

## CHAPTER 5

# Aula 18:

**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

10 <sup>a</sup>	07/04	Circuito retificador em ponte. Circuito retificador de meia onda com o capacitor de filtro.	Sedra, Cap. 3 p. 109-111	
13 <sup>a</sup>	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
14 <sup>a</sup>	05/05	Circuitos limitadores, circuitos grampeadores, dobrador de tensão, exercícios: 3.27, 3.28.	Sedra, Cap. 3 p. 115-118	
15 <sup>a</sup>	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
16 <sup>a</sup>	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	
17 <sup>a</sup>	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
18 <sup>a</sup>	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	
19 <sup>a</sup>	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
1: <sup>a</sup>	27/05	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	
3: <sup>a</sup>	30/05	Equações das correntes no transistor (definição do ganho de corrente em emissor comum - $\beta$ - e do ganho de corrente em base comum - $\alpha$ ), 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

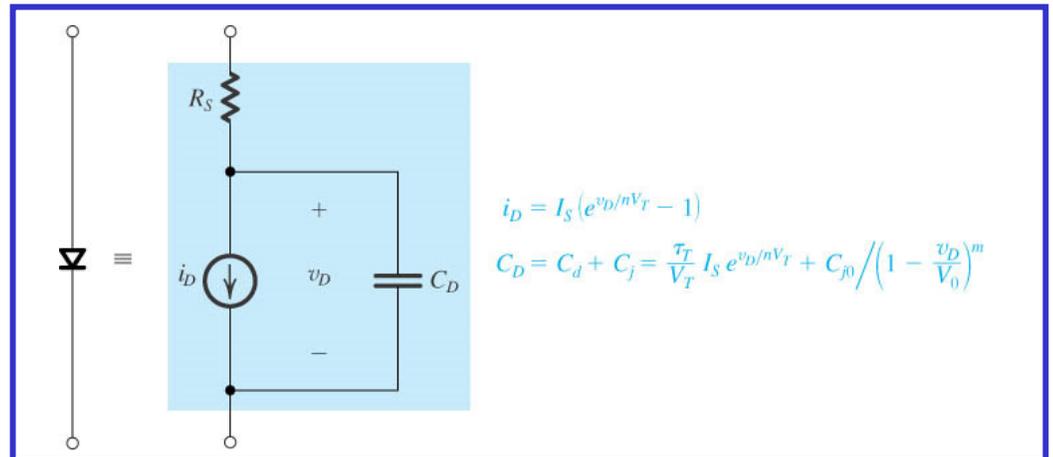
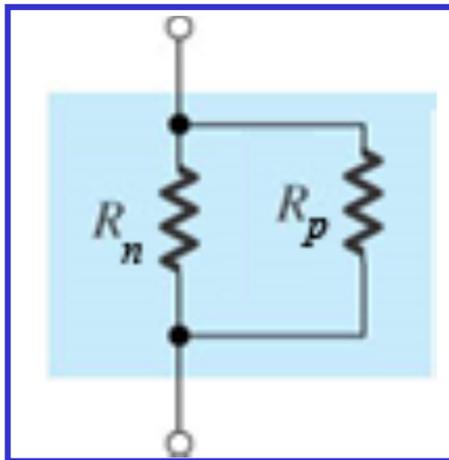
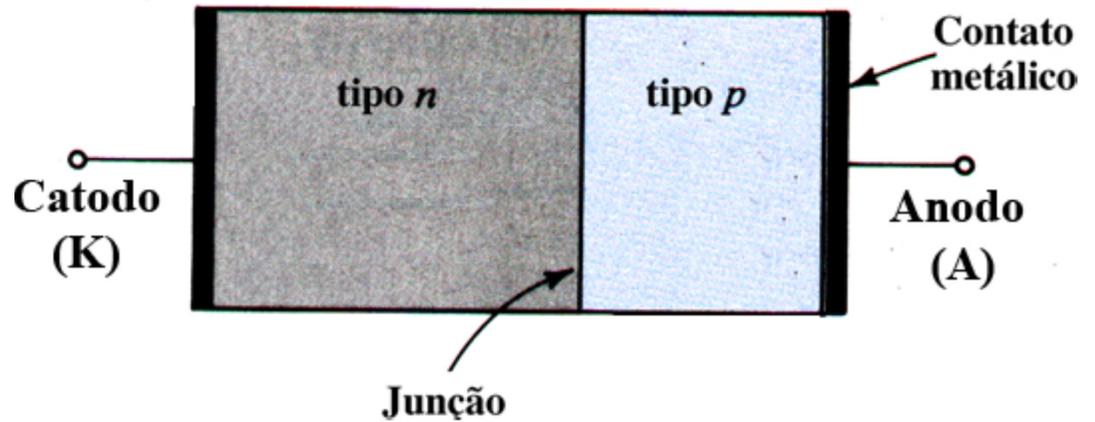
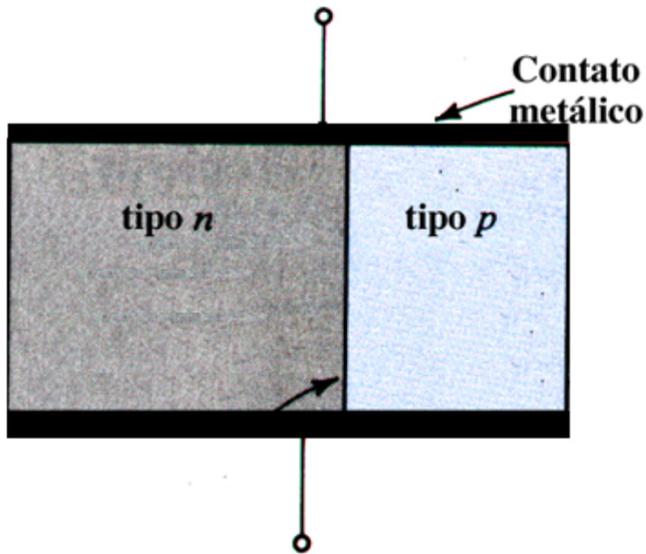
# **18ª Aula:**

## **O Transistor Bipolar de Junção**

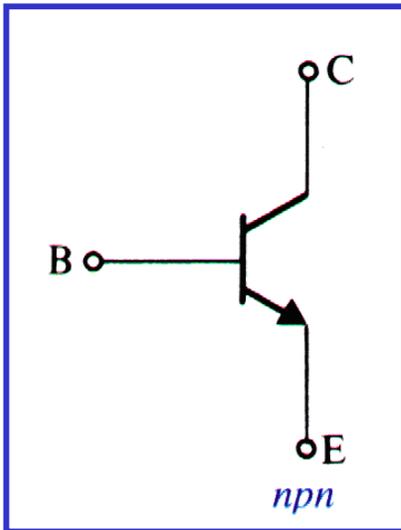
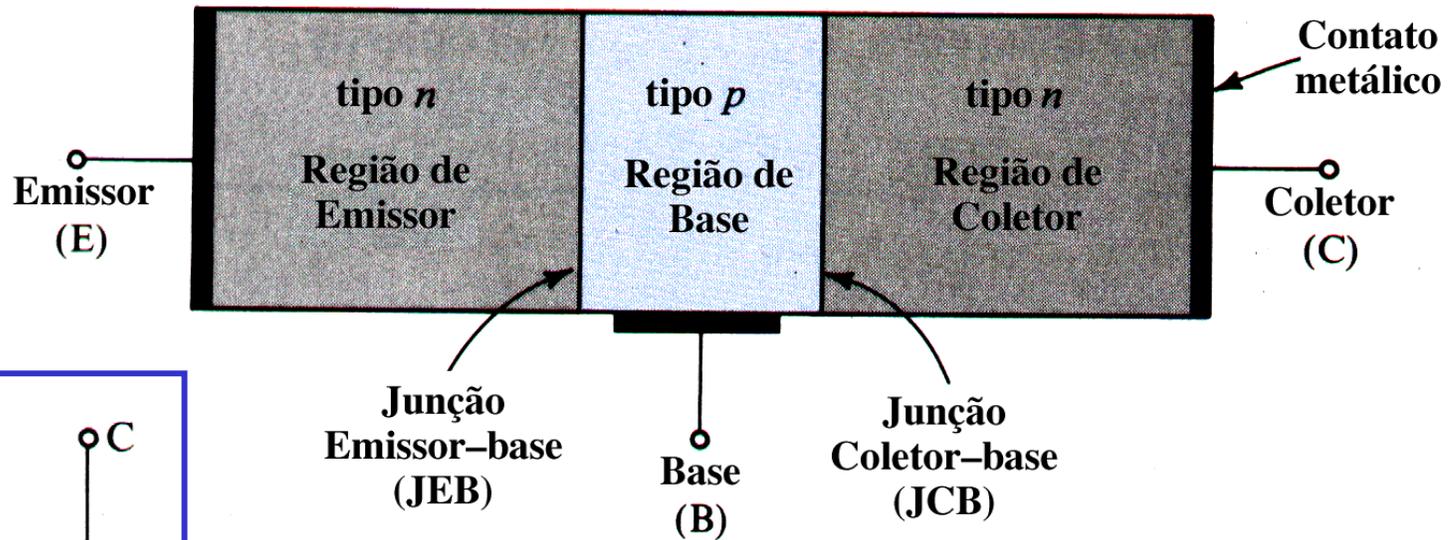
**Ao final desta aula você deverá estar apto a:**

- 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**

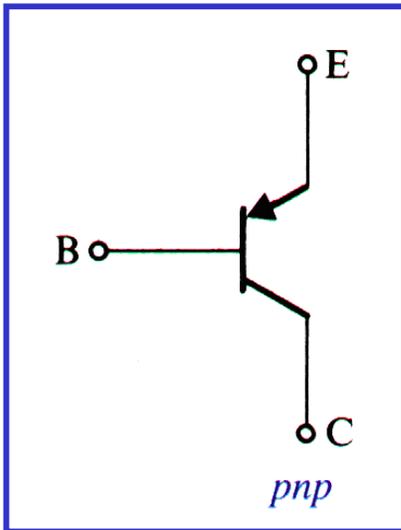
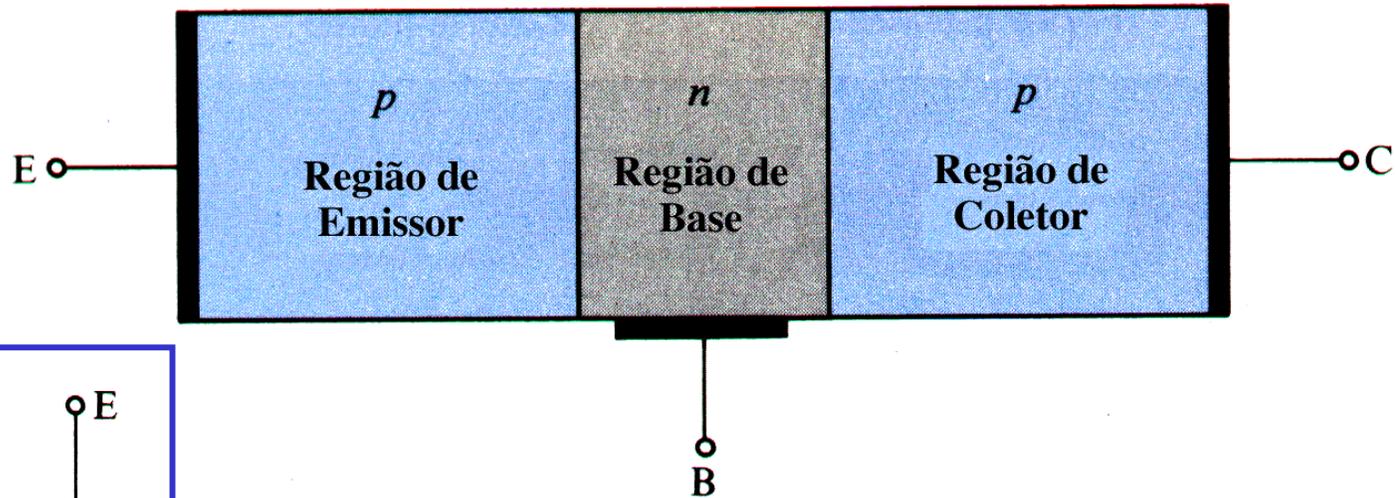
# Até agora vimos que



# O Transistor Bipolar de Junção (npn)



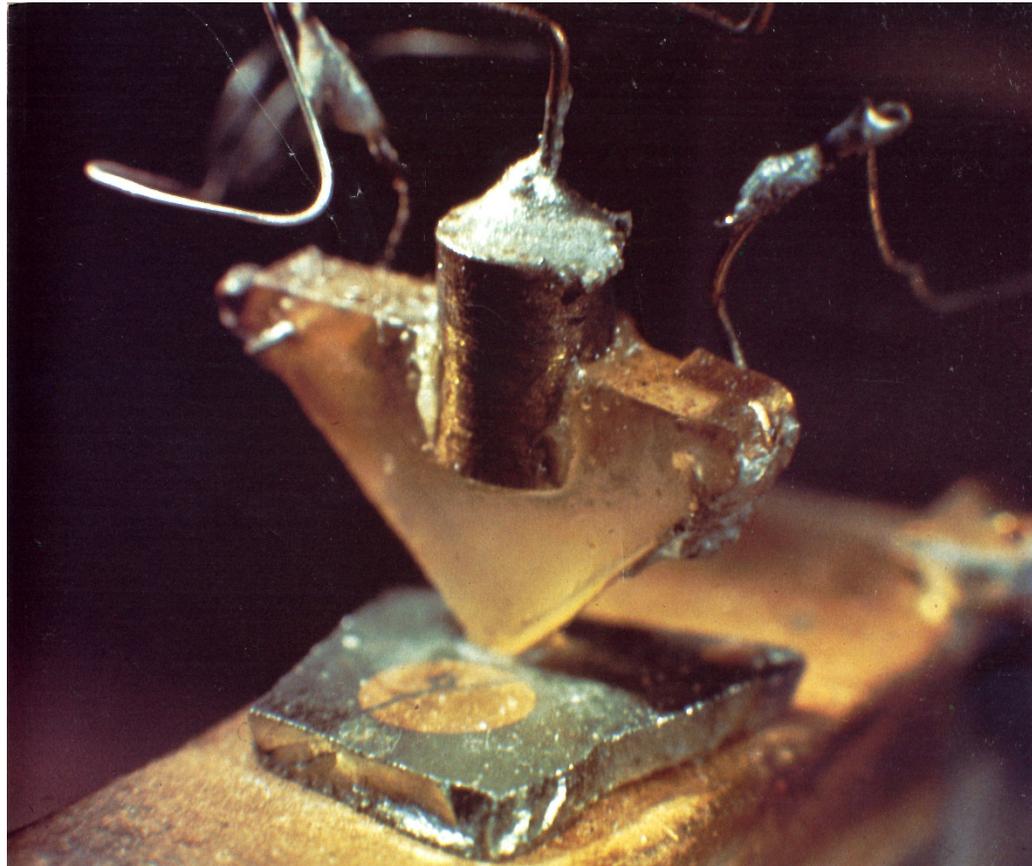
# O Transistor Bipolar de Junção (pnp)



# O Nascimento da Eletrônica Moderna

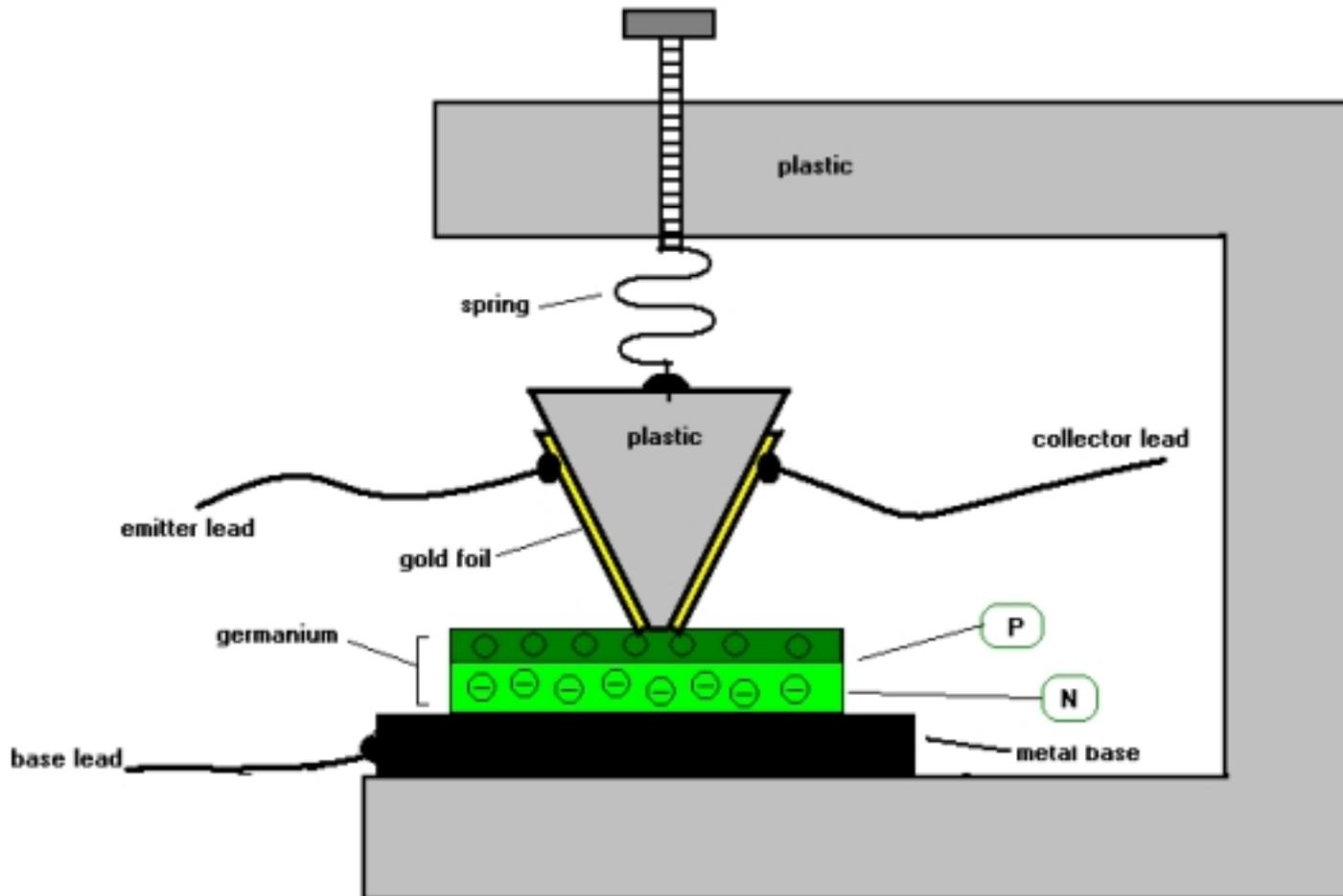
## O Primeiro Transistor Bipolar de Contato (1947)

(Brattain, Bardeen e Shockley)



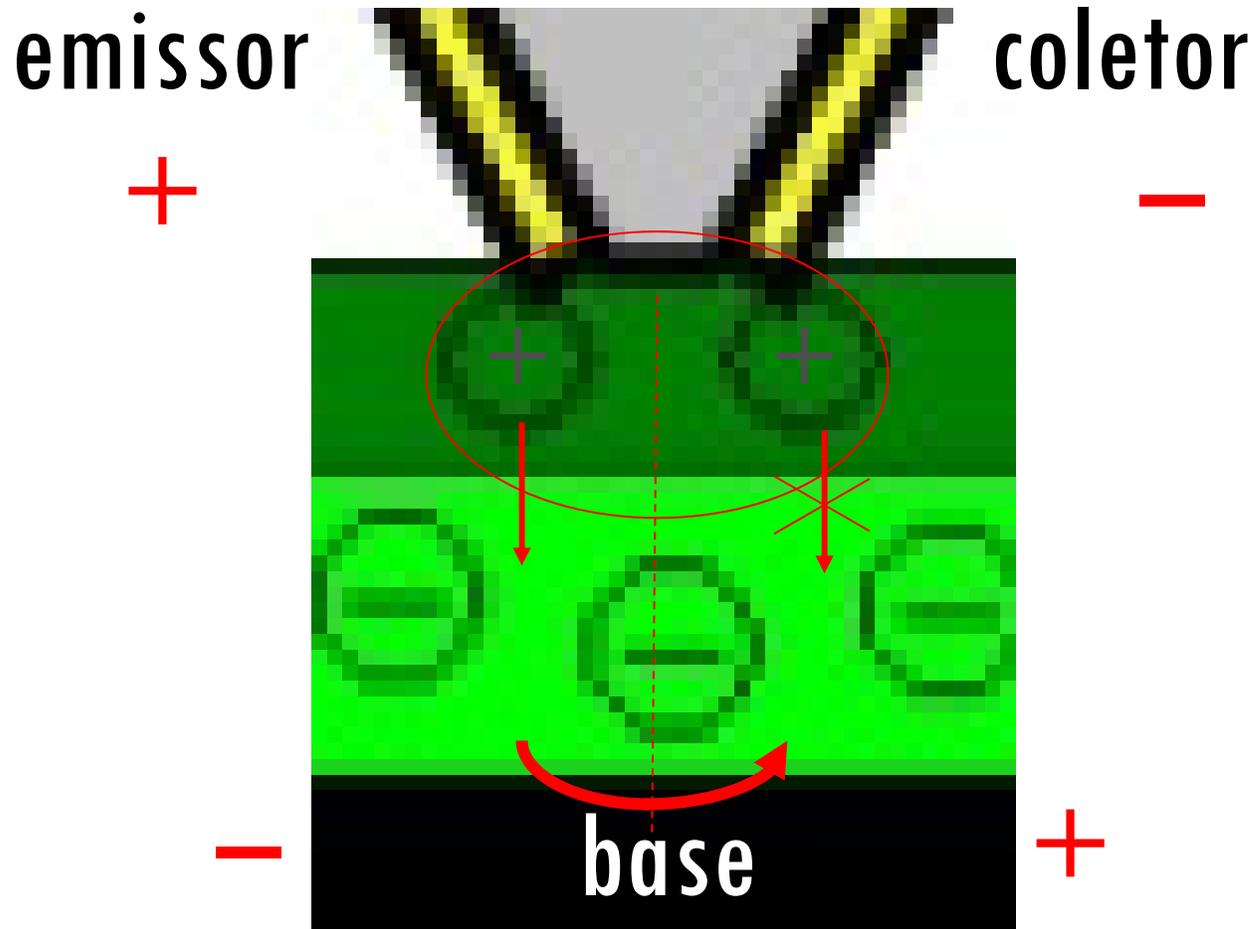
# O Transistor Bipolar de Contato

(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

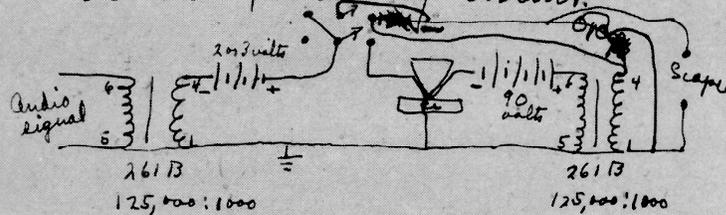
$$E_g = .015 \text{ P.M.S. volts} \quad E_p = 1.5 \text{ P.M.S. volts}$$

$$P_g = \frac{E_g^2}{5.4 \times 10^{-7} \text{ watts}} \quad P_p = 2.25 \times 10^{-5}$$

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~~ the device in and out a distinct gain in speech level could be heard and seen on the scope presentation with no noticeable ~~change~~ change in ~~power~~ quality. By measurements at a fixed frequency

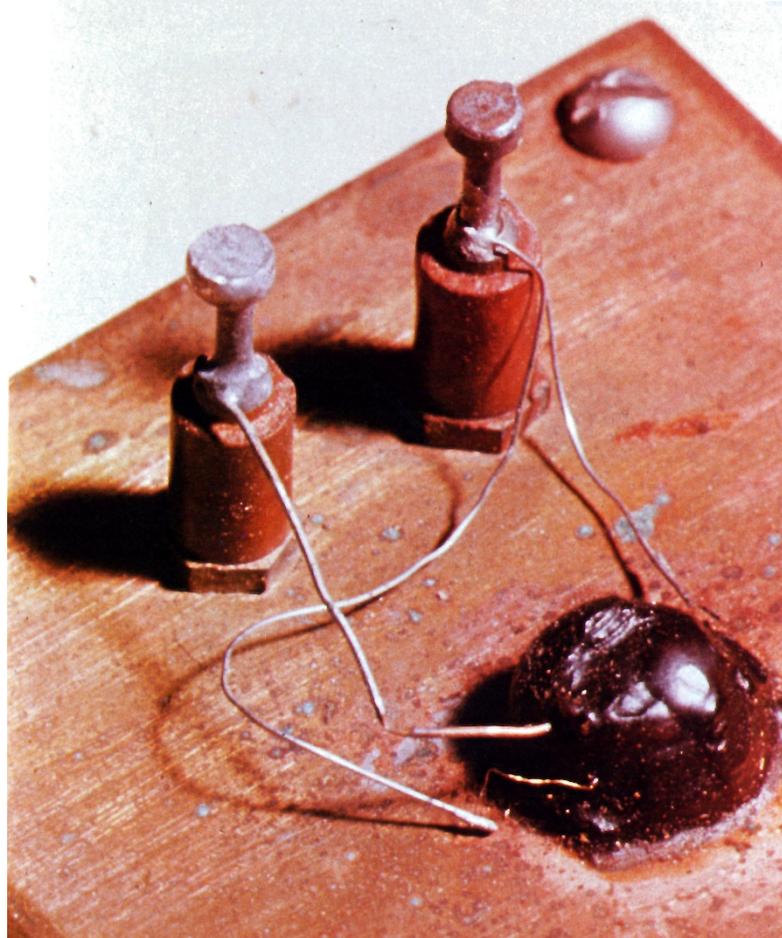
DATE Dec 24 1947  
CASE No. 38139-7

in it was determined that the power gain was the order of  $10^2$  or greater. Various people witnessed this test and interviews (were present) of whom some were the following R.B. Gibney, H.P. Moore, J. Bardeen, G.H. Pearson, W. Shockley, H. Flitkus, R. Brown. Mrs. W.P. Moore assisted in setting up the circuit and the demonstration occurred on the afternoon of Dec 23 1947

Read & understood by  
G.H. Pearson Dec 24, 1947  
H.P. Moore Dec 24, 1947

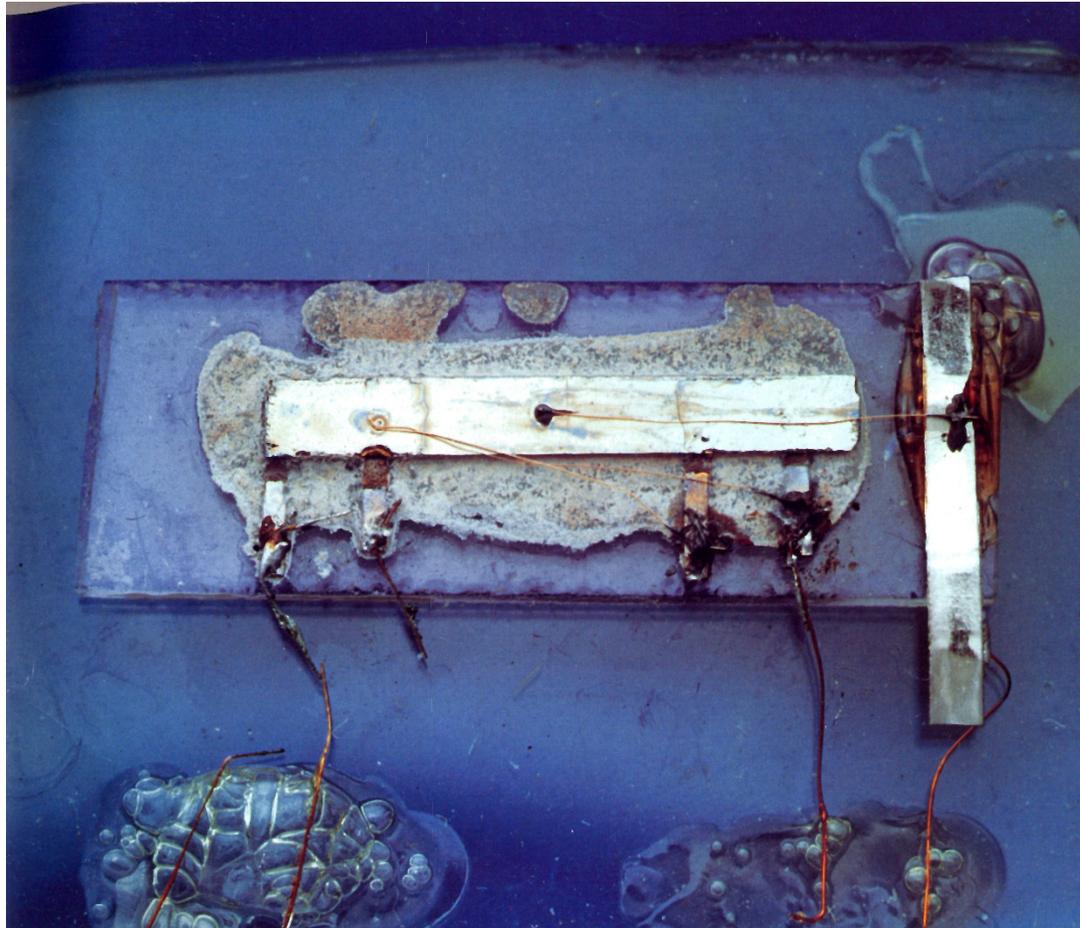
# O Primeiro Transistor de Junção

1950 (Bell Labs)



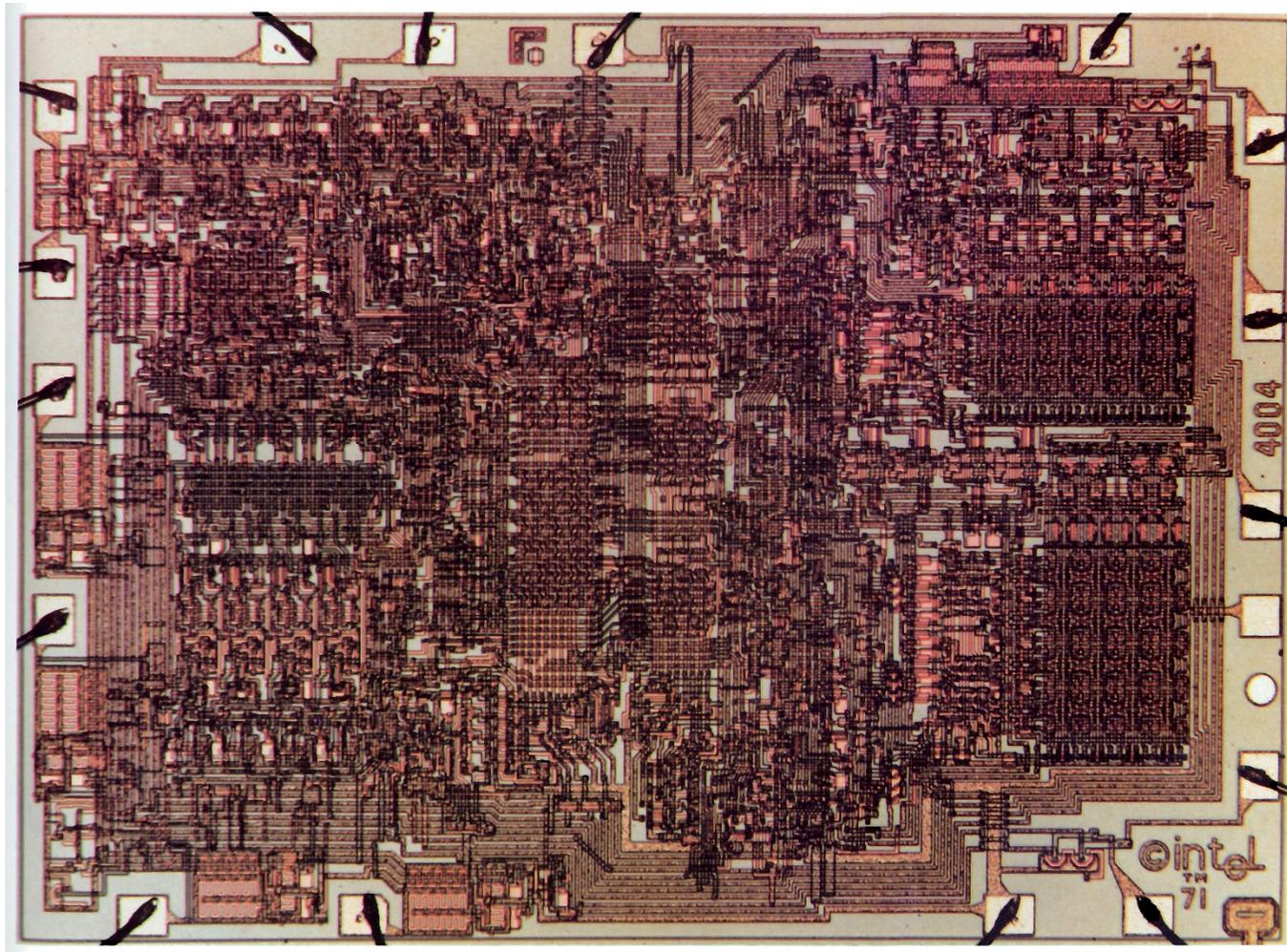
# A Revolução em Miniatura Começa O Primeiro CI

Jack Kilby, Texas Instruments (1958)



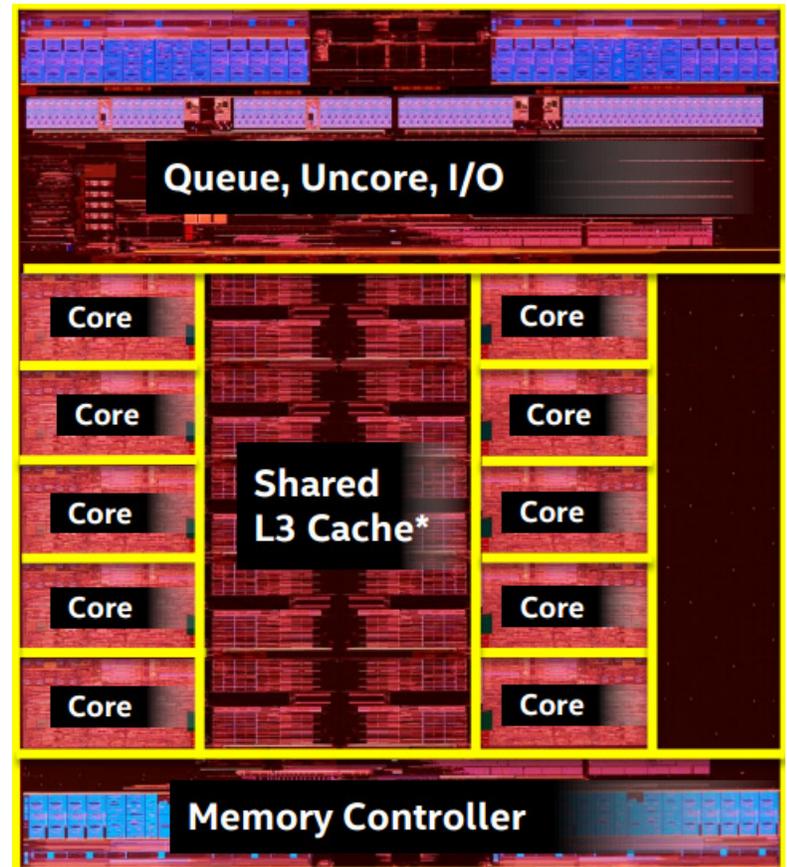
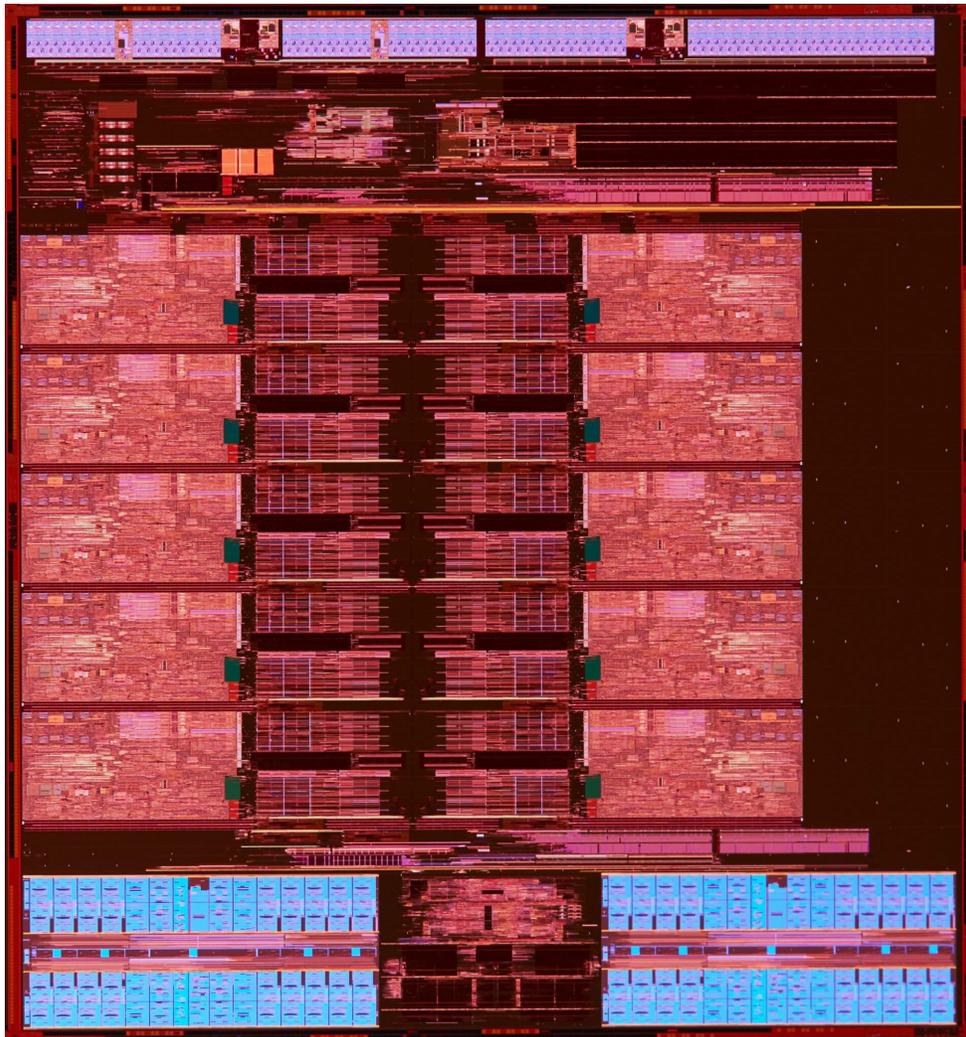
# O Primeiro Processador

## Intel 4004 (1971) — A Guerra das Calculadoras



# O Processador Intel Broadwell-E

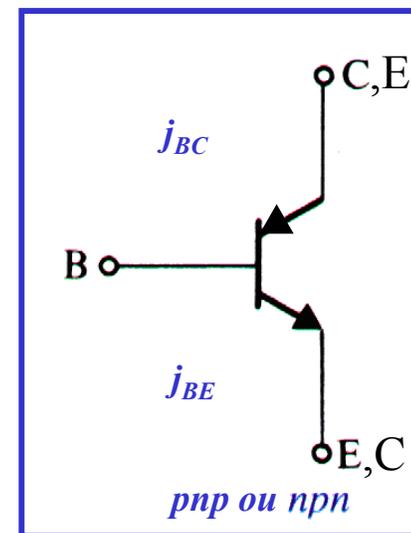
## Intel Core i7 6950X (2017) — A Guerra das Games



# Modos de Operação

Tabela 4.1 MODOS DE OPERAÇÃO DO TBJ.

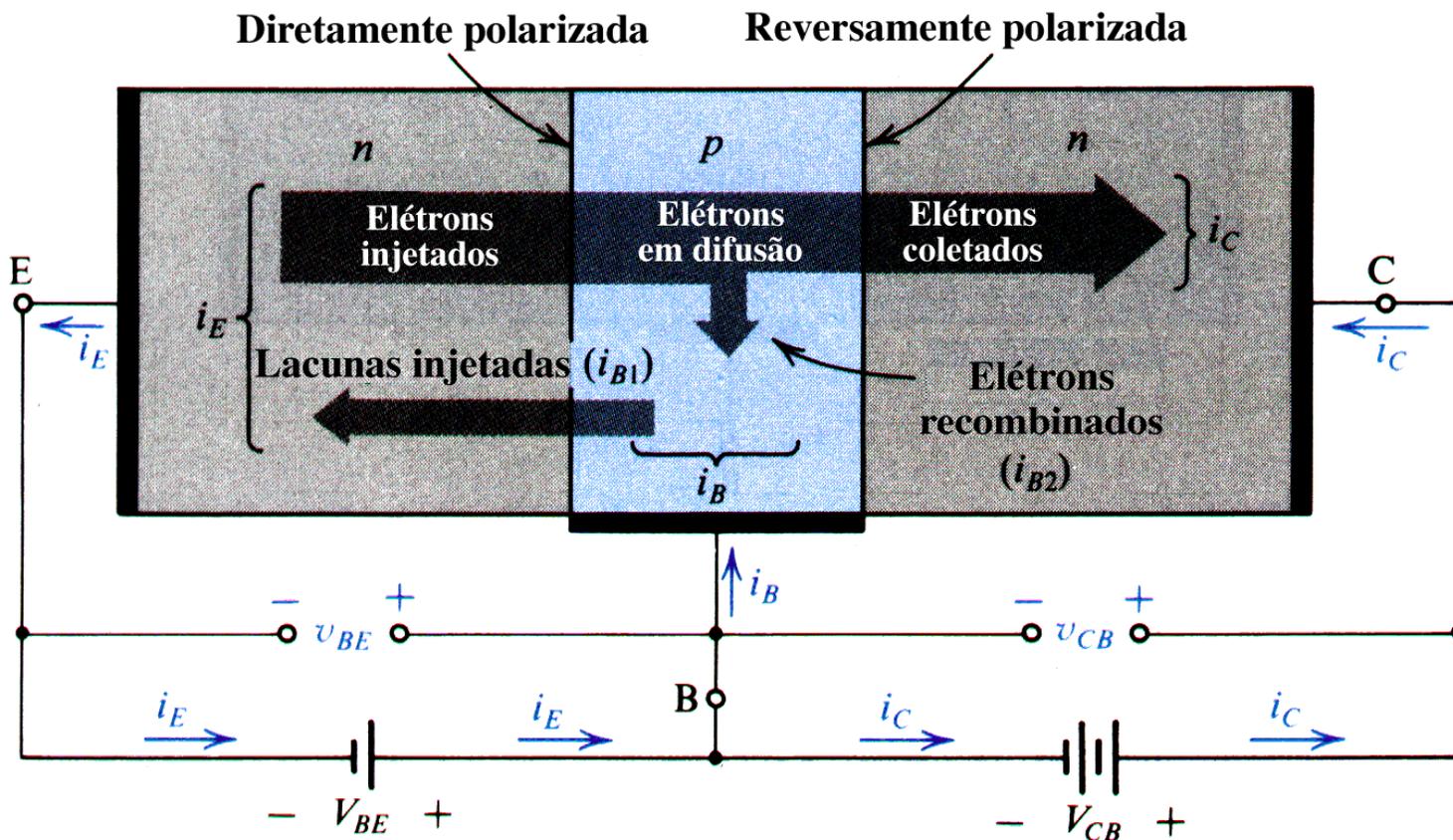
Modo	JEB	JBC
Corte	Reversa	Reversa
Ativo	Direta	Reversa
Saturação	Direta	Direta
Ativo Reverso	Reversa	Direta



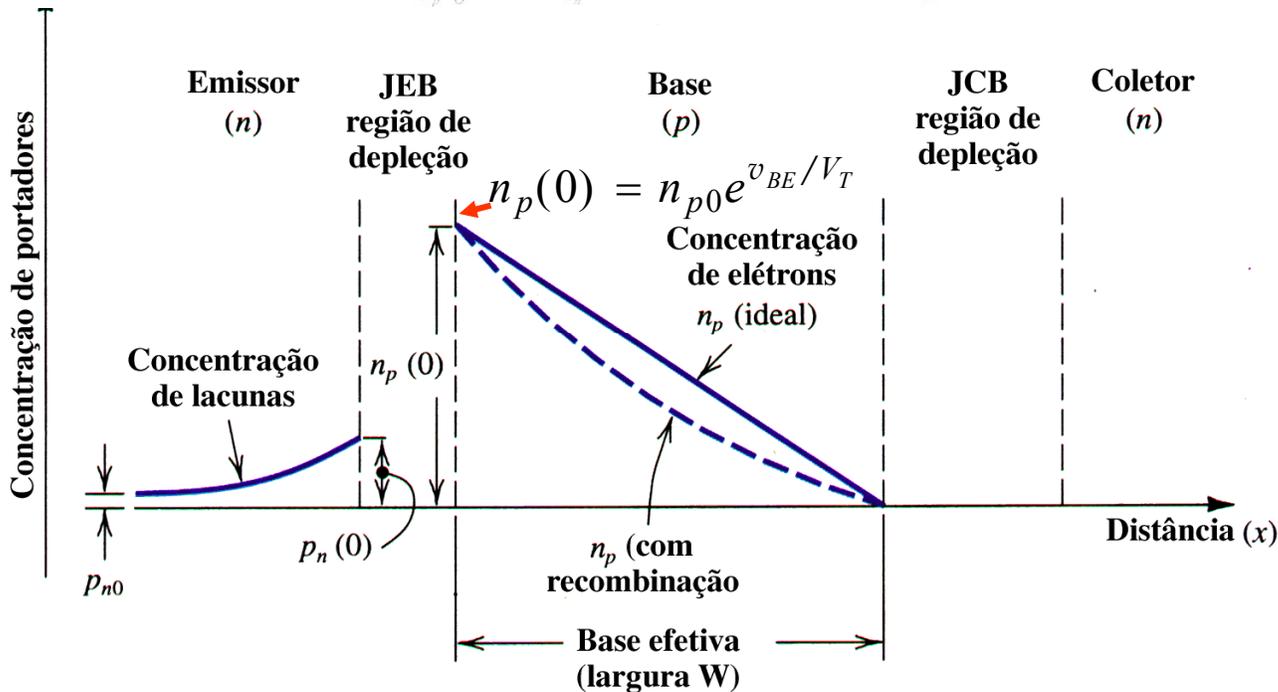
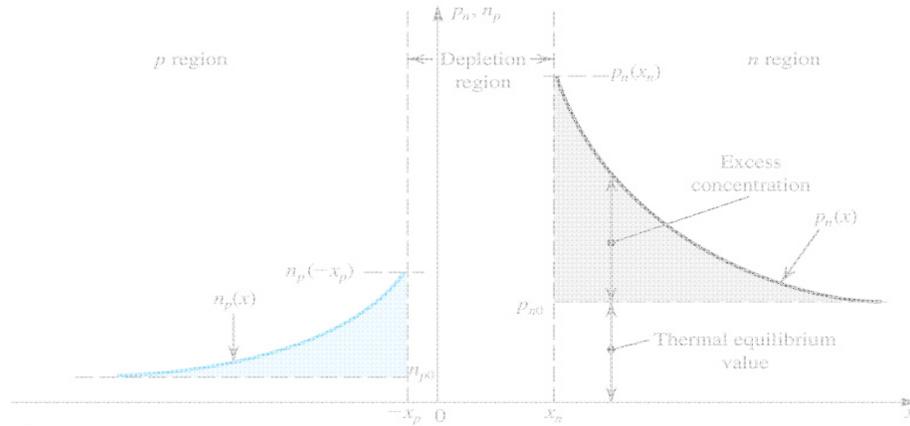
**INDEPENDENTE SE NPN OU PNP!!!**

# O Transistor Bipolar

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



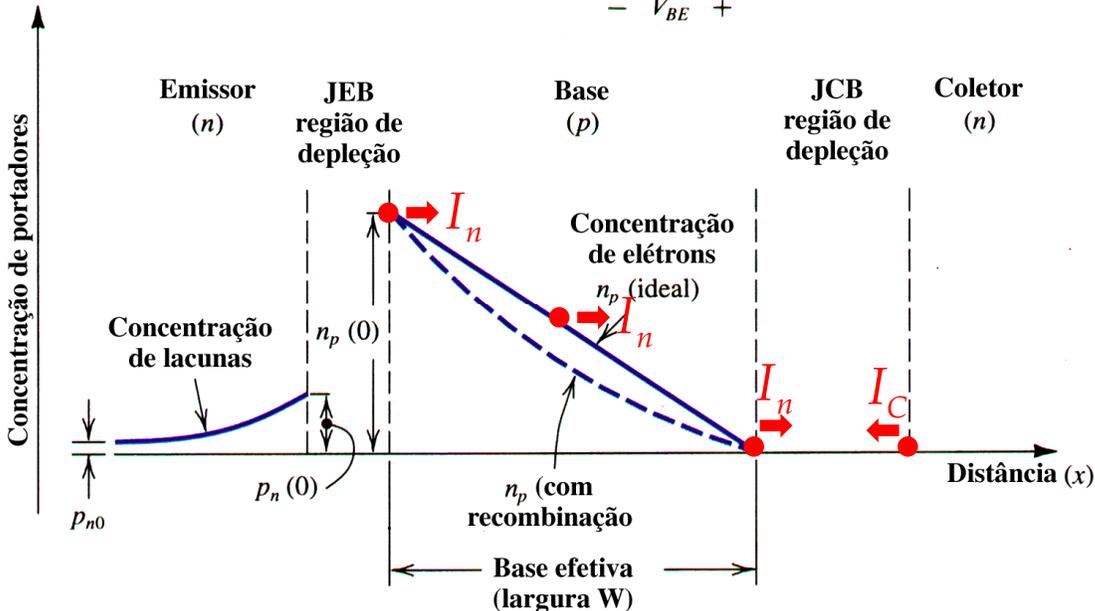
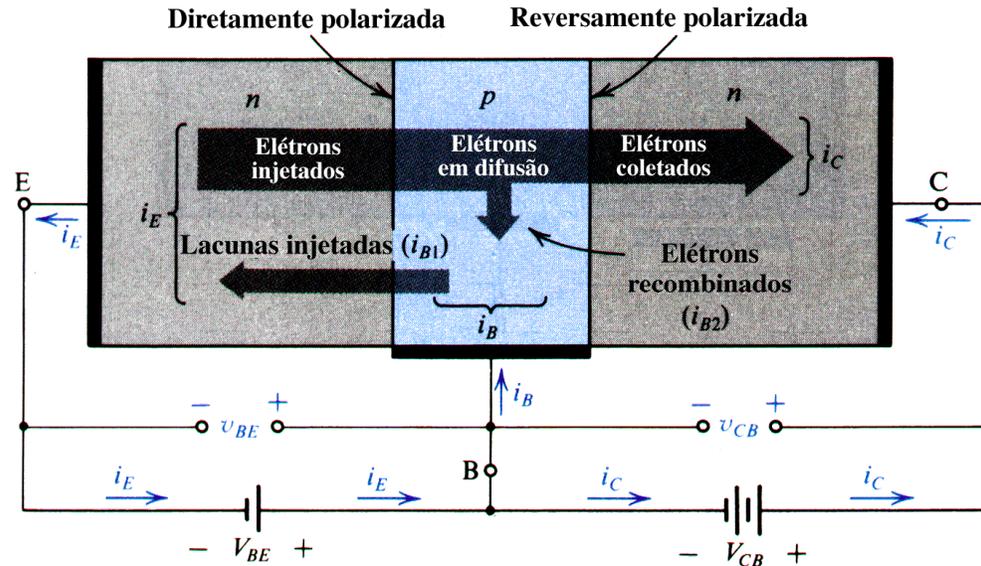
# A distribuição de portadores minoritários



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

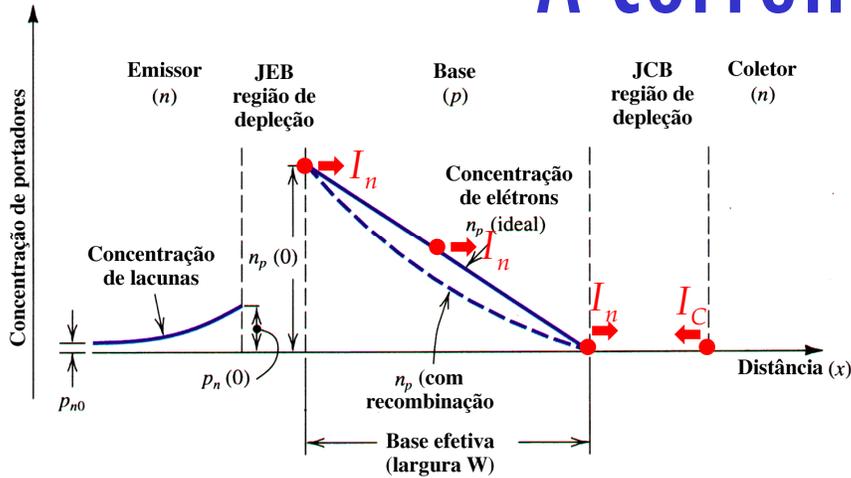
$$= A_E q D_n \left( - \frac{n_p(0)}{W} \right)$$

# A corrente no coletor



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

# A corrente no coletor



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

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

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

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

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

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

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

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

lembrem, no diodo

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

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

- É um diodo?
- Não é um diodo?