

BOLETÍN VI: SEMICONDUCTORES Y DIODOS

[1] Determinar la concentración de electrones en la banda de conducción, n , y de huecos en la banda de valencia, p , de un semiconductor de silicio a temperatura ambiente ($n_i = 10^{10}$ portadores/cm³), dopado con $3 \cdot 10^{14}$ átomos/cm³ de impurezas donadoras, N_d , y 10^{14} átomos/cm³ de impurezas aceptoras, N_a . Considerar que todas las impurezas están ionizadas. Indicar, finalmente, el tipo de semiconductor que se tiene.

Nota: $n \gg p$ y, por tanto, $n \cong N_d - N_a$.

Solución: $n = 2 \cdot 10^{14}$ electrones/cm³, $p = 5 \cdot 10^5$ huecos/cm³;
semiconductor compensado de tipo n.

[2] Determinar la concentración de electrones en la banda de conducción, n , y de huecos en la banda de valencia, p , de un semiconductor de germanio a temperatura ambiente ($n_i = 10^{13}$ portadores/cm³), no dopado con impurezas donadoras ($N_d=0$), pero dopado con 10^{17} átomos/cm³ de impurezas aceptoras, N_a . Considerar que todas las impurezas están ionizadas. Indicar, finalmente, el tipo de semiconductor que se tiene.

Nota: $p \gg n$ y, por tanto, $p \cong N_a$.

Solución: $n = 10^9$ electrones/cm³, $p = 10^{17}$ huecos/cm³;
semiconductor extrínseco de tipo p.

[3] Determinar la concentración de electrones en la banda de conducción, n , y de huecos en la banda de valencia, p , de un semiconductor de arseniuro de galio (AsGa) a temperatura ambiente ($n_i = 2 \cdot 10^6$ portadores/cm³), dopado con 10^{10} átomos/cm³ de impurezas donadoras, N_d , y 10^{10} átomos/cm³ de impurezas aceptoras, N_a . Considerar que todas las impurezas están ionizadas. Indicar, finalmente, el tipo de semiconductor que se tiene.

Solución: $n = p = 2 \cdot 10^6$ portadores/cm³;
semiconductor compensado tipo i.

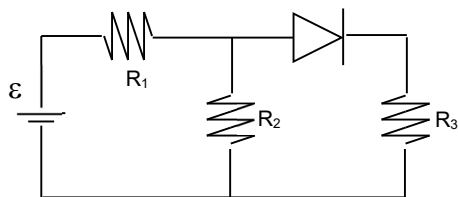
[4] Determinar la concentración de electrones en la banda de conducción, n , y de huecos en la banda de valencia, p , de un semiconductor de silicio a temperatura ambiente ($n_i = 10^{10}$ portadores/cm³), no dopado con impurezas aceptoras ($N_a=0$), pero dopado con 10^{22} átomos/cm³ de impurezas donadoras, N_d . Considerar que todas las impurezas están ionizadas. Indicar, finalmente, el tipo de semiconductor que se tiene.

Nota: $n \gg p$ y, por tanto, $n \cong N_d$.

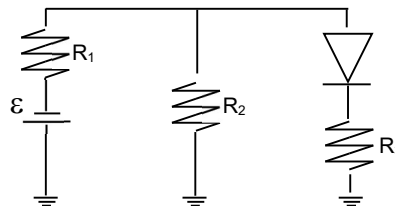
Solución: $n = 10^{22}$ electrones/cm³ (similar a la conc. de portadores de carga en metales);
 $p = 10^{-4}$ huecos/cm³; semiconductor degenerado de tipo n.

[5] Sabiendo que la tensión umbral del diodo de la siguiente figura es de 0,7 V (silicio), calcular la caída de potencial y la intensidad de corriente asociadas al diodo empleando el teorema de Thevenin en dos situaciones: 1ª) la indicada en la figura y 2ª) la que se tiene cambiando el sentido del diodo. Datos: $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $\varepsilon = 12 \text{ V}$.

Solución: 1ª) 0,7 V, 1,1 A (pol. directa);
2ª) 4 V, 0 A (pol. inversa).



Problema 5



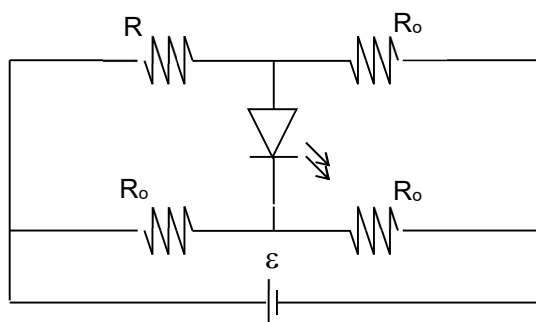
Problema 6

[6] Sabiendo que la tensión umbral del diodo de la figura es de 0,3 V (germanio), calcular la caída de potencial y la intensidad de corriente asociadas al diodo empleando el teorema de Thevenin en dos situaciones: 1ª) la indicada en la figura y 2ª) la que se tiene cambiando el sentido del diodo. Datos: $R_1 = 80 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 40 \text{ k}\Omega$, $\varepsilon = 30 \text{ V}$.

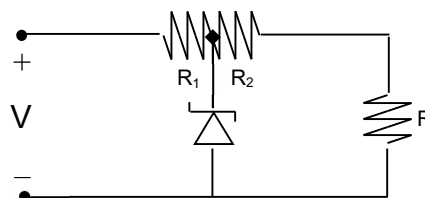
Solución: 1ª) – 6 V, 0 A (pol. inversa); 2ª) 0,3 V, 102 μA (pol. directa).

[7] Calculando el equivalente Thevenin en función de R, determinar: a) el rango de valores de R para el que el LED, de tensión umbral 2 V, se enciende; b) la caída de tensión y la intensidad asociadas al diodo para $R = 0 \Omega$. Datos: $R_0 = 100 \Omega$, $\varepsilon = 12 \text{ V}$.

Solución: a) $R < 50 \Omega$; b) 2 V, 0,08 A (pol. directa).



Problema 7



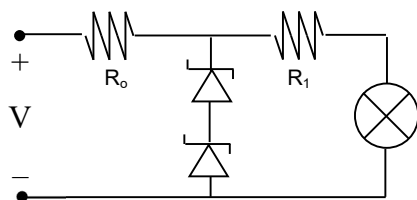
Problema 8

[8] La tensión de ruptura del diodo zéner, V_Z , es 15 V, $V = 30$ V, $R_0 = R_1 + R_2 = 95$ k Ω , $R = 5$ k Ω . Determinar: a) el valor de R_1 y de R_2 para que el punto de trabajo del diodo corresponda a la tensión de ruptura sin conducción, es decir, a que conduzca si se supera V ; b) ¿Se encuentra protegido el diodo zéner con el valor de R_1 obtenido frente a una hipotética desconexión de la carga, de R , si soporta como máximo 0,1 A?; c) ¿Se encuentra protegida R , si soporta como máximo 0,25 W?; d) ¿Qué ocurre si se aumenta el valor de R_1 y se disminuye el de R_2 ? ¿Y qué ocurre en caso contrario?

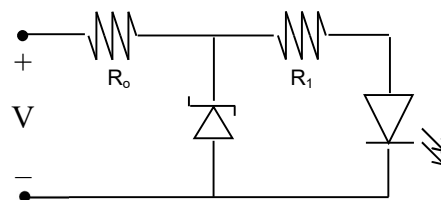
Solución: a) $R_1 = 50$ k Ω , $R_2 = 45$ k Ω ; b) sí, $R_1 > 150$ Ω ; c) sí, $P_{\text{máx}} > 0,45$ mW; d) El diodo no conduce, $V_D < V_Z$ e I_R no cambia; el diodo conduce, $V_D = V_Z$ e I_R disminuye.

[9] Las características de los diodos zéner son $V_Z = 9$ V, $P_{\text{máx}} = 0,9$ W; las de la bombilla $V_N = 12$ V, $P_N = 6$ mW; y la tensión de alimentación $V = 24$ V. Determinar: a) el valor mínimo de R_0 para que los diodos zéner se encuentren protegidos ante una eventual desconexión de la bombilla; b) el valor de R_1 para que la bombilla esté protegida; c) el valor de R_0 para que el punto de trabajo de los diodos corresponda a la tensión de ruptura sin conducción, es decir, a que conduzcan si se supera V (usar el valor obtenido para R_1); d) ¿Qué ocurre si aumenta el valor de V ? ¿Y qué ocurre en caso contrario?

Solución: a) $R_{0(\text{mín})} = 60$ Ω ; b) $R_1 = 12$ k Ω ; c) $R_0 = 12$ k Ω ; d) los diodos conducen, $V_D = V_Z$ y $V_{\text{bombilla}} = V_N$; los diodos no conducen, $V_D < V_Z$ y $V_{\text{bombilla}} < V_N$.



Problema 9



Problema 10

[10] Las características del diodo zéner son $V_Z = 10$ V, $P_{\text{máx}} = 1$ W; las del diodo LED $V_{\text{umbral}} = 2$ V, $I_{\text{máx}} = 20$ mA; y la tensión de alimentación $V = 24$ V. Determinar: a) el valor mínimo de R_0 para que el diodo zéner se encuentre protegido ante una eventual desconexión del LED; b) el valor de R_1 para que circule por el LED una intensidad igual al 80 % de $I_{\text{máx}}$; c) el valor de R_0 para que el punto de trabajo del diodo corresponda a la tensión de ruptura sin conducción, es decir, a que conduzcan si se supera V (usar el valor obtenido para R_1); d) ¿Qué ocurre si disminuye el valor de V ? ¿Y qué en caso contrario?

Solución: a) $R_{0(\text{mín})} = 140$ Ω ; b) $R_1 = 0,5$ k Ω ; c) $R_0 = 0,94$ k Ω ; d) el diodo zéner no conduce, $V_D < V_Z$ y $I_{\text{LED}} < 0,8 I_{\text{máx}}$; el diodo zéner conduce, $V_D = V_Z$ y $I_{\text{LED}} = 0,8 I_{\text{máx}}$.