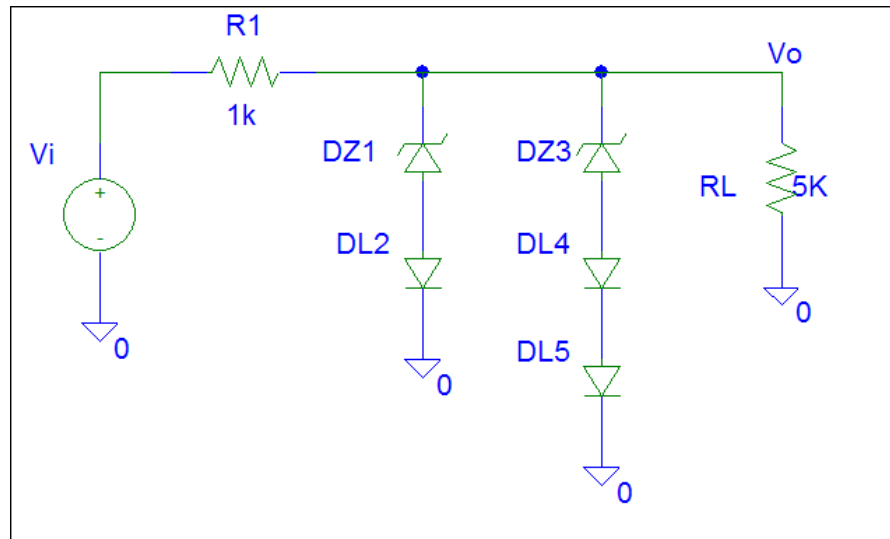


Dispositivos Electrónicos I

1º Ingeniería de Telecomunicación

Examen: 15 de junio de 2007

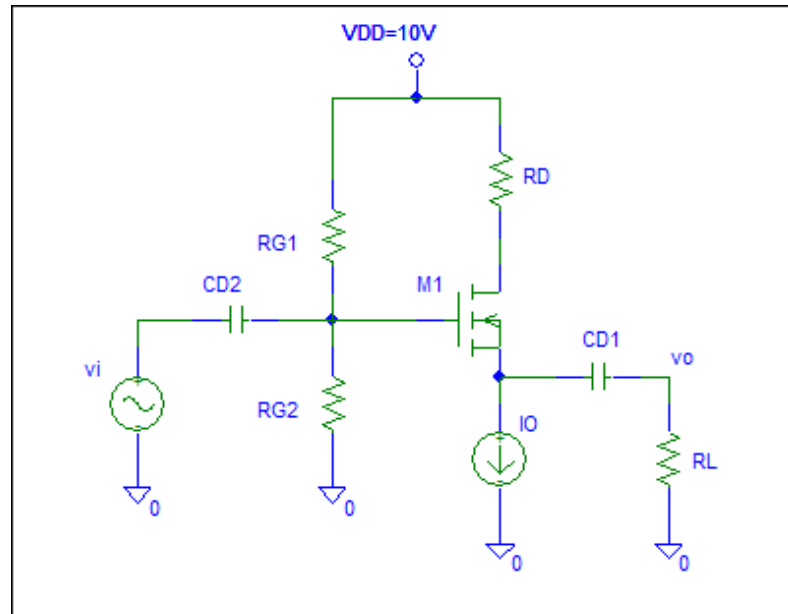
- Sea una muestra semiconductora de Si dopada con impurezas de boro, $N_A = 10^{17} \text{cm}^{-3}$, y de fósforo, $N_D = 2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$. (Datos: $n_i = 1.45 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$; $kT = 25.8 \text{ meV}$; $T = 300 \text{ K}$; $E_g = 1.12 \text{ eV}$; $N_C = 2.8 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$; $N_V = 1.04 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$. En caso necesario, suponer que el nivel de Fermi intrínseco (E_i) se encuentra situado en la mitad de la banda prohibida)
 - Calcular la concentración de electrones y huecos en equilibrio térmico así como la posición del nivel de Fermi utilizando la estadística de Maxwell-Boltzmann. **(0.5 puntos)**
 - ¿Cuál es la probabilidad de encontrar un electrón con energía igual a E_C según la estadística de Fermi-Dirac? **(0.5 puntos)**
 - Si se ilumina el semiconductor de forma que se generan 10^{12} pares electrón-hueco por cm^3 , se pide calcular las nuevas concentraciones de electrones y huecos y la posición de los pseudoniveles de Fermi. **(0.5 puntos)**
 - Dibujar de forma esquemática el diagrama de bandas de la estructura incluyendo la posición del nivel de Fermi intrínseco y del nivel de Fermi obtenido en el apartado (a) y de los pseudoniveles calculados en (c). **(0.5 puntos)**
- Sea el siguiente circuito:



Donde los diodos DZ1 y DZ3 son diodos Zéner y los diodos DL2, DL4 y DL5 son diodos LED con $V_\gamma = 2 \text{ V}$.

- Representar la curva de transferencia (V_o frente a V_i). Dejar V_Z como parámetro. **(0.5 puntos)**

- (b) ¿Qué valor máximo puede tener la tensión de ruptura V_Z de los diodos Zéner para conseguir que la corriente que atraviesa la resistencia R_L no supere los 1.5 mA? **(0.5 puntos)**
- (c) Suponiendo que $V_i = 10$ V y que se usan los diodos Zéner del apartado anterior, ¿qué incremento de tensión ΔV_o se produce en la salida como consecuencia de un cambio de tensión ΔV_i en la tensión de entrada V_i ? Datos: el Zéner conduciendo en inversa se comporta en pequeña señal como una resistencia de valor $r_Z = 100\Omega$; $V_T = \frac{kT}{q} = 25.8$ mV **(1 punto)**
3. Se quiere realizar un transistor MOSFET de canal N de forma que su tensión umbral sea igual a $V_T = 1$ V.
- (a) Si el semiconductor se ha dopado con $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ impurezas aceptadoras, determinar qué valor debe tener la función trabajo del metal.
- Datos: Afinidad electrónica del silicio, $q\chi_{\text{Si}} = 4.05$ eV; tensión umbral $V_T = V_{FB} \pm 2\phi_F \pm \gamma\sqrt{2\phi_F}$, donde $\gamma = \frac{\sqrt{2\epsilon_{\text{Si}}qN_A}}{C_{ox}}$ y $C_{ox} = 50\text{nF/cm}^2$; constantes dieléctricas, $\epsilon_{\text{Si}} = 11.9\epsilon_o$, $\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-14}$ F/cm; $kT = 25.8\text{meV}$; $n_i = 1.45 \times 10^{10}\text{cm}^{-3}$; $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$; $E_g = 1.1$ eV; $N_C = 2.8 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$; $N_V = 1.04 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ **(1 punto)**
- (b) Con el transistor anterior se realiza el siguiente circuito:



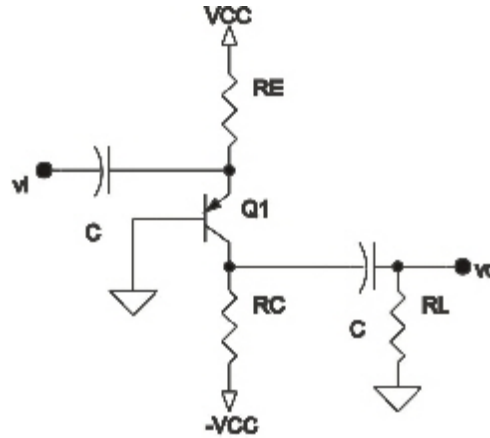
Dar valores a los componentes del circuito que sean necesarios para lograr que el transistor trabaje en continua bajo las siguientes condiciones: tensión en el drenador $V_D = 5$ V, $V_{DS} = 3$ V e $I_{DS} = 1$ mA. Además, la corriente que atraviesa la resistencia R_{G1} debe ser $50 \mu\text{A}$. Datos: $\beta = 400\mu\text{A/V}^2$. **(0.5 puntos)**

- (c) Manteniendo el anterior circuito, excepto la resistencia R_{G2} , ¿cuál es el rango de valores que puede tomar R_{G2} de forma que el transistor continúe en saturación? Tenga en cuenta que, debido a la forma en la que se ha implementado la fuente de corriente, ésta

sólo funciona correctamente cuando la tensión entre sus extremos es mayor que 0.5 V.
(1 punto)

- (d) Dada una resistencia de carga $R_L = 20 \text{ K}\Omega$, calcule la ganancia de pequeña señal $A_V = \frac{v_o}{v_i}$ (suponga el mismo circuito que en el apartado b) **(0.5 puntos)**.

4. Sea el siguiente circuito para el que $V_{CC} = 10\text{V}$, $V_{EB(on)} = 0.7\text{V}$, $V_{EC(sat)} = 0.2\text{V}$, $V_T = 25.8\text{mV}$, $\beta_F = 200$ y $C \rightarrow \infty$:



- (a) Calcular los valores de R_C y R_E de forma que la tensión en el colector del transistor pnp sea de $V_C = -5\text{V}$ y la corriente de base $I_B = 5\mu\text{A}$. **(0.75 puntos)**
- (b) Si se mantiene R_E constante, ¿cuál es el valor máximo de R_C que permite al transistor seguir operando en la región activa directa? **(0.75 puntos)**
- (c) Dibujar el circuito equivalente para el estudio en pequeña señal a bajas frecuencias señalando en él claramente v_i , v_o y los distintos elementos que constituyen el modelo del transistor considerando $V_A \rightarrow \infty$. **(0.75 puntos)**
- (d) Calcular la ganancia en pequeña señal, $\frac{v_o}{v_i}$ para el punto de polarización del apartado (a) en los casos $R_L \rightarrow \infty$ y $R_L = 10\text{k}\Omega$. **(0.75 puntos)**