

---

## Dispositivos Eléctricos Lineales y No Lineales

### Dependencia con la temperatura de diferentes resistencias y diodos

---

#### 1. OBJETIVOS

Estudiar la dependencia con la temperatura de la resistencia de diversos materiales y determinar su coeficiente de temperatura.

#### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Para que un medio material pueda conducir la corriente eléctrica deben existir en su interior cargas móviles (portadores de carga). Estos portadores pueden ser iones (como en una disolución electrolítica), electrones (como en los metales) o electrones y huecos (en los semiconductores).

La resistividad eléctrica  $\rho$  es una propiedad característica de cada material. En general la resistividad depende inversamente del tiempo medio entre colisiones que sufren los portadores ( $\tau$ ) y de la densidad de portadores disponibles  $n$  (de masa  $m$  y carga  $e$ ):

$$\rho = \frac{m}{e^2} \frac{1}{\tau n} \quad (1)$$

A partir de esta expresión podemos explicar por qué la resistencia eléctrica de un metal aumenta con la temperatura; a pesar de que el número de portadores es prácticamente el mismo, cuando aumentar la agitación térmica de los electrones, hay más colisiones de éstos con los iones metálicos de la red. Por tanto disminuye  $\tau$  y consecuentemente aumenta  $\rho$ .

En primera aproximación, la dependencia de la resistencia de un material conductor con la temperatura viene dada por la expresión:

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)] \quad (2)$$

donde  $\alpha$  es el coeficiente de variación con la temperatura, y  $R_0 = R(T_0)$  es el valor que toma la resistencia a la temperatura de referencia,  $T_0$ .

En el caso de los semiconductores el número de portadores aumenta mucho con la temperatura y para temperaturas mayores a la temperatura ambiente (depende de cada semiconductor), la conductividad  $\sigma$  ( $\sigma = 1/\rho$ ) varía en la forma:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E / (2kT))$$

donde  $\Delta E$  es el salto energético entre la banda de conducción y la banda de valencia (el ancho de la banda prohibida),  $T$  es la temperatura absoluta y  $k$  la constante de Boltzmann.

Como el número de portadores en el semiconductor aumenta con la temperatura, aumentará por tanto la conductividad y se observará que disminuye la resistencia del diodo.

### 3. METODO Y MONTAJE

Se trata de medir la resistencia de diversos componentes sometiéndolos a diferentes temperaturas. Para ello los sumergiremos en un sistema cuya temperatura podamos controlar y medir; por ejemplo en un baño termostatzado.

**El proceso será diferente para los materiales óhmicos y para los no lineales:**

#### *Materiales óhmicos*

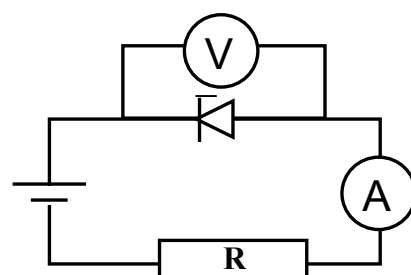
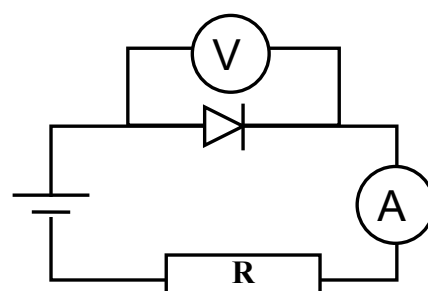
Se mide directamente la resistencia de cada componente a cada temperatura.

#### *Materiales no lineales*

Para diodos comunes y Zener, la medida es indirecta y ha de hacerse a través de un montaje como el que se muestra en el esquema. Se conecta una fuente de alimentación en serie con una resistencia de protección  $R$  y con cada uno de los diodos.

Para diodos comunes, el borne que proviene del negativo de la fuente irá conectado al borne negativo-tierra. El borne positivo cierra el circuito al tocar en el diodo semiconductor como muestra el esquema.

Para los Zener se mantiene el circuito pero ha de ser montado en polaridad opuesta al anterior.



**Se utilizarán el siguiente material:**

Módulo con diversos componentes:

- Resistencia de metal puro (Cu)
- Resistencia de una aleación Cu-Ni (manganina)
- Resistencia de hilo metálico
- Resistencia de carbono
- Aleación con Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC)
- Aleación con Coeficiente de Temperatura Negativo (NTC)
- Diodos comunes de Ge y Si
- Diodos Zener

- Baño termostatzado y termómetro
- Fuente de alimentación de corriente continua
- 2 Polímetros
- Cables de conexión

### 4. TOMA DE DATOS

**Parte 1. Medida de la resistencia para los componentes óhmicos (los 6 primeros componentes de la lista).**

Colocar la placa de inmersión en una bolsa aislante en el baño termostatzado. *La placa debe estar perfectamente aislada del agua.*

Medir y anotar la temperatura inicial del baño.

Conectar el borne-tierra del polímetro al borne lateral común de la placa.

Medir la resistencia de cada uno de los seis primeros componentes de la lista anterior, tocando con el borne positivo del polímetro (en posición de óhmetro) sucesivamente en cada uno de los bornes de los elementos anteriores. Anotar la temperatura y las resistencias medidas.

Conectar el baño para aumentar la temperatura unos 5°C por encima de la del ambiente medida antes. Una vez estabilizada la temperatura (puede ser necesario agitar con cuidado el agua del baño para que se consiga homogeneizar), medir de nuevo las resistencias. Anotar la nueva temperatura y los valores de las resistencias medidas.

Repetir el proceso aumentando la temperatura del baño unos 5°C cada vez hasta llegar a unos 70° C. Apagar finalmente el baño.

## **Parte 2. Medida de resistencia de los diodos en estado de conducción**

Para los diodos comunes de Si y Ge, el borne que proviene del negativo de la fuente irá conectado al borne negativo-tierra indicado en la placa. El borne positivo cierra el circuito al tocar en el diodo semiconductor como muestra el esquema. La resistencia de protección  $R$ , será de 4700 K.

Para los Zener se mantiene el circuito tal y como está, pero como en la placa van montados a la inversa.

**Importante:** Cuando se encienda la fuente de alimentación, hay que tener siempre en cuenta que **la intensidad máxima que circule por el circuito no supere nunca los 10 mA.**

Para los cuatro diodos, medir la diferencia de potencial entre sus extremos (voltaje de conducción) y la intensidad que lo atraviesa para diferentes temperaturas (como antes, de 5 en 5 grados), manteniendo constante el voltaje de la fuente. Para cada temperatura la medida se realizara tocando sucesivamente en cada uno de los diodos con el borne conectado al positivo de la fuente.

Tras cada lectura y anotación de los cuatro datos de voltaje, se apagará el interruptor de la fuente, para esperar a que se incremente la temperatura. Cuando se alcance la nueva temperatura de trabajo, y se haya estabilizado (es necesario agitar **ligeramente** el agua del baño), se enciende de nuevo la fuente sólo durante el tiempo de tomar las cuatro medidas de voltaje.

## **5. TRATAMIENTO DE DATOS**

Representar gráficamente la resistencia medida en función de la temperatura para cada uno de los componentes. Para facilitar el posterior cálculo, realizar mejor la representación de  $R$  frente a  $T-T_0$ , siendo  $T_0$  la temperatura del baño en la primera medida.

En los casos en los que se aprecie que la relación  $R-T$  sea lineal, realizar un ajuste por mínimos cuadrados y obtener a partir de la pendiente el coeficiente de variación con la temperatura  $\alpha$ , y comparar con valores de la bibliografía.

Comparar el valor de la ordenada en el origen obtenido en el ajuste con el valor de  $R_0$  que se ha medido experimentalmente.

Resumir en una tabla los coeficientes de temperatura de cada material obtenidos del ajuste.

## **CUESTIONES**

Discutir en términos físicos, cuales son las causas por las que la resistencia de un conductor aumenta con la temperatura, mientras que la de un semiconductor disminuye.