

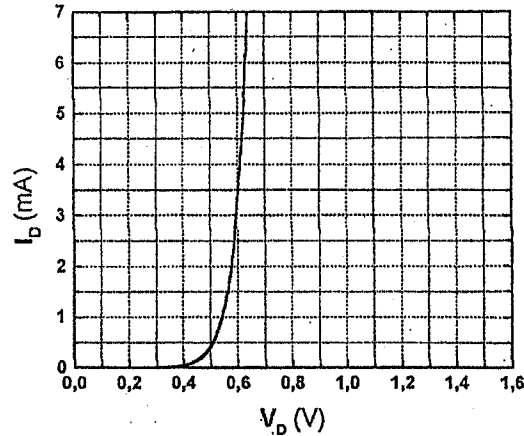
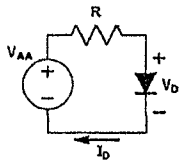
10 - I.R.K = 0

PROBLEMAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS 2º Curso de Grado en Ingeniería Informática - 10/11

TEMA 4: El diodo

1.- En el circuito de la figura se emplea un diodo de silicio con la característica representada, siendo $V_{AA} = 5\text{ V}$ y $R = 1\text{ K}\Omega$.

- Determinar la corriente en el diodo y la tensión entre sus extremos.
- ¿Cuánta potencia disipa el diodo?
- ¿Cuál será la corriente del diodo si se cambia R a $2\text{ K}\Omega$? ¿Y a $5\text{ K}\Omega$?

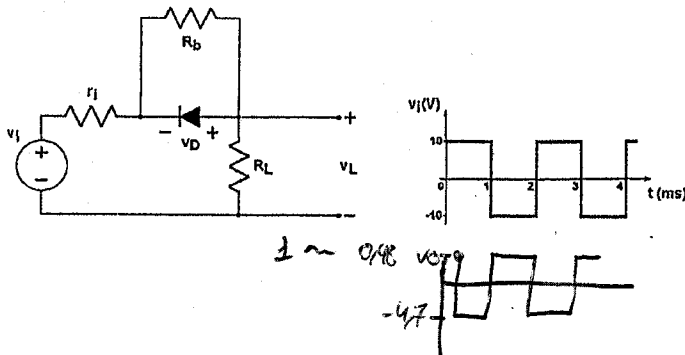


Solución:

- $V_D = 0.615\text{ V}$, $I_D = 4.39\text{ mA}$
- $P_D = 2.70\text{ mW}$
- $V_{D,2K} = 0.580\text{ V}$, $I_{D,2K} = 2.21\text{ mA}$
 $V_{D,5K} = 0.536\text{ V}$, $I_{D,5K} = 0.891\text{ mA}$

2.- Para el siguiente circuito (considerando para el diodo $v_\gamma = 0.6\text{ V}$, $R_d = 0$):

- Dibujar $v_L(t)$ si $R_b = 100\text{ K}\Omega$, $r_i = R_L = 1\text{ K}\Omega$ y v_i es como se indica en la figura.
- Repetir para una v_i senoidal de 1 V de cresta (o amplitud máxima, V_{im}).



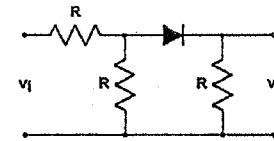
Solución:

- Suponiendo $V_\gamma = 0.6\text{ V}$, la señal de salida será una onda cuadrada con valores positivo $v_L = 0.1\text{ V}$ y negativo $v_L = -4.7\text{ V}$.
- Senoidal distorsionada, con:
 $v_L = v_i / 102$ si $v_i > -0.612\text{ V}$
 $v_L = v_i / 2 + 0.3\text{ V}$ si $v_i \leq -0.612\text{ V}$

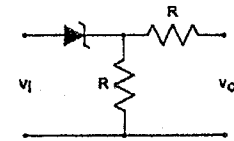
3.- Expresar la característica de transferencia de los siguientes circuitos:

a) Datos: Suponer para el diodo $V_\gamma = 0.6\text{ V}$ y $r_d = 0$; $R = 10\text{ }\Omega$.

b) Datos: Suponer el zener con $V_\gamma = 0.6\text{ V}$ y $r_d = 0$ en directa y $V_Z = 5\text{ V}$ y $r_Z = 10\text{ }\Omega$ en inversa. $R = 20\text{ }\Omega$.



(a)



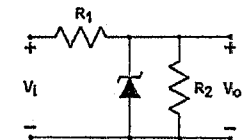
(b)

Solución:

- $v_o = 0$ si $v_i \leq 2V_\gamma$
 $v_o = (v_i - 2V_\gamma)/3$ si $v_i \geq 2V_\gamma$
- $v_o = v_i - V_\gamma$ si $v_i \geq V_\gamma$
 $v_o = 0$ si $V_\gamma \geq v_i \geq -V_Z$
 $v_o = (2/3)(v_i + V_Z)$ si $v_i \leq -V_Z$

4.- En el circuito de la figura, calcular la característica de transferencia, $V_o = f(V_i)$, empleando para el diodo Zener un modelo lineal en sus diferentes regiones (V_Z , $R_Z = 0$; V_γ , $R_d = 0$). Expresar la dependencia funcional de todos los tramos y puntos de corte sin emplear valores numéricos, suponiendo que V_i toma valores en el todo el rango posible ($-\infty < V_i < \infty$).

Dibujar la forma de dicha función empleando los valores numéricos $V_Z = 10\text{ V}$, $V_\gamma = 0.6\text{ V}$ y $R_1 = R_2 = 10\text{ K}\Omega$.

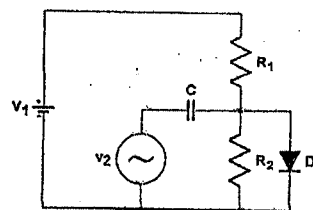


Solución:

$$v_o = \begin{cases} -V_\gamma & \text{si } v_i \leq -\frac{R_1 + R_2}{R_2} V_\gamma \\ \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_i & \text{si } -\frac{R_1 + R_2}{R_2} V_\gamma \leq v_i \leq \frac{R_1 + R_2 + R_2}{R_2} V_Z \\ V_Z & \text{si } v_i \geq \frac{R_1 + R_2 + R_2}{R_2} V_Z \end{cases}$$

5.- Calcular el voltaje $v_D(t)$ en el diodo del circuito de la figura ($V_\gamma = 0.6 \text{ V}$, $R_D = 10 \Omega$).

Datos: $V_1 = 10 \text{ V}$, $v_2 = 0.1 \text{ V sen}(\omega t)$, $\omega = 10^3 \text{ rad/s}$, $C = 10 \mu\text{F}$, $R_1 = 40 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$.



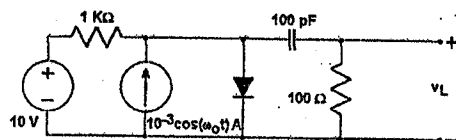
Solución:

$$v_D = 0.602 \text{ V} + 9.94 \cdot 10^{-3} \text{ V sen}(10^3 \text{ rad/s} \cdot t + 1.47 \text{ rad})$$

6.- Supuesto el circuito a temperatura ambiente:

a) Determinar la corriente continua que circula por el diodo de la figura. La característica i-v del diodo es la dada por:

$$i_D = 10^{-6} (e^{\frac{qV_D}{kT}} - 1)$$



b) Calcular r_D .

c) Hallar $v_L(t)$ cuando $\omega_0 = 10^6, 10^8$ y 10^{10} rad/seg .

Solución: a) $I_{DQ} = 9.77 \text{ mA}$, $V_{DQ} = 0.230 \text{ V}$

b) $r_D = 2.56 \Omega$

c) $v_L = V_{Lm} \cos(\omega_0 t + \theta)$

siendo: $V_{Lm} = 2.55 \times 10^{-5} \text{ V}$, $\theta = 89.4^\circ$ si $\omega_0 = 10^6 \text{ rad/s}$

$V_{Lm} = 1.78 \times 10^{-3} \text{ V}$, $\theta = 44.3^\circ$ si $\omega_0 = 10^8 \text{ rad/s}$

$V_{Lm} = 2.49 \times 10^{-3} \text{ V}$, $\theta = 0.56^\circ$ si $\omega_0 = 10^{10} \text{ rad/s}$

7.- Encontrar V_O para:

a) $V_1 = 5 \text{ V}$ y $V_2 = 5 \text{ V}$

b) $V_1 = 5 \text{ V}$ y $V_2 = 0 \text{ V}$

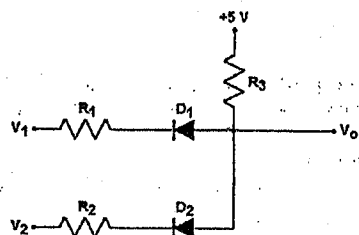
c) $V_1 = 0 \text{ V}$ y $V_2 = 5 \text{ V}$

d) $V_1 = 0 \text{ V}$ y $V_2 = 0 \text{ V}$

siendo: $R_3 = 18 \text{ K}\Omega$

$R_1 = R_2 = 2 \text{ K}\Omega$

$V_\gamma = 0.65 \text{ V}$.



¿Qué función lógica podría realizar este circuito?

Solución:

a) $V_O = 5 \text{ V}$

b) $V_O = 1.09 \text{ V}$

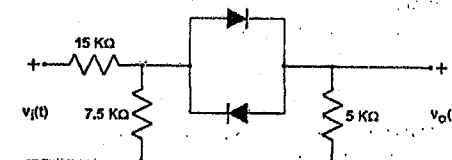
c) $V_O = 1.09 \text{ V}$

d) $V_O = 0.88 \text{ V}$

Función lógica: AND

a partir de 3.65V es 1 bit

8. Trazar la característica de transferencia de tensión del circuito, suponiendo los dos diodos idénticos, siendo en ellos $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$ y $r_D = 0 \Omega$.



Solución:

$v_O = v_I / 6 - 0.3 \text{ V}$

si $v_I \geq 1.8 \text{ V}$

$v_O = 0$

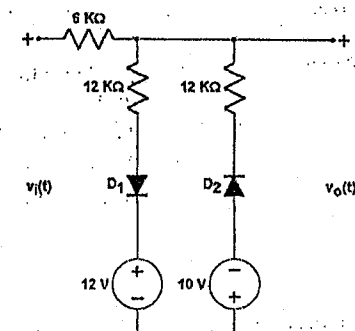
si $-1.8 \text{ V} < v_I < 1.8 \text{ V}$

$v_O = v_I / 6 + 0.3 \text{ V}$

si $v_I \leq -1.8 \text{ V}$

9.- Obtener la característica de transferencia de tensión del circuito asumiendo el modelo lineal de la tensión umbral para los diodos ($V_\gamma = 0.6 \text{ V}$, $R_D = 0 \Omega$).

Esbozar un ciclo de la tensión de salida suponiendo que la tensión de entrada sea $v_I(t) = 20 \text{ sen}(\omega t)$.



Solución:

$v_O = 2v_I / 3 + 4.2 \text{ V}$ si $v_I \geq 12.6 \text{ V}$

$v_O = v_I$ si $-10.6 \text{ V} < v_I < 12.6 \text{ V}$

$v_O = 2v_I / 3 - 3.5 \text{ V}$ si $v_I \leq -10.6 \text{ V}$

10.- Expresar la característica de transferencia del siguiente circuito, suponiendo ambos diodos zener idénticos, con $V_\gamma = 0.6 \text{ V}$ y $r_D = 0$ en directa y $V_Z = 3 \text{ V}$ y $r_Z = 10 \Omega$ en inversa. $R = 20 \Omega$.

Solución:

$v_O = (v_I + 2V_Z) / 2$

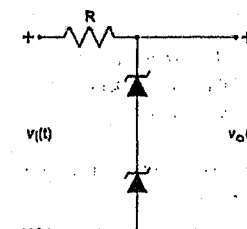
si $v_I \geq 2V_Z$

$v_O = v_I$

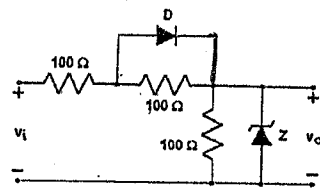
si $2V_Z \geq v_I \geq -2V_\gamma$

$v_O = -2V_\gamma$

si $v_I \leq -2V_\gamma$



11.- En el circuito de la figura el diodo, D, tiene una tensión de ruptura infinita mientras que la del zener, Z, es: $V_Z = 5V$. La tensión umbral de conducción tanto del zener como del diodo D es: $V_Y = 0.6V$. Considerar que las resistencias serie asociadas a ambos diodos son despreciables.



a) Encontrar la tensión de salida en función de la tensión de entrada, $v_o = f(v_i)$ para tensiones de entrada: $-15V < v_i < +15V$.

b) Dibujar esquemáticamente $v_o = f(v_i)$.

Solución: $v_o = -V_Y = -0.6V$

$$v_o = v_i / 3$$

$$v_o = (v_i - V_Y) / 2 = (v_i - 0.6V) / 2$$

$$v_o = V_Z = 5V$$

$$\text{si } -15V < v_i \leq -3V_Y = -1.8V$$

$$\text{si } -1.8V = -3V_Y \leq v_i \leq 3V_Y = 1.8V$$

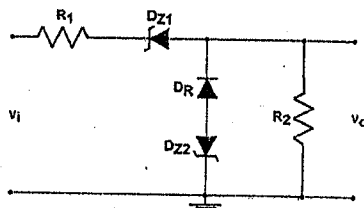
$$\text{si } 1.8V = 3V_Y \leq v_i \leq 2V_Z + V_Y = 10.6V$$

$$\text{si } 10.6V = 2V_Z + V_Y \leq v_i < 15V$$

12.- Calcular la característica de transferencia de tensión del siguiente circuito. Esbozarla gráficamente indicando los valores de v_i para los que varía su pendiente, así como los valores de dicha pendiente en cada uno de los intervalos de v_i así definidos.

Suponer que las resistencias de los diodos son despreciables ($R_d = R_Z = 0$), y que las tensiones

Zener son iguales (de valor V_Z) y mayores que sus umbrales de conducción directa (de valor V_Y).



Solución:

$$v_o = -(V_Z + V_Y)$$

$$v_o = (v_i + V_Y) R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$v_o = 0$$

$$v_o = (v_i - V_Z) R_2 / (R_1 + R_2)$$

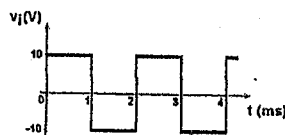
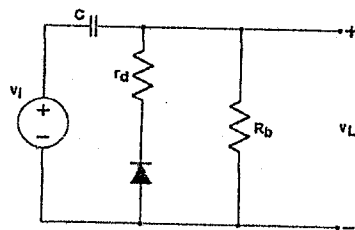
$$\text{si } v_i \leq -(V_Z + V_Y) (R_1 + R_2) / R_2 - V_Y$$

$$\text{si } -(V_Z + V_Y) (R_1 + R_2) / R_2 - V_Y \leq v_i \leq -V_Y$$

$$\text{si } -V_Y \leq v_i \leq V_Z$$

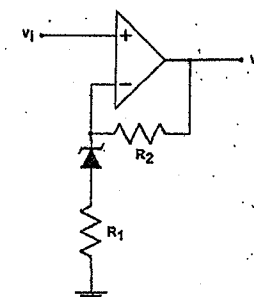
$$\text{si } v_i \geq V_Z$$

13.- El siguiente es un circuito fijador. Representar $v_L(t)$ cuando v_i es la onda cuadrada de la figura. Suponer que $R_b = 1 K\Omega$, $r_d = 50 \Omega$, y $r_d \ll T$, mientras que $R_b C \gg T$ (donde T es el período de v_i). Suponer para el diodo el modelo de la tensión umbral.



Solución: Para $t > 1 \text{ ms}$, onda cuadrada con máximo $v_L = 20V - V_Y$ y mínimo $v_L = -V_Y$

14.- Suponer que el amplificador operacional es ideal, y que el diodo zener tiene un voltaje umbral en directa de $V_Y = 0$ con resistencia dinámica $R_d = 0$ y un voltaje de ruptura inversa de valor V_Z ($V_Z > 0$) con resistencia despreciable $R_Z = 0$. Suponer también que la tensión de saturación positiva del amplificador operacional es mayor que V_Z .



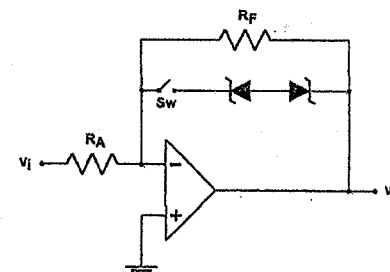
a) Obtener la expresión de v_o en función de v_i .

b) Esbozar la característica de transferencia si $R_2 = 2R_1$.

Solución: a)

$$v_o = \begin{cases} V_{sat-} & \text{si } v_i \leq \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat-} \\ \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i & \text{si } \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat-} \leq v_i \leq 0 \\ v_i & \text{si } 0 \leq v_i \leq V_Z \\ \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i - \frac{R_2}{R_1} V_Z & \text{si } V_Z \leq v_i \leq \frac{R_1 V_{sat+} + R_2 V_Z}{R_1 + R_2} \\ V_{sat+} & \text{si } v_i \geq \frac{R_1 V_{sat+} + R_2 V_Z}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

15.- En el circuito de la figura, $v_i = 1V \cos(\omega t)$, $R_F = 100 K\Omega$ y $R_A = 10 K\Omega$. Además, el amplificador operacional es ideal y los diodos zener tienen una tensión de ruptura $V_Z = 5V$ y una tensión de conducción (umbral) $V_Y = 0.7V$.



a) Calcular la tensión de salida v_o cuando el interruptor Sw está abierto.

b) Calcular la tensión de salida cuando el interruptor Sw está cerrado.

Solución: a) $v_o = -v_i \frac{R_F}{R_A}$

b) $v_i < -\frac{R_A}{R_F} (V_Y + V_Z), v_o = V_Y + V_Z$

$$v_i > \frac{R_A}{R_F} (V_Y + V_Z), v_o = -(V_Y + V_Z)$$

$$\frac{R_A}{R_F} (V_Y + V_Z) < v_i < \frac{R_A}{R_F} (V_Y + V_Z), v_o = -\frac{R_F}{R_A} v_i$$