

$V_{bi}$	V built in	$C_s$	capacità di svuotamento (per le zone di svuotamento)
$q\phi_{Sp}$	lavoro di estrazione	$q\chi_{Sp}$	affinità elettronica
$x_p, x_n$	ascissa della regione di svuotamento dal lato p ( $x_s$ ) e n ( $x_n$ )	$C_d$	capacità di diffusione (per le zone quasi neutre)
$I_s$	corrente inversa di saturaz	$V_a$	tensione costante
$g_{d0}$	conduttanza differ	$V_{a,ss}$	tensione variante
$C_{s0}$	capacità differenz di svuotam	$C_{d0}$	Capacità differenziale di diffusione:
$V_0, I_0$	parte costante del generatore	$\rho$	densità di carica netta positiva

### Giunzione PN

Tensione sulla reg. svuotata:  $V_{bi} = \frac{k_B \cdot T}{q} \cdot \ln\left(\frac{N_A \cdot N_D}{n_i^2}\right)$   $V_{bi} = \frac{q \cdot N_A}{2\epsilon} \cdot x_p^2 + \frac{q \cdot N_D}{2\epsilon} \cdot x_n^2$   $V_{bi} = V_T \log \frac{\rho_{p0}(-x_p)}{\rho_{n0}(x_n)}$

$q\phi_{Sp} = q\chi_s + E_g - (E_f - E_v) = q\chi_s + E_g - k_B \cdot T \cdot \ln \frac{N_V}{N_A}$   $q\phi_{Sn} = q\chi_s + (E_c - E_f) = q\chi_s + k_B \cdot T \cdot \ln \frac{N_V}{N_A}$   $\epsilon_{max} = -\epsilon_0 = \frac{q \cdot N_A}{\epsilon} \cdot x_p = \frac{q \cdot N_D}{\epsilon} \cdot x_n$

nella reg. svuotato:  $\epsilon(x) \left\{ \begin{array}{l} -\frac{q \cdot N_A}{\epsilon} \cdot (x + x_p) \text{ per } -x_p \leq x < 0 \\ -\frac{q \cdot N_D}{\epsilon} \cdot (x - x_n) \text{ per } 0 \leq x < x_n \end{array} \right\}$   $\epsilon(x) \left\{ \begin{array}{l} -\frac{q \cdot N_A}{2 \cdot \epsilon} \cdot (x + x_p)^2 \text{ per } -x_p \leq x < 0 \\ -\frac{q \cdot N_D}{2 \cdot \epsilon} \cdot (x - x_n)^2 + \frac{q \cdot N_A}{2 \cdot \epsilon} x_p^2 + \frac{q \cdot N_D}{2 \cdot \epsilon} x_n^2 \text{ per } 0 \leq x < x_n \end{array} \right\}$

condiz neutralità:  $N_A \cdot x_p = N_D \cdot x_n$   $x_n = \sqrt{\frac{2\epsilon \cdot N_{eq}}{q} \cdot V_{bi}}$   $x_p = \sqrt{\frac{2\epsilon \cdot N_{eq}}{q} \cdot V_{bi}}$   $x_{tot} = \sqrt{\frac{2\epsilon}{q} \cdot \frac{1}{N_{eq}} \cdot V_{bi}}$   $\frac{1}{N_{eq}} = \frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}$

**Caratteristica statica:**  $I = I_s \cdot \left[ e^{\frac{V}{V_T}} - 1 \right]$   $I_s = q \cdot A \cdot \frac{n_i^2}{N_A} \cdot \frac{D_n}{L_n} + q \cdot A \cdot \frac{n_i^2}{N_D} \cdot \frac{D_p}{L_p}$

portat minorit nelle reg. neutre:  $n'_p(x) = n'_p(-x_p)'_p \exp\left(\frac{x+x_p}{L_n}\right)$   $p'_n(x) = p'_n(-x_n)'_n \exp\left(-\frac{x-x_n}{L_p}\right)$

portat minorit nelle reg. svuot:  $p_n(x_n) = p_{n0}(x_n) \exp\left(\frac{V}{V_T}\right)$   $n_p(-x_p) = n_{p0}(-x_p) \exp\left(\frac{V}{V_T}\right)$   $n_{p0}(-x_p) = \frac{n_i^2}{N_A}$   $p_{n0}(x_n) = \frac{n_i^2}{N_D}$

portet magg nelle reg. svuotate:  $p_p = N_A$

	<p><b>Ampio sgn</b> <math>i(t) = i_{dc}(t) + C_s [v(t)] \cdot \frac{dv}{dt} + C_d [v(t)] \cdot \frac{dv}{dt}</math></p> <p><math>C_s = A \cdot \sqrt{\frac{q \cdot \epsilon \cdot N_{eq}}{2 \cdot [V_{bi} - v(t)]}}</math> prevale in polarizzaz. inversa</p> <p><math>C_d [v(t)] = q \cdot A \cdot \frac{n_i^2}{V_T} \cdot \left[ \frac{L_n}{N_A} + \frac{L_p}{N_D} \right] \cdot e^{\frac{v(t)}{V_T}}</math> prevale in polarizzaz diretta</p>
	<p><b>Piccolo sgn</b> <math>v(t) = V_0 + v_{a,ss}(t)</math> <math>i(t) = I_0 + i_{ss}(t)</math> <math>C_{s0} = A \cdot \sqrt{\frac{q \cdot \epsilon \cdot N_{eq}}{2 \cdot [V_{bi} - V_0]}}</math></p> <p><math>g_{d0} = \frac{I_0 + I_s}{\eta \cdot V_T}</math> <math>C_{d0} = q \cdot A \cdot \frac{n_i^2}{V_T} \cdot \left[ \frac{L_n}{N_A} + \frac{L_p}{N_D} \right] \cdot \exp\left(\frac{V_0}{V_T}\right)</math></p> <p><math>i(t) = I_0 + g_{d0} \cdot v_{ss}(t) + C_{s0} \cdot \frac{dv_{ss}(t)}{dt} + C_{d0} \cdot \frac{dv_{ss}(t)}{dt}</math></p>

### Transistor bipolare

	<p><math>I_E = -I_{En} (e^- e-b) - I_{Ep} (p^+ b-e)</math> <math>I_{En} = -\gamma \cdot I_E</math> <math>\gamma \approx 1 \rightarrow</math> Eff. Emittitore</p> <p><math>I_C = I_{Cn} (e^- \text{ che attraversano la base}) + I_{Co} (1 \text{ inver. giunzione})</math> <math>I_C \approx \alpha_T \cdot I_{En}</math> <math>\alpha_T \approx 1 \rightarrow</math> Fatt. di trasp.</p> <p><math>I_B = -I_E - I_C = I_{En} + I_{Ep} - I_{Cn} - I_{Co}</math> <math>I_{ricombinaz} = I_{En} - I_{Cn}</math></p> <p><math>I_C = \beta_F \cdot I_B</math> <math>\beta_F = \frac{\alpha_F}{1 - \alpha_F}</math> <math>I_C = -\alpha_F \cdot I_E</math> <math>\alpha_F = \alpha_T \cdot \gamma</math> <math>\alpha_F \approx 1</math> <math>\beta_F \gg 0</math></p> <p>Fatt di trasp <math>\alpha_T = 1 - \frac{I_r}{I_{En}} = 1 - \frac{x_B^2}{2 \cdot L_{nB}^2} = 1 - \frac{x_B^2}{2 \tau_n D_{nB}}</math> <math>L_{nB} = \sqrt{\tau_n \cdot D_{nB}}</math></p> <p><math>D_{nB} = V_T \cdot \mu_n</math></p> <p>E lungo (<math>x_E \gg L_{pE}</math>): <math>\gamma = \left[ 1 + \frac{N_B \cdot x_B \cdot D_{pE}}{N_E \cdot L_{pE} \cdot D_{nB}} \right]</math> E corto (<math>x_E \ll L_{pE}</math>):</p> <p><math>\gamma = \left[ 1 + \frac{N_B \cdot x_B \cdot D_{pE}}{N_E \cdot L_{pE} \cdot D_{nB}} \right]</math></p>
--	--

Varie:  $\epsilon_{cri} = \sqrt{\frac{2q \cdot N_{eq}(\phi_i - V_{breakdown})}{\epsilon_s}} \approx \sqrt{\frac{2q \cdot N_C(\phi_i - V_{breakdown})}{\epsilon_s}}$   $W_B = \left(\frac{1}{\gamma} - 1\right) \cdot \frac{\mu_n \cdot N_{DE} \cdot W_E}{\mu_p \cdot N_{AB}}$   $V_{biBC} = V_T \cdot \ln\left(\frac{N_{DC} \cdot N_{AB}}{n_i^2}\right)$

$x_B = W_B = \sqrt{\frac{2\epsilon \cdot N_{eq} \cdot (V_{biBC} - V_{BC})}{q \cdot N_{AB}^2}}$   $I_{C \text{ Early}} = \beta_F \cdot I_B \cdot \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A}\right)$

Freq di taglio:  $\beta(f) = \frac{i_c}{i_b} = \frac{\beta_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$   $\beta_0 = g_m \cdot r_\pi$   $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot r_\pi \cdot (C_{be} + C_{bc})}$   $g_m = \frac{I_C}{V_T}$   $r_\pi = \frac{\beta \cdot V_T}{I_C}$   $f_T = \beta_0 \cdot f_0$

<p>R.A.D</p> <p>Piccolo sgn</p>	<p><math>I_E = -I_F + \alpha_R I_R</math> <math>I_C = -I_R + \alpha_F I_F</math></p> <p><math>I_F = I_{ES} \left( e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right)</math> <math>I_R = I_{CS} \left( e^{\frac{V_{BC}}{V_T}} - 1 \right)</math></p> <p><math>I_B = I_F (1 - \alpha_F) + I_R (1 - \alpha_R)</math></p>
---------------------------------	---