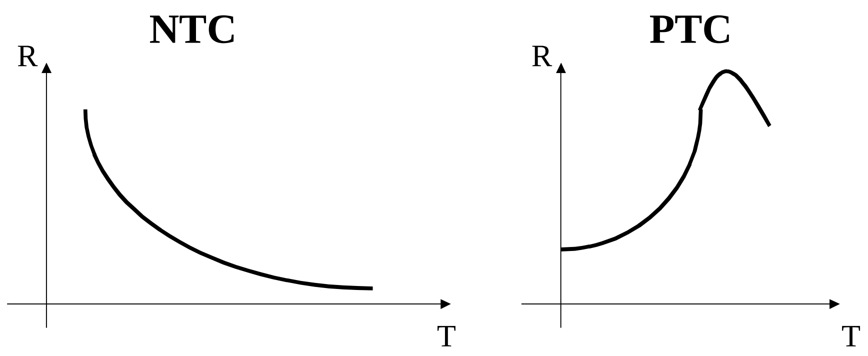
(0,4) **1) Termistores: Definición y dibujar la curva típica que representa la variación de la resistencia en función de la temperatura para un NTC y un PTC.**

Un termistor es un resistor no lineal constituido por cristales de óxido metálico construidos específicamente para que presenten un alto coeficiente de temperatura, es decir, que su resistencia varíe de forma notable con cambios de temperatura. Se utilizan como sensores de temperatura. Pueden tener coeficiente de temperatura negativo (NTC) o coeficiente de temperatura positivo (PTC). Las curvas típicas para un NTC y un PTC son las siguinetes:



(0,4) **2) Si una barra de germanio se dopa con indio (grupo IIIA de la tabla periódica) en una concentración de 2 · 10^{12} at/cm^3 a una temperatura de 300 ºK, calcular la concentración de electrones y huecos en el semiconductor en estas circunstancias. DATO: n_i (300 ºK) = 2,36 · 10^{13} cm^{-3}**

El indio es un elemento del grupo IIIA de la tabla periódica (3 electrones de valencia) y por lo tanto es una impureza aceptora. Esto implica que: $N_A = 2 \cdot 10^{12}$ cm^{-3} y $N_D = 0$.
Como a 300 ºK la concentración intrínseca del germanio es $n_i = 2{,}36 \cdot 10^{13}$ cm^{-3}, se tiene que la concentración de impurezas aceptoras es menor que la concentración intrínseca ($N_A < n_i$). Por lo tanto no se pueden realizar las aproximaciones para el caso $N_A >> n_i$.
En cualquier semiconductor se tienen que cumplir la ley de la neutralidad eléctrica y la ley de acción de masas:

$$\left.\begin{array}{l} N_D + p = N_A + n \\ n \cdot p = n_i^2 \end{array}\right\} \Rightarrow n = \frac{n_i^2}{p} \Rightarrow p = N_A + \frac{n_i^2}{p}$$

$$p^2 = N_A \cdot p + n_i^2 \Rightarrow p^2 - N_A \cdot p - n_i^2 = 0 \Rightarrow p^2 - 2 \cdot 10^{12} \cdot p - \left(2{,}36 \cdot 10^{13}\right)^2 = 0$$

Se resuelve la ecuación de 2º grado y se obtienen dos valores posibles para la concentración de huecos:
p = 2,4621 · 10^{13} cm^{-3}
p = -2,2621 · 10^{13} cm^{-3}

Claramente el segundo resultado al ser negativo no es un valor válido, por lo que la concentración de huecos es la que presenta el primer resultado. A continuación se obtiene el valor de la concentración de electrones a partir de la ecuación de la ley de acción de masas:

$$n = \frac{n_i^2}{p} = \frac{(2{,}36 \cdot 10^{13}\, cm^{-3})^2}{2{,}4621 \cdot 10^{13}\, cm^{-3}} = 2{,}2621 \cdot 10^{13}\, cm^{-3}$$

Las concentraciones de electrones y huecos son:

$$\boxed{\begin{array}{l} n = 2{,}2621 \cdot 10^{13}\ \text{cm}^{-3} \\ p = 2{,}4621 \cdot 10^{13}\ \text{cm}^{-3} \end{array}}$$

(0,4) **3) Se tiene una barra de material semiconductor que tiene a una temperatura determinada una $n_i = 2 \cdot 10^{10}$ cm^{-3}. Se dopa con impurezas donadoras con una concentración que varía a lo largo de la longuitud de la barra (x = 0 se correspondería con uno de los extremos de la barra) siendo su distribución $N_D(x) = (2 + 5 \cdot x^2) \cdot 10^{15}$ cm^{-3}. Calcular la densidad de corriente de difusión en el punto x = 2 cm.**
Datos: $D_P = 50$ $cm^2 \cdot s^{-1}$ $\mu_P = 400$ $cm^2/(V \cdot s)$ $\mu_n = 1300$ $cm^2/(V \cdot s)$

$$J_D = J_{Dn} + J_{Dp}$$

Como $N_D >> n_i$ => $n \approx N_D$ y $n >> p$ => $J_{Dp} << J_{Dn}$ y entonces se puede despreciar la densidad de corriente de difusión de los huecos frente a la densidad de corriente de difusión de los electrones y suponer que la densidad de corriente de difusión se debe sobre todo a los electrones => $J_D \approx J_{Dn} = q \cdot D_n \cdot \dfrac{dn}{dx}$

$$n(x) \approx N_D(x) = (2 + 5 \cdot x^2) \cdot 10^{15} cm^{-3} \Rightarrow \frac{dn}{dx} \approx 10^{16} \cdot x \quad cm^{-4}$$

De la relación de Einstein se oibtiene:

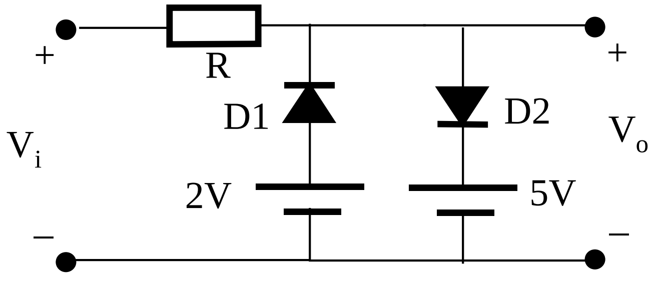
$$\frac{D_n}{\mu_n} = \frac{D_p}{\mu_p} \Rightarrow D_n = \frac{D_p}{\mu_p} \cdot \mu_n = \frac{50 \frac{cm^2}{s}}{400 \frac{cm^2}{V \cdot s}} \cdot 1300 \frac{cm^2}{V \cdot s} = 162{,}5 \frac{cm^2}{s}$$

Ahora se calcula la densidad de corriente de difusión para x = 2 cm:

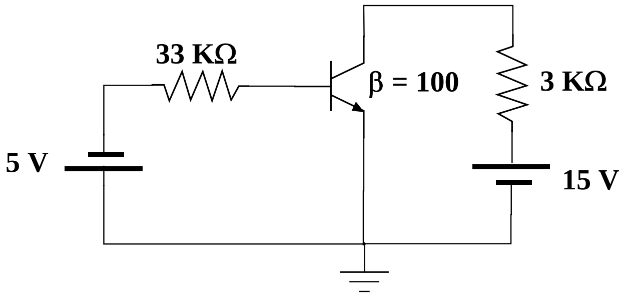
$$J_D(x = 2cm) \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19} C \cdot 162{,}5 \frac{cm^2}{s} \cdot \left(10^{16} \cdot 2\right) cm^{-4} = 0{,}52 \frac{A}{cm^2}$$

$$\boxed{J_D(x = 2cm) \approx 0{,}52 \frac{A}{cm^2}}$$

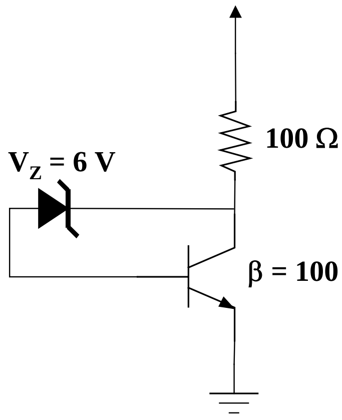
(0,4) **4) Dibujar un circuito recortador a 2 niveles (circuito rebanador) que deje pasar a la salida la señal de entrada que está entre 2 V y 5 V. Es decir, cuando en la entrada hay una tensión mayor de 5 V a la salida debe haber una tensión de 5 V, y cuando en la entrada hay una tensión menor de 2 V la salida se fija a un valor de 2 V. Considerar diodos ideales.**



(0,4) **5) Determinar los puntos de funcionamiento (I_C y V_{CE}) de los transistores de los siguientes circuitos (diodos y transistores ideales, es decir, suponer que V_{BEon} = $V_{CE\ sat}$ = 0V)**



a)



b)

a) Como el transistor es NPN y se está aplicando una tensión negativa entre base y emisor, se está polarizando en inversa la unión de emisor y el transistor estaría en corte => I_C = 0 y V_{CE} = 15 V

Transistor en corte I_C = 0 V_{CE} = 15 V

b) Para que haya conducción tiene que haber una tensión suficiente para polarizar al zener en la zona de regulación y la unión de emisor del transistor en directa y los 12 V del circuito son suficientes.
El zener fija una V_{CB} = 6 V => unión de colector en inversa => el transistor está en activa.
Analizando el circuito se obtiene:

$$V_{CE} = V_Z + V_{BE} = 6V$$

$$I_R = \frac{12V - 6V}{100\Omega} = 60mA$$

$$I_R = I_C + I_B = \beta \cdot I_B + I_B = (\beta + 1) \cdot I_B \Rightarrow I_B = \frac{I_R}{\beta + 1} = \frac{60mA}{101} = 594{,}05\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 594{,}05\mu A = 59{,}405mA$$

Transistor en activa I_C = 59,405 mA V_{CE} = 6 V