

Diseño Analógico

Problemas sobre Modelado de Dispositivos

Febrero 2002

Modelado de la Unión P-N

- 1) Idear un método práctico para calcular I_S , r_S y η a partir de la curva I-V de un diodo comercial.
- 2) La pieza central de un C.I. sensor de temperatura es una unión p-n polarizada directamente con una corriente constante. Deducir una expresión para el voltaje en la unión en función de la temperatura, $v_D(T)$. Usando valores típicos de diodos comerciales, graficar $v_D(T)$ de -10°C a 50°C . Demostrar que $v_D(T)$ es casi una línea recta, con pendiente de aprox. $-2.5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. ¿Cómo influye el valor de la corriente constante en el diodo sobre la gráfica de $v_D(T)$?
- 3) Una forma de modelar el efecto del incremento en la corriente de reversa cuando el voltaje de reversa aplicado se acerca al voltaje de rompimiento de la unión p-n es mediante el uso del factor de multiplicación M . Si la corriente de reversa en la zona de rompimiento es I_{RA} , y la corriente de reversa normal (para voltajes de reversa pequeños) es I_R , entonces $I_{RA} = MI_R$, donde

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{V_R}{BV}\right)^n}$$

siendo V_R el voltaje de reversa aplicado, BV el voltaje de rompimiento de la unión y n un factor que se determina empíricamente y cuyo valor varía entre 3 y 6. a) Calcular el voltaje de reversa necesario para hacer que $I_{RA} = 10I_R$ (suponer $BV = 100\text{V}$, y $n = 3$). b) ¿Cómo modificarías el modelo de la unión p-n para señal grande de forma que el anterior efecto sea considerado?

Modelado del BJT

- 4) Demostrar que la resistencia de salida de un BJT está dada por $r_o = V_A/I_C$.
- 5) Si I_{CO} es la corriente de reversa de colector a base con el emisor abierto, la corriente de colector total en un BJT es $i_C = I_{CO} + \alpha i_E$. Deducir una ecuación que relacione la β para señal ($h_{fe} = \beta'$) con la β para corriente directa ($h_{FE} = \beta = \alpha/(1-\alpha)$).
- 6) Cuando un BJT está en la región activa y su unión C-B está lejos de su zona de rompimiento, $i_C = \alpha i_E$. Sin embargo, cuando el voltaje V_{CB} se acerca al voltaje de rompimiento BV_{CBO} , la corriente i_E crece excesivamente. Una forma de modelar este efecto es mediante

$$i_C = \alpha M i_E \text{ donde } M = \frac{1}{1 - \left(\frac{V_{CB}}{BV_{CBO}}\right)^n}, \text{ con } 3 < n < 6$$

Demostrar que el voltaje de colector a emisor de rompimiento, BV_{CEO} , puede calcularse mediante

$$BV_{CEO} = V_{BE} + BV_{CBO} \sqrt[n]{1 - \alpha}$$

6) Usando algún paquete de matemáticas (Matlab, Mathcad, etc.), graficar las curvas de salida de un BJT en emisor común incluyendo la zona de rompimiento. Suponer que $V_{BE} = 0.7V$, $V_A = 50V$, $BV_{CBO} = 120V$, $n = 4$, y $\beta = 100$ para valores pequeños de v_{CE} . Hacer la gráfica de i_C variando v_{CE} de 0 a 35V, para $I_B = 1\mu A$, $10\mu A$, $20\mu A$, $30\mu A$, $40\mu A$, $50\mu A$ y $60\mu A$. Usando la fórmula del problema anterior, calcular BV_{CEO} y comparar con las curvas obtenidas graficando ahora para v_{CE} de 0 a 38.5V. Sugerencia: escribir una ecuación para i_C como función de v_{CE} y de I_B , que considere el efecto de la zona de rompimiento en la unión C-B del BJT (ver problema anterior).

Modelado del FET

7) Deducir la ecuación de la frontera entre la región del triodo y la región de saturación de un FET. (ec. de la línea punteada del acetato 9 o del acetato 25 sobre modelado de FETs).

8) Dadas las curvas de salida de un FET, idear un método para estimar los parámetros de su modelo para señal pequeña (g_m y r_o) en un punto de operación Q dentro de su región de saturación (activa).

9) Basándose en las ecuaciones planteadas para deducir la ley cuadrática del JFET, deducir una fórmula para calcular el voltaje de estrangulamiento V_P en función de N_D , N_A y a . Calcular V_P para un JFET canal n con los siguientes parámetros: $N_D = 5 \times 10^{15}$ átomos /cm³, $N_A = 10^{17}$ átomos /cm³ y $a = 1.2\mu m$.