

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA



ETN – 404 Mediciones Eléctricas
Docente: Ing. Juan Carlos Avilés Cortez.
2014

OHMETRO.

Diseño.

Un óhmetro es un instrumento capaz de medir el valor de una resistencia cuando ésta se conecta entre sus terminales. Dado que la resistencia es un elemento *pasivo*, es necesario que el instrumento contenga un *elemento activo* capaz de producir una corriente que pueda detectar el galvanómetro incluido en dicho instrumento. Por lo tanto, el circuito básico del óhmetro es el mostrado en la Figura 1.

El procedimiento de diseño básico para este instrumento es el siguiente: En primer lugar, supongamos que la *batería tiene un valor dado*, por lo que lo que el valor que debemos determinar para fijar las condiciones del circuito es el de la *resistencia R*.

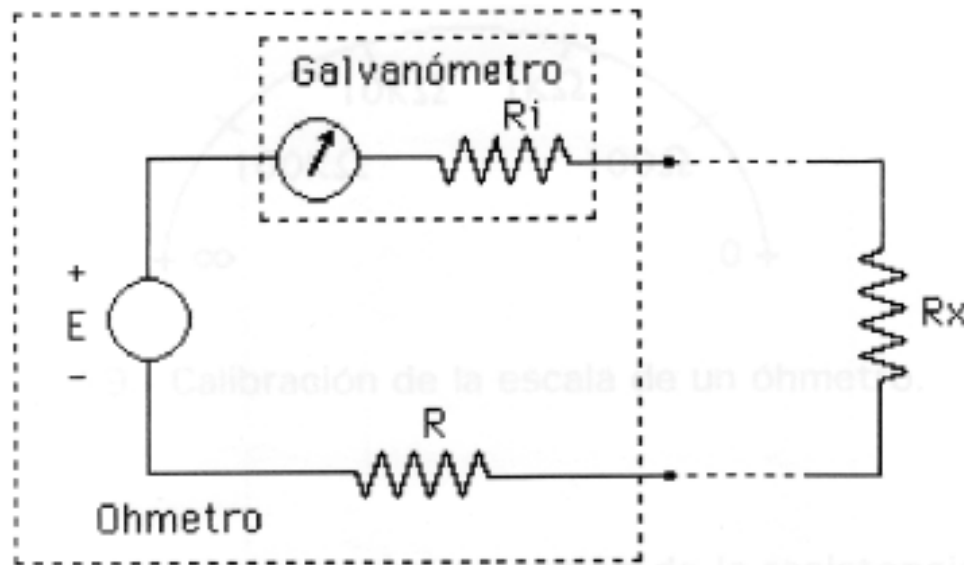


Fig. 1.-Circuito básico del óhmetro.

Si la resistencia incógnita es oo no circula corriente por el circuito, por lo tanto, en la escala del galvanómetro, $R_x = \infty$ corresponde a la posición de la aguja cuando la corriente es nula (usualmente el extremo izquierdo de la escala).

Para cualquier otro valor de R_x circulará cierta *corriente* por el circuito, que será *máxima cuando $R_x = 0$* . Ahora bien, como la máxima corriente que puede circular por el galvanómetro es I_m , para $R_x = 0$ se debe cumplir:

$$E = (R_i + R) I_m$$

de donde: $R = (E / I_m) - R_i$

Una vez calculado este valor, el circuito está totalmente especificado. Podemos ahora *calibrar* la escala en ohmios utilizando *resistencias patrón de distintos valores*, o realizar una calibración en forma teórica, empleando la ecuación anterior.

Obtenemos una distribución como la mostrada en la Figura 2, será *muy difícil realizar mediciones de resistencias cuyos valores sean del orden de 10Ω o de $1M\Omega$.*

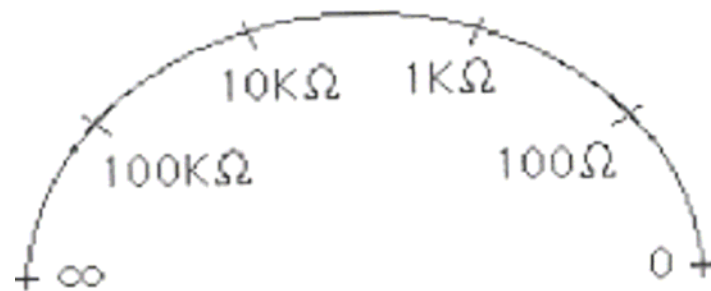


Fig. 2.- Calibración de la escala de un óhmetro.

Diseño de un óhmetro con selección de la resistencia a media escala.

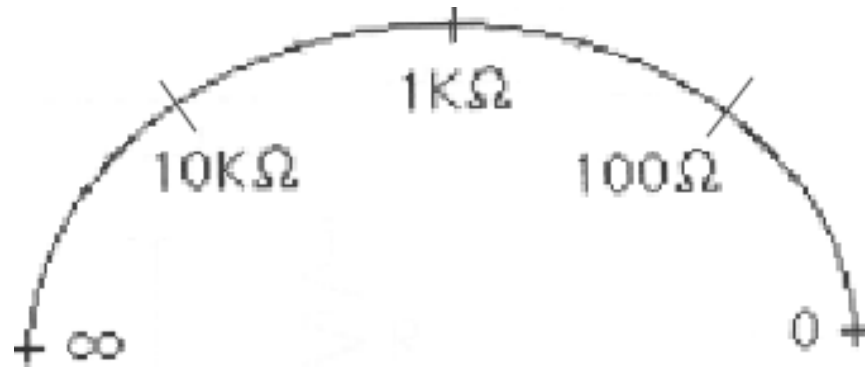


Fig. 3.- Calibración de la escala de un óhmetro

En el circuito de la Figura 1 solo hay una incógnita: el valor de R , y por lo tanto sólo podemos imponerle una condición: Si queremos imponerle otra condición, como por ejemplo cual debe ser el valor de la resistencia incógnita para la que el galvanómetro indicará media escala, *es necesario que contemos con otra variable que podamos calcular en el circuito.*

Hay dos configuraciones posibles para contar con un circuito con *dos incógnitas* (figura 4).

Con la primera configuración, el valor de la resistencia que se le puede asignar a la posición de media escala del óhmetro (R_m) es siempre mayor que la resistencia interna del galvanómetro, en caso contrario el valor de R resultaría negativo

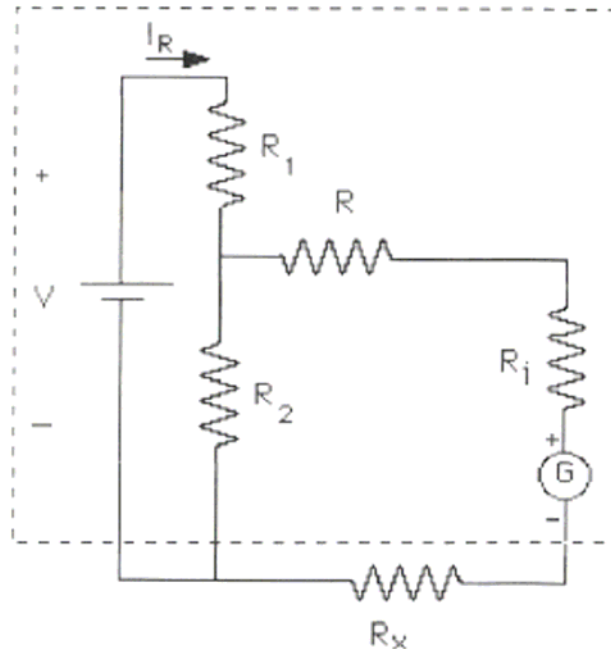


Fig. 4 (a) Primera configuración

Con la segunda configuración, a R_m se le pueden asignar valores Tanto mayores como menores que la resistencia interna del dispositivo, *dentro de los límites* que se van a determinar durante el análisis de dicha configuración.

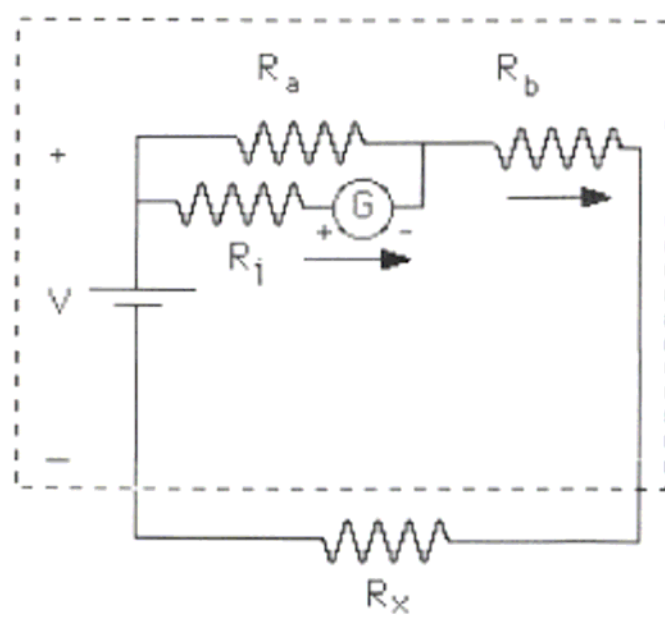


Fig. 4 (b) Segunda configuración

Diseño de un óhmetro con un valor a media escala específico utilizando la primera configuración.

La Figura 5 presenta el circuito Thévenin equivalente de la primera configuración, en el que podemos observar los elementos equivalentes V_{eq} y R_{eq} .

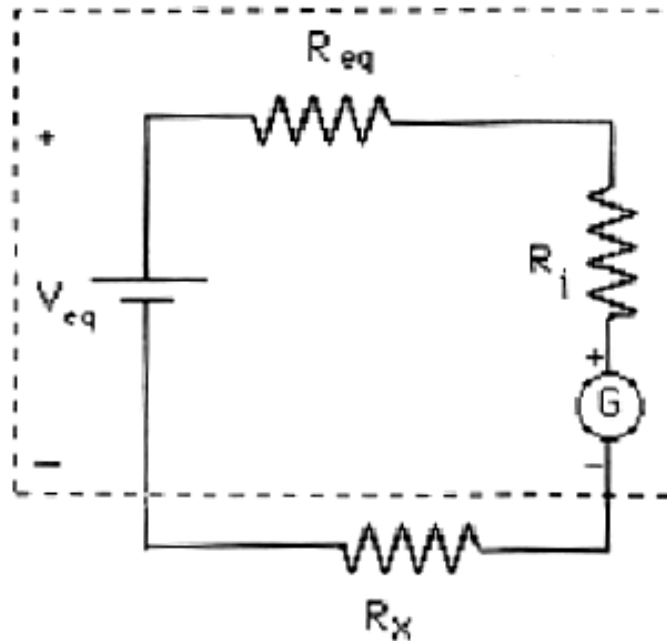


Fig. 5.- Thévenin equivalente de la primera configuración.

A partir de dicho circuito, podemos plantear un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, imponiendo las condiciones de diseño deseadas: *Cuando $R_x = 0$* , por el circuito debe *circular la corriente máxima* permitida por el Galvanómetro y cuando *$R_x = R_m$* , la corriente debe ser igual a la *mitad* de dicha corriente máxima. Por lo tanto :

$$V_{eq} = (R_{eq} + R_i) I_{max}$$

$$V_{eq} = (R_{eq} + R_i + R_m) I_{max} / 2$$

Despejando los valores de R_{eq} y V_{eq} se obtiene:

$$R_{eq} = R_m - R_i$$

$$V_{eq} = R_m I_{max}$$

De a primera ecuación podemos concluir que la resistencia que se puede seleccionar como lectura de media escala (R_m) debe ser siempre mayor que la resistencia interna del galvanómetro (R_i) tal como se había mencionado anteriormente, ya que en caso contrario la resistencia R_{eq} tendría un valor negativo.

Una vez determinados los valores de R_{eq} y V_{eq} , es necesario hallar los valores de V , R , R_1 y R_2 , ya que éstos son los verdaderos componentes del instrumento que queremos diseñar. Las relaciones entre estos parámetros son las siguientes:

$$R_{eq} = R + (R_1 // R_2) \quad : \quad V_{eq} = V R_2 / (R_1 + R_2)$$

Como podemos observar, contamos con *dos ecuaciones y cuatro incógnitas*, por lo que para completar el trabajo debemos incluir *dos criterios de diseño* que nos ayuden a determinar el valor más adecuado para los componentes. Dichos criterios de diseño son:

- Vamos a utilizar una o más *pilas comerciales*, cuyo valor nominal es de 1,5V. Si trabajamos con una sola pila hacemos los cálculos con $V = 1,5V$, si utilizamos 2 pilas realizaremos los cálculos con $V = 3V$ y así sucesivamente. O se va utilizar una batería de 9V.

-Si en el circuito de la Figura 4(a) consideramos que la *corriente* que circula por el lazo donde se encuentra el *galvanómetro es mucho menor que la corriente que circula por la resistencia R_1 (I_R)*, la *corriente por R_2* va a ser prácticamente *igual a la de R_1* y por lo tanto ambas resistencias son *muy pequeñas respecto a R* . Al aplicar este criterio, el valor de la resistencia *R es igual a R_{eq}* , ya que el paralelo de R_1 y R_2 va a ser mucho menor que R .

$$R_{eq} = R$$

La condición que debemos imponer para que la aproximación anterior sea válida es que la corriente I_R sea mucho mayor que I_{max} , por lo menos unas 10 veces mayor, o preferiblemente más. Ahora bien, si escogemos un valor de I_R excesivamente alto, la disipación de potencia en las resistencias $R1$ y $R2$ será muy elevada, y las pilas se descargan muy rápidamente, por lo que debemos llegar a una situación de equilibrio, como por ejemplo $I_R = 20 I_{max}$.

Al aplicar los dos criterios de diseño mencionados, quedan determinados los valores de V y R , y podemos plantear el siguiente sistema de ecuaciones para calcular $R1$ y $R2$:

$$V_{eq} = V R_2 / (R_1 + R_2) \quad : \quad I_r = 20 \quad I_{max} = V / (R_1 + R_2)$$

Resolviendo obtenemos

$$R_1 = (V - V_{eq}) / (20 I_{max}) = (V - R_m I_{max}) / (20 I_{max})$$

$$R_2 = V_{eq} / (20 I_{max}) = R_m I_{max} / (20 I_{max}) = R_m / 20$$

En resumen, el procedimiento para *diseñar un óhmetro con la primera configuración*, utilizando un galvanómetro que tenga una resistencia interna R_i y cuya corriente máxima sea I_{max} , de forma tal que la lectura a media escala sea R_m , (valor que debe ser mayor que R_i), es el siguiente:

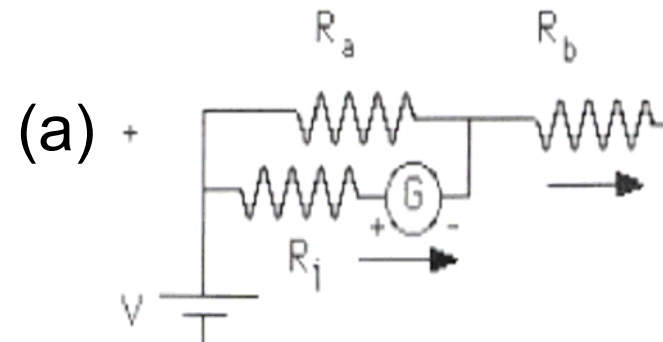
- a) Seleccionar una o más pilas de forma que el valor de V sea mayor que $R_m I_{max}$.
- b) Seleccionar $R = R_m - R_i$
- c) Seleccionar un factor F entre la corriente que va a circular por la fuente y la corriente máxima del galvanómetro (por ejemplo $F = 20$).
- d) Calcular $R_1 = (V - R_m I_{max}) / (F I_{max})$
- e) Calcular $R_2 = R_m / F$
- f) Determinar la potencia disipada por cada una de las tres resistencias calculadas.

Diseño de un óhmetro de valor a media escala específico utilizando la segunda configuración.

En el circuito presentado para la segunda configuración en la Figura 4(b) podemos establecer las siguientes condiciones:

Cuando R_x es igual a cero, por el galvanómetro debe circular la corriente I_{max} . Por la resistencia R_b circula una corriente I_1 de valor desconocido. Al aplicar la Ley de Kirchhoff de los Voltajes al lazo inferior se obtiene:

$$V = I_{max} R_i + R_b I_1$$



Donde V es una pila de valor comercial. La corriente I_1 está relacionada con I_{max} mediante el divisor de corriente dado por la siguiente ecuación:

$$I_{max} = I_1 R_a / (R_a + R_i) \quad (b)$$

Cuando R_x es igual a R_m , por el galvanómetro debe circular la mitad de la corriente máxima, $I_{max}/2$, y por la resistencia R_b circula una corriente I_2 de valor desconocido. Al aplicar la Ley de Kirchhoff de los Voltajes al lazo inferior se obtiene:

$$V = (I_{max} / 2) R_i + R_b I_2 + R_m I_2 \quad (c)$$

La corriente I_2 está relacionada con $I_{max}/2$ mediante el divisor de corriente dado por la siguiente ecuación:

$$I_{max} / 2 = (I_2 R_a) / (R_a + R_i) \quad (d)$$

Las ecuaciones (a), (b), (c) y (d) forman un sistema de **cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas** (R_a , R_b , I_1 e I_2) a partir del cual se pueden calcular los valores de interés. A partir de las ecuaciones (b) y (d) se puede deducir:

$$I_1 = 2 I_2 \quad (e)$$

Sustituyendo esta relación en la ecuación (a) se obtiene:

$$V = I_{max} R_i + R_b 2 I_2 \quad (f)$$

Las ecuaciones (a) y (f) forman un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (I_2 y R_b) tal como se puede observar a continuación:

$$V = I_{max} R_i + R_b 2 I_2$$

$$V = I_{max} R_i/2 + R_b I_2 + R_m I_2$$

De donde se obtiene:

$$R_b = (V - I_{max} R_i) R_m / V \quad (g)$$

$$I_2 = V / (2 R_m) \quad (h)$$

La ecuación (g) indica que para que el diseño sea realizable es necesario que el **voltaje V sea mayor que $I_{max} R_i$** , es decir, que la pila comercial tenga un voltaje superior al máximo voltaje que puede haber entre los extremos del galvanómetro.

Para determinar el valor de la resistencia R_a se sustituye la ecuación (h) en la (d), de donde se obtiene:

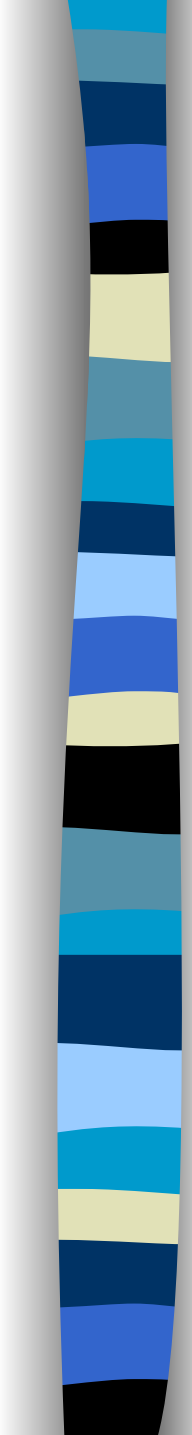
$$R_a = (I_{max} R_i R_m) / (V - I_{max} R_m)$$

Esta ecuación impone una **segunda condición al diseño**, que puede expresarse de la siguiente forma:

$$R_m < V / I_{max} \quad \text{o} \quad V > R_m I_{max}$$

Es decir, la **resistencia seleccionada** como valor de media escala **debe ser menor que V/I_{max}** , ya que si esta condición no se cumple, el valor de la resistencia R_a debería ser negativo. Ahora bien, esta **condición no es una restricción severa**, dado que podemos **seleccionar** el valor de la **fuente V** .

En resumen, para diseñar un óhmetro con la segunda configuración, utilizando un galvanómetro que tenga una resistencia interna R_i y cuya corriente máxima sea I_{max} , de forma tal que la lectura a media escala sea R_m , se debe aplicar el siguiente procedimiento:

- 
- a) Seleccionar un valor de V comercial que sea mayor que el producto $R_i I_{max}$ y que el producto $R_m I_{max}$.
- b) Calcular $R_a = (I_{max} R_i R_m) / (V - I_{max} R_m)$
- c) Calcular $R_b = (V - I_{max} R_i) R_m / V$
- d) **Determinar la potencia** disipada por cada una de las resistencias calculadas

Diseño de un óhmetro de varias escalas.

En la Figura 6 podemos observar el diagrama del óhmetro de varias escalas.

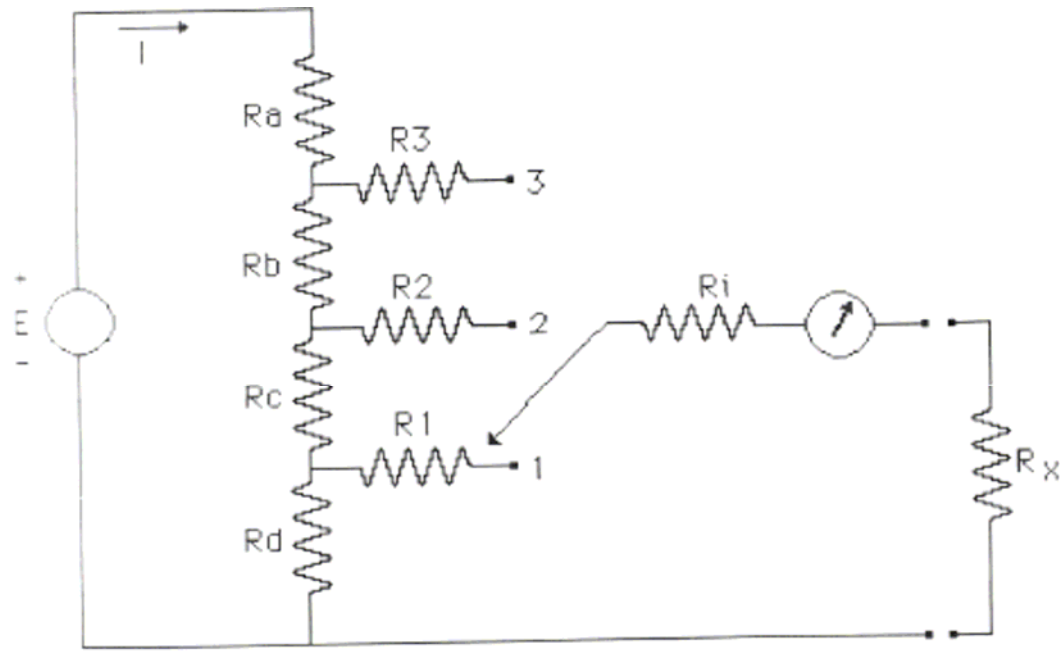


Fig. 6.- Óhmetro de varias escalas con la primera configuración

El procedimiento de diseño para cada configuración es el explicado anteriormente.

*Gracias
por su atención ...*