

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Quiz e domande aperte [20pt]**  
**1° settembre 2004**

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

1. (1pt) In un materiale semiconduttore in condizioni di equilibrio termodinamico, il prodotto delle concentrazioni di elettroni in banda di conduzione e lacune in banda di valenza
  - (a) dipende dal potenziale applicato
  - (b) dipende solo dalla temperatura
  - (c) dipende dalla posizione del livello di Fermi
  - (d) dipende dal livello di drogaggio.
  
2. (1pt) Le equazioni di Shockley che legano le concentrazioni dei portatori liberi alla posizione del livello di Fermi
  - (a) sono indipendenti dalla temperatura
  - (b) dipendono dalla concentrazione intrinseca
  - (c) dipendono solo dal livello di Fermi intrinseco
  - (d) valgono indipendentemente dal potenziale applicato.
  
3. (1pt) L'introduzione di un'elevata concentrazione di droganti di tipo  $p$  in un campione di semiconduttore intrinseco comporta una diminuzione
  - (a) della conducibilità del campione
  - (b) dell'*energy gap* del campione
  - (c) della mobilità dei portatori liberi nel campione
  - (d) del numero totale di portatori liberi nel campione.
  
4. (1pt) In presenza di un gradiente di concentrazione uguale di elettroni e lacune
  - (a) elettroni e lacune danno correnti di uguale direzione e verso opposto
  - (b) elettroni e lacune danno correnti di uguale direzione e verso coincidente
  - (c) elettroni e lacune danno correnti uguali.
  - (d) elettroni e lacune danno correnti che si cancellano a vicenda esattamente.

5. (1pt) All'interno di una regione di semiconduttore neutra ( $\rho = 0$ ) il campo elettrico è
- (a) quadratico
  - (b) lineare
  - (c) sempre nullo
  - ~~(d)~~ costante.
6. (1pt) Se all'equilibrio termodinamico in una regione di semiconduttore il diagramma a bande ha andamento parabolico, allora
- (a) la regione è neutra
  - (b) la regione è drogata tipo  $n$
  - ~~(c)~~ nella regione la densità di carica è costante e diversa da zero
  - (d) nel semiconduttore il campo elettrico è nullo.
7. (1pt) In un semiconduttore drogato di tipo  $p$ , indicando con  $n_0, p_0$  le concentrazioni di elettroni e lacune all'equilibrio termodinamico e con  $n, p$  le concentrazioni dei portatori fuori equilibrio, la condizione di *basso livello di iniezione* si verifica quando:
- ~~(a)~~  $n \approx n_0, p \approx p_0,$
  - (b)  $n > n_0, p \approx p_0,$
  - (c)  $n \approx n_0, p > p_0,$
  - (d)  $n > n_0, p > p_0.$
8. (1pt) In una giunzione  $pn$  in polarizzazione diretta  $V_A > 0$
- ~~(a)~~ la capacità di diffusione aumenta con l'aumentare di  $V_A$
  - (b) la capacità di diffusione diminuisce con l'aumentare di  $V_A$
  - (c) la capacità di diffusione è trascurabile
  - (d) la capacità di diffusione rimane pressoché costante a causa dell'aumento della caduta di potenziale sulle regioni neutre del diodo.
9. (1pt) In un diodo  $p^+n$  la corrente
- (a) è prevalentemente una corrente di trascinamento di lacune iniettate nella regione  $n$
  - (b) è prevalentemente una corrente di diffusione di elettroni iniettati nella regione  $p$
  - (c) è circa uguale alla corrente di diffusione delle lacune iniettate nella zona  $n$ , valutata all'estremità della regione di carica spaziale
  - (d) è una corrente di diffusione di lacune in tutta la regione  $n$ .
10. (1pt) In una giunzione  $pn$  in conduzione, la conduttanza differenziale
- (a) diminuisce al crescere della tensione diretta
  - (b) aumenta al crescere della corrente
  - (c) è indipendente dalla polarizzazione
  - (d) diminuisce al crescere della temperatura.

11. (1pt) In un transistor bipolare in zona attiva diretta la tensione base-emettitore è:
- (a) circa 0.6-0.7 V
  - (b) di poco maggiore di 0 V (circa 26 mV)
  - (c) minore della tensione di soglia della giunzione.
12. (1pt) In un transistor bipolare *npn* funzionante in regione attiva diretta, la corrente di collettore cresce
- (a) al crescere di  $V_{BC}$
  - (b) al diminuire dell'efficienza di emettitore
  - (c) al crescere di  $V_{BE}$
  - (d) al diminuire del fattore di trasporto in base.
13. (1pt) In un transistor bipolare *npn*, il fattore di trasporto in base descrive
- (a) il rapporto tra la corrente di collettore e quella di base
  - (b) la percentuale della corrente di emettitore che è dovuta all'iniezione di elettroni dall'emettitore nella base
  - (c) la frazione di corrente di elettroni iniettata dall'emettitore nella base che viene raccolta dal collettore
  - (d) il rapporto tra la corrente di elettroni e quella di lacune nella base.
14. (2pt) Disegnare la caratteristica ibrida d'uscita  $I_C(V_{CE})$  di un transistor bipolare in configurazione a emettitore comune, mettendo in evidenza la zona attiva diretta e la zona di saturazione.

15. (2pt) Disegnare l'andamento tipico della transcaratteristica ibrida d'uscita  $I_{DS}(V_{DS})$  di un FET in configurazione a source comune, mettendo in evidenza le differenti regioni di funzionamento, e la corrispondente curva  $I_{DS}(V_{GS})$  in saturazione.
16. (1pt) Un FET a giunzione in saturazione approssima il comportamento ideale di:
- (a) Un generatore di tensione comandato in tensione
  - (b) Un generatore di tensione comandato in corrente
  - (c) Un generatore di corrente comandato in tensione
  - (d) Un generatore di corrente comandato in corrente.
17. (2pt) Disegnare il più semplice circuito equivalente di piccolo segnale di un FET (a giunzione o MOS; si trascurino le capacità parassite).

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Esercizi [13pt]**  
**1° settembre 2004**

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. **[5pt]** Calcolare la conducibilità  $\sigma$  di un campione uniforme di Si ( $E_g = 1.12$  eV) parzialmente compensato con drogaggio  $N_A = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ,  $N_D = 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Si supponga  $T = 300$  K, concentrazione intrinseca  $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ , mobilità degli elettroni  $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , mobilità delle lacune  $\mu_h = 600 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ , e si consideri approssimativamente uguale la densità efficace degli stati nelle bande di conduzione e di valenza.

2. Un transistoro bipolare *pnp* di silicio a 300 K ( $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\epsilon_{r\text{Si}} = 11.9$ ) ha le seguenti caratteristiche:

- lunghezza dell'emettitore:  $W_E = 2.0 \mu\text{m}$ ;
  - lunghezza del collettore:  $W_C = 4.0 \mu\text{m}$ ;
  - concentrazione di droganti nell'emettitore:  $N_{AE} = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - concentrazione di droganti nella base:  $N_{DB} = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - concentrazione di droganti nel collettore:  $N_{AC} = 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - mobilità degli elettroni:  $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ;
  - mobilità delle lacune:  $\mu_p = 600 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ;
  - tempo di vita medio dei portatori minoritari nella base:  $\tau_0 = 1 \mu\text{s}$ .
- (a) **[3pt]** Si valuti la lunghezza della base che corrisponde a un fattore di trasporto  $b = 0.995$ , e si determini la corrispondente amplificazione di corrente a emettitore comune in zona attiva diretta e in zona attiva inversa.
- (b) **[3pt]** Si calcoli quale tensione di polarizzazione inversa della giunzione base-collettore provoca la perforazione diretta della base.
- (c) **[2pt]** Si disegni il circuito equivalenti per piccolo segnale a  $\pi$  del transistoro, e se ne valutino i parametri (trascurando l'effetto Early e le capacità parassite) in corrispondenza di una corrente di collettore di polarizzazione  $I_C = 20 \text{ mA}$ .