

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Quiz e domande aperte [21pt]**  
**10 dicembre 2004**

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

1. (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.
  
2. (1pt) In un materiale semiconduttore in condizioni di equilibrio termodinamico, la concentrazione intrinseca
  - (a) dipende solo dalla temperatura
  - (b) dipende dalla posizione del livello di Fermi
  - (c) dipende dal livello di drogaggio
  - (d) dipende dal potenziale applicato.
  
3. (1pt) All'interno di una regione di semiconduttore neutra ( $\rho = 0$ ) il campo elettrico ha andamento
  - (a) sempre nullo
  - (b) costante
  - (c) lineare
  - (d) quadratico.
  
4. (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)  $n > n_0, p > p_0$ .

5. (1pt) Una concentrazione in eccesso di portatori minoritari tende ad estinguersi nello spazio in un campione corto:
- (a) esponenzialmente con costante di decadimento pari alla lunghezza di diffusione
  - (b) esponenzialmente con costante di decadimento pari alla lunghezza fisica del campione
  - (c) linearmente
  - (d) quadraticamente
6. (1pt) Definire che cosa si intende quando si dice che il lato di un diodo (o una regione di un transistor bipolare) è *corto* o *lungo*.
7. (2pt) Disegnare il profilo della densità di carica netta  $\rho(x)$ , del campo elettrico  $\mathcal{E}(x)$  e del diagramma a bande (ovvero dell'energia potenziale) per una giunzione *pn* brusca simmetrica all'equilibrio termodinamico, facendo uso dell'ipotesi di completo svuotamento nella regione di carica spaziale.

8. (1.5pt) Disegnare l'andamento qualitativo della carica fissa  $Q_f$  accumulata nella regione di svuotamento di una giunzione  $pn$  brusca in funzione della tensione applicata. Sullo stesso grafico, riportare la corrispondente curva della capacità di svuotamento  $C_s(V)$ . Per quale ragione non è possibile osservare valori di  $C_s$  arbitrariamente grandi?
9. (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.
10. (1.5pt) Elencare e descrivere sinteticamente i tre meccanismi più importanti che possono determinare la rottura (*breakdown*) di una giunzione  $pn$ .

11. (1pt) In un transistor bipolare *nnp*, il guadagno di corrente nella configurazione a base comune  $\alpha_F$  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) il rapporto tra la corrente di collettore e quella di emettitore
  - (d) il rapporto tra la corrente di elettroni e quella di lacune nella base.
12. (1pt) In un transistor bipolare *npn* funzionante in regione attiva diretta, la corrente di collettore può aumentare al crescere della tensione  $V_{CE}$  (effetto Early) perché
- (a) aumenta la concentrazione di portatori minoritari in base
  - (b) aumenta l'efficienza di emettitore
  - (c) aumenta il fattore di trasporto in base
  - (d) diminuisce la lunghezza di diffusione in base.
13. (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 (si trascuri l'effetto Early) e la zona di saturazione.
14. (1pt) In un transistor MOS a canale *n* sopra soglia e per  $V_{DS} > 0$ , la carica di elettroni liberi nella regione di inversione (canale):
- (a) aumenta spostandosi dal source verso il drain
  - (b) diminuisce spostandosi dal source verso il drain
  - (c) non dipende dalla posizione nel canale
  - (d) dipende dalla posizione nel canale soltanto tenendo conto di effetti di non-idealità (trascurabili in prima approssimazione).

15. (1pt) Un transistor MOS a canale  $n$  è polarizzato con  $V_G = V_D = 4\text{ V}$ ,  $V_S = V_B = 2\text{ V}$ . Sapendo che  $V_{th} = 2.5\text{ V}$ , dire in quale regione di funzionamento opera il dispositivo:
- (a) quadratica
  - (b) interdizione
  - (c) accumulo
  - (d) saturazione.
16. (2pt) Disegnare la *transcaratteristica*  $I_{DS}(V_{GS})$  di un MOSFET a canale  $n$  normalmente on (*depletion*) in saturazione (si supponga  $V_{th} = -1\text{ V}$ ) e il corrispondente andamento della transconduttanza  $g_m(v_{GS})$
17. (1pt) Disegnare il più semplice circuito equivalente di piccolo segnale di un MOSFET in saturazione, trascurando le capacità parassite.

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Esercizi [12pt]**  
**10 dicembre 2004**

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

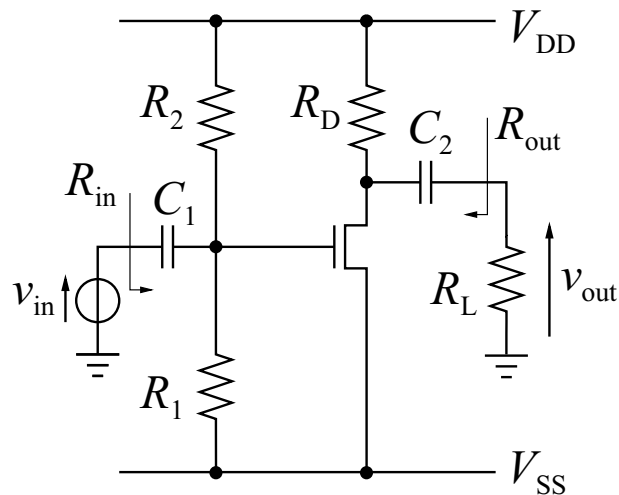
Esercizi	Quiz	Totale

**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. [6pt] Ad un campione omogeneo di materiale semiconduttore ( $T = 300 \text{ K}$ ,  $n_i = 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ ,  $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ,  $\mu_p = 200 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) drogato con una concentrazione di atomi donatori pari a  $N_D = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  è applicato un campo elettrico uniforme  $\mathcal{E} = 10 \text{ V/m}$  diretto nella direzione delle  $x$  positive.
- (a) (2pt) Calcolare la conducibilità del campione.
  - (b) (2pt) Calcolare la velocità di deriva e la densità di corrente.
  - (c) (2pt) Calcolare la velocità di deriva e la densità di corrente se il semiconduttore è di tipo  $p$  anziché di tipo  $n$ , con densità di atomi accettori  $N_A$  pari a quella dei donatori del campione originario.

2. [6pt] Il circuito in figura è un amplificatore a source comune:



Date le seguenti informazioni:

- $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$ ;
- $R_L = 6.8 \text{ k}\Omega, R_D = 3.9 \text{ k}\Omega, R_1 = 270 \text{ k}\Omega, R_2 = 620 \text{ k}\Omega$
- $V_{DD} = 15 \text{ V}, V_{SS} = 0 \text{ V}$
- per il MOSFET a canale  $n$ ,  $V_{th} = 1.5 \text{ V}$ ,  $\beta_n = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 8 \text{ mA/V}^2$  e  $\lambda = 0$

si richiede di:

- (2pt) scrivere le equazioni per lo studio del funzionamento in continua (maglia di ingresso e di uscita)
- (2pt) calcolare il punto di funzionamento a riposo del transistor e la tensione di uscita in continua
- (2pt) disegnare la caratteristica ibrida d'uscita del MOSFET e la retta di carico del circuito, mettendo in evidenza la posizione del punto di funzionamento in continua.