



Eletrônica

Transistores.

Transistor (transference resistor) é um componente constituído de uma pastilha monocristalina de material semiconductor (Germânio ou Silício) com regiões dopadas com impurezas do tipo N e do Tipo P. Os transistores dependendo do fim a que se destina, pode funcionar como:

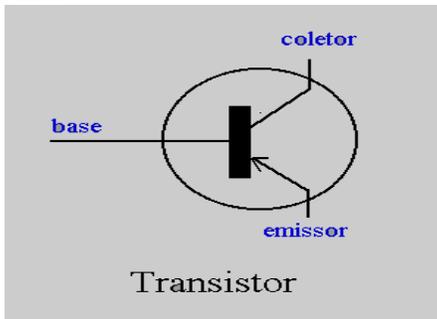
- a) Amplificador de corrente;
- b) Amplificador de sinal;
- c) Chave eletrônica..

Tradicionalmente os transistores se dividem em dois(2) grupos: a saber:

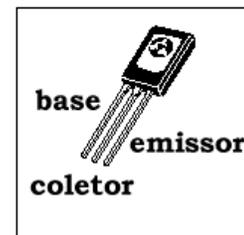
- 1. Bipolares;
- 2. Unipolares ou de efeito de campo.

1º-Bipolares – são aqueles formados por três (3) regiões semicondutoras de polaridades alternadas existindo entre elas duas junções. As regiões recebem os nomes de **emissor (E)**, **Base (B)**, e **coletor (C)**. Baseiam o seu funcionamento com alimentação de corrente na base.

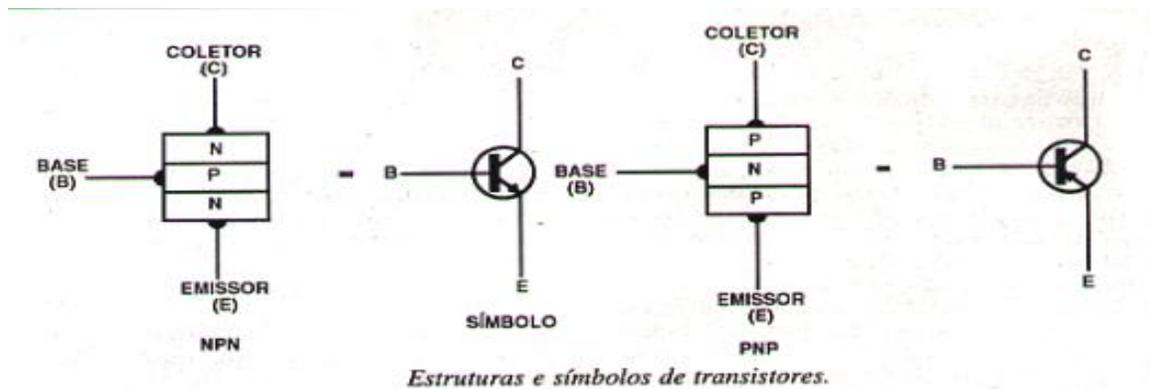
Símbolo:



Aspecto:



Podemos obter a estrutura indicada de duas formas diferentes, o que leva a dividir os transistores bipolares, *quanto a sua estrutura* em dois tipos: **Tipo NPN e o tipo PNP**.
Veja as figuras na seqüência:



Esquema interno dos tipos NPN e PNP.



1.1 Base, Coletor e Emissor.

Vamos agora entender o que é Base, coletor e emissor.

- **Base-** é a parte que controla a passagem da corrente; quando a base está energizada, há passagem de corrente do emissor para o coletor, quando não há sinal não existe essa condução. A base esquematicamente é o centro do transistor.
- **Coletor** é uma das extremidades do transistor; é nele que “entra” a corrente a ser controlada. A relação existente entre o coletor e a base é um parâmetro ou propriedade do transistor conhecido como β (beta) e é diferente em cada modelo de transistor.
- **Emissor-** é a outra extremidade; por onde sai a corrente que foi controlada.

1.2 Considerações gerais e Polarização de transistores.

1.2.1 Considerações gerais.

Para efeito de um estudo inicial vamos tomar como exemplo uma estrutura NPN, ou seja, um transistor NPN..

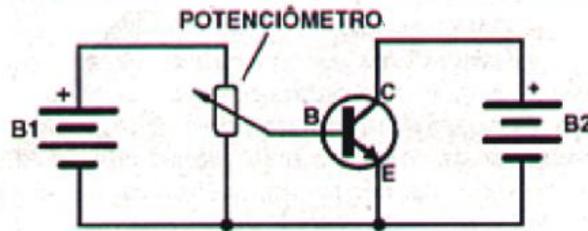
Cada uma das junções do transistor se comporta como um diodo, mas quando aplicamos tensões no dispositivo de determinada maneira e as duas junções podem entrar em ação ao mesmo tempo, o comportamento da estrutura passa a ser mais complexo do que simplesmente dois diodos ligados juntos. Para que tenhamos a ação diferenciada destas junções, vamos partir da situação em que o transistor seja alimentado com fontes externas de determinadas polaridades e características. Em suma, para que o transistor funcione, precisamos polariza-lo convenientemente.

1.2.2 Polarização de transistores.

Inicialmente vamos fazer uma polarização que nos permite apenas estudar o seu funcionamento. Na prática existem outras maneiras de polarizar os transistores.

Eletrônica Analógica III

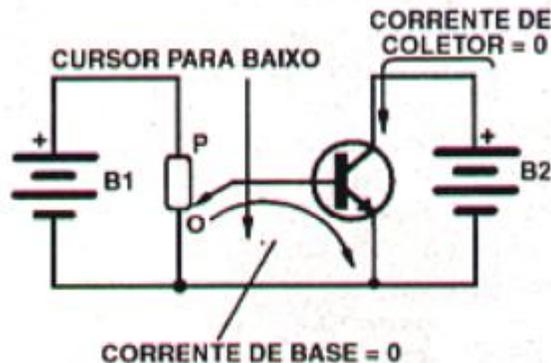
Tomando o nosso transistor NPN como exemplo, para polarizá-lo ligamos uma bateria de tensão maior (B2) entre o coletor e o emissor e uma bateria de tensão menor(B1) através de um potenciômetro na base do transistor. Veja a figura, na seqüência:



Polarizando um transistor NPN.

Vejamos o que acontece: partimos inicialmente da condição em que o cursor do potenciômetro está todo para o lado negativo da bateria B1, ou seja, a tensão aplicada à base do transistor é Zero (0). Nestas condições, a junção que existe entre a base e o emissor, que seria o percurso para uma corrente da bateria B1, não tem polarização alguma e nenhuma corrente pode fluir. **A corrente de base (I_b) do transistor é zero(0).**

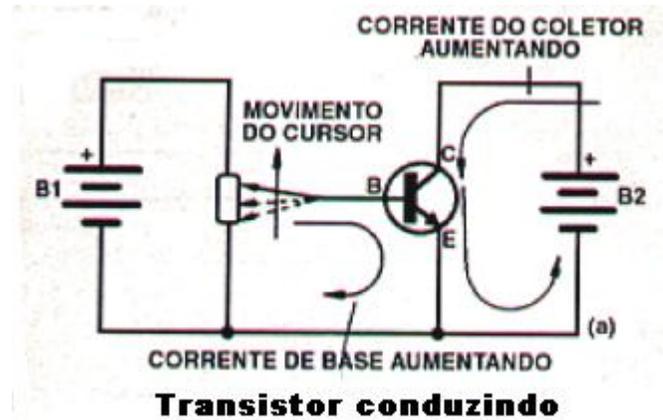
Da mesma forma, nestas condições **a corrente entre o coletor e o emissor do transistor**, percurso natural para a corrente da bateria **B2 é nula**. Veja a figura a seguir:



Transistor sem conduzir.

Movimentando gradualmente o cursor do potenciômetro no sentido de aumentar a tensão aplicada à base do transistor, vemos que nada ocorre de anormal até atingirmos o ponto em que a barreira de potencial da **junção emissor-base do transistor é vencida**. (0,2 V para o germânio e aproximadamente 0,7V para o silício). Com uma tensão desta ordem, começa a **circular uma pequena corrente entre a base e o emissor**. Esta corrente entretanto tem um efeito interessante sobre o transistor: uma corrente também começa a circular entre o **coletor e o emissor e esta corrente varia proporcionalmente com a corrente de base**.

Veja a figura, na seqüência:

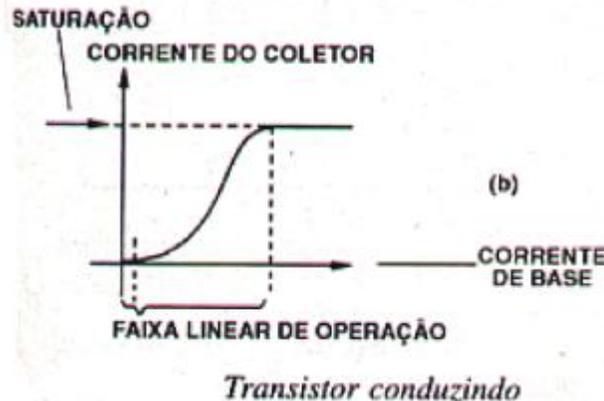


À medida que movimentamos mais o potenciômetro no sentido de **aumentar a corrente de base**, observamos que **a corrente do coletor do transistor aumenta na mesma proporção**.

Se uma **corrente de base de 0,1mA** provoca uma **corrente no coletor de 10mA**, dizemos que o ganho de corrente ou **Fator de amplificação do transistor** é 100vezes, ou seja a corrente de coletor é 100 vezes maior que a corrente de base

A proporcionalidade entre a corrente de base e a corrente de coletor entretanto não se mantém em toda a faixa possível de valores.

Existe um ponto em que um aumento de **corrente de base não provoca mais um aumento na corrente de coletor** que então se estabiliza. Dizemos que chegamos ao **ponto de saturação**, ou seja, o “transistor satura” Abaixo o gráfico que mostra este fenômeno.

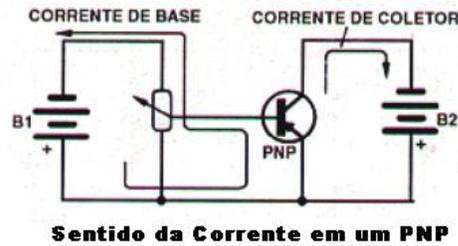
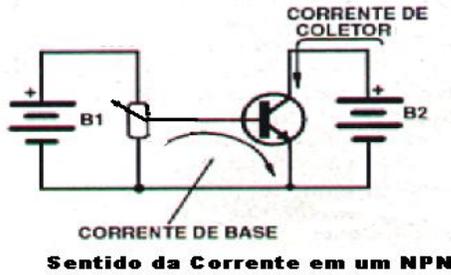


Observe então que existe um trecho linear deste gráfico que é denominado de “Curva característica do transistor”.

Na figura a seguir temos o funcionamento de um transistor PNP. Observa-se que a única diferença se o mesmo fosse utilizado no exemplo dado acima, está no sentido de circulação das correntes e portanto na polaridade das baterias usadas.

Observe nas figuras a seguir essas orientações das correntes em um transistor NPN e PNP.

Eletrônica Analógica III



No NPN:

- Corrente de base= I_b >> sentido horário.
- Corrente de coletor= I_c > Sentido anti-horário.

No PNP:

- Corrente de base= I_b >> sentido anti-horário.
- Corrente de coletor= I_c . sentido horário.

Para finalizarmos o assunto, observamos o seguinte:

a) Quando $I_b = 0 \rightarrow I_c = 0$. O transistor não funciona, e neste caso se diz que ele funciona como uma **chave aberta** ou representa-se por:

b) I_b = Cresce $\rightarrow I_c$ = cresce na mesma proporção.

d) I_b = atinge um determinado valor, (ponto de saturação) e a partir daí mesmo que aumentemos $I_b \rightarrow I_c$ = se mantém constante

2º Transistores na Prática.

Os primeiros transistores eram dispositivos simples destinados a operar apenas corrente de baixa intensidade, sendo por isso quase todos iguais nas principais características.

No entanto, com o passar do tempo ocorreram muitos avanços nos processos de fabricação, que levaram os fabricantes a produzirem uma enorme quantidade de tipos, capazes de operar com pequenas intensidades de corrente mas também com correntes altas; o mesmo ocorreu com as tensões e até mesmo com a velocidade.

Existem hoje, em termos de tipos de transistores mais de um milhão, o que requer manuais de consultas volumosos quando se quer escolher um determinado tipo.

Assim para facilitar o estudo de transistor na prática é necessário que se divida estes dispositivos em “famílias” em que as características principais se mantêm.

Para outras características, as diferenças são normalmente fornecidas pelos fabricantes em forma de folhas de dados chamadas de **datasheets**. Abaixo um desses tipos de datasheets da Motorola.

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

**Plastic Medium Power Silicon
NPN Transistor**

... designed for use as audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi-complementary circuits.

- DC Current Gain — $h_{FE} = 40$ (Min) @ $I_C = 0.15$ Adc
- BD 135, 137, 139 are complementary with BD 136, 138, 140

**BD135
BD137
BD139**

1.5 AMPERE
POWER TRANSISTORS
PN-SILICON
45, 60, 80 VOLTS
15 WATTS



MAXIMUM RATINGS

Parameter	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	45	V
Collector-Base Voltage	V_{CB}	45	V
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	5	V
Collector Current (DC)	I_C	1.5	A
Collector Current (Pulse)	I_{CP}	1.5	A
Power Dissipation (DC)	P_{DC}	15	W
Power Dissipation (Pulse)	P_{DP}	15	W
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to 150	°C
Operating Temperature	T_{OP}	-55 to 150	°C
Junction Temperature	T_{J}	150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

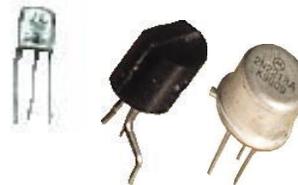
Parameter	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance (Case to Ambient)	θ_{CA}	20	°C/W
Thermal Resistance (Case to Heat Sink)	θ_{CS}	1	°C/W
Thermal Resistance (Junction to Case)	θ_{JC}	1	°C/W

MOTOROLA

Constam desses datasheets o aspecto físico da família, códigos de identificação, dados de corrente, tensões coletor-emissor, frequências, material de que são feitos, curvas características, identificação dos terminais etc

De uma forma geral, na prática apenas algumas centenas podem ser considerados 'principais' e possuindo-se um bom manual e um bom conhecimento se consegue encontrar sempre um capaz de substituir tipos considerados difíceis.

2.1- Transistores de uso geral.—são transistores destinados a gerar ou amplificar sinais de pequena intensidade e de frequência relativamente baixa.



Especificação	Definição	Descrição	Observações
Material	Pequenas pastilhas	Silício Germânio	A maioria dos transistores atuais é de silício.
Aspecto externo	Envólucros	Plásticos	

Tipo do semiconductor	do conteúdo	Metals NPN e PNP	
Tipos de terminais	de 3 terminais	Base(B) Coletor(C) Emissor(E)	Identificação deve ser feita pelo tipo e varia bastante
Ic- corrente de coletor .	Icmax=corrente de coletor máxima.	Varia entre: 20mA e 500mA	
VCEO- tensão entre o coletor e o emissor com a base desligada .	VCEOmáx tensões máximas de operação	Varia entre: 10V e 80V.	
fT –frequência máxima ou frequência de transição	FTmáx-frequência máxima que o transistor pode operar.	Varia entre 1 e 200Mhz	
Aplicações	-	-	Uso geral ou Áudio

Os tipos mais comuns desses transistores são:BC548, BC558, BC107, 2SB75, OC74, 2N2222, 2N107 etc.

2.2-Transistores de Potência- são transistores destinados a operar com correntes intensas mais ainda com sinais de baixas frequências.



Transistores de potência.



Especificações	Definições	Descrição	Observações
----------------	------------	-----------	-------------

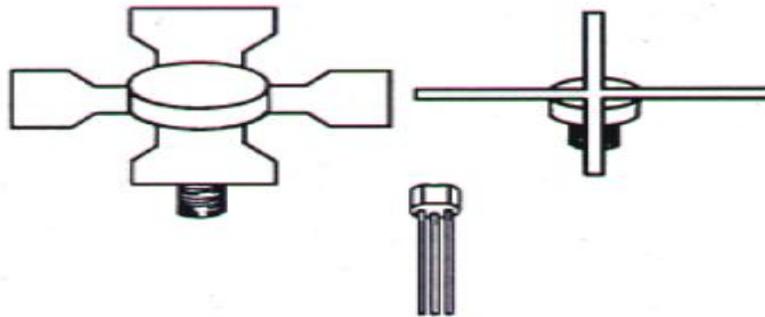
Eletrônica Analógica III

Material	Pastilhas de diversos tamanhos	Silício	
Aspecto externo	Envólucros	Plásticos Metais	Tendem a aquecer (altas correntes) usam envólucros que permitem a montagem em um dissipador (radiador) de calor. (figura acima)
Tipo do semicondutor	Conteúdo	NPN e PNP	
Tipos de terminais	Geralmente 3 terminais	Base (B) Coletor (C) Emissor (E)	Identificação deve ser feita pelo tipo e varia bastante
Ic- corrente de coletor .	Icmax=corrente de coletor máxima.	Máxima = 15A	
VCEO- tensão entre o coletor e o emissor com a base desligada.	VCEOmáx tensões máximas de operação	Varia entre: 20V e 100V.	
fT –frequência máxima ou frequência de transição	fTmáx- frequência máxima que o transistor pode operar.	Varia entre 100khz e 40Mhz	
Aplicação			Amplificadores de Áudio

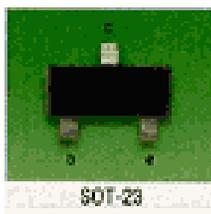
Os tipos mais comuns desses transistores são: TIP31, TIP32, 2N3055. BD135, BD136, AD142, BU205 etc.

Eletrônica Analógica III

2.3 Transistores de RF (Radiofrequência)-são transistores destinados a amplificar ou gerar sinais de frequências elevadas, mais com pequenas intensidades de correntes.



Transistores de RF.



Especificações	Definições	Descrição	Observações
Material	Pastilhas pequenos tamanhos	de Silício Germânio *Arseneto de Gálio(GaAS)	Em sua maioria. Pouco usados. *Os GaAs já estão sendo usados para fabricação de transistores e são capazes de gerar (amplificar) sinais em milhares de Mhz.

Aspecto externo	Envólucros	Plásticos	
Tipo do semicondutor	Conteúdo	Metals	
Tipos de terminais	Geralmente 3 terminais. Alguns apresentam 4 terminais. O 4o terminal é ligado à própria carcaça do transistor, de metal, e que serve de blindagem*(ver figura acima)	NPN e PNP	Identificação deve ser feita pelo tipo e varia bastante
Ic- corrente de coletor .	Icmax=corrente de coletor máxima.	Máxima = 200mA	
VCEO- tensão entre o coletor e o emissor com a base desligada.	VCEOmáx tensões máximas de operação	Varia entre: 10V e 30V.	
fT –frequência máxima ou frequência de transição	fTmáx- frequência máxima que o transistor pode operar.	Chegam até a 1500Mhz	
Aplicação			Seletores de TV de UHF e outras aplicações semelhantes.

Os tipos mais comuns desses transistores são: os BD494, BF254, 2N2218 etc.

2.4 Classificação quanto à potência de Dissipação

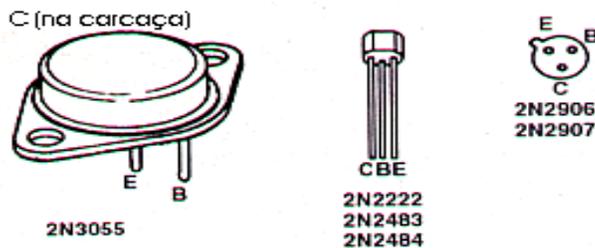
Ainda se costuma classificar os transistores quanto a sua potencia de dissipação; nessa classificação os transistores podem ser:

- a) **Baixa potencia**-ex: BC548;
- b) **Média potencia**-ex: BD137, BD135, BD139
- c) **Alta potencia**-ex TIP120 , TIP121, TIP122, ZN3055, BU205 etc

3º Códigos, Tipos e Identificações de terminais.

Para usar um transistor é fundamental que saibamos para que serve um determinado tipo e também como identificar os seus terminais.

3.1-Procedência Americana- usam na sua codificação a sigla **2N** para diferenciar dos diodos que usam 1N..Esta sigla **2N** vem seguida de um numero que corresponde ao modelo, porém não serve para informar que tipo de transistor temos; se é de uso geral ou áudio, de potencia ou RF, se é NPN ou PNP, se é de silício ou germânio.Para os transistores, com indicação **2N** é necessário consultar um manual, disquetes CD Rom fornecidos pelos fabricantes; ou ainda tentar encontrar essas informações na Internet.Na figura abaixo temos alguns exemplos com indicações dos terminais:



Terminais de transistores "2N".

3.2Procedência Européia -para esses transistores, o próprio tipo do transistor já fornece muitas informações sobre o que ele é.

Assim, para a **primeira letra** já temos informações do material usado em sua fabricação:

A = Germânio;

B = Silício.

Para a **segunda letra** temos informações se o transistor é de **uso geral (áudio),Potencia** ou **RF**:

C = Uso geral ou áudio;

D = Potência;

F = RF.

Os transistores para aplicações profissionais possuem uma terceira letra indicativa.Para os comuns temos um numero.Damos a seguir alguns exemplos:

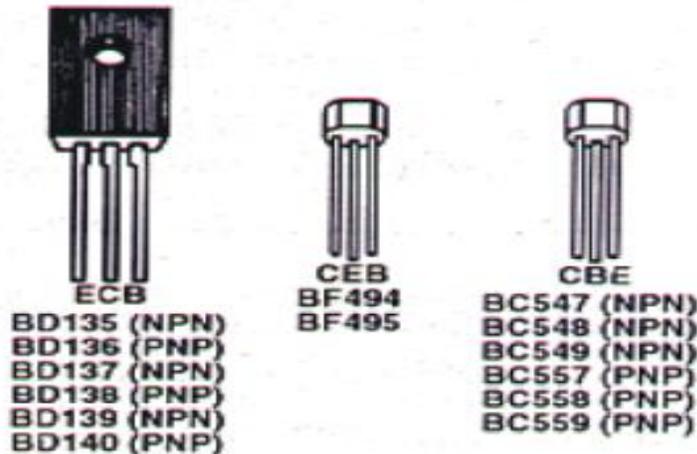
BC548 – Transistor NPN de uso geral, de baixa potencia ou áudio.

Eletrônica Analógica III

BD136 - Transistor PNP de potência;
BF254 - Transistor NPN de RF.

Veja que esta maneira de indicar os tipos ainda não diz se ele é NPN ou PNP. O manual ainda é necessário para identificar os terminais.

Na figura a seguir, mostramos alguns transistores de procedência européia com a identificação dos terminais.



Transistores de Silício com nomenclatura européia.

3.3 Procedência Japonesa- Utilizam a sigla 1S o restante das informações é idêntica ao Americano, ou seja, tem que consultar o manual.

4º Exemplos de siglas de alguns fabricantes .

a) Siemmes-BC, BCX,BCU, BD, BF, BFN, BFR, BS, BU, BUW, BCY.

b) Texas- 2N, 3N(MOSFETT), TIS, IN, MN, NP.

c) Motorola- 2N, NJ, MIE, MTN, TIP.

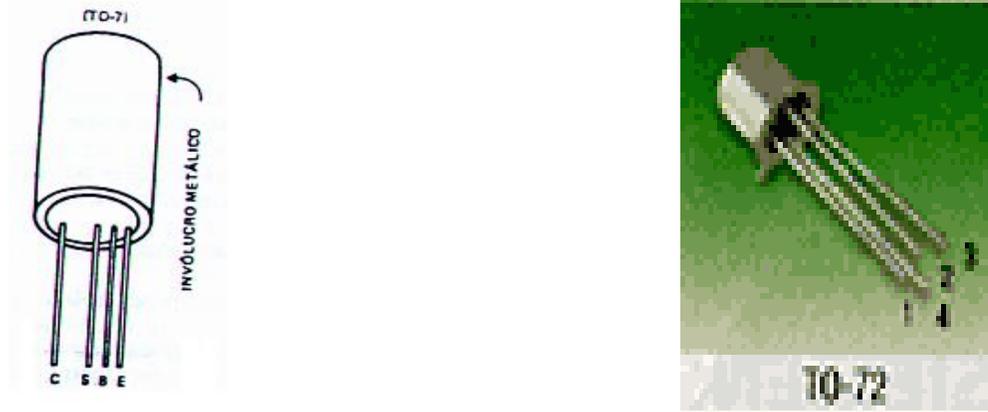
d) Philco- AO, BO, BD, PA, PB, PC, PE.

e) Hitachi-2SA, 2SD.

5º Invólucros dos transistores bipolares características identificadoras.

Eletrônica Analógica III

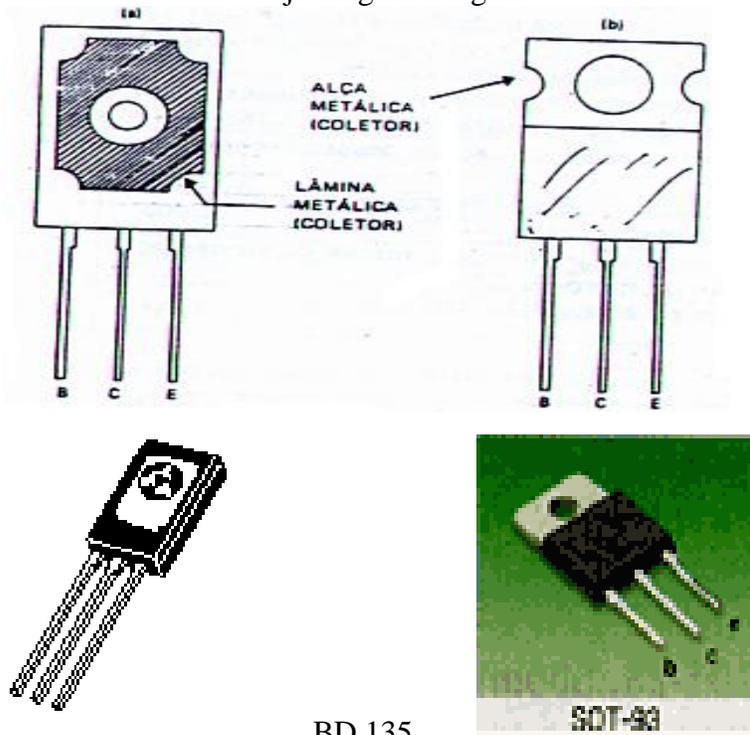
Certos transistores de germânio, utilizados em circuitos de radio frequência- R.F., possuem um quarto terminal, identificado pela letra S de “shield” (blindagem). Esse terminal encontra-se conectado internamente ao invólucro metálico (TO-7) e, quando ligado à massa, atua como proteção contra campos eletro magnéticos. Exemplos deste tipo são: TO-71, TO 72, AF116, AF117. Veja a figura a seguir:



Para identificar o terminal S, na ausência de informações, basta verificar via teste de continuidade, qual dos quatro terminais tem $R = 0\Omega$ em relação à carcaça metálica.

Nos transistores de potência com invólucro plástico, TO126 por exemplo, o coletor normalmente é o terminal do centro.

Para o BD139, BD140 etc., o coletor está ligado eletricamente à uma lâmina metálica que existe em uma de suas faces. Veja a figura a seguir:

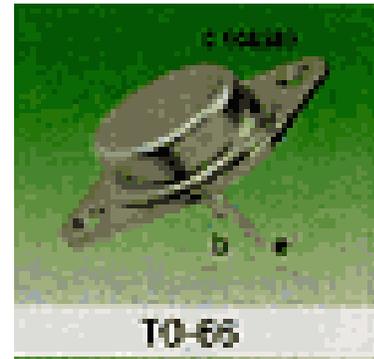
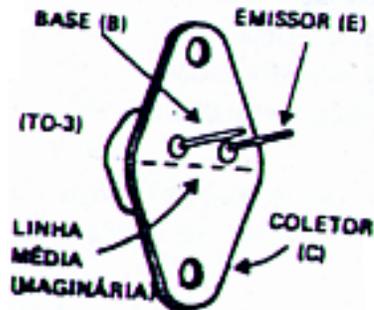


BD 135

Já no SOT-93, TIP 30, tip31 etc., existe uma alça metálica a qual também está conectado o coletor. Figura acima.

Em ambos os casos, a identificação do coletor é feita verificando-se qual dos terminais apresenta uma resistência nula ($R=0\Omega$) em relação a lâmina ou à alça metálica, via teste de continuidade.

Os transistores de potência com invólucro metálico (TO-3, TO-66 por exemplo), possuem apenas dois terminais típicos: emissor (E) e base (B), como indicador. O terceiro terminal (coletor) é o próprio invólucro metálico. Veja figura abaixo:



6º Configuração de transistores em circuitos.

6.1- Emissor comum.

Nesse caso o sinal entra, entre a base e o emissor e sai entre, o emissor e o coletor. Como o emissor é o elemento comum na entrada e na saída este tipo de configuração é chamada de *Emissor comum*.



No esquema emissor comum a **fase do sinal de saída é invertida em relação à fase do sinal de entrada**, tem como características principais **elevados ganhos de tensão e de corrente**. É a mais comum e também é a que produz maior ganho de potência.

6.2- Coletor comum.

Nesta configuração o sinal é aplicado entre a base e o coletor e é retirado entre o emissor e o coletor. O coletor é então o elemento comum à entrada e saída do sinal e a configuração por isso recebe o nome de *coletor comum*.



A fase do **sinal de saída**, nesta configuração é a mesma do sinal de entrada, ou seja, não há inversão de fase. Tem como características um **ganho de corrente muito alto**, o que quer dizer que pequenas variações da corrente de base provocam variações muito maiores da corrente do coletor, e ainda um **ganho de tensão não tão elevado** como no emissor comum. Apresenta também, um **ganho de potência não muito alto**.

Obs.: Esta configuração também é chamada de “seguidor de emissor”.

6.3-Base comum.

Nesta configuração o sinal é aplicado entre o emissor e a base e é retirado entre a base e o coletor. Como vemos, a base é o elemento comum, o que acarreta a denominação dada à configuração de “base comum”



Não há inversão de fase para o sinal amplificado. Como características temos que nesta configuração temos um **bom ganho de tensão**, mas o **ganho de corrente é inferior à unidade**. No geral obtemos então um ganho de **potência menor que o da configuração de emissor comum, porém maior do que o da configuração de coletor comum**.

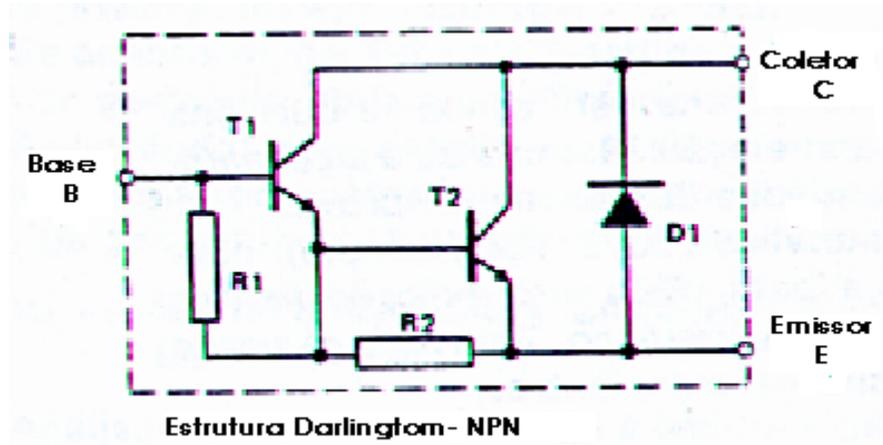
7º-Transistores Darlington.

É um tipo de estrutura de transistor, constituído por dois transistores (T1 e T2), dois resistores (R1 e R2) e um diodo (D1), contidos em uma única pastilha de silício e interligados de modo a formar um **transistor de potência com elevado ganho de corrente contínua C.C.**

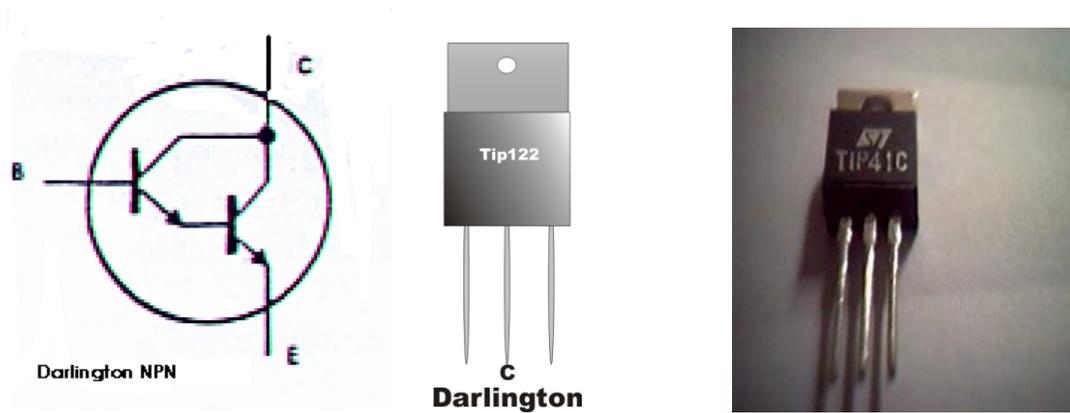
Os invólucros dos transistores Darlington podem ser do tipo metálico (TO-3 por exemplo) ou do tipo plástico (TO126). Como ocorre com os transistores bipolares.

7.1-Estrutura interna, símbolo e aspecto de um Darlington NPN.

Estrutura Interna.



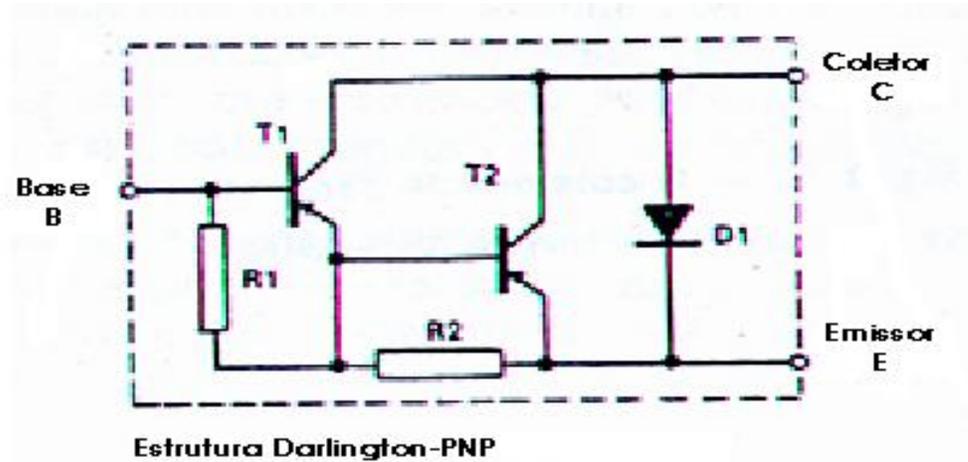
Símbolo e Aspecto.



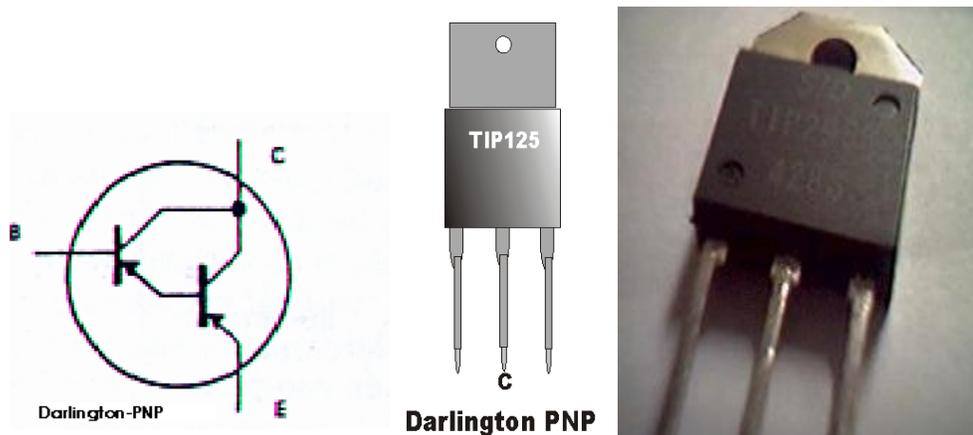
Neste tipo de Darlington NPN (ver figura acima) T1 e T2 são NPN e o anodo de D1 está conectado ao emissor de T2.

7.2-Estrutura interna, símbolo e aspecto de um Darlington PNP.

Estrutura Interna.



Símbolo e Aspecto.



Neste tipo de Darlington PNP (ver figura), T1 e T2 são PNP e o anodo de D1 está ligado ao coletor de T2.

Para as duas estruturas NPN e PNP o valor de R2 é praticamente insensível às variações de temperatura e das tensões aplicadas ao componente. Dependendo do fabricante, o seu valor está compreendido entre 50-200Ω.

Por outro lado, o valor de R1 varia tanto com a temperatura como com as tensões aplicadas no transistor. Os valores especificados pelos fabricantes vão desde alguns quiloohms até dezenas de quiloohms.

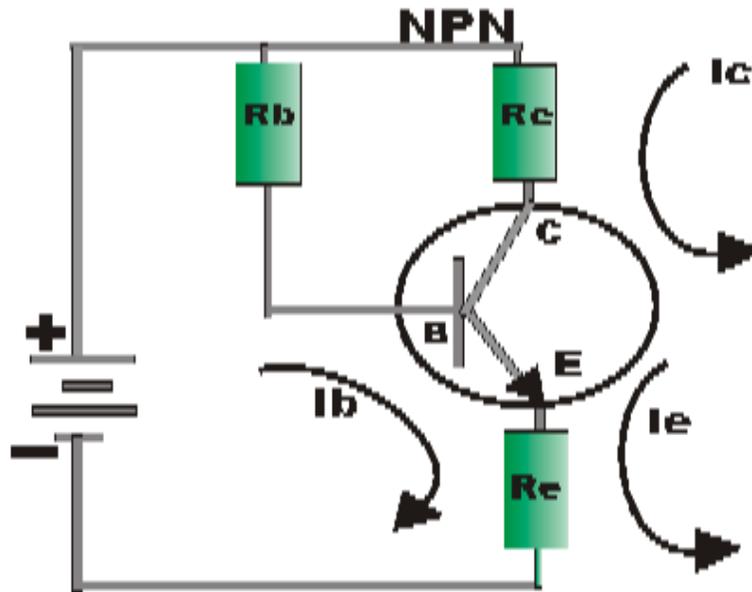
7.3- Aplicações dos transistores Darlington.

São inúmeras as aplicações desses componentes. Entre elas, destacamos as seguintes:

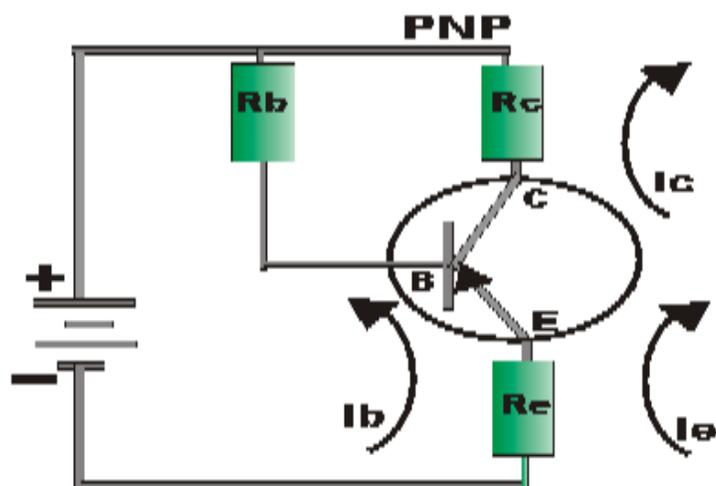
- Amplificadores de potência de áudio;
- Ignições eletrônicas;
- Reguladores de tensão para fontes de alimentação;
- Controle de motores C.C.;

- Controle de solenóides.

8º-Polarização, sentido da corrente e nomenclatura de transistores bipolares.



I_b – Sentido horário;
 I_c = sentido anti-horário;
 I_e = Sentido anti-horário



I_b – Sentido anti- horário;
 I_c = sentido horário;
 I_e = Sentido horário

8.1-Nomenclaturas:

I_b = Corrente de base;
 I_c = Corrente de coletor;
 I_e = Corrente de emissor;
 R_b = Resistor de base;
 R_c = Resistor de coletor;
 R_e = Resistor de emissor;
 V_{be} = tensão base/emissor.
 V_{ce} = Tensão coletor/emissor;
 V_{cb} = Tensão coletor/base.