

Tecnología de Componentes Electrónicos y Fotónicos.

Convocatoria Ordinaria. Curso 2000/2001

VIERNES, 9 DE FEBRERO DE 2001

Solución

Apellidos:

Nombre:

Información: Cada problema vale 2.75 puntos. La cuestión 1.75 puntos. La duración máxima del examen será de 3 horas.

Problemas

1. Calcular y representar las formas de onda $V_R(t)$ y $V_o(t)$ en el circuito de la figura 1.a para la señal de entrada de la figura 1.b

Datos: Diodo1: $V_{\gamma_1} = 0V$, $r_{s_1} = 0\Omega$, $V_{z_1} = 3V$, $r_{z_1} = 0\Omega$. Diodo2: ideal. Diodo3: $V_{\gamma_3} = 0V$, $r_{s_3} = 0\Omega$, $V_{z_3} = 1V$, $r_{z_3} = 100\Omega$. Resistencia: $R = 200\Omega$.

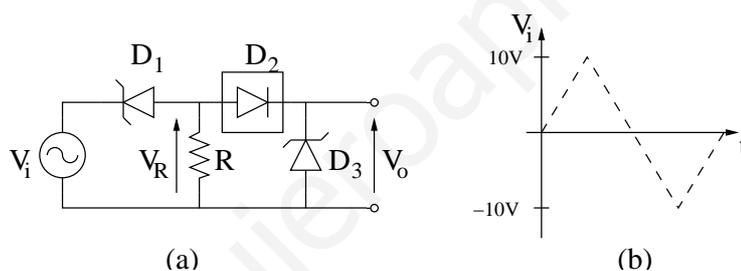


Figura 1: (a) Enunciado Problema 1 (b) Forma de onda del generador de entrada

Solucion

El circuito de la figura 1a es no lineal y por tanto no puedo analizarlo con los métodos de que disponemos, para analizarlo he de linealizarlo, primeramente sustituiré los diodos por sus equivalentes por tramos lineales, con esto me queda la figura ,donde hemos sustituido cada elemento por su valor (las tensiones de 0V las hemos sustituido por un cortocircuito, al igual que las resistencias de 0Ω).

Una vez que tenemos el circuito analicemos por separado cuando $V_i > 0$ y cuando $V_i < 0$ ya que para $V_i = 0$ las corrientes y tensiones son nulas para todos los elementos del circuito.

$V_i > 0$. En este caso la corriente en las ramas del circuito distintas a la que contiene el generador circulará de izquierda a derecha y de arriba abajo, por tanto las ramas de los diodos que representan la corriente en sentido contrario se encontrarán en circuito abierto y el circuito nos queda según la figura 3. Podemos ver que D_1 entrará en zona zener

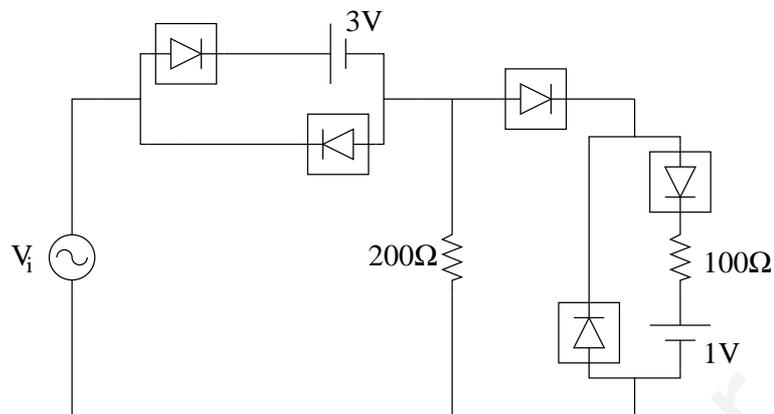


Figura 2: Circuito resultante de sustituir los diodos de la figura 1 por sus equivalentes por tramos lineales y cada elemento por su valor.

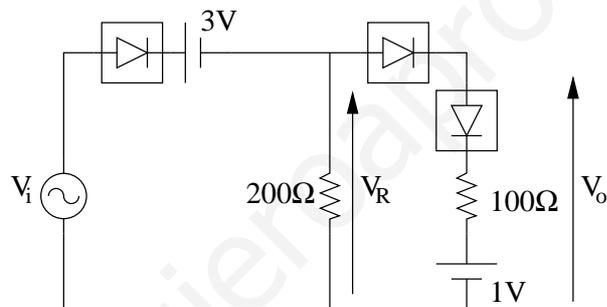


Figura 3: Circuito para $V_i > 0$

cuando la fuente de alimentación supere V_{z1} , es decir, $3V$, en ese momento y teniendo en cuenta que para el circuito de la figura 3 la tensión V_R se calcula como

$$V_R = V_i - 3V \quad (1)$$

que pasa con V_o , pues como entre V_o y V_R sólo hay un diodo ideal tenemos que V_o será cero si $V_R \leq 0$, es decir cuando $V_i \leq 3V$, en cualquier otro caso D2 se comporta como un cortocircuito y por tanto

$$V_o = V_R \quad (2)$$

$V_i < 0$. En este caso la corriente circulará en sentido contrario a lo dicho anteriormente y por tanto el circuito nos queda como la figura 4, aquí tenemos que entre V_R y V_i hay un diodo ideal y por tanto cuando $V_i < 0$ se comportará como un cortocircuito de forma que

$$V_R = V_i \quad (3)$$

y respecto a V_o tenemos que D2 está en corte y que por tanto la tensión $V_o = 0$.

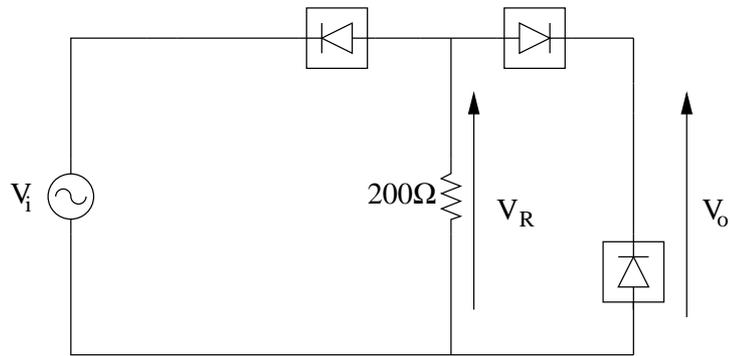


Figura 4: Circuito para $V_i < 0$

Como conclusión tenemos los valores de V_R y de V_o en la siguiente tabla.

$$\begin{aligned}
 V_i \leq 0 &\Rightarrow \begin{cases} V_R = V_i \\ V_o = 0 \end{cases} \\
 0 < V_i \leq 3V &\Rightarrow \begin{cases} V_R = 0 \\ V_o = 0 \end{cases} \\
 V_i > 3V &\Rightarrow \begin{cases} V_R = V_i - 3 \\ V_o = V_i - 3 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{4}$$

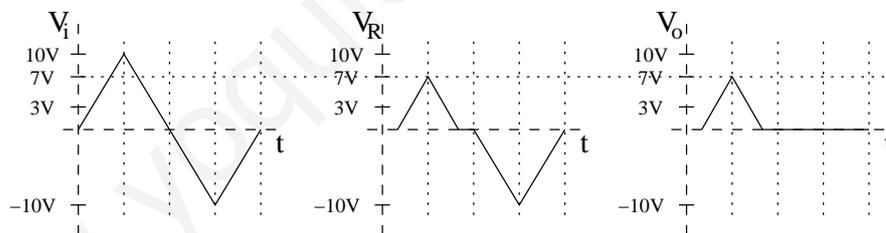


Figura 5: Resultado gráfico problema 1

2. Cuál debe ser el valor de las resistencias R_1 y R_2 para que el margen dinámico a corte sea igual al margen dinámico a saturación.

Calcular los valores suponiendo (a) que la corriente de base es despreciable (b) que la corriente de base no es despreciable, comparar los resultados.

Datos: $R_1 + R_2 = 40k\Omega$, $R_E = 1k\Omega$, $R_C = 2k\Omega$, $R_L = 2k\Omega$, $\beta_F = 100$, $V_{BE\text{directa}} = 0.7V$, $V_{cc} = 10V$ y $V_{CEsat} = 0.2V$

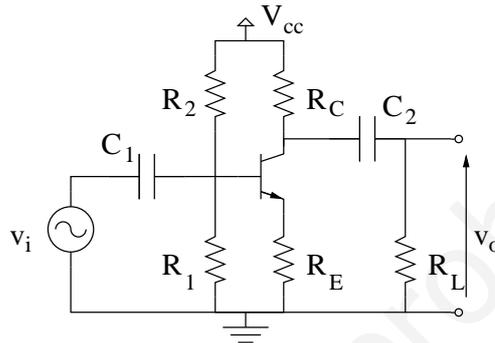


Figura 6: Enunciado Problema 2

Solucion

El enunciado nos dice que el margen dinámico a corte sea igual al margen dinámico a saturación, por tanto la base para la solución es

$$|\Delta v_o^{corte}| = |\Delta v_o^{sat}| \quad (5)$$

ahora hemos de ver cuanto vale cada uno de estos márgenes, sería más fácil si calculásemos los márgenes para la Δv_{ce} y aunque los valores son distintos el punto de polarización será el mismo para ambos. Calculémoslo entonces

$$|\Delta v_{ce}^{sat}| = V_{CEQ} - V_{CEsat} \quad (6)$$

$$|\Delta v_{ce}^{corte}| = |\Delta i_c^{corte}| \cdot R_{carga\ din} = I_{CQ} \cdot R_{carga\ din} \quad (7)$$

es decir nuestra base es la siguiente ecuación

$$V_{CEQ} - V_{CEsat} = I_{CQ} \cdot R_{carga\ din} \quad (8)$$

si sustituimos V_{CEQ} , por su valor en función de I_{CQ} tenemos para el circuito 6

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot (R_C + R_E) \quad (9)$$

y entonces sustituyendo la ecuación 9 en la 8 obtenemos

$$V_{CC} - I_{CQ} \cdot (R_C + R_E) - V_{CEsat} = I_{CQ} \cdot R_{carga\ din} \quad (10)$$

ahora que ya tenemos la base de la solución resolvamos según las dos suposiciones que se nos dan en el enunciado

(a) Corriente de base despreciable

En este caso la $R_{carga\ din}$ es

$$R_{carga\ din} = R_C \parallel R_L + R_E \quad (11)$$

ya que el término $\frac{\beta+1}{\beta}$ lo consideramos 1 y si sustituimos en la ecuación 10 obtendremos I_{CQ}

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{(R_C + R_E) + (R_C \parallel R_L + R_E)} = 1.96mA \quad (12)$$

¿Cuánto vale V_{BQ} ?

$$V_{BQ} = V_{BEQ} + I_{EQ}R_E = 2.66V \quad (13)$$

donde hemos aplicado que I_{BQ} es despreciable $I_{EQ} = I_{CQ}$.
Calculemos ahora R_1 y R_2 si I_{BQ} es despreciable tenemos que

$$V_{BQ} = V_{CC} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (14)$$

así pues calculamos R_1

$$R_1 = \frac{V_{BQ}}{V_{CC}} (R_1 + R_2) = 10.64k\Omega \quad (15)$$

y

$$R_2 = 29.36k\Omega \quad (16)$$

(b) Corriente de base no despreciable

En este caso la $R_{carga\ din}$ es

$$R_{carga\ din} = R_C \parallel R_L + \frac{\beta + 1}{\beta} R_E \quad (17)$$

si sustituimos en la ecuación 10 obtendremos I_{CQ}

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CEsat}}{(R_C + R_E) + \left(R_C \parallel R_L + \frac{\beta+1}{\beta} R_E\right)} = 1.956mA \quad (18)$$

¿Cuánto vale V_{BQ} ?

$$V_{BQ} = V_{BEQ} + I_{EQ}R_E = V_{BEQ} + \frac{\beta + 1}{\beta} I_{CQ}R_E = 2.68V \quad (19)$$

Calculemos ahora R_1 y R_2 , en este caso como I_{BQ} no es despreciable la relación entre los valores de estas resistencias y V_{BQ} es

$$V_{BQ} = V_{CC} \frac{R_1}{R_1 + R_2} - I_{BQ} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (20)$$

si sustituimos en esta ecuación el dato $R_2 = 40k\Omega - R_1$ tenemos

$$V_{BQ} = V_{CC} \frac{R_1}{40k\Omega} - \frac{I_{CQ}}{\beta} \frac{R_1 (40k\Omega - R_1)}{40k\Omega} \quad (21)$$

despejando tenemos que

$$\begin{aligned} R_1 &= 11.13k\Omega \\ R_2 &= 28.87k\Omega \end{aligned} \quad (22)$$

3. Calcular la ganancia de corriente del siguiente circuito y su impedancia de entrada y de salida.

Datos: $R_1 = R_2 = R_L = 100k\Omega$, $R_D = R_S = 1k\Omega$, $K = 20 \frac{\mu A}{V^2}$, $\frac{W}{L} = 2$, $V_t = 1V$, $V_{dd} = 10V$ y $\lambda = 0V^{-1}$

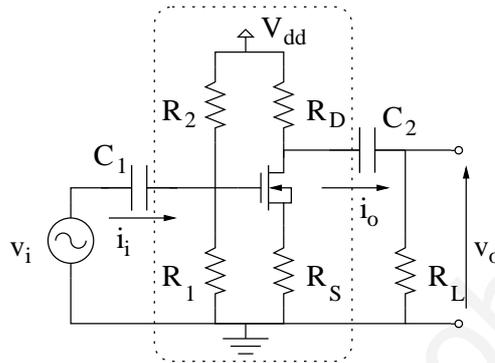


Figura 7: Enunciado Problema 3

Solución

Para calcular las características de pequeña señal del circuito lo primero que tendremos que hacer es calcular el punto de trabajo. Para ello supondremos que el transistor está en saturación, vamos allá.

Si el transistor está en saturación la corriente de drenador vendrá dada por

$$I_D = \frac{K}{2} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2 \quad (23)$$

en este caso la tensión V_{GS} vale

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_{dd} \frac{R_1}{R_1 + R_2} - I_D R_S \quad (24)$$

tenemos pues un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, si lo resolvemos obtenemos el siguiente resultado

$$\begin{aligned} I_{DQ} &= 0.28mA \\ V_{GSQ} &= 4.72V \end{aligned} \quad (25)$$

de estos datos puedo extraer V_{DSQ} y su valor será

$$V_{DSQ} = V_{dd} - I_D (R_D + R_S) = 9.44V > V_{GSQ} - V_T = 3.72V$$

lo que implica que la suposición de que el transistor estaba en saturación era correcta.

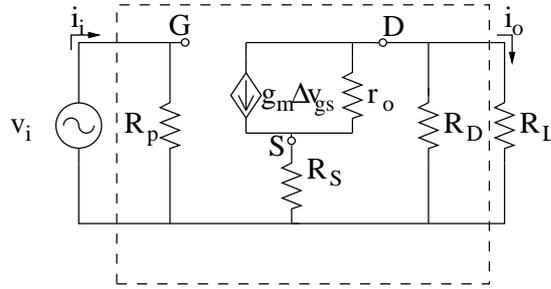


Figura 8: Circuito de pequeña señal del problema 3

Veamos pues el circuito en pequeña señal que será el que se muestra en la figura 8 donde $R_p = R_1 \parallel R_2$, $g_m = \sqrt{2K \frac{W}{L} I_D}$ y $r_o = \infty$ ya que $\lambda = 0$. Podemos ver que la corriente i_i está en una malla en la que sólo están V_i y R_p y por tanto valdrá

$$i_i = \frac{v_i}{R_p} \quad (26)$$

en la salida y ya que r_o se comporta como un circuito abierto y que por tanto la corriente que sale del drenador es $g_m \Delta v_{gs}$ tenemos que

$$i_o = -g_m \Delta v_{gs} \frac{R_D}{R_D + R_L} \quad (27)$$

para poder calcular la ganancia de corriente hemos de relacionar v_i con Δv_{gs} y como $v_i = \Delta v_g$ tenemos que

$$\begin{aligned} \Delta v_{gs} &= v_i - \Delta v_s = v_i - \Delta i_s R_S = v_i - \Delta i_d R_S = v_i - g_m \Delta v_{gs} R_S \\ &\Downarrow \\ v_i &= \Delta v_{gs} (1 + g_m R_S) \end{aligned} \quad (28)$$

sustituyendo en la ecuación 26 y dividiendo 27 con 26 tenemos

$$g_i = \frac{i_o}{i_i} = -\frac{g_m R_D R_p}{(1 + g_m R_S)(R_D + R_L)} = -0.065 \quad (29)$$

Vayamos ahora a por las impedancias de entrada y salida. La impedancia de entrada es la que ve la fuente de tensión v_i , esta fuente sólo ve R_p y por tanto ya tenemos la impedancia de entrada

$$Z_{in} = R_p = R_1 \parallel R_2 = 50k\Omega \quad (30)$$

respecto a la de salida será la que vea la resistencia R_L , para calcularla eliminamos las fuentes de tensión y de corriente independientes, eso implica eliminar v_i y por tanto que $\Delta v_g = 0$ y que $\Delta v_{gs} = 0$ de esta forma la fuente de corriente dependiente queda en circuito abierto y el único componente que ve R_L es R_D , ya tenemos la impedancia de salida.

$$Z_{out} = R_D = 1k\Omega \quad (31)$$

Cuestiones

1. Dibujar un circuito fijador de nivel y otro rectificador, indicando en cada caso su funcionamiento de manera pormenorizada.

(a) Fijador de nivel

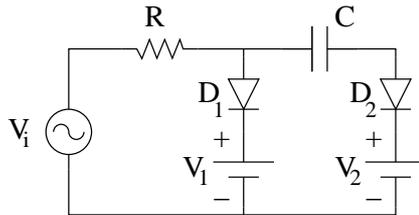


Figura 9: Fijador de nivel

(b) Rectificador

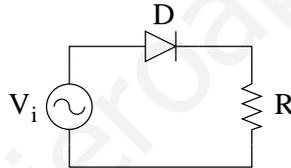


Figura 10: Rectificador de media onda positivo