

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Quiz e domande aperte [21pt]**  
**30 agosto 2005**

Nome: \_\_\_\_\_  
Cognome: \_\_\_\_\_  
Matricola: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_

1. (1pt) In un semiconduttore in condizioni di equilibrio termodinamico, la concentrazione intrinseca  $n_i$ 
  - (a) dipende dal livello di drogaggio
  - (b) dipende dalla posizione del livello di Fermi
  - (c) dipende dal potenziale applicato
  - (d) dipende dalla temperatura.
  
2. (1pt) In un materiale semiconduttore, il lavoro di estrazione  $q\Phi_S$  è la distanza:
  - (a) tra il bordo superiore della banda di valenza e il livello del vuoto
  - (b) tra il bordo inferiore della banda di conduzione e il livello del vuoto
  - (c) tra il livello di Fermi e il livello del vuoto
  - (d) tra il bordo inferiore della banda di conduzione e il bordo superiore della banda di valenza.
  
3. (1pt) In un campione di semiconduttore drogato, la ionizzazione di un atomo accettore corrisponde:
  - (a) alla generazione di una carica positiva fissa
  - (b) alla liberazione di una lacuna verso la banda di conduzione
  - (c) alla cattura di un elettrone dalla banda di valenza
  - (d) alla liberazione di un elettrone verso la banda di conduzione.
  
4. (1pt) Si considerino due campioni di Si a temperatura ambiente, drogati rispettivamente con (I)  $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ , (II)  $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ :
  - (a) nei campioni (I) e (II) gli elettroni hanno la stessa mobilità
  - (b) nel campione (I) gli elettroni hanno mobilità maggiore che nel campione (II)
  - (c) nel campione (II) gli elettroni hanno mobilità maggiore che nel campione (I)
  - (d) nei campioni (I) e (II) gli elettroni hanno mobilità diverse ma non si può dire quale sia maggiore.

5. (1pt) Un semiconduttore con concentrazione intrinseca  $n_i = 10^7 \text{ cm}^{-3}$  è drogato con una concentrazione di atomi donatori  $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Per effetto di fenomeni di generazione ottica, si ha una concentrazione di portatori in eccesso  $n' = p' = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  rispetto alle concentrazioni di equilibrio termodinamico. Il campione è:
- (a) prossimo all'equilibrio
  - (b) in condizioni di basso livello di iniezione
  - (c) in condizioni di alto livello di iniezione
  - (d) elettricamente non neutro.
6. (1pt) In una giunzione  $pn$  in polarizzazione diretta, ai bordi della regione di carica spaziale
- (a) si ha uno svuotamento di elettroni nel lato  $n$  e di lacune nel lato  $p$
  - (b) si ha uno svuotamento di lacune nel lato  $n$  e di elettroni nel lato  $p$
  - (c) si ha una iniezione di elettroni in eccesso nel lato  $n$  e di lacune in eccesso nel lato  $p$
  - (d) si ha una iniezione di lacune in eccesso nel lato  $n$  e di elettroni in eccesso nel lato  $p$ .
7. (1pt) La capacità di diffusione di una giunzione  $pn$
- (a) è legata alla variazione dell'eccesso di portatori minoritari ai bordi della regione svuotata in funzione della tensione
  - (b) è legata alla variazione della carica mobile presente nella regione di svuotamento in funzione della tensione
  - (c) è indipendente dalla tensione di polarizzazione in continua
  - (d) è legata alla variazione della carica fissa presente nella regione di svuotamento in funzione della tensione.
8. (2pt) Disegnare il circuito equivalente di piccolo segnale di un diodo  $pn$ , indicando in breve cosa rappresenta ogni componente.

9. (1pt) Un transistoro bipolare  $npn$  è polarizzato con  $V_E = 0\text{ V}$ ,  $V_B = 0.7\text{ V}$ ,  $V_C = -5\text{ V}$ . Il transistoro:
- (a) è in interdizione
  - (b) è in saturazione
  - (c) è in zona attiva diretta
  - (d) è in zona attiva inversa.
10. (1pt) In un transistoro bipolare  $npn$  funzionante in regione attiva diretta, l'effetto Early è legato alla variazione dell'ampiezza:
- (a) della regione svuotata base-collettore al variare della tensione base-collettore
  - (b) della regione svuotata base-emettitore al variare della tensione base-collettore
  - (c) della regione svuotata base-collettore al variare della tensione base-emettitore
  - (d) della regione svuotata base-emettitore al variare della tensione base-emettitore
11. (1pt) In un transistoro bipolare  $npn$ , siano  $\gamma_F$  l'efficienza di emettitore in zona attiva diretta e  $\alpha_T$  il fattore di trasporto in base. In zona attiva diretta, avendo definito  $\beta_F = \alpha_F / (1 - \alpha_F)$  e  $\alpha_F = \alpha_T \gamma_F$ , le correnti sono legate dalla relazione:
- (a)  $I_C = \beta_F I_E$
  - (b)  $I_C = \beta_F I_B$
  - (c)  $I_C = \alpha_F I_B$
  - (d)  $I_B = \alpha_F I_E$ .
12. (2pt) Disegnare la caratteristica ibrida d'uscita  $I_C(V_{CE})$  di un transistoro bipolare in configurazione a emettitore comune, mettendo in evidenza la zona attiva diretta (si trascuri l'effetto Early) e la zona di saturazione.

13. (3pt) Disegnare il diagramma a bande di un sistema MOS (polisilicio di tipo  $n^+$  – ossido – silicio di tipo  $p$ ) all'equilibrio termodinamico.
14. (1pt) In un transistor MOS a canale  $n$ , un valore di  $\lambda$  diverso da zero determina, al crescere di  $V_{DS}$  in regione di saturazione:
- (a) una diminuzione della corrente  $I_{DS}$
  - (b) una diminuzione della tensione di soglia
  - (c) un aumento della corrente  $I_{DS}$
  - (d) un aumento della tensione di soglia.
15. (1pt) Un transistor MOS a canale  $n$  è polarizzato con  $V_G = 5\text{ V}$ ,  $V_S = 2\text{ V}$ ,  $V_D = 4.5\text{ V}$ ,  $V_B = 2\text{ V}$ . Sapendo che  $V_{th} = 1\text{ V}$ , dire in quale regione di funzionamento opera il dispositivo: descrive
- (a) quadratica
  - (b) interdizione
  - (c) accumulo
  - (d) saturazione.
16. (2pt) Disegnare il più semplice circuito equivalente di piccolo segnale di un transistor a effetto di campo (JFET o MOSFET) in saturazione.

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Esercizi [12pt]**  
**30 agosto 2005**

Nome: \_\_\_\_\_  
Cognome: \_\_\_\_\_  
Matricola: \_\_\_\_\_  
Anno di frequenza: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_

| Esercizi | Quiz | Totale |
|----------|------|--------|
|          |      |        |

**Costanti fisiche**

$$\begin{array}{ll} h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js} & \hbar = h / (2\pi) \\ k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} & c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ m_0 = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg} & q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C} \\ \epsilon_0 = 8.86 \times 10^{-12} \text{ F/m} & \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m} \end{array}$$

1. **[6pt]** Un campione omogeneo di materiale semiconduttore ( $T = 300 \text{ K}$ ,  $E_g = 1 \text{ eV}$ ,  $N_c \approx N_v$ ,  $n_i = 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ,  $\mu_p = 200 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) ha lunghezza  $L = 500 \mu\text{m}$  ed è drogato in modo uniforme con una concentrazione di atomi accettori  $N_A = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ .
- (a) **[1pt]** Determinare, all'equilibrio termodinamico, la concentrazione di portatori maggioritari e minoritari nel campione, nell'ipotesi che le impurità droganti siano completamente ionizzate.
  - (b) **[1pt]** Determinare la conducibilità del materiale.
  - (c) **[2pt]** Determinare la densità di corrente che scorre nel campione quando questo è sottoposto a una differenza di potenziale di 5 V.
  - (d) **[2pt]** Disegnare il diagramma a bande del materiale all'equilibrio termodinamico, quotando in particolare la distanza tra  $E_F$  ed il livello di Fermi intrinseco  $E_{Fi}$ .

2. [6pt] I lati di una giunzione  $pn$  brusca in Si a  $T = 300\text{ K}$  ( $E_g = 1.12\text{ eV}$ ,  $n_i = 1.45 \times 10^{10}\text{ cm}^{-3}$ ,  $\epsilon_r = 12$ ) sono drogati rispettivamente con  $N_A = 10^{17}\text{ cm}^{-3}$  e  $N_D = 4 \times 10^{16}\text{ cm}^{-3}$ .
- (a) [2pt] Disegnare il profilo della densità di carica netta e calcolare la larghezza della regione di carica spaziale all'equilibrio termodinamico.
  - (b) [2pt] Disegnare il profilo del campo elettrico e calcolare il valore del campo elettrico massimo all'equilibrio termodinamico.
  - (c) [2pt] Calcolare il valore della capacità di svuotamento della giunzione all'equilibrio termodinamico e in corrispondenza di una tensione applicata  $V = -5\text{ V}$ .