

# INDICE

<b>1. Introducción Teórica</b>	<b>2</b>
1.1 Variaciones de la Corriente con la Temperatura	3
1.1.1 Variación de la Corriente de Saturación	3
1.1.2 Variación de la corriente que atraviesa un diodo	3
1.1.3 Variación de la tensión directa cuando el diodo es atravesad por una corriente constante	3
<b>2. Descripción del Circuito</b>	<b>5</b>
<b>3. LISTA DE ECUACIONES</b>	<b>6</b>
<b>4. LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>5. REFERENCIAS</b>	<b>8</b>

## 1

## Introducción Teórica

Se presenta a continuación una breve introducción teórica sobre el funcionamiento de Termómetro Electrónico que se va a implementar en la Práctica N° 3 de la Asignatura de Componentes y Circuitos Electrónicos.

De forma general en el Diseño electrónico se suelen utilizar las uniones semiconductoras como sensores/compensadores de las derivas térmicas que se presentan en los circuitos. En este caso se va a utilizar una unión PN como sensor de temperatura en un sencillo circuito que nos generará como salida la tensión expresada en mV correspondiente a la temperatura detectada por la unión PN en grados centígrados. Este diseño se podrá conectar al voltímetro disponible en el laboratorio o a l polímetro del alumno de manera que se pueda leer la temperatura directamente sobre el indicador de Tensión.

Para ello se va a polarizar una unión PN con un generador de corriente continua y se va a amplificar la variación en la tensión que aparece en sus extremos y su variación al variar la temperatura.

La ecuación de Shockley, Ec. 1.1 que expresa la corriente que atraviesa la unión de un diodo tiene la forma:

$$I = I_{SAT} \left( e^{\frac{eV}{KT}} - 1 \right) + eAN_i \frac{W}{2\tau_0} \left( e^{\frac{eV}{2KT}} - 1 \right) \quad \text{Ec. 1.1}$$

La física de los semiconductores que el valor de la corriente de saturación depende de la temperatura también.

$$I_{SAT} = eA \left( D_N \frac{P_{Nequi}}{L_N} + D_P \frac{N_{Pequi}}{L_P} \right) \quad \text{Ec. 1.2}$$

Utilizando la aproximación en la que,

$$P_{Nequi} = \frac{N_i^2}{N_D} \quad \text{y} \quad N_{Pequi} = \frac{N_i^2}{N_A} \quad \text{Ec. 1.3}$$

De Ec. 1.3 se puede llegar a,

$$I_{SAT} = eAN_i^2 \left( \frac{D_N}{L_N N_D} + \frac{D_P}{L_P N_A} \right) \quad \text{Ec. 1.4}$$

La concentración intrínseca varía también con la temperatura de forma exponencial según se describe en,

$$N_i^2 = N_C N_V e^{-\frac{E_G}{KT}} \quad \text{Ec. 1.5}$$

## 1.1 Variaciones de la Corriente con la Temperatura

Una vez expuesta las características de la corriente en un diodo, se va a proceder al estudio de la variación de ésta por la temperatura:

- Variación de la Corriente de Saturación
- Variación de la corriente que atraviesa un diodo
- Variación de la tensión directa cuando el diodo es atravesad por una corriente constante

### 1.1.1 Variación de la Corriente de Saturación

De la Ec. 1.4, se puede deducir la siguiente expresión,

$$I_{SAT} = C \cdot e^{-\frac{E_G}{KT}} \quad \text{Ec. 1.6}$$

donde la variación con la temperaturas será,

$$\frac{\partial I_{SAT}}{\partial T} = \frac{C \cdot E_G \cdot e^{-\frac{E_G}{KT}}}{kT^2} \quad \text{Ec. 1.7}$$

y la variación porcentual,

$$\frac{\partial I_{SAT}}{I_{SAT}} = \frac{E_G}{kT^2} \quad \text{Ec. 1.8}$$

### 1.1.2 Variación de la corriente que atraviesa un diodo

Suponiendo que el diodo está en conducción ( $v \gg -\frac{kT}{q}$ ) se verifica que,

$$I = C \cdot e^{-\frac{E_G}{KT}} \cdot e^{\frac{eV}{KT}} = C \cdot e^{-\frac{(eV - E_G)}{KT}} \quad \text{Ec. 1.9}$$

y derivando con respecto a T,

$$\frac{\partial I_{SAT}}{I_{SAT}} = \frac{(eV - E_G)}{kT^2} dT \quad \text{Ec. 1.10}$$

### 1.1.3 Variación de la tensión directa cuando el diodo es atravesad por una corriente constante

Si derivamos con respecto a la tensión y utilizando la expresión reducido y tras aplicar logaritmos se puede llegar a.

$$\ln\left(\frac{I}{C}\right) = \frac{(eV - E_G)}{kT} \quad \text{Ec. 1.11}$$

y de aquí,

$$\frac{\partial I}{\partial V} = -\frac{(eV - E_G)}{kT} \quad \text{Ec. 1.12}$$

De este modo, se han obtenido las ecuaciones de variación de los parámetros del diodo con la temperatura. Falta ahora elegir la configuración necesaria para maximizar la precisión le termómetro que se pretende diseñar. Se recomienda al alumno utilizar aquella configuración en la que se permita detectar las variación de tensión en los bornes del diodo por los cambios de temperatura. Se hará circular una corriente constante a su través de modo que se permita captar la variación aproximada de  $-2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ . Este valor se obtener de la Ec. 1.13

$$\frac{\Delta V}{^\circ\text{C}} = \frac{(E_G - eV)}{kT} \quad \text{Ec. 1.13}$$

# 2

## Descripción del Circuito

A continuación se presenta el fichero de nodos que representa el circuito.

```

Vin 1 0 dc 5V (Pila y Regulador Integrado 7805)
R1 1 2 20K
R2 2 0 20K
OP1 2 3 3 (+in -in out) TL084 o LM324
P1 1 5 4 2K (Potenciómetro Precisión multivuelta Extremo Central Extremo)
R3 4 3 2K2
OP2 5 6 7 (+in -in out) TL084 o LM324
R4 6 0 1K
D1 7 6 (A K de un diodo del BJT BC558)
R5 1 8 1K
R6 8 0 8K2
OP1 8 9 10 (+in -in out) TL084 o LM324
R7 7 9 1K
R8 9 10 8K2
P2 10 12 11 2K (Potenciómetro Precisión multivuelta Extremo Central Extremo)
R9 11 0 1K
Salida 12
    
```



Figura 1.1.1 Fotografía de una resistencia multivuelta.

**E**

**LISTA DE ECUACIONES**

Ec. 1.1	2
Ec. 1.2	2
Ec. 1.3	2
Ec. 1.4	3
Ec. 1.5	3
Ec. 1.6	3
Ec. 1.7	3
Ec. 1.8	3
Ec. 1.9	3
Ec. 1.10	3
Ec. 1.9	3
Ec. 1.10	4
Ec. 1.13	4



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Fotografía de una resistencia multivuelta. \_\_\_\_\_ 5



## REFERENCIAS

- [1] Vida de E.L. Norton: <http://www.ece.rice.edu/~dhj/norton>