

### Costanti fisiche

Quantità	Simbolo	Valore
Costante di Boltzmann	$k$	$1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
Carica elementare	$q$	$1.60218 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa a riposo dell'elettrone	$m_e$	$9.1095 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Elettronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$
Costante di elettrica del vuoto	$\epsilon_0$	$8.85418 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
Costante di Plank	$h$	$6.62617 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Tensione termica a 300 K	$kT/q$	$25.9 \text{ V}$

### Fattori di conversione e prefissi

Unità	Simbolo	Conversione
Pulsazione	$\omega$	$2\pi f \text{ (rad/s)}$
Frequenza	$f$	$\omega/2\pi \text{ Hz}$
Micron (micrometro)	$\mu\text{m}$	$10^{-6} \text{ m}$
Mil	mil	$25.4 \mu\text{m}$
Gradi celsius	$^{\circ}\text{C}$	$\text{K} - 273.15^{\circ}$
femto	f	$\times 10^{-15}$
pico	p	$\times 10^{-12}$
nano	n	$\times 10^{-9}$
micro	$\mu$	$\times 10^{-6}$
milli	m	$\times 10^{-3}$
kilo	k	$\times 10^3$
mega	M	$\times 10^6$
giga	G	$\times 10^9$
tera	T	$\times 10^{12}$

Proprietà del silicio monocristallino, del germanio e dell'arseniuro di gallio

Proprietà (a 300 K)	Si	Ge	GaAs
Numero atomico	14	32	Ga: 31 As: 33
Atomi/cm <sup>3</sup>	$5 \times 10^{22}$	$4.41 \times 10^{22}$	$4.42 \times 10^{22}$
Costante dielettrica relativa, $\epsilon_r$	11.8	15.8	13.1
Energia del gap, $E_g$ (eV)	1.12	0.66	1.42
Mobilità degli elettroni, $\mu_n$ (cm <sup>2</sup> /Vs)	1500	3900	8500
Mobilità delle lacune, $\mu_p$ (cm <sup>2</sup> /Vs)	480	1900	400
Concentrazione intrinseca $n_i = p_i$ (unità/cm <sup>3</sup> )	$1.5 \times 10^{10}$	$2.4 \times 10^{13}$	$1.8 \times 10^6$
Punto di fusione, (°C)	1420	936	1238

Valori tipici dei parametri di un BJT a temperatura ambiente (300 K)

Parametro	<i>nnp</i>	<i>pnp</i> (substrato)	<i>pnp</i> (laterale)
$\beta_F$	200	50	30
$\beta_R$	2	4	3
$V_A$ (V)	150	50	50
$V_J$ (V)	0.7	0.55	0.55
$I_S$ (A)	$2 \times 10^{-15}$	$10^{-14}$	$2 \times 10^{-15}$
$r_b$ ( $\Omega$ )	200	100	300

Modelli di SPICE

Dispositivo	Nome	Modello	Ordine dei terminali
Diodo	D	D( $I_S$ N = $n$ )	Anodo, catodo
Transistore <i>nnp</i>	Q	NPN( $BF = \beta$ IS = $I_S$ )	Collettore, base, emettitore
Transistore <i>pnp</i>	Q	PNP( $BF = \beta$ IS = $I_S$ )	Collettore, base, emettitore
JFET a canale <i>n</i>	J	NJF( $V_{TO} = V_p$ BETA = $K$ )	Drain, gate, source
JFET a canale <i>p</i>	J	PJF( $V_{TO} = -V_p$ BETA = $ K $ )	Drain, gate, source
MOSFET a canale <i>n</i>	M	NMOS( $V_{TO} = V_t$ KP = $2K$ )	Drain, gate, source, substrato
MOSFET a canale <i>p</i>	M	PMOS( $V_{TO} = V_t$ KP = $2 K $ )	Drain, gate, source, substrato

*Alcuni parametri del modelli del diodo di SPICE*

Parametro	Valore default	Descrizione
Corrente di saturazione	$10^{-14}$ A	$I_S$ dall'Eq. (2.1)
Coefficiente di emissione	1	$\eta$ dall'Eq. (2.1)
Resistenza parassita	0	Resistenza dei terminali e del substrato
Capacità $pn$ senza polarizzazione	0	$C_{j0}$ dall'Eq. (2.36)
Potenziale di giunzione $pn$	1 V	$V_j$ dall'Eq. (2.36)
Coefficiente di gradualità della giunzione $pn$	0.5	0.5 = giunzione brusca 0.33 = giunzione graduale
Coefficiente della capacità di svuotamento	0.5	$C_T$ satura per $v_R < -FC \times VJ$
Tempo di transito	0	$\tau$
Tensione inversa di breakdown	$\infty$ V	Valore di BV
Corrente inversa di breakdown	$10^{-10}$	Corrente inversa alla tensione BV
Ampiezza della banda proibita	1.11 eV	0.67 = giunzione Schottky 1.11 = silicio
Coefficiente di temperatura di $I_S$	3	Coefficiente di temperatura di $n_i^2$
Coefficiente del rumore flicker	0	
Esponente del rumore flicker	1	

*Alcuni parametri del modello del MOSFET di SPICE*

Nome	Parametro	Valore default	Descrizione
LEVEL	Indice del modello	1	Shichman-Hodges
VTO	Tensione di soglia	0	$V_{t0}$ dall'Eq. (5.59)
KP	Parametro della transconduttanza	$2 \times 10^{-5}$ A/V <sup>2</sup>	$K_p$ dall'Eq. (5.58)
LAMBDA	Fattore di modulazione della lunghezza di canale	0	$\lambda$ , dall'Eq. (5.72)
GAMMA	Parametro della soglia del substrato	0	$\gamma$
RD	Resistenza ohmica di drain	0	$r_d$
RS	Resistenza ohmica di source	0	$r_s$
TOX	Spessore dell'ossido	$10^{-5}$ cm	
NSUB	Drogaggio del substrato	0	
UO	Mobilità superficiale	$600$ cm <sup>2</sup> /V-s	

Alcuni parametri del modello del BJT di SPICE

Nome	Parametro	Valore default	Descrizione
IS	Corrente di saturazione	$10^{-16}$ A	$I_S$ dall'Eq. (5.7)
NF	Coefficiente di emissione diretto	1	$\eta$
BF	Valore massimo ideale del guadagno diretto	100	dall'Eq. (5.3)
IKF	Valore di spigolo per la riduzione del guadagno diretto	$\infty$ A	
VAF	Tensione di Early diretta	$\infty$ V	$V_A$
BR	Valore massimo ideale del guadagno inverso	1	dall'Eq. (D.3)
NR	Coefficiente di emissione inverso	1	
IKR	Valore di spigolo per la riduzione del guadagno inverso	$\infty$ A	
RB	Resistenza ohmica di base	0 $\Omega$	$r_b$
RC	Resistenza ohmica di collettore	0 $\Omega$	$r_c$
RE	Resistenza ohmica di emettitore	0 $\Omega$	$r_e$
TF	Tempo di transito diretto	0 s	$\tau_F = 1/2\pi f_T$
TR	Tempo di transito inverso	0 s	
CJE	Capacità BE senza polarizzazione	0 F	$C_{je0}$ , dall'Eq. (8.6)
VJE	Potenziale della giunzione BE	0.75 V	$V_{je}$ come nell'Eq. (8.6)
MJE	Coefficiente di gradualità della giunzione BE	0.33	0.5 = giunzione brusca 0.33 = giunzione graduale
FC	Coefficiente per la capacità di svuotamento in polarizzazione diretta	0.5	$C_{je}$ satura per $v_{BE} > FC \times VJE$
CJC	Capacità BC senza polarizzazione	0 F	$C_{\mu 0}$ , dall'Eq. (8.6)
VJC	Potenziale della giunzione BC	0.75 V	$V_{jc}$ come nell'Eq. (8.6)
MJC	Coefficiente di gradualità della giunzione BC	0.33	0.5 = giunzione brusca 0.33 = giunzione graduale
CJS	Capacità senza polarizzazione della giunzione C-substrato	0 F	$C_{CS0}$ , dall'Eq. (8.9)
VJS	Potenziale della giunzione C-substrato	0.75 V	$V_{js}$ come nell'Eq. (8.6)
MJS	Coefficiente di gradualità della giunzione C-substrato	0	0.5 se richiesto
EG	Ampiezza della banda proibita	1.11 eV	nel caso di silicio
XTI	Coefficiente di temperatura della corrente di saturazione	3	Coefficiente di temperatura di $I_S$
KF	Coefficiente del rumore flicker	0	
AF	Esponente del rumore flicker	1	