

TRANSISTOR

UJT/FET/MOS-TESTES

História

O transistor foi criado nos laboratórios da Bell Telephone em dezembro de 1947. A invenção desse componente é atribuída a três cientistas: Bradeen, Brattain e Shockley. O primeiro transistor surgiu por acaso durante estudos de superfícies em torno de um diodo de ponto de contato e seu nome foi derivado de suas características intrínsecas: "resistor de transferência" (transfer + resistor). Em 1955 iniciou-se a comercialização do transistor de silício, com essa tecnologia o preço do transistor caiu já que o silício ao contrário do germânio, é mais abundante na natureza.

Descrição

Dispositivo de 3 terminais (alguns possuem mais) que pode funcionar como amplificador ou como chave.

Uso para o Transistor

O transistor quando opera na região linear de sua reta de carga é usado como amplificador. E na região de corte ou saturação ele é usado como chave.

Tipos de Transistores

Vejamos os mais importantes:

- BIPOLARES (mais comum)
- FET (transistor de efeito de campo);
- MOSFET (transistor de efeito de campo com metal oxido semiconductor);
- UJT (transistor de uniunção);
- IGBT(transistor bipolar de porta isolada).

Transistores Bipolares

Princípio de Funcionamento

Funciona como um resistor variável entre coletor e emissor controlado pela corrente da base.

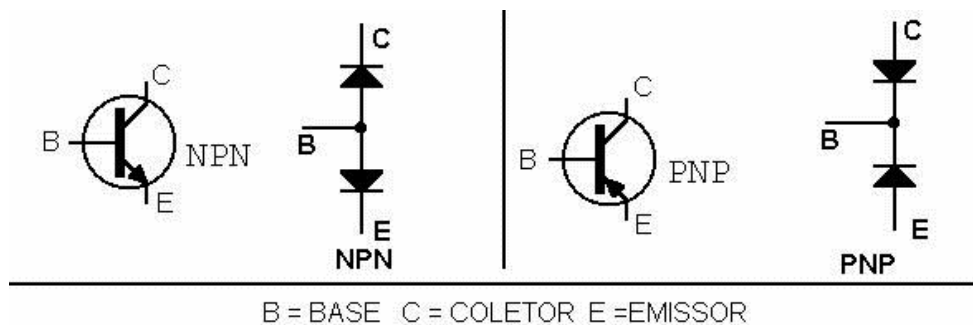
Características dos Transistores Bipolares

- Trabalha com alta potência;
- Funciona em alta frequência;
- É excitado por corrente;
- Possui menor resistência entre coletor e emissor quando em saturação.

Polarização

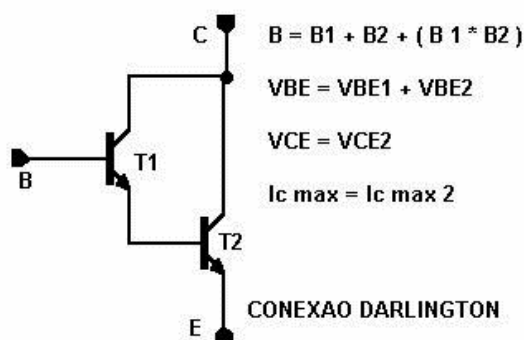
Pode ser de dois tipos PNP (conduz com negativo na base) ou NPN (conduz com positivo na base).

Símbolos



Conexão Darlington

Mostrada na figura abaixo esta forma de conexão permite que a partir de 2 transistores possamos fazer um **transistor de alto ganho**.



Beta do Transistor

É o seu fator de amplificação, da corrente de base (IB) $IC = IB \times B$

Onde:

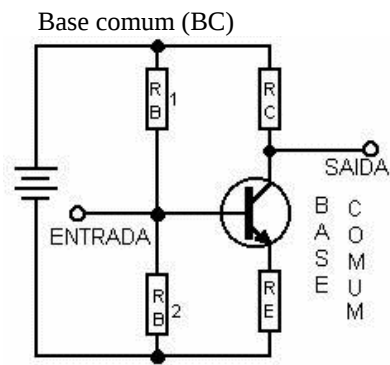
IC: corrente de coletor

IB: corrente de base

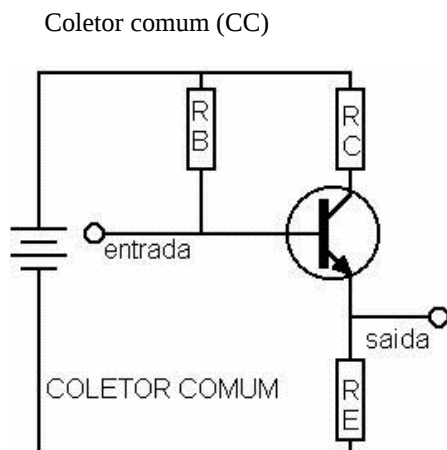
B: beta (ganho)

Configurações básicas

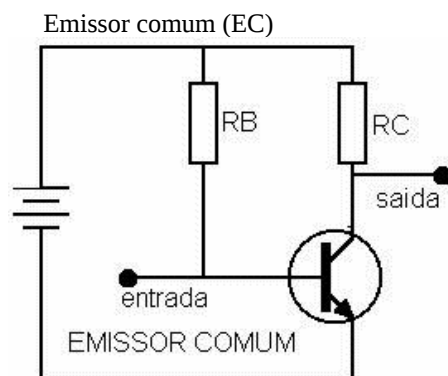
Existem 3 (BC, CC e EC) cada uma com suas vantagens e desvantagens.



- Baixa impedância(Z) de saída.
- Alta impedância(Z) de entrada.
- Não a defasagem entre o sinal de saída e o de entrada.
- Amplificação de corrente igual a um.



- Alta impedância (Z) de saída.
- Baixa impedância (Z) de entrada.
- Não a defasagem entre o sinal de saída e o de entrada.
- Amplificação de tensão igual a um.



- Alta impedância(Z) de saída.
- Baixa impedância(Z) de entrada.
- Defasagem entre o sinal de saída e o de entrada de 180° .
- Amplificação de corrente de 10 a 100 vezes.

Correntes de fuga

Chamada I_{CB0} circula entre coletor e base com emissor aberto.

Chamada I_{BE0} circula entre base e emissor com coletor aberto.

Chamada I_{CE0} circula entre coletor e emissor com base aberta.

Tensão de ruptura

V_{CB0} = Tensão entre coletor e base com emissor aberto.

V_{BE0} = Tensão entre base e emissor com coletor aberto.

V_{CE0} = Tensão entre coletor e emissor com base aberta.

V_{CES} = Tensão entre coletor e emissor quando base esta ligada ao emissor.

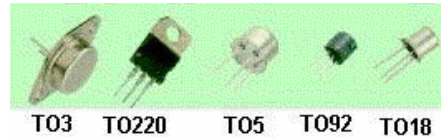
Tabela

Material	V_{BEsat} uração	V_{CEsat} ção	V_{BEativ} o	$V_{BElimia}$ r	V_{BEcort} e
Silicio	0,8	0,2	0,7	0,5	0,0
Germanio	0,2	0,1	0,5	0,1	-0,1

Classificação de transistores

São classificados como transistores de baixa, média e alta potência.

Invólucro dos transistores (pattern)



Devido ao calor produzido o transistor e outro componente são produzidos em diversos **formatos** (chamados invólucros ou encapsulamento), para sua instalação em dissipadores de calor. OS transistores usam os: SOT 37, SOT 3, TO 39, SOT 9, TO 3, SOT 18, SOT 32, SOT 82, SOT 93, entre outros.

Tabelas de transistores

Apresentam as seguintes especificações:

- **Tipo:** é o nome do transistor
- **Pol:** polarização; N quer dizer NPN e P significa PNP.
- **VCEO:** tensão entre coletor e emissor com a base aberta.
- **VCER:** tensão entre coletor e emissor com resistor no emissor.
- **IC:** corrente máxima do emissor.
- **PTOT:** É a máxima potência que o transistor pode dissipar.
- **Hfe:** ganho (beta).
- **Ft:** frequência máxima.
- **Encapsulamento:** A maneira como o fabricante encapsulou o transistor nos fornece a identificação dos terminais.

Transistores comerciais

Terms

Number The type number of the device
Case Case style (sub categories are not included)
Pol Polarity - N=NPN P=PNP
Mat Material - G=Germanium S=Silicon
Vce Breakdown voltage; Collector to Emitter
Vcb Breakdown voltage; Collector to Base
IC Collector current (in milliamps)
Vces Saturation voltage (when transistor is fully on with specified current IC) (V)
Hfe Current gain (minimum and maximum are shown at specified current IC)
FT Frequency Transition - the frequency where gain falls to unity MHz
Ptot Total power dissipation in milliwatts (at 25 degrees C)
Use The intended purpose - this is not a specification but a suggestion
S.S. Small Signal
H.F. High Frequency
H.C. High Current
G.P. General Purpose
Sw Switch
O/P Output
V.H.F Very High Frequency

BC108	TO-18	NS	20	30	100	0.2	100	110	800	2	300	10	300	S.S. amp
BC109	TO-18	NS	20	30	100	0.2	100	200	800	2	300	10	300	Low Noise s.s. amp
BC109C	TO-18	NS	20	30	100	0.2	100	420	800	2	300	10	300	Low noise high gain
BC157	SOT-25	PS	45	50	100	0.25	100	75	260	2	150	10	300	S.S. amp
BC158	SOT-25	PS	25	30	100	0.25	100	75	500	2	150	10	300	S.S. amp
BC159	SOT-25	PS	20	25	100	0.25	100	125	500	2	150	10	300	S.S. amp
BC177	TO-18	PS	45	50	100	0.25	100	75	260	2	150	10	300	S.S. amp
BC178	TO-18	PS	25	30	100	0.25	100	75	500	2	150	10	300	S.S. amp
BC179	TO-18	PS	20	25	100	0.25	100	125	500	2	150	10	300	S.S. amp
BC182L	TO-92	NS	50	10	200	0.25	10	100	480	2	150	10	300	S.S. amp
BC183L	TO-92	NS	30	45	200	0.25	10	100	850	2	150	10	300	S.S. amp
BC184L	TO-92	NS	30	45	200	0.25	10	250	850	2	150	10	300	Low noise high gain
BC186	TO-18	PS	25	40	200	0.5	50	40	200	2	50	50	300	G.P. amp
Number	Case	Pol/Mat	Vce	Vcb	IC	Vces	at IC	Min Hfe	Max Hfe	at IC	FT	at IC	Ptot	Suggested Use
BC207	TO-106	NS	45	50	200	0.25	10	110	220	2	150	10	300	S.S. amp
BC208	TO-106	NS	20	25	200	0.25	10	110	800	2	150	10	300	S.S. amp
BC209	TO-106	NS	20	25	200	0.25	10	200	800	2	150	10	300	Low noise high gain
BC212L	TO-92	PS	50	60	200	0.25	10	60	300	2	200	10	300	S.S. amp
BC213L	TO-92	PS	30	45	200	0.25	10	80	400	2	200	10	300	S.S. amp
BC214L	TO-92	PS	30	45	200	0.25	10	80	400	2	200	10	300	S.S. amp
BC327	TO-92	PS	45	0	1000	0.7	500	100	600	100	100	10	800	O/P
BC337	TO-92	NS	45	0	1000	0.7	500	100	600	100	200	10	800	O/P
BC547	SO7-30	NS	45	50	100	0.6	100	110	800	2	300	10	500	S.S. amp
BC548	SO7-30	NS	30	30	100	0.6	100	110	800	2	300	10	500	S.S. amp
BC549	SO7-30	NS	30	30	100	0.6	100	200	800	2	300	10	500	Low noise s. sig
BC549C	SO7-30	NS	30	30	100	0.6	100	420	800	2	300	10	500	Low noise high gain
BC635	TO-92	NS	45	45	1000	0.5	500	40	250	150	130	500	1000	Audio O/P
BC636	TO-92	PS	45	45	1000	0.5	500	40	250	150	130	500	1000	Audio O/P
BC639	TO-92	NS	80	100	1000	0.5	500	40	160	150	130	0	1000	Audio O/P
BC640	TO-92	PS	80	100	1000	0.5	500	40	160	150	130	0	1000	Audio O/P

Identificando os Terminais

A) Meça e as resistências no sentido direto e inverso em todos os terminais até encontrar *um par em que a resistência é alta e igual em ambos os sentidos* (direto e inverso).

B) O terceiro terminal que não foi usado na prova acima é:

- a base: para transistores bipolares
- o gate: para transistores FET
- o emissor: para transistores UJT

C) Os terminais identificados em A são:

- coletor e emissor: para transistores bipolares
- dreno e fonte: para transistores FET
- B1 e B2: para transistores UJT

Os passos seguintes só valem para transistores bipolares:

D) A **resistência entre base e emissor é menor** que entre base e coletor, no entanto esta diferença é muito pequena, use um **multímetro digital** para identificar estes terminais.

E)PNP ou NPN

Pegue um **multímetro digital** e faça as seguintes medições, com a Ponta Vermelha na base:

O transistor é

RBE baixa NPN

RBE alta PNP

Teste de transistor

Fora do circuito

- Coloque o multímetro na escala mais baixa de resistência
- Faça o ajuste de zero do instrumento e faça as seguintes medições de resistência: RBE, RBC, RCE
- Veja um exemplo de medidas colhidas em um transistor. O transistor está com defeito?

Terminais	Resistência direta	Resistência inversa
Coletor - emissor	alto	Alto
Base - emissor	alto	Alto
Base - coletor	baixo	Alto

As resistência altas devem ser superior a 1 mega e as baixas inferior a 5000 ohms.

Para responder a esta pergunta, veja a tabela abaixo:

Junção	Direta	Inversa	Condição
coletor-emissor	alta	alta	bom
coletor-emissor	baixa	baixa	curto
coletor – base	baixa	alta	bom
coletor - base	baixa	baixa	curto
coletor - base	alta	alta	aberto
base - emissor	baixa	alta	bom
base - emissor	baixa	baixa	curto
base - emissor	alta	alta	aberto

No circuito

- Ligue o equipamento
- Coloque o voltímetro na posição DC
- Coloque a ponta de prova preta no terra e com a vermelha meça cada um dos terminais do transistor.

Caso esteja bom vc vai obter o seguinte resultado: **VC > VB > VE** (tensão de coletor maior que a tensão de base que devera ser maior que a tensão de emissor) para transistor NPN.

Teste de Fuga

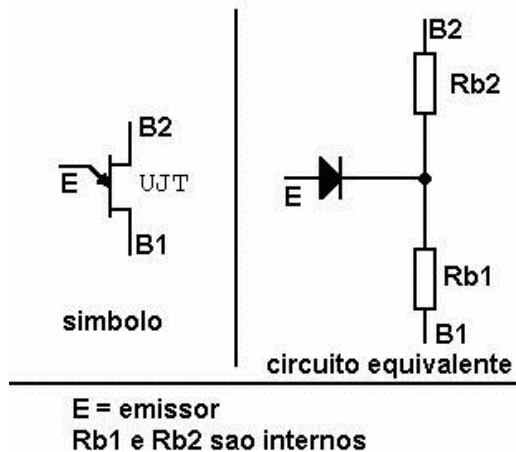
Meça a resistência entre coletor e emissor observando a tabela:

Resultado:

> 10M ohms bom
> 1M <10M fuga
< 1M ohms grande fuga

UJT - Transistor de Unijunção

Seu símbolo e circuito equivalente podem ser vistos abaixo:



Resistência interbases do UJT

Também conhecida como RBB, esta resistência pode ser medida entre os terminais B1 e B2 (sendo constituída da soma de r_{b1} e r_{b2}) esta resistência possui valores entre 4000 e 15K ohms.

Relação Intrínseca do UJT

Representa pela letra n esta relação determina o valor de r_{b1} em relação a RBB sendo dado pelas formulas:

$$n = r_{b1} / RBB \text{ e } V_{rb1} = n * V_{BB}$$

onde:

n = relação intrínseca

r_{b1} = resistor interno da b1

V_{rb1} = tensão do resistor interno da b1

V_{BB} = tensão entre a B1 e B2.

Na verdade a relação intrínseca não é exatamente isso, mas foi a melhor forma que eu consegui pensar para explicar para mais informações consulte um livro.

Tensão de condução

$$V_e = V_{B1} + n * V_{BB}$$

$$V_e = V_{B1} + V_{rb1}$$

UJT Comerciais

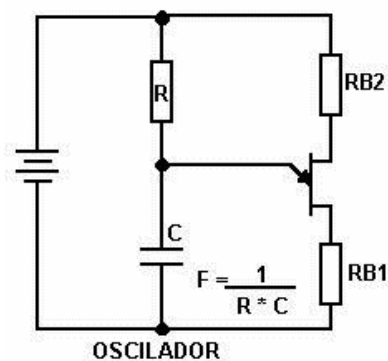
Pegue aqui o datasheet do 2N2646 e do 2N2647. 2N2646.zip

Teste do UJT

- A) Utilize o multímetro na escala de baixas resistências.
- b) A resistência entre B1 e B2 deve ser entre 4K ohms e 10K ohms.
- C) A resistência direta entre o emissor e as bases deve ser baixa e a inversa deve ser alta.
- D) A resistência direta entre o emissor e B2 é menor que entre emissor e B1.

Aplicações

O UJT é usado normalmente em temporizadores e osciladores (veja abaixo):

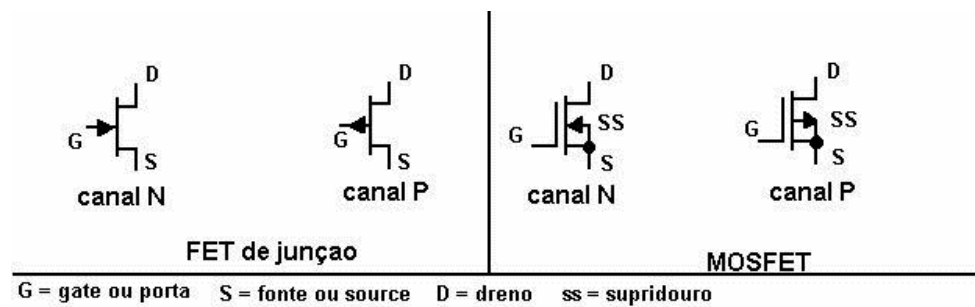


PUT - Transistor de Unijunção Programável

Não possuo informações sobre ele se você tiver, por favor, me envie.

TEC - Transistor de Efeito de Campo

Conhecido como FET do inglês (field effect transistor). Existem dois tipos de FET o fet de junção o JFET e o fet de porta isolada o MOSFET.



Ganho

É expresso por uma grandesa chamada transcondutância, também chamada de g_m que corresponde a relação entre a corrente de dreno e a tensão de porta. A unidade de transcondutância é o A / V (ampères por volts) ou mho ou siemens e seus submúltiplos.

Características do FET

Tamanho menor

Menor corrente de fuga

Maior dissipação de potência

Frequência de trabalho elevada

Alta impedância de entrada (por volta de 1 Teraohms!)

É excitado por tensão

Teste do FET

Com um multímetro digital coloque as pontas de prova no lugar correspondente mostrado entre () na tabela abaixo:

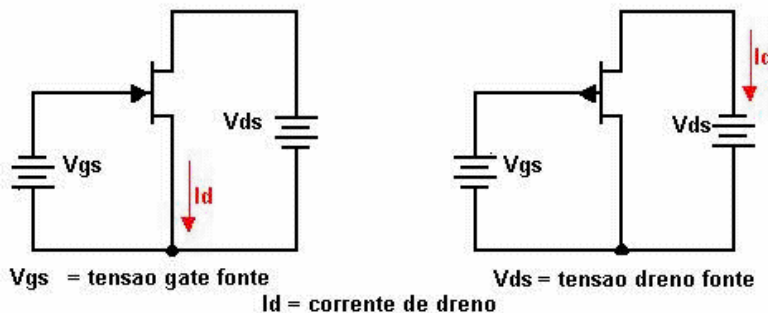
Leitura Condição

D(+) S(-) por volta de 200 ohms

D(-) S(+) por volta de 200 ohms

G(+) S(-) baixa (p/ canal N)

G(-) S(+) baixa (p/ canal P)



Polarização

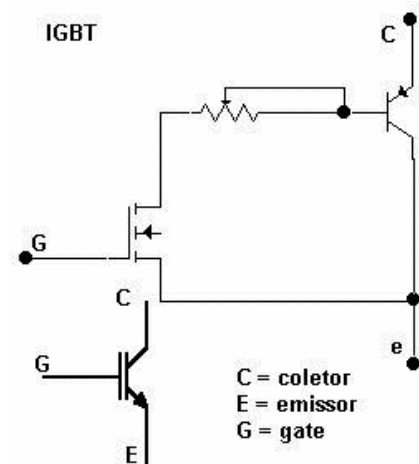
Características do MOSFET

São sensíveis a cargas eletromagnéticas e eletrostáticas podendo ser danificada. Pode controlar a corrente dreno com uma tensão de porta positiva ou negativa. Pode possuir também duas portas para controlar a corrente de dreno. Alguns possuem proteção interna. Mais informações sobre transistores JFET e MOSFET nesta apostila

IGBT - Insulated Gate Bipolar Transistor

O Transistor bipolar de gate isolado foi criado para unir os pontos fortes do transistor bipolar e o FET. O IGBT como o próprio nome diz é um transistor híbrido, isto é o terminal (gate) é isolado do canal principal. Essa é uma característica comum do MOSFET porém

seu canal é concebido como um transistor bipolar, cujos terminais são coletor e emissor. As principais características do IGBT são alta impedância de entrada e capacidade de trabalho com grandes potências em frequência elevada. Para mais informações, leia este texto do site da Universidade Federal do Rio de Janeiro clicando [AQUI](#)



Código dos Transistores

Atenção o texto abaixo foi tirado do site Transistor info (original em inglês) todos os direitos reservados.

Tipo 1 - Joint Electron Device Engineering Council (JEDEC).

[DÍGITO] [LETRA] [NÚMERO DE SÉRIE] [SUFIXO]

O dígito é sempre um menos o número de terminais do transistor (o autor não tem certeza absoluta disso)

(lembrando que os números 4 e 5 são reservados para optoacopladores)

A letra é sempre N

O número de série varia de 100 a 9999.

O sufixo refere-se a ganho do transistor sendo:

A = baixo ganho

B = médio ganho

C = alto ganho

sem sufixo = ganho não especificado.

Tipo 2 - Japanese Industrial Standard (JIS).

[DÍGITO] [1 LETRA] [2 LETRA] [NÚMERO DE SÉRIE] [SUFIXO]

Novamente o dígito é um menos o número de pernas.

As letras indicam o tipo e a polarização:

SA: PNP transistor de HF SB: PNP transistor de AF
SC: NPN transistor de HF SD: NPN transistor de AF
SE: Diodos SF: Tiristores
SG: Gunn device SH: UJT
SJ: P-canal FET/MOSFET SK: N-canal FET/MOSFET
SM: Triac SQ: LED
SR: Retificador SS: Diodos de sinal
ST: Diodos de avalanche SV: Varicaps
SZ: Diodos Zener

O numero de série varia de 10 a 9999.

O sufixo (quando tem) indica se o transistor é aprovado para uso por varias organizações japonesas.

NOTA: Como o código para transistores sempre começa com 2S, as vezes ele é omitido, por exemplo , uns 2SC733 são marcados como C733.

Tipo 3 - **Pro-electron**.

[1 LETRA] [2 LETRA] [3 LETRA] [NUMERO DE SERIE] [SUFIXO]

A primeira letra indica o material

A = Germanio

B = Silicio

C = GaAs

R = combinação de materiais

É desnecessário dizer que a maioria dos transistores começam com um B.

A segunda letra indica a aplicação do dispositivo

A: Diodo de RF

B: Variac

C: Transistor, AF, pequeno sinal

D: Transistor, AF, potencia

E: Diodo de túnel

F: transistor, HF, pequeno sinal

K: Dispositivo de efeito hall

L: Transistor, HF, alta potencia

N: Optoacoplador

P: Dispositivo sensível a radiação

Q: Radiation producing device

R: Tiristor, baixa potencia

T: Tiristor, alta potencia

U: Transistor, alta potencia,

Y: Retificador

Z: Zener, ou diodo regulador de voltagem

A terceira letra indica que dispositivo do é planejado para uso profissional ou industrial em lugar de aplicações comerciais. Normalmente esta letra é W,X,Y ou Z.

O número de série vai de 100 a9999. O sufixo indica o agrupamento de ganho, como no tipo 1 - JEDEC.

Prefixos

Alguns fabricantes introduzem no código dos transistores seus próprios códigos por razões comerciais ou para enfatizar alguma aplicação especial, os prefixos principais usados são:

MJ: Motorola power, encapsulamento de metal

MJE: Motorola power, encapsulamento plástico

MPS: Motorola baixa potencia, encapsulamento plástico

MRF: Motorola HF, VHF and microwave transistor

RCA: RCA

RCS: RCS

TIP: Texas Instruments transistor de potencia (encapsulamento plástico)

TIPL: TI planar transistor de potencia

TIS: TI transistor de baixo sinal (encapsulamento plástico)

ZT: Ferranti

ZTX: Ferranti

Bibliografia

Revista saber eletrônica consulte-a para saber mais.

Apostila do Instituto Padre Reus.

Revista Radio e TV.

Livro Eletrônica do Malvino.

<http://www.ilton.tk>