CHAPTER 5

Aula 19:

Transistores Bipolares de Junção (TBJs), Estruturas, Símbolos, Modos de Operação e o Princípio de Operação do TBJ no modo Ativo (p.235-238)

Eletrônica I – PSI3321

Programação para a Segunda Prova

10ª	07/04	Circuito retificador em ponte. Circuito retificador de meia onda com o capacitor de filtro.	Sedra, Cap. 3 p. 109-111	
12ª	02/05	Retificador de onda completa com capacitor de filtro, superdiodo. Exercícios (exemplo 3.9).	Sedra, Cap. 3 p. 112-115	Teste 06 9h20-9h35
13ª	05/05	Circuitos limitadores, circuitos grampeadores, dobrador de tensão, exercícios: 3.27, 3.28.	Sedra, Cap. 3 p. 115-118	
14ª	09/05	Conceitos básicos de dispositivos semicondutores: silício dopado, mecanismos de condução (difusão e deriva), exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 117-121	Teste 07 9h20-9h35
15ª	12/05	Modelos de cargas, junção pn na condição de circuito aberto, potencial interno da junção, junção pn polarizada, exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 121-126	
16ª	16/05	Distribuição de portadores minoritários na junção pn diretamente polarizada. Dedução elementar da equação de corrente na junção pn, exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 127-128	Teste 08 9h20-9h35
17ª	19/05	Capacitância de difusão, largura da região de depleção da junção pn polarizada, capacitância de depleção. a junção pn na região de ruptura (efeito zener e efeito avalanche), exercícios.	Sedra, Cap. 3 p. 124-125	
18ª	23/05	A junção pn na região de ruptura (efeito zener e efeito avalanche), exercícios	Sedra, Cap. 3 p. 128-129	Teste 09 9h20-9h35
19ª	26/05	Estruturas e símbolos dos transistores bipolares de junção, definição dos modos de operação (corte, ativo, saturação) do TBJ, operação do transistor npn no modo ativo (polarização e distribuição de portadores minoritários).	Sedra, Cap. 5 p. 235-238	
20ª	30/05	Equações das correntes no transistor (definição do ganho de corrente em emissor comum - β - e do ganho de corrente em base comum - α), modelos de circuitos equivalentes para grandes sinais do transistor npn operando no modo ativo, exercícios.	Sedra, Cap. 5 p. 239-243.	Teste 10 9h20-9h35

Eletrônica I – PSI3321

Programação para a Segunda Prova (cont.)

21ª 02/06	Análise cc de circuitos com transistores, exercícios selecionados: 5.1, 5.4, 5.10.	Sedra, Cap. 5 p. 246 + 264-269	
22ª 06/06	O TBJ como amplificador para pequenos sinais (as condições c.c., a corrente de coletor e a transcondutância)	Sedra, Cap. 5, p. 263-264; p. 275-276.	Teste 11 9h20-9h35
23ª 09/06	A corrente de base e a resistência de entrada da base, a resistência de entrada do emissor. Ganho de tensão, Exemplo 5.38, modelos equivalentes (modelos π-híbrido e T)	Sedra, Cap. 5, p. 276-279	
24ª 13/06	Aplicação dos modelos equivalentes para pequenos sinais, Efeito Early. O amplificador emissor comum (EC) - Exercício 5.43	Sedra, Cap. 5 p. 290-293	Teste 12 9h20-9h35
25ª 20/06	O amplificador emissor comum com resistência de emissor	Sedra, Cap. 5 p.293-295	Teste 13 9h20-9h35
26ª 23/06	O amplificador base comum (BC)	Sedra, Cap. 5 p. 296-297	
27ª 27/06	O amplificador coletor comum (CC)	Sedra, Cap. 5 p. 297-302	Teste 14 9h20-9h35
28ª 30/06	Aula de Exercícios		
2ª. Semana de Provas (01/07 a 07/07/2017) Data: xx/xx/2017 (xxxx-feira) – Horário: xx:xxhs			

19ª Aula:
O Transistor Bipolar de Junção

Ao final desta aula você deverá estar apto a:

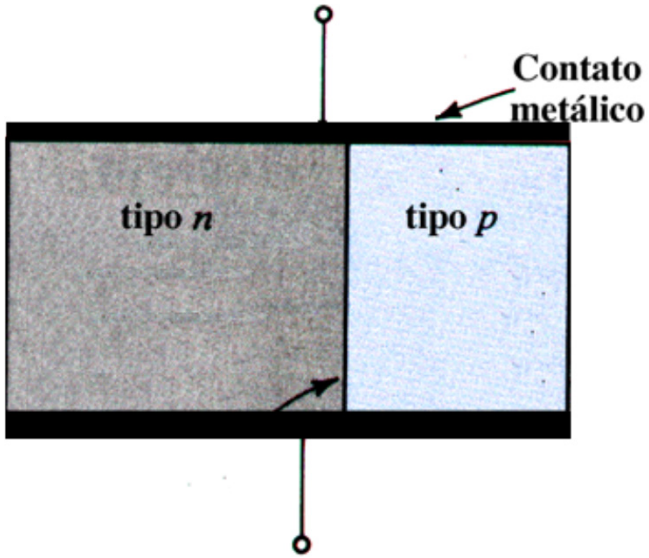
-Contar um pouco da história do transistor bipolar de junção (TBJ)

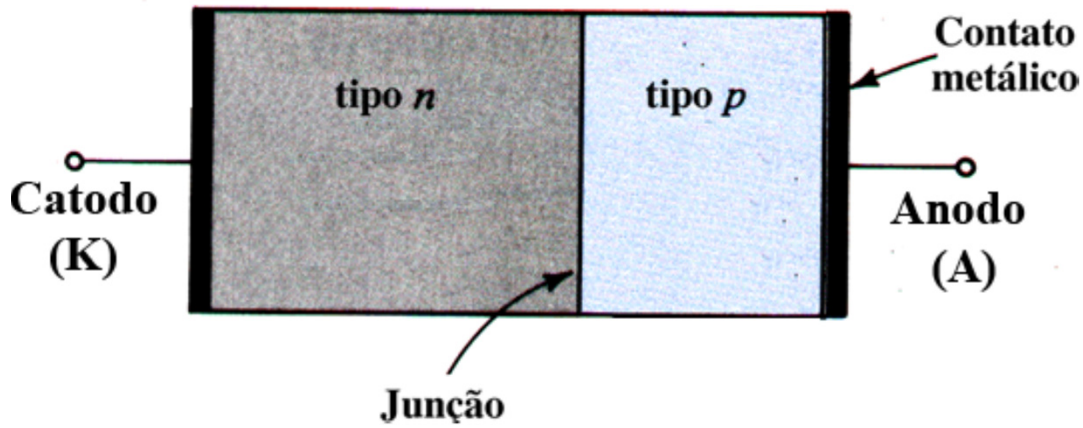
-Mostrar o fluxo de portadores no TBJ a partir do seu conhecimento de junções pn

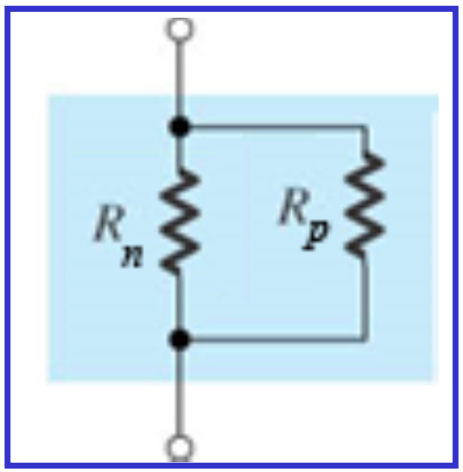
-Determinar as expressões para as correntes no TBJ

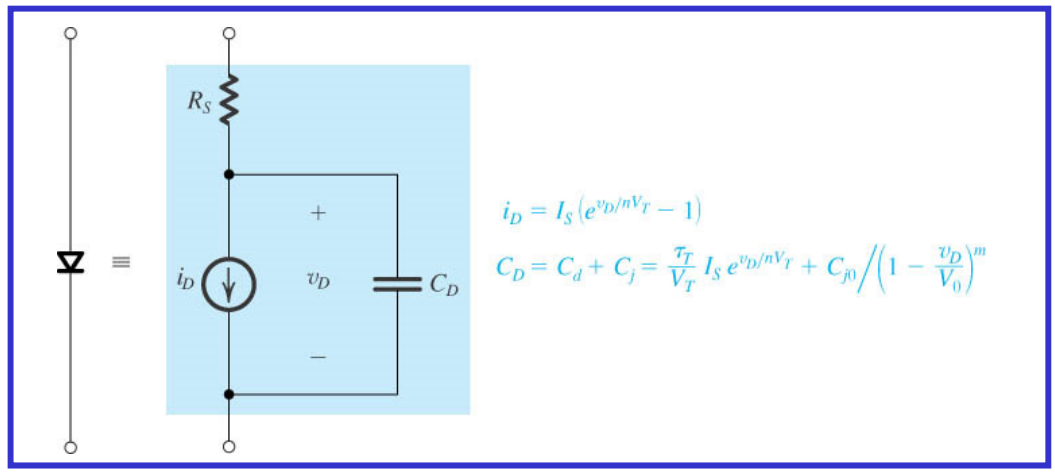
-Criar um modelo para o TBJ

Até agora vimos que

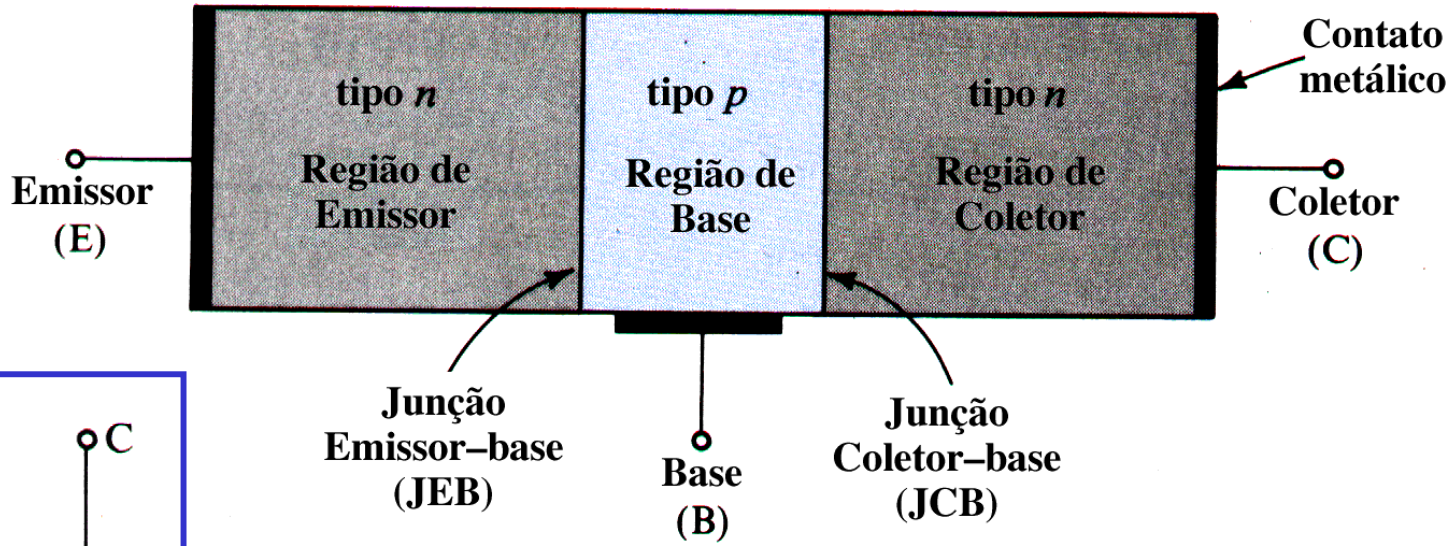


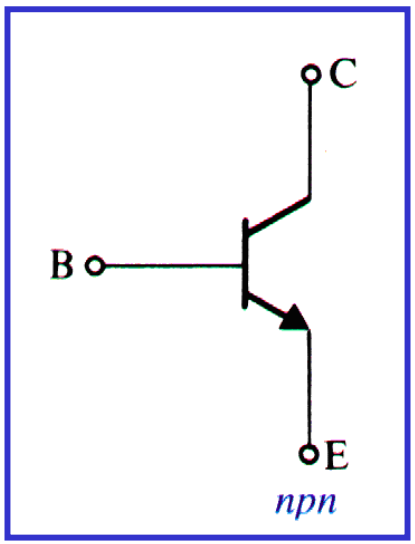




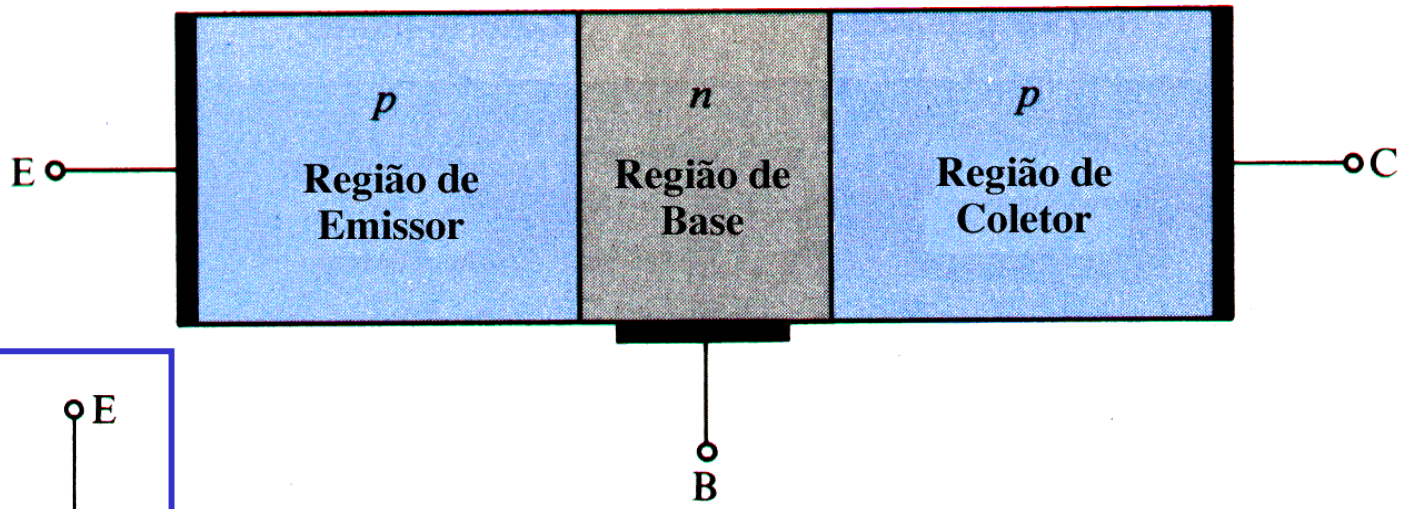


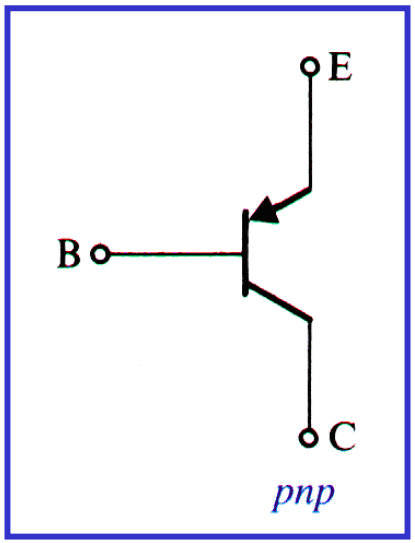
O Transistor Bipolar de Junção (npn)





O Transistor Bipolar de Junção (pnp)

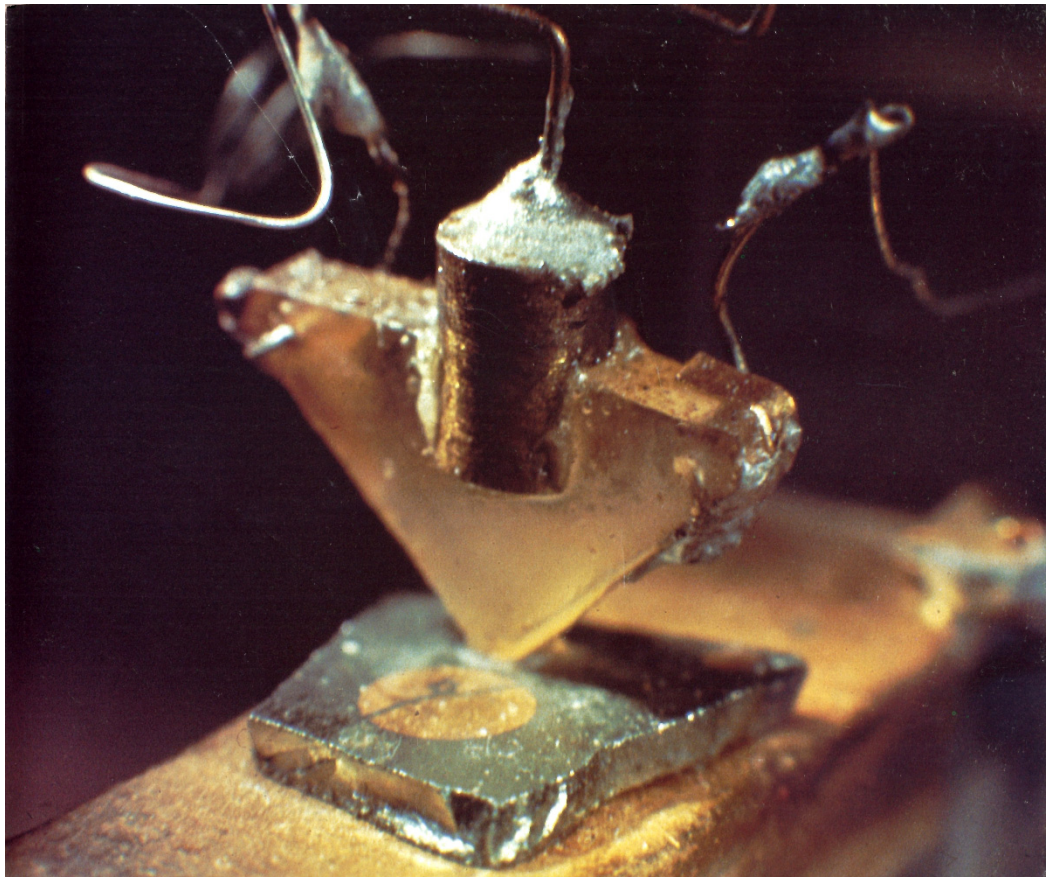




O Nascimento da Eletrônica Moderna

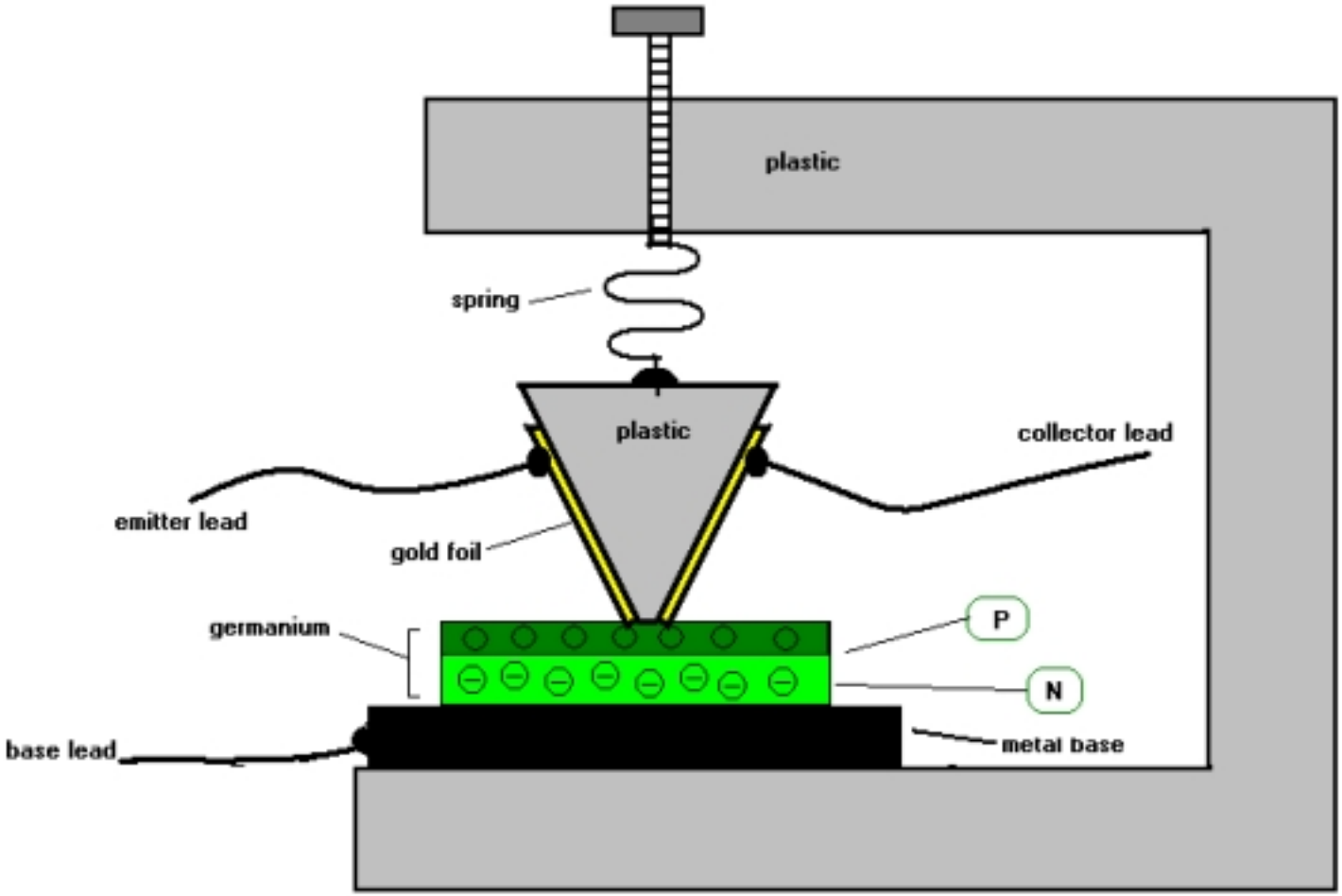
O Primeiro Transistor Bipolar de Contato (1947)

(Brattain, Bardeen e Shockley)



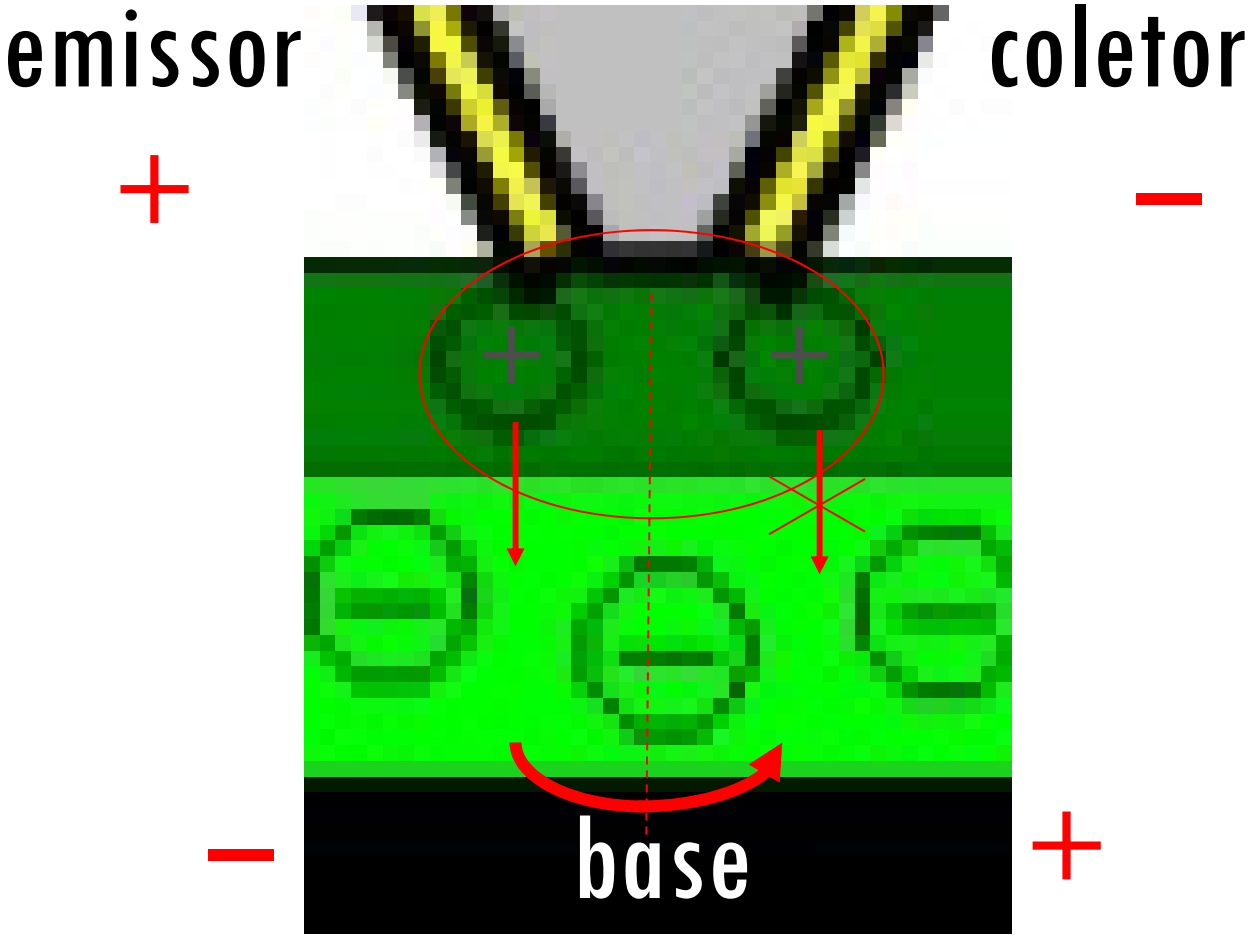
O Transistor Bipolar de Contato

(Brattain, Bardeen e Shockley)



O Transistor Bipolar de Contato

(Brattain, Bardeen e Shockley)



O Transistor Bipolar de Contato

(Brattain, Bardeen e Shockley)

DATE Dec 24 1947
CASE No. 38139-7

We obtained the following A. C. values at 1000 cycles.

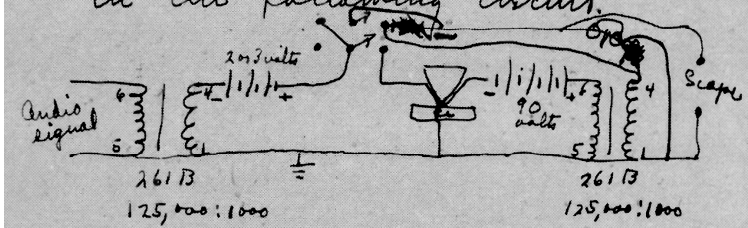
$E_g = .010$ R.M.S. volts $E_p = 1.5$ R.M.S volts

$P_g = 5.4 \times 10^{-7}$ watts $P_p = 2.25 \times 10^{-5}$

Voltage gain 100 Power gain 40

Current loss $\frac{1}{2.5}$

This unit was then connected in the following circuit.



This circuit was actually spoken over and by switching the device in and out a distinct gain in speech level could be heard and seen on the scope presentation with no noticeable change in quality. By measurements at a fixed frequency

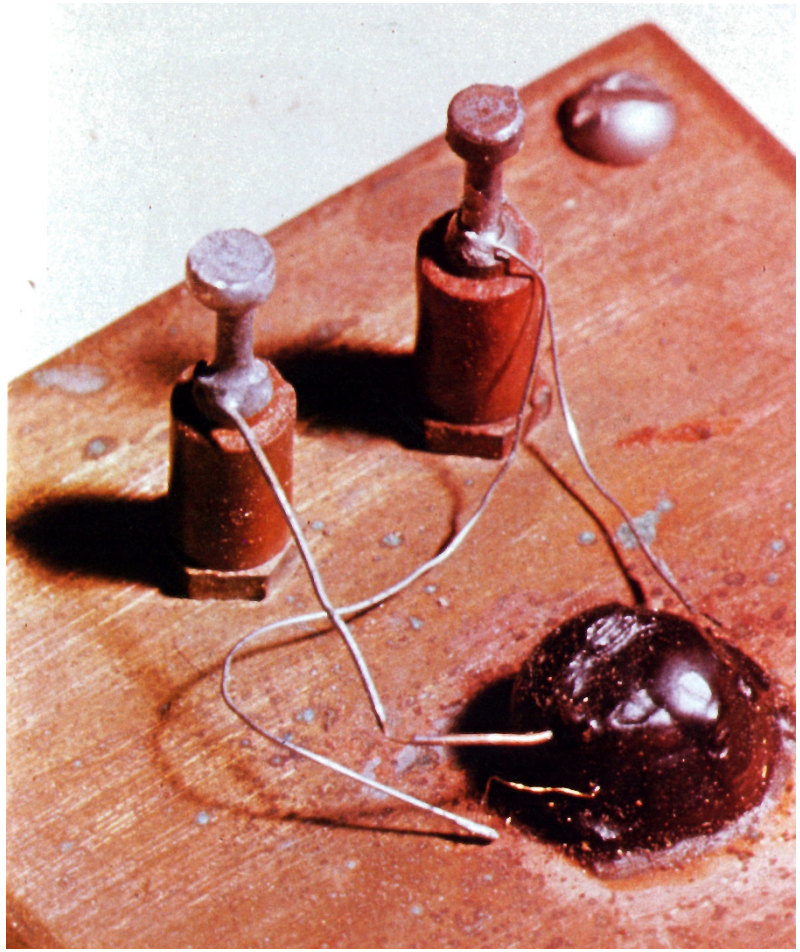
DATE Dec 24 1947
CASE No. 38139-7

in it was determined that the power gain was the order of a factor of 18 or greater. Various people witnessed this test and entered (were present) of whom same were the following R.B. Gibney, H. R. Moore, J. Bardeen G.L. Pearson, W Shockley, H. Fletcher R. Brown. Mrs. N.B. Moore assisted in setting up the circuit and the demonstration occured on the afternoon of Dec 23 1947

Read & understood by
G.L. Pearson Dec 24, 1947
H.R. Moore Dec 29, 1947

O Primeiro Transistor de Junção

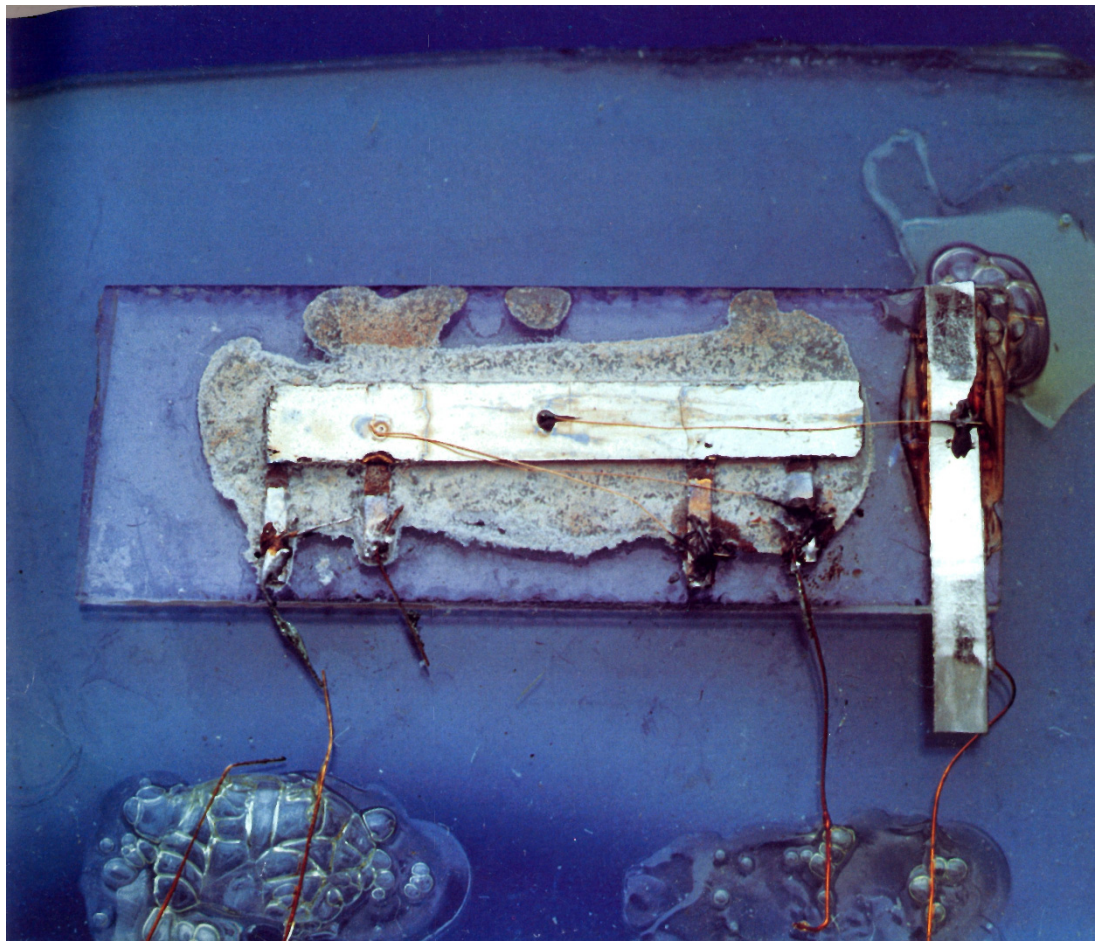
1950 (Bell Labs)



A Revolução em Miniatura Começa

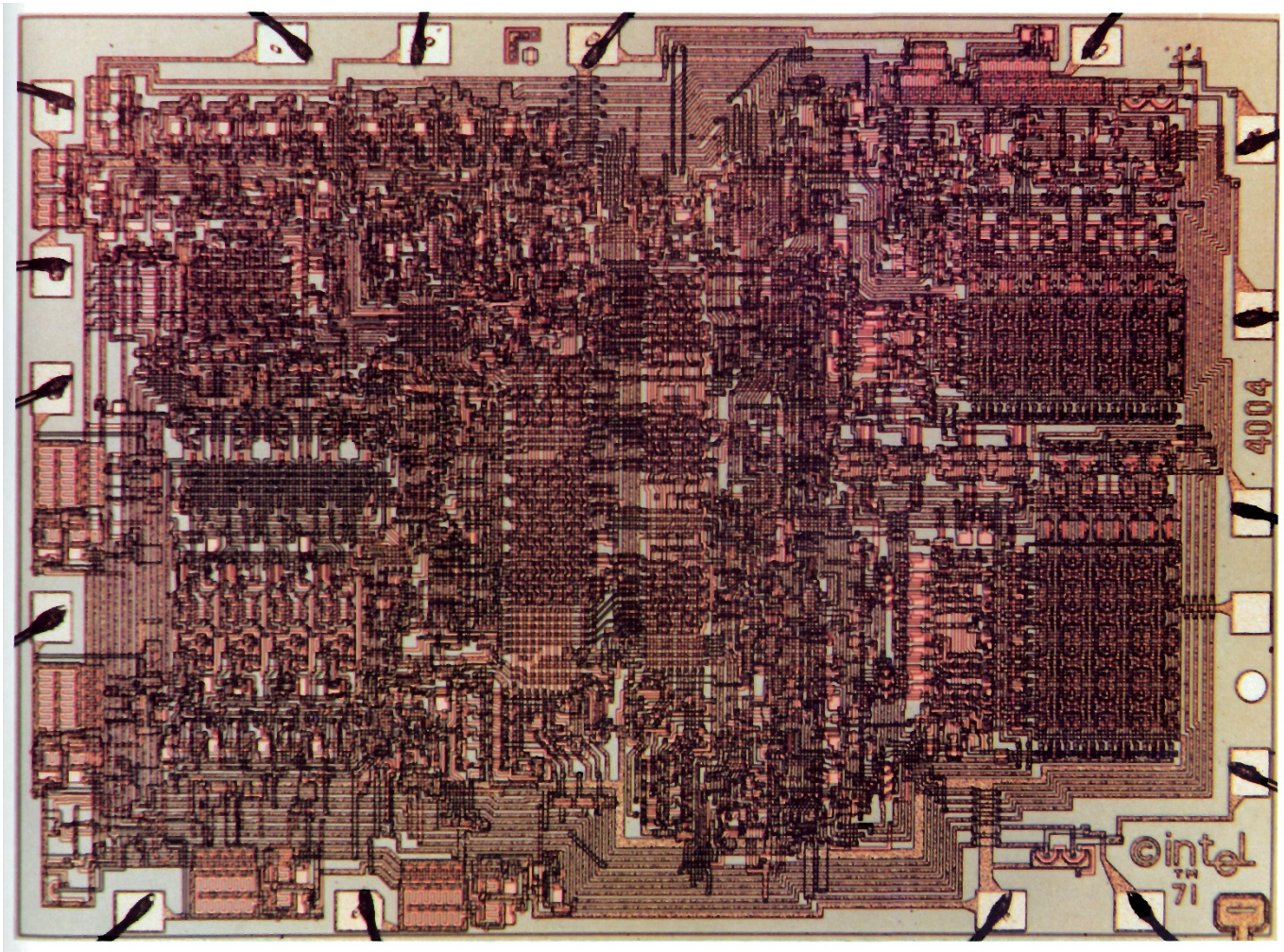
O Primeiro CI

Jack Kilby, Texas Instruments (1958)



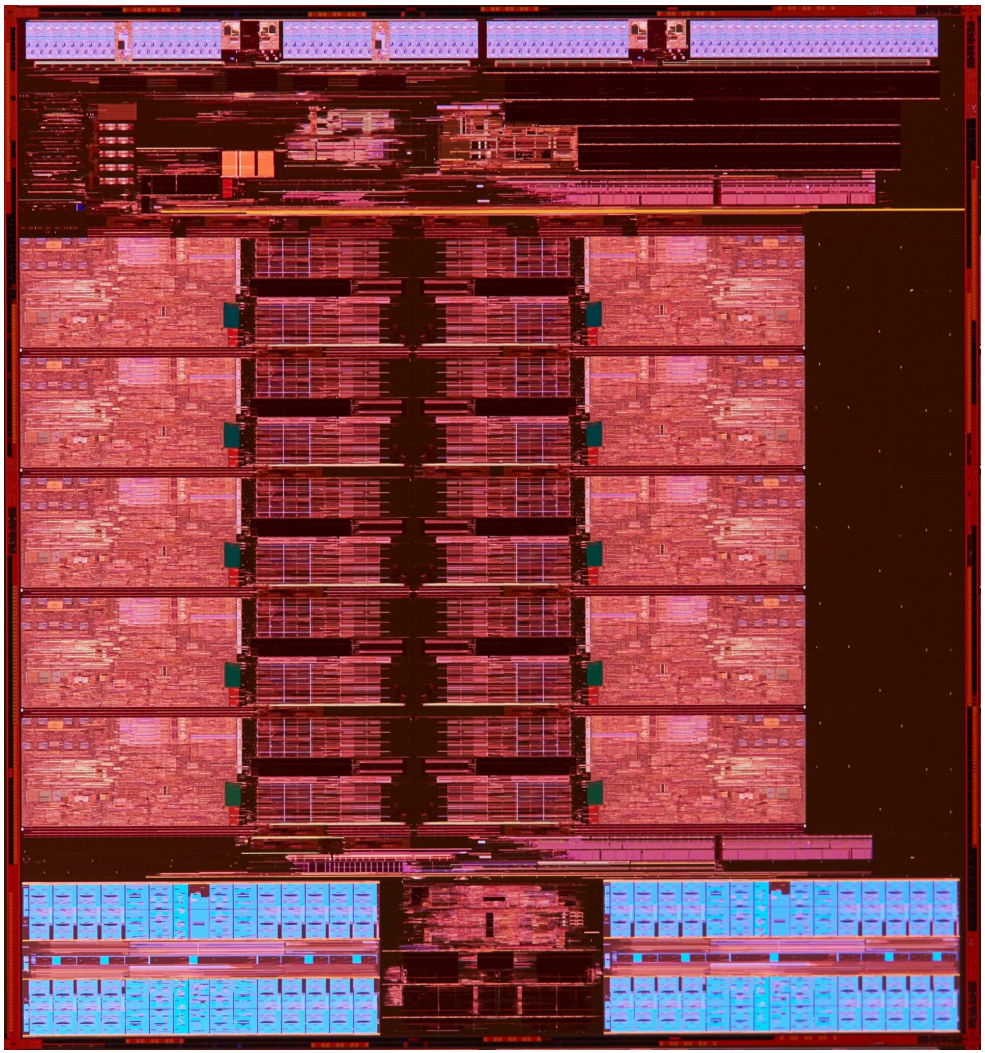
O Primeiro Processador

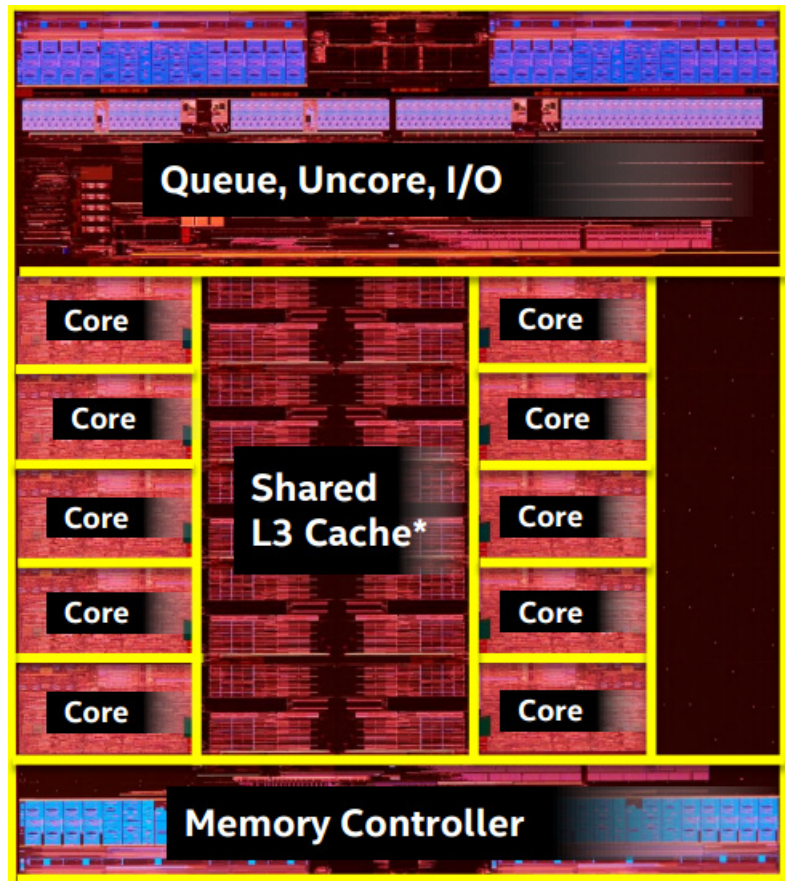
Intel 4004 (1971) — A Guerra das Calculadoras



O Processador Intel Broadwell-E

Intel Core i7 6950X (2017) – A Guerra das Games

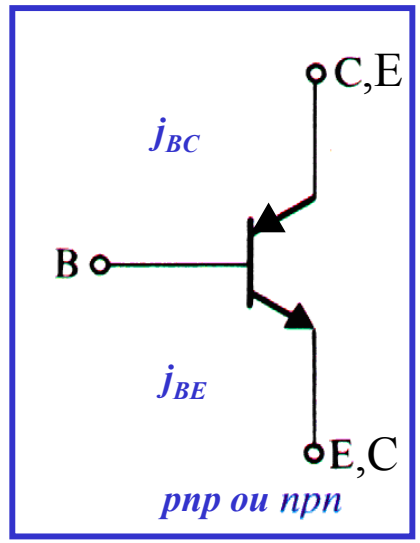




Modos de Operação

Tabela 4.1 MODOS DE OPERAÇÃO DO TBJ.

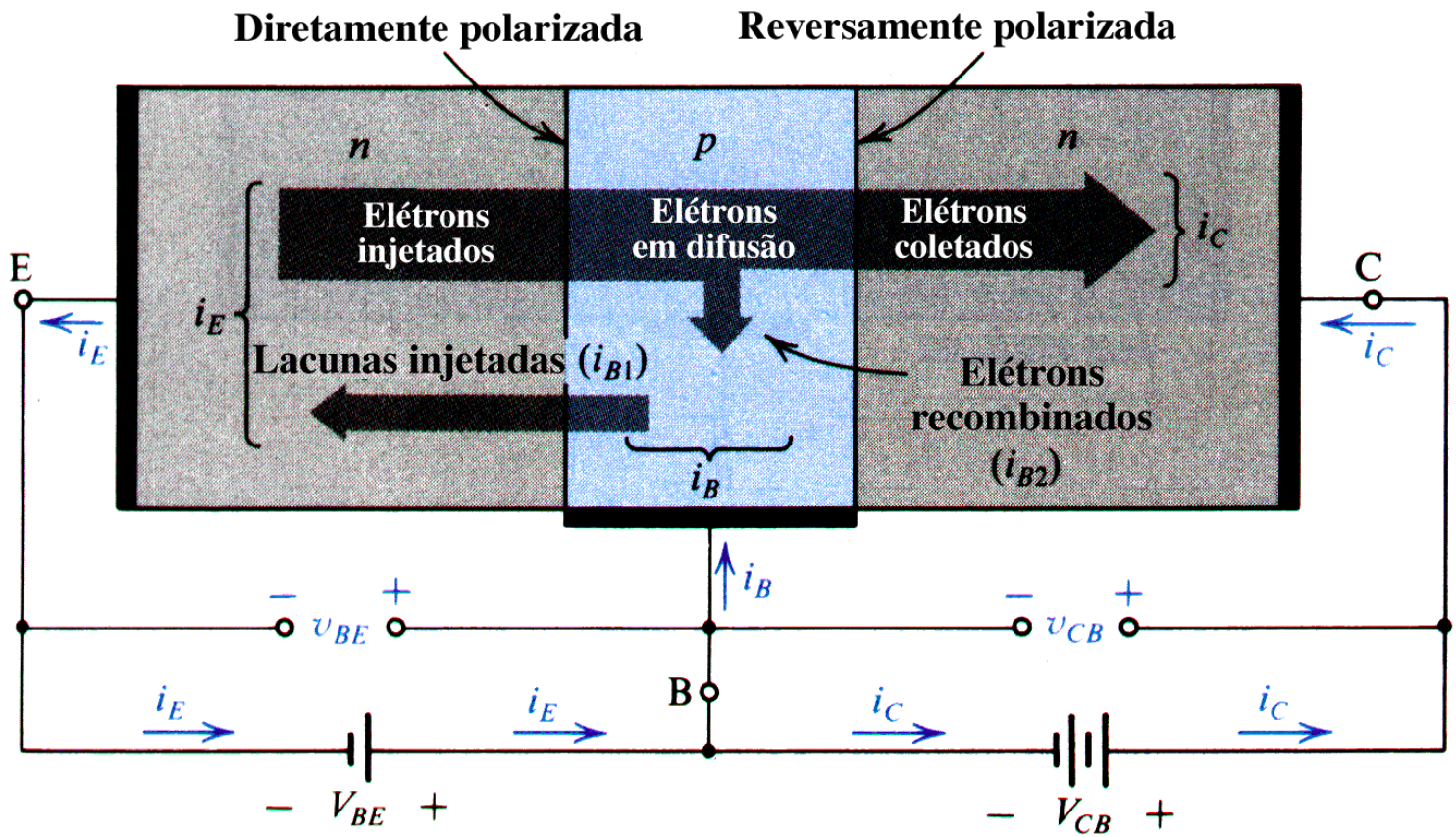
Modo	JEB	JBC
Corte	Reversa	Reversa
Ativo	Direta	Reversa
Saturação	Direta	Direta
Ativo Reverso	Reversa	Direta



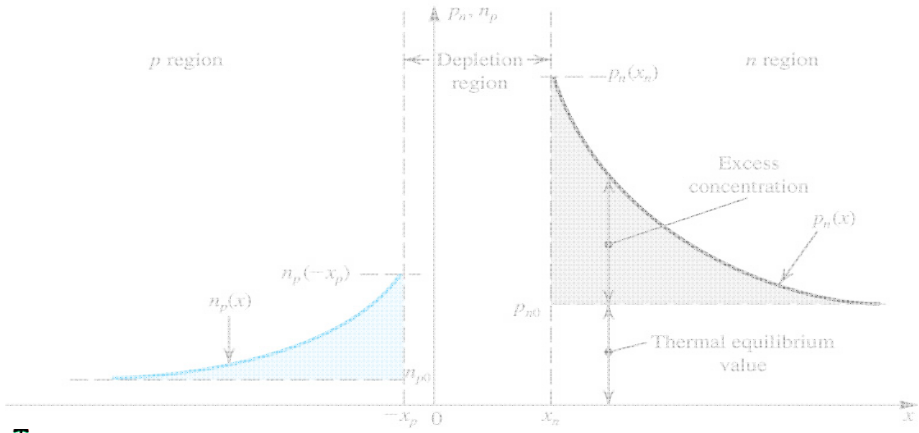
INDEPENDE SE NPN OU PNP!!!

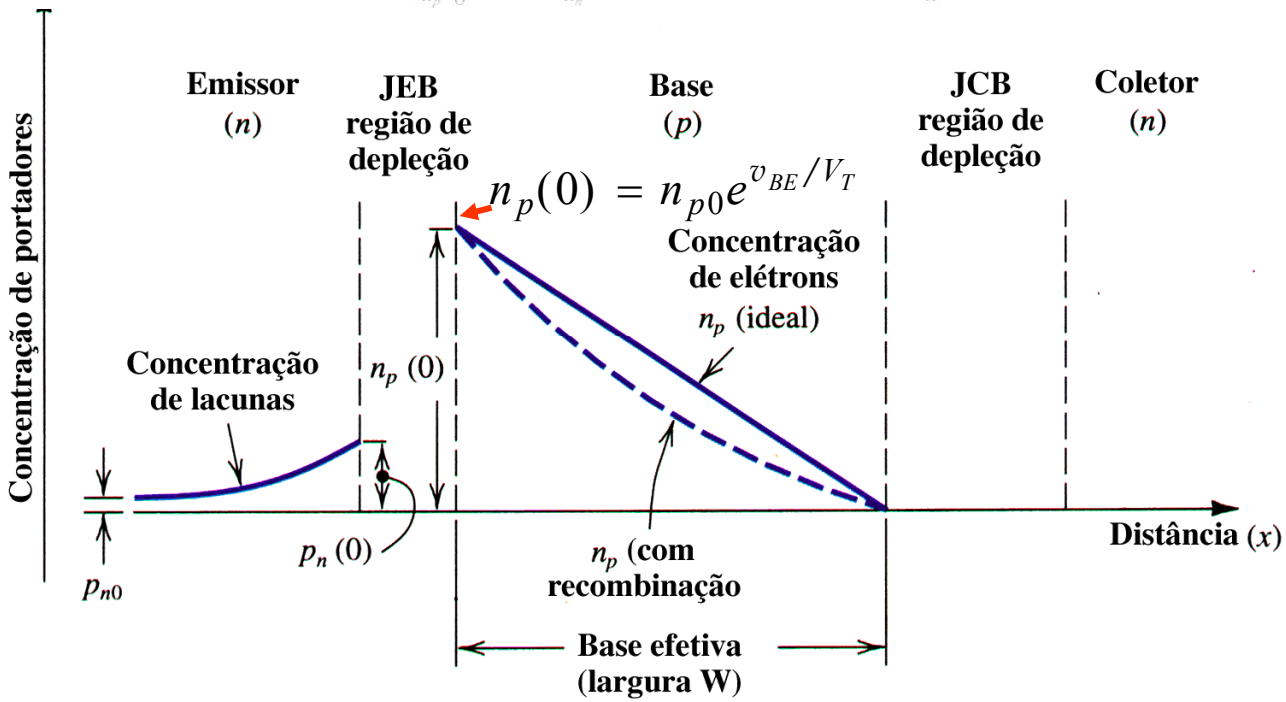
O Transistor Bipolar

j_{BE} dir. pol. e j_{BC} rev. pol. (modo ativo)



A distribuição de portadores minoritários

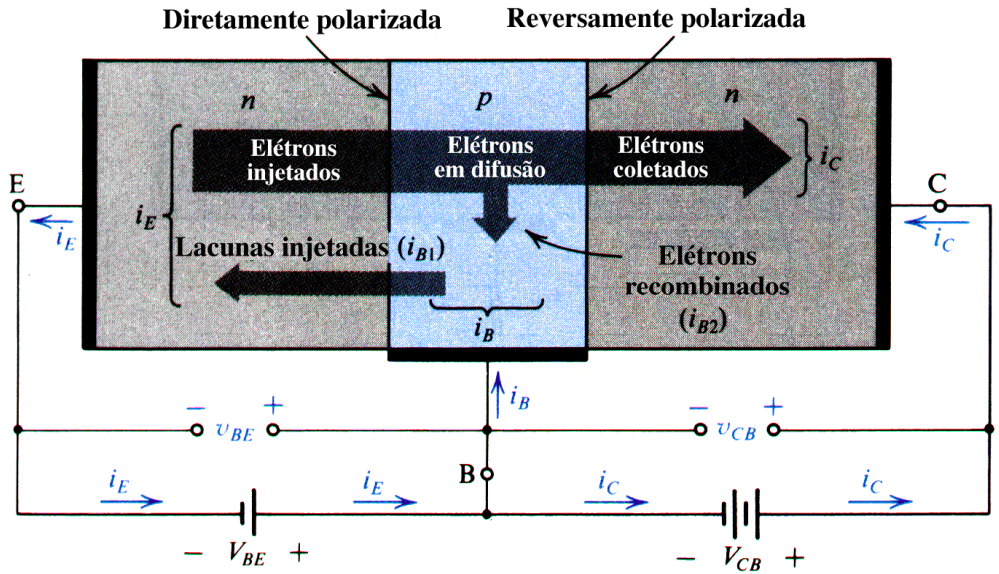


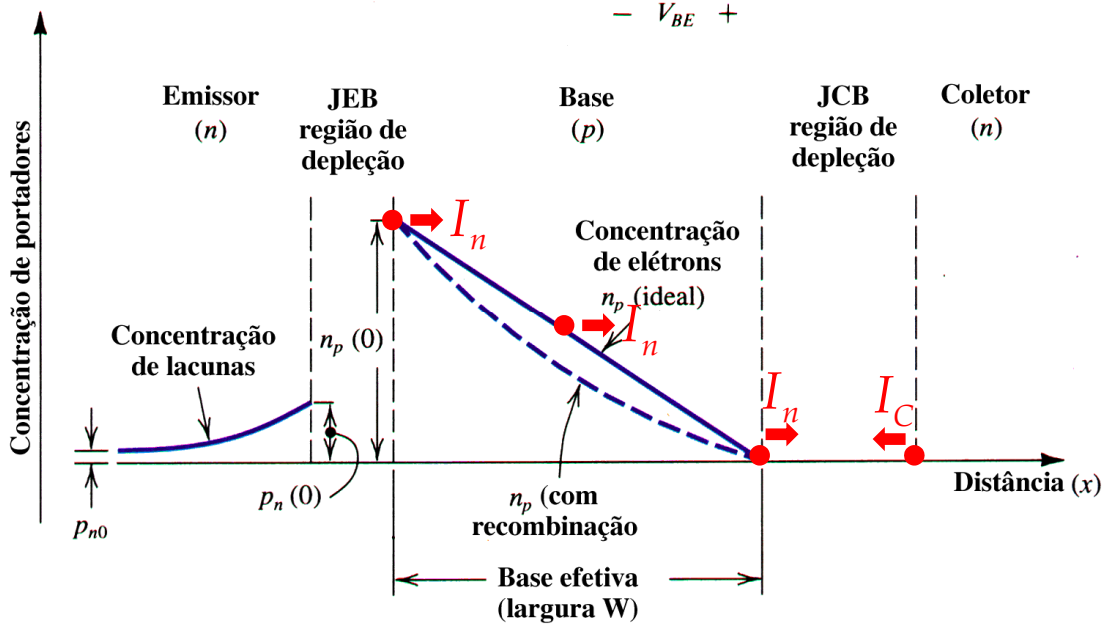


$$I_n = A_E q D_n \frac{dn_p(x)}{dx}$$

$$= A_E q D_n \left(- \frac{n_p(0)}{W} \right)$$

A corrente no coletor

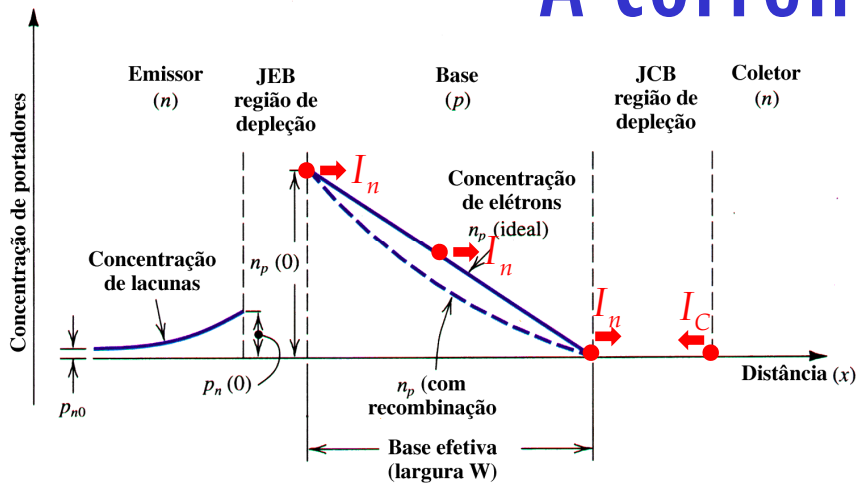




$$I_n = A_E q D_n \frac{dn_p(x)}{dx}$$

$$= A_E q D_n \left(- \frac{n_p(0)}{W} \right)$$

A corrente no coletor



$$n_p(0) = n_{p0} e^{v_{BE}/V_T}$$

$$I_n = A_E q D_n \frac{dn_p(x)}{dx}$$

$$= A_E q D_n \left(-\frac{n_p(0)}{W} \right)$$

$$I_n = A_E q D_n \frac{dn_p(x)}{dx} = A_E q D_n \left(-\frac{n_p(0)}{W} \right)$$

$$= A_E q D_n \left(-\frac{n_{p0} e^{v_{BE}/V_T}}{W} \right)$$

$$I_C = -I_n = A_E q D_n \left(\frac{n_{p0} e^{v_{BE}/V_T}}{W} \right)$$

$$= \frac{A_E q D_n n_{p0}}{W} e^{v_{BE}/V_T} = \frac{A_E q D_n n_i^2}{N_A W} e^{v_{BE}/V_T}$$

$$= I_S \, e^{v_{BE}/V_T}$$ sendo I_S a corrente de saturação

lembrem, no diodo

$$I_S = Aqn_i^2 \left(\frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right)$$

$$i_C = I_S e^{v_{BE}/V_T}$$

- É um diodo?
- Não é um diodo?