontinuidades nas junções	12
Detecção de curtos nas junções	12
Detecção de curto-circuito entre coletor e emissor	13
Apêndice	15
Questionário	15
Bibliografia	15



Espaço SENAI

Missão do Sistema *SENAI*

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

Introdução

O transistor é um componente fabricado com cristais semicondutores cuja descoberta revolucionou a eletrônica. Sua descoberta valeu o prêmio Nobel a três cientistas da Bell Labs dos EUA.

Sem dúvida, nem mesmo os descobridores deste componente poderiam imaginar que com a descoberta, se iniciava uma nova era no desenvolvimento da humanidade.

Este fascículo é, também para o leitor, um marco no estudo da eletrônica. Nele se inicia o estudo desse importante componente.

O objetivo do fascículo é apresentar a estrutura básica compondo o transistor e, com base nesse conhecimento, permitir ao leitor a realização de testes com o componente usando um multímetro.



Para a boa compreensão do conteúdo e desenvolvimento das atividades contidas neste fascículo, o leitor deverá estar familiarizado com os conceitos relativos a:

- Diodo semicondutor.

Estrutura básica

O transistor bipolar é um componente eletrônico constituído de cristais semicondutores, capaz de atuar como controlador de corrente, o que possibilita o seu uso como amplificador de sinais ou como chave eletrônica.

Em qualquer uma das duas funções o transistor encontra uma ampla gama de aplicações, como por exemplo:

Amplificador de sinais: Equipamentos de som e imagem e controle industrial.

Chave eletrônica: Controle industrial, calculadoras e computadores eletrônicos.

O transistor bipolar proporcionou um grande desenvolvimento da eletrônica, devido a sua versatilidade de aplicação, constituindo-se em elemento chave em grande parte dos equipamentos eletrônicos.

A estrutura básica do transistor se compõe de duas camadas de material semicondutor, de mesmo tipo de dopagem, entre as quais é inserida uma terceira camada bem mais fina, de material semicondutor com um tipo de dopagem distinto dos outros dois, formando uma configuração semelhante à de um “sanduíche”, conforme ilustrado na **Fig.1**.

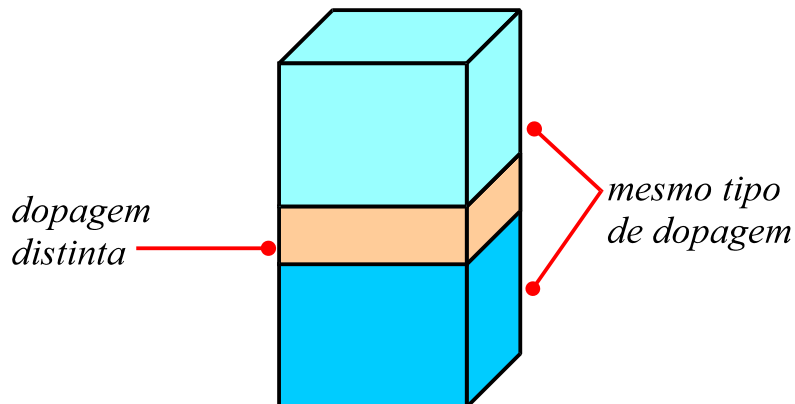


Fig.1 Estrutura básica de um transistor.

Como mostrado na **Fig.2**, a configuração da estrutura, em forma de sanduíche, permite que se obtenham dois tipos distintos de transistor:

- Um com as camadas externas de material tipo p e com a camada central formada de um material tipo n . Esse tipo de transistor é denominado de **transistor bipolar pnp** .
- Outro com as camadas externas de material tipo n e com a camada central formada com um material tipo p . Esse tipo de transistor é denominado de **transistor bipolar npn** .

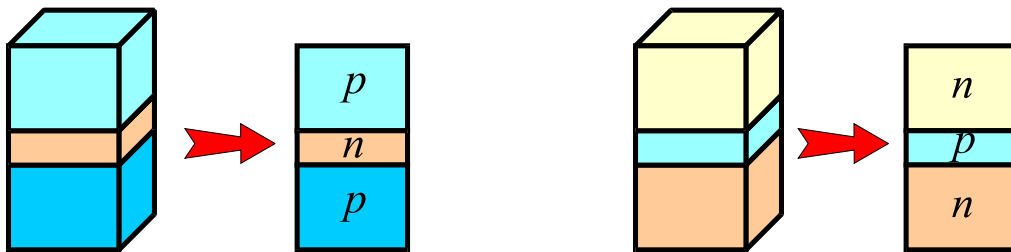


Fig.2 Estruturas dos transistores pnp e npn .

Os dois tipos de transistor podem cumprir as mesmas funções diferindo apenas na forma como as fontes de alimentação são conectadas aos terminais do componente.

 **O transistor bipolar pode se apresentar em duas configurações: pnp e npn .**

TERMINAIS DO TRANSISTOR

Como mostrado na **Fig.3**, cada uma das camadas que formam o transistor é conectada a um terminal que permite a interligação da estrutura do componente aos circuitos eletrônicos.

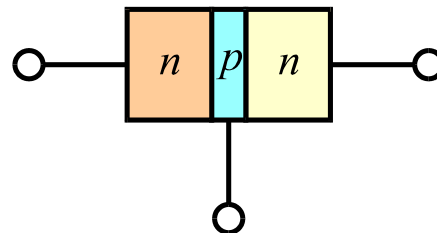


Fig.3 Estrutura básica de um transistor de três terminais.

Os terminais recebem uma designação que permite distinguir cada uma das camadas:

- A camada central é denominada de **base**, sendo representada pela letra *B*.
- Uma das camadas externas é denominada de **coletor**, sendo representada pela letra *C*.
- A outra camada externa é denominada de **emissor**, sendo representada pela letra *E*.

A **Fig.4** mostra os dois tipos de transistor, com a identificação dos terminais.

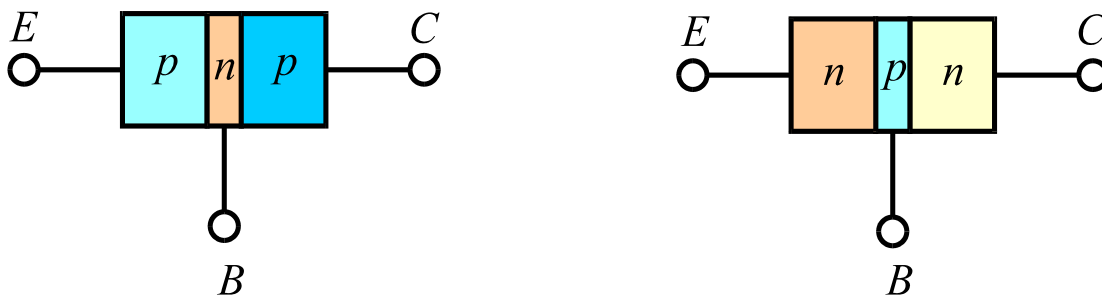


Fig.4 Transistores *pnp* e *npn* com a identificação dos terminais.



O transistor possui três terminais: coletor, base e emissor.

Embora as camadas referentes ao coletor e ao emissor de um transistor tenham o mesmo tipo de dopagem, elas diferem em dimensão geométrica e no grau de dopagem, realizando portanto funções distintas quando o componente é conectado a um circuito eletrônico.

SIMBOLOGIA

A **Fig.5** apresenta os símbolos utilizados na representação de circuito dos transistores *npn* e *pnp*. Como pode ser aí observado, os dois símbolos diferem apenas no sentido da seta entre os terminais da base e do emissor.

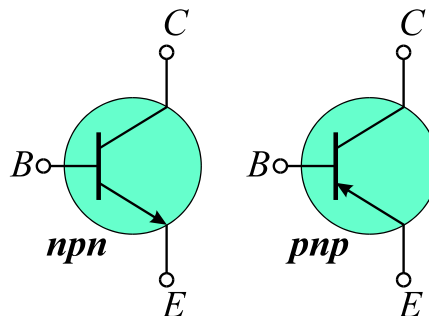


Fig.5 Representação de circuito dos transistores *npn* e *pnp*.

Alguns transistores são dotados de blindagem. Essa blindagem consiste de um encapsulamento metálico envolvendo a estrutura semicondutora, com o fim de evitar que o funcionamento do componente seja afetado por campos eletromagnéticos no ambiente. Esses transistores apresentam um quarto terminal, ligado à blindagem para que esta possa ser conectada ao terra do circuito eletrônico. A representação de circuito desses transistores está ilustrada na **Fig.6**.

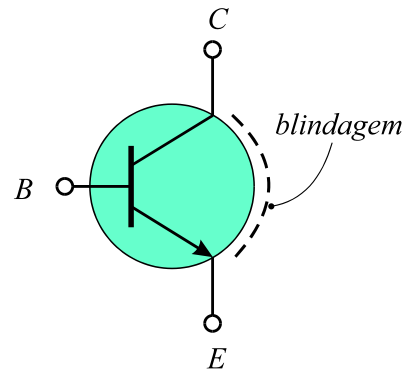


Fig.6 Representação de circuito de um transistor blindado.

ASPECTO REAL DOS TRANSISTORES

Os transistores podem se apresentar em diversos encapsulamentos, que variam em função do fabricante, do tipo de aplicação e da capacidade de dissipar calor. A **Fig.7** ilustra os aspectos de alguns encapsulamentos.

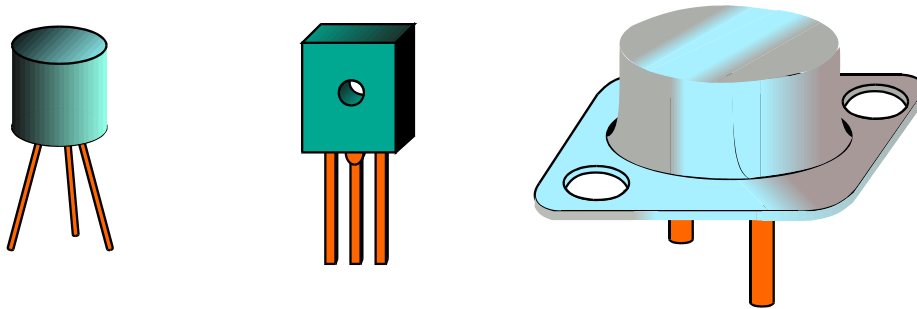


Fig.7 Encapsulamentos típicos de um transistor.

Devido à variedade de configurações, a identificação dos terminais de um transistor deve sempre ser feita com auxílio do folheto de especificações técnicas do componente.

Teste de transistores

Existem instrumentos sofisticados destinados especificamente ao teste das condições de operação de um transistor. No entanto, o uso de um multímetro também permite detectar possíveis defeitos no componente.

Como no teste de diodos com o uso de um multímetro, o teste de transistores pode não fornecer um resultado definitivo, e o uso do multímetro serve apenas para detectar os defeitos mais comuns nos transistores e diodos.

No caso do diodo, são os seguintes os defeitos de detecção imediata com o uso de um multímetro:

- Junção *pn* em curto.
- Junção *pn em aberto*.

Como descrito em fascículos anteriores, o teste de qualquer junção *pn* com o uso de um multímetro é feito em duas etapas:

Etapa 1: Realiza-se inicialmente a identificação da polaridade real das pontas de prova do multímetro.

Etapa 2: Após a identificação de polaridade, realiza-se o teste do diodo, que consiste em detectar a existência de baixa e alta resistências ao se intercambiarem os dois contatos entre as pontas de prova e os terminais da junção *pn*.

Conforme ilustrado na **Fig.8**, a estrutura de um transistor consiste em uma junção *pn* entre a base e o coletor e de uma segunda junção *pn* entre a base e o emissor.

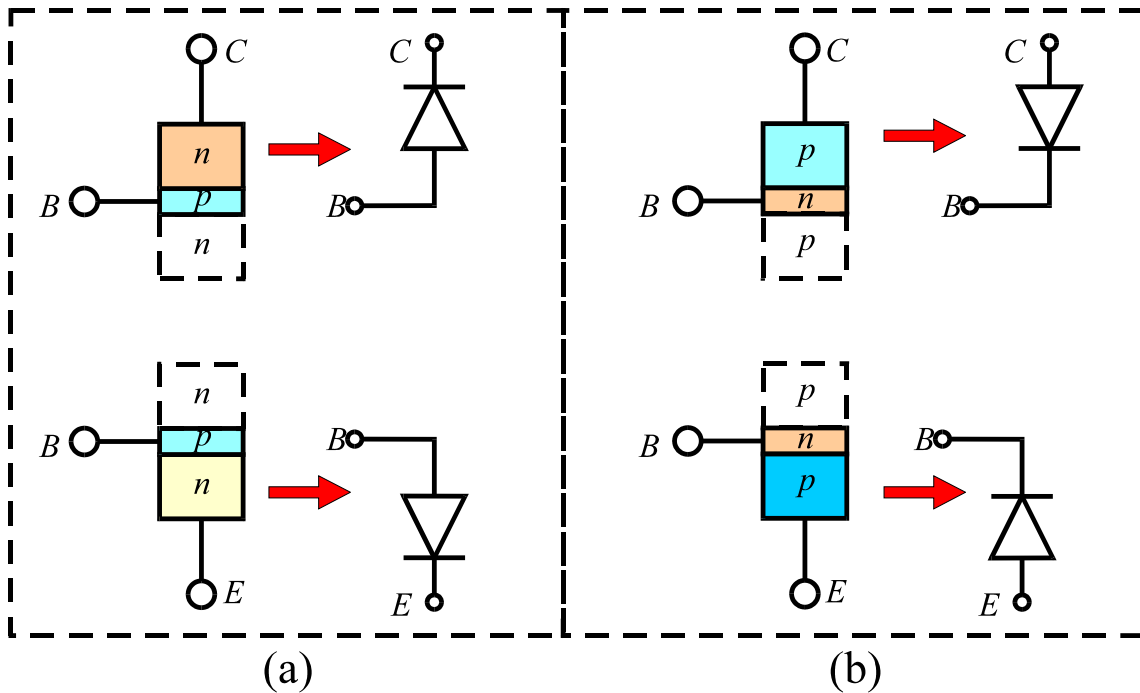


Fig.8 Junções pn do transistor nnp em (a) e do transistor pnp em (b).

Portanto, para a detecção de defeitos, o transistor pode ser considerado como composto de dois diodos conectados nas formas ilustradas na **Fig.9**.

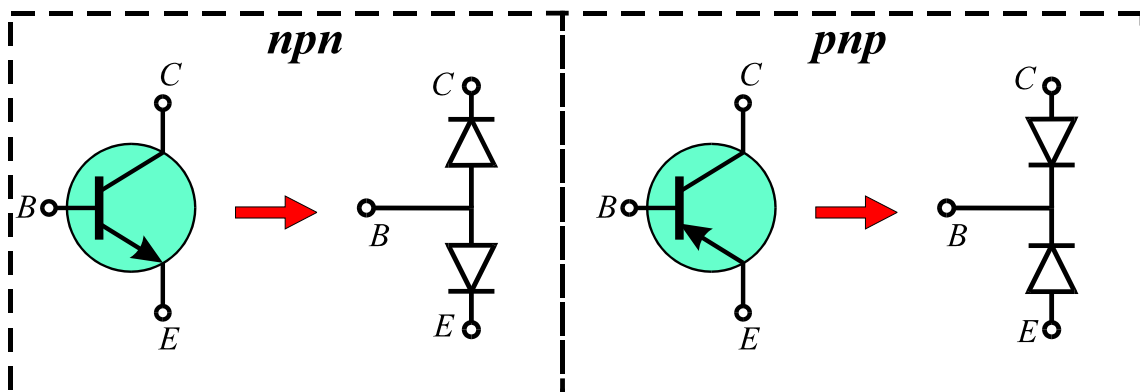


Fig.9 Representação de transistores nnp e pnp por diodos equivalentes.

A detecção de defeitos no transistor consiste em verificar a existência de curto ou de circuito aberto entre os pares de terminais BC , BE e CE .

TESTE COM O USO DO MULTÍMETRO

O procedimento de teste das junções base-coletor e base-emissor é descrito a seguir tomando como exemplo o caso de um transistor *npn*.

DETECÇÃO DE DESCONTINUIDADES NAS JUNÇÕES

Com o potencial positivo da ponta de prova aplicado à base do transistor e o potencial negativo aplicado ao coletor ou ao emissor, como ilustrado na **Fig.10**, as junções correspondentes ficam polarizadas diretamente.

Na ausência de defeitos, o instrumento deverá indicar baixa resistência das junções *BC* e *BE*. Se houver uma junção em aberto, o instrumento fornecerá a indicação de uma resistência altíssima quando essa junção estiver sendo testada.

teste de abertura das junções

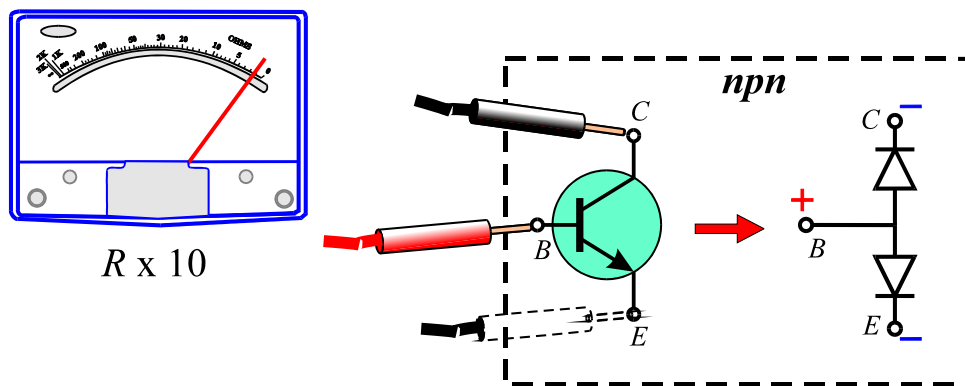


Fig.10 Detecção de discontinuidades nas junções *BC* e *BE* de um transistor *npn*.

DETECÇÃO DE CURTOS NAS JUNÇÕES

Para este teste as pontas de prova devem ser conectadas conforme mostrado na **Fig.11**.

Com a ponta de prova negativa conectada à base, a segunda ponta de prova polariza inversamente a junção *BC* ou *BE*. Na ausência de defeitos, o multímetro deverá fornecer a indicação de altas resistências nas junções. Se houver uma junção em curto o instrumento indicará uma baixa resistência naquela junção.

teste de curto circuito nas junções

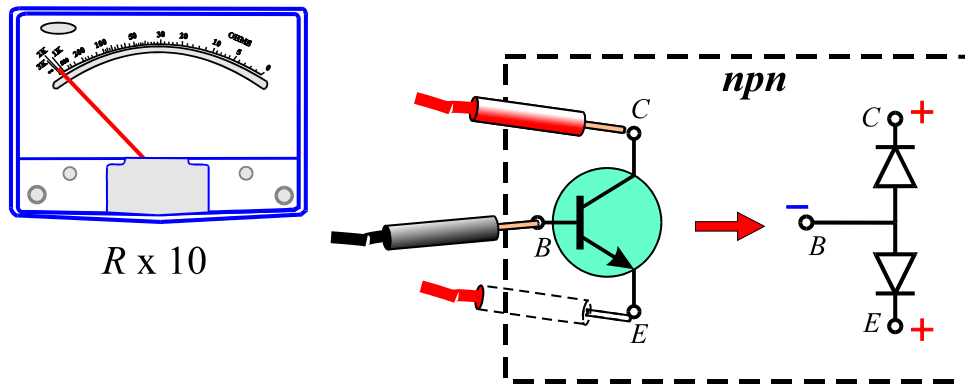


Fig.11 Teste para detecção de curtos nas junções BC e BE de um transistor npn .

DETECÇÃO DE CURTO-CIRCUITO ENTRE COLETOR E EMISSOR

Para completar os testes deve-se ainda verificar a condição elétrica entre os terminais do coletor e do emissor.

Com o terminal da base em aberto, o circuito equivalente entre os terminais B e C corresponde a dois diodos em série conectados inversamente. Dessa forma o multímetro deverá fornecer uma indicação de altíssima resistência para as duas possibilidades de conexão das pontas de prova mostradas na **Fig.12**.

teste coletor-emissor

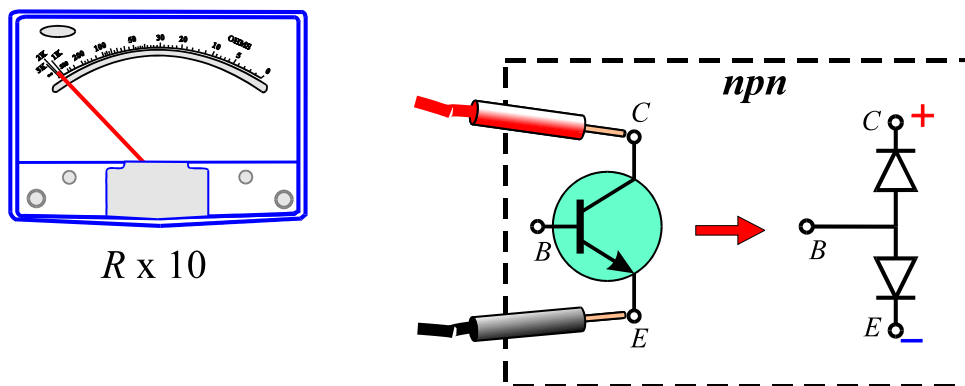


Fig.12 Teste para detecção de curto-circuito entre os terminais C e E de um transistor npn .

Para o caso de um transistor *pnp* os testes podem ser conduzidos seguindo o procedimento descrito anteriormente, exceto que as pontas de prova devem ser invertidas com relação às configurações ilustradas nas **Figs.10 a 12**.



Todos os testes devem ser realizados com o seletor do multímetro posicionado na escala $R \times 10$ ou $R \times 100$ e com o transistor desconectado de qualquer circuito externo.



Os testes realizados com multímetro não permitem detectar alterações nas características do transistor. Mesmo que o multímetro não detecte defeitos, existe ainda a possibilidade de que existam alterações nas características do transistor que o tornem impróprio para uso em circuitos.

Apêndice

QUESTIONÁRIO

1. Qual é a estrutura básica de um transistor bipolar?
2. Quais são as configurações de um transistor?
3. Desenhe os símbolos possíveis de um transistor e identifique os seus terminais.
4. Quais defeitos podem ser identificados em um transistor com o uso de um multímetro?
5. Descreva os procedimentos de execução dos testes identificados na questão anterior.

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD, Robert & BRANT, Hans. Transistores, segunda parte. São Paulo, EPU, 1975. il. (Eletrônica Industrial, 2).

CIPELLI, Antônio Marco Vicari & SANDRINI, Valdir João. Teoria do desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos. 7.ed. São Paulo, Érica, 1983. 580p.

SENAI/ Departamento Nacional. Reparador de circuitos eletrônicos; eletrônica básica II. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, c 1979. (Coleção Básica Senai, Módulo 1).

TUCCI, Wilson José. Introdução à Eletrônica. 7.ed. São Paulo, Nobel, 1983. 349p.