

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Quiz e domande aperte [23pt]**  
**16 dicembre 2003**

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

1. (1pt) In presenza di un campo elettrico costante applicato ad un semiconduttore:
  - (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.
  
2. (1pt) La relazione di Einstein fra mobilità e diffusività:
  - (a) Vale rigorosamente per qualsiasi valore di campo elettrico
  - (b) Vale solamente in condizioni di basso campo elettrico
  - (c) Vale solamente per semiconduttori drogati.
  
3. (2pt) Tracciare qualitativamente l'andamento della velocità degli elettroni in funzione del campo elettrico applicato nel silicio, evidenziando la regione in cui si può applicare il concetto di "mobilità di basso campo".

4. (1pt) In un semiconduttore la condizione di basso livello di iniezione si verifica quando:
- (a) I portatori in eccesso hanno concentrazione maggiore della concentrazione dei portatori maggioritari in equilibrio termodinamico
  - (b) I portatori in eccesso hanno concentrazione molto maggiore della concentrazione dei portatori minoritari in equilibrio termodinamico, molto minore della concentrazione dei portatori maggioritari
  - (c) I portatori in eccesso hanno concentrazione molto minore delle concentrazioni dei portatori maggioritari e minoritari in equilibrio termodinamico.
5. (2pt) Calcolare la lunghezza di diffusione dei portatori minoritari in un semiconduttore di tipo  $n$ , supponendo che il tempo di vita medio dei portatori minoritari valga  $\tau = 1 \text{ ns}$  e che le mobilità siano  $\mu_{n0} = 1000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ,  $\mu_{p0} = 100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .
6. (1pt) In una giunzione  $pn$  in polarizzazione inversa, il campo elettrico:
- (a) È costante a tratti all'interno della regione di carica spaziale, nullo al suo esterno
  - (b) È massimo in corrispondenza della giunzione
  - (c) È massimo in corrispondenza degli estremi della regione di carica spaziale.
7. (1pt) In una giunzione  $pn$  in polarizzazione inversa  $V_A < 0$ :
- (a) La capacità di giunzione aumenta con l'aumentare di  $|V_A|$
  - (b) La capacità di giunzione diminuisce con l'aumentare di  $|V_A|$
  - (c) La capacità di giunzione è comunque trascurabile.
8. (2pt) Che cosa è il breakdown di un diodo? Quali meccanismi possono determinarlo?

9. (1pt) Le capacità parassite di un bipolare in zona attiva diretta:
- (a) Sono capacità di diffusione
  - (b) La capacità BE è di diffusione, quella BC di giunzione
  - (c) La capacità BC è di diffusione, quella BE di giunzione.
10. (2pt) Illustrare per quali condizioni di polarizzazione delle giunzioni BE e BC un transistor bipolare è in saturazione, interdizione, zona attiva diretta e inversa.
11. (2pt) Disegnare la transcaratteristica 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.
12. (2pt) Disegnare l'andamento tipico della transcaratteristica ibrida d'uscita  $I_{DS}(V_{GS})$  di un FET in configurazione a source comune, mettendo in evidenza le differenti regioni di funzionamento. Qual è il suo legame con la transconduttanza  $g_m$ ?

13. (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.
14. (1pt) Per tensioni  $V_{DS}$  piccole, un transistor a effetto di campo sopra soglia si comporta approssimativamente come:
- (a) Un corto circuito
  - (b) Una resistenza variabile il cui valore è controllato dal valore di  $V_{GS}$
  - (c) Un amplificatore la cui transconduttanza è controllata dal valore di  $V_{GS}$ .
15. (1pt) Un MOS a canale  $n$  ha una tensione di soglia di  $-2\text{ V}$  ed è polarizzato a  $V_{DS} = 2\text{ V}$ ,  $V_{GS} = 1\text{ V}$ . Il dispositivo:
- (a) è in interdizione
  - (b) è in zona ohmica
  - (c) è in saturazione.
16. (2pt) Disegnare il circuito equivalente di piccolo segnale semplificato di un transistor MOS, trascurando gli effetti capacitivi. Quanto vale la resistenza d'ingresso del dispositivo nella configurazione a source comune?

**Dispositivi Elettronici**  
**Prova scritta - Esercizi [10pt]**  
**16 dicembre 2003**

Nome: \_\_\_\_\_  
Cognome: \_\_\_\_\_  
Matricola: \_\_\_\_\_  
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. (3pt) In un diodo lungo  $n^+p$  in Si ( $T = 300$  K,  $E_g = 1.12$  eV,  $n_i = 1.5 \times 10^{10}$  cm $^{-3}$ ,  $\epsilon_r = 12$ , campo critico per la moltiplicazione a valanga  $\mathcal{E}_{\text{val}} = 200$  kV/cm) con drogaggi  $N_A = 1 \times 10^{16}$  cm $^{-3}$  per il lato  $p$ ,  $N_D = 5 \times 10^{18}$  cm $^{-3}$  per il lato  $n^+$ , si trovi la tensione di breakdown per effetto valanga.

2. (3pt) Un FET con tensione di soglia di  $-7\text{ V}$  e  $I_{DSS} = 200\text{ mA}$  è polarizzato in saturazione in modo tale che la corrente di drain sia pari a  $2/3$  della corrente massima. Calcolare i corrispondenti valori della tensione  $V_{GS}$  di polarizzazione e della transconduttanza  $g_m$  del dispositivo, usando il modello quadratico della caratteristica  $I_D(V_{GS})$  in saturazione.

3. Un transistoro bipolare *npn* di silicio a 300 K ( $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ,  $\epsilon_r = 12$ ) ha le seguenti caratteristiche:

- lunghezza dell'emettitore:  $W_E = 3.0 \mu\text{m}$ ;
  - lunghezza del collettore:  $W_C = 5.0 \mu\text{m}$ ;
  - concentrazione di droganti nell'emettitore:  $N_{DE} = 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - concentrazione di droganti nella base:  $N_{AB} = 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - concentrazione di droganti nel collettore:  $N_{DC} = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ ;
  - mobilità degli elettroni:  $\mu_{n0} = 1200 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ;
  - mobilità delle lacune:  $\mu_{h0} = 600 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ;
  - tempo di vita medio dei portatori minoritari nella base:  $\tau_0 = 10 \text{ ns}$ .
- (a) (2pt) Si valuti la lunghezza della base che corrisponde a un fattore di trasporto  $b = 0.99$ , e si determini la corrispondente amplificazione di corrente a emettitore comune in zona attiva diretta  $\beta_F$ .
- (b) (2pt) Si disegni il circuito equivalente per piccolo segnale ibrido 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  $I_C = 100 \text{ mA}$ .