

## PRACTICA No 9

### PUENTES EN EQUILIBRIO DE CA ( SEGUNDA PARTE )

#### INTRODUCCION

Los puentes de corriente alterna son más complicados que los de directa. Están constituidos por elementos resistivos, inductivos y capacitivos, lo cual hace necesario el uso de un generador de voltaje alterno como suministro de energía y un medidor de corriente alterna.

La configuración general de los puentes de CA está ilustrada en la figura 1, siendo la misma que en los de CD. Así mismo, se sigue cumpliendo la ecuación (6) para las condiciones de balance; sin embargo, en este caso, las impedancias pueden ser del tipo complejas y la ecuación (6) queda de la siguiente forma:

$$(R_2 + jX_2) (R_4 + jX_4) = (R_1 + jX_1) (R_x + jX_x)$$

resolviendo para  $Z_x$  e igualando partes reales e imaginarias de ambos lados, se llega a:

$$R_3 = \frac{R_1 R_2 R_4 + X_1 X_2 R_4 - R_1 X_2 X_4 + R_2 X_1 X_4}{R_1^2 + X_1^2} \quad (10)$$

$$X_3 = \frac{R_1 R_2 X_4 + X_1 X_2 X_4 + R_1 R_3 X_2 - R_2 R_4 X_1}{R_1^2 + X_1^2} \quad (11)$$

Las ecuaciones (10) y (11) indican que el equilibrio debe satisfacer dos condiciones independientes ( magnitud y fase), involucrando 8 magnitudes diferentes, la mitad de las cuales depende además de la frecuencia de la señal de excitación.

#### PUENTE DE MAXWELL

El puente de Maxwell se utiliza para la medición de inductancias y la resistencia asociada, en términos de una capacitancia conocida. En la figura 8 se muestra la configuración de este puente. La impedancia desconocida  $Z_x$  es función de los componentes en las otras ramas:

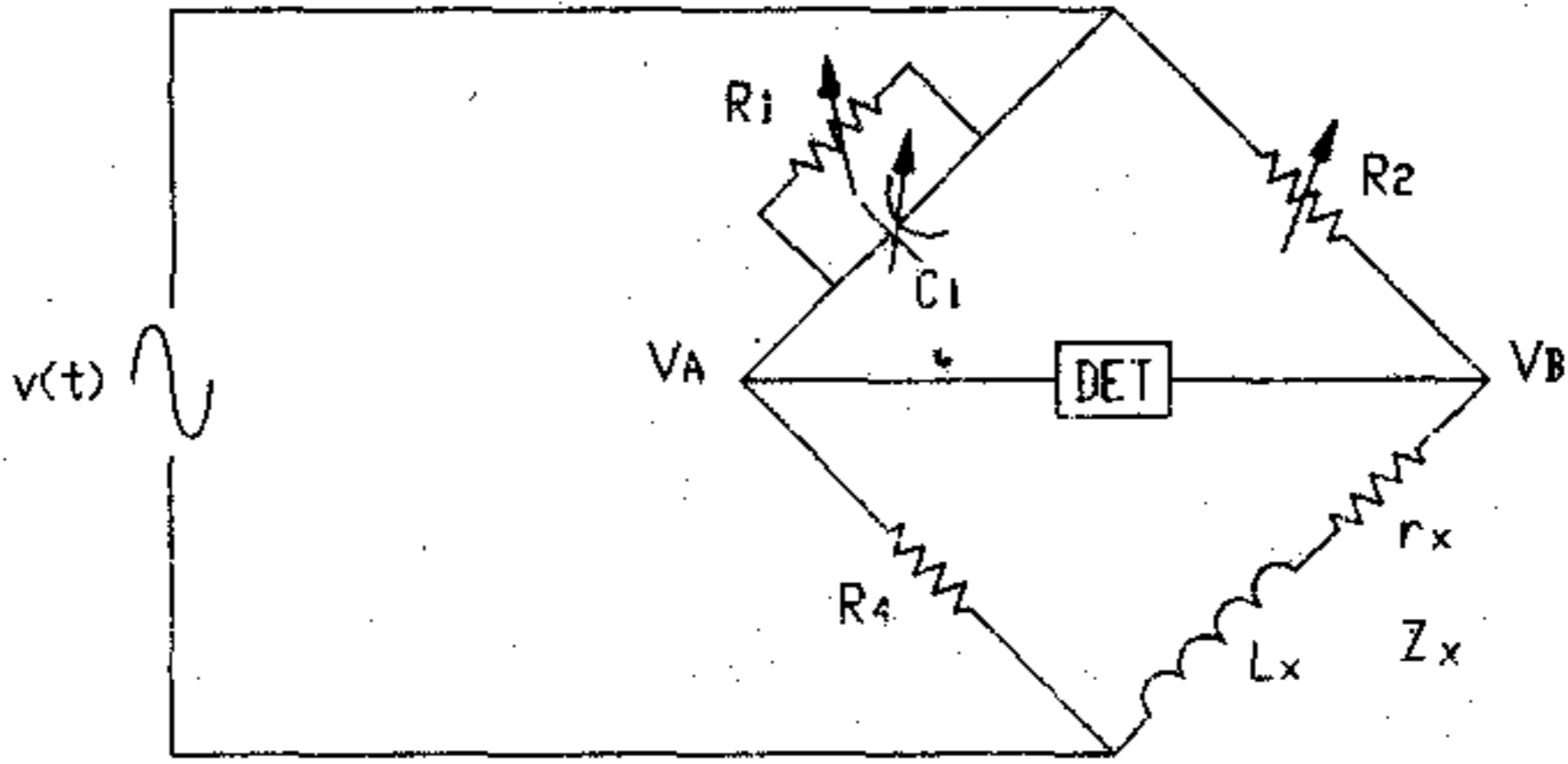


Figura 9

$$L_x = R_2 R_4 C_1 \quad (12)$$

$$R_x = \frac{R_2 R_4}{R_1} \quad (13)$$

**PUENTE DE COMPARACION DE CAPACITANCIAS**

Este tipo de puentes se puede utilizar para la medición de capacitancias o inductancias desconocidas, comparándolas con una capacitancia o inductancia patrón respectivamente.

La figura 10 muestra el circuito básico del puente de comparación de capacitancias.

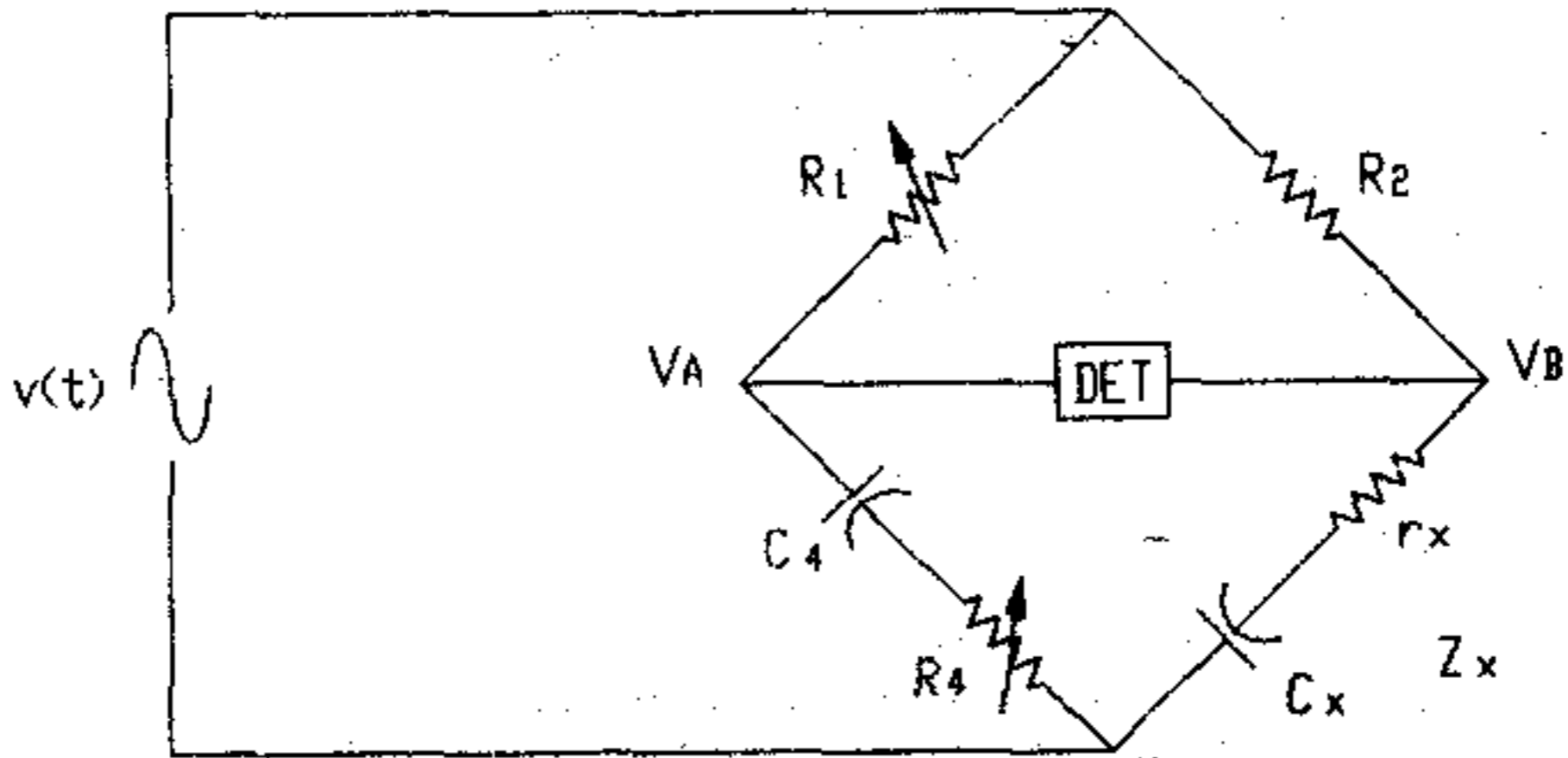


Figura 10

En este caso la impedancia  $Z_4$  consiste de la capacitancia patrón en serie con una resistencia  $R_4$  y la impedancia desconocida  $Z_x$  será el capacitor desconocido en serie con una resistencia que representa la resistencia de fuga del elemento. En condiciones de balance, el valor de  $Z_x$  estará dado por:

$$C_x = C_4 \frac{R_1}{R_2} \quad (14)$$

$$R_x = R_4 \frac{R_2}{R_1} \quad (15)$$

**PUENTE DE RESONANCIA**

Este puente es utilizado para realizar mediciones de frecuencia bajo condiciones de balance. El valor de la frecuencia depende del valor de los componentes en las otras ramas:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}} \quad (16)$$

En la figura 11 se muestra el circuito de este puente.

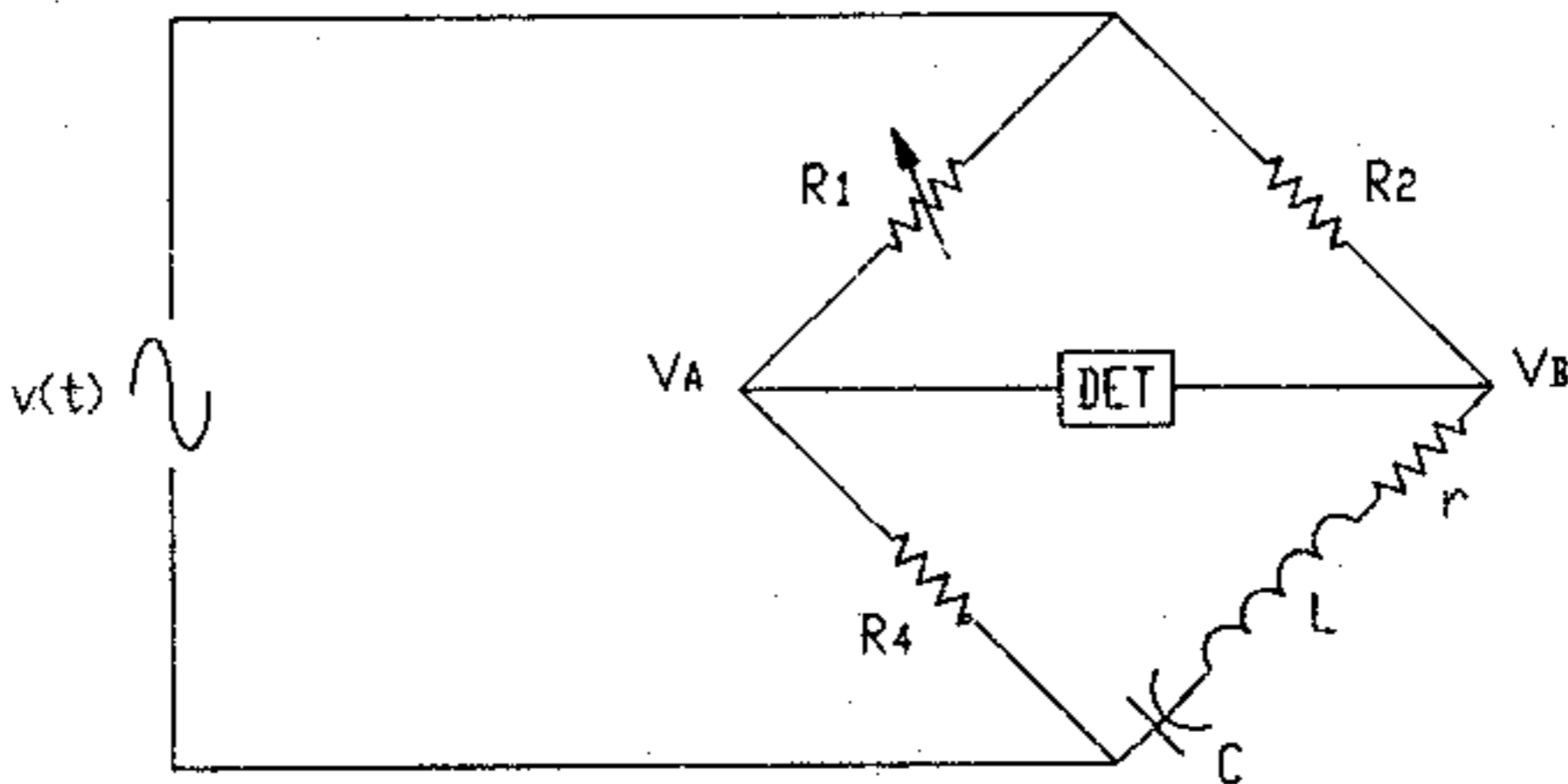


Figura 11

**Factor de Disipación D.** - Este factor es un indicativo de la calidad de los capacitores; cuantifica el efecto de la resistencia de fuga del componente (la resistencia de fuga disminuye el ángulo de la impedancia del capacitor a menos de 90°). D está dado por la relación entre la parte real y la reactancia del elemento.

$$D = \frac{R}{X} \quad (17)$$

**Factor de Calidad o de Almacenamiento Q** .- Es un factor que indica la capacidad de almacenamiento de una inductancia. Se determina mediante la relación de la parte reactiva entre la parte real del elemento.

$$Q = \frac{X}{R} \quad (18)$$

## OBJETIVOS

- Familiarizar al alumno con el concepto de puentes de CD y CA.
- Implementar y caracterizar un puente de Wheatstone.
- Implementación de puentes para la medición de inductancias, capacitancias y frecuencia.

## EQUIPO Y MATERIAL

Fuente de alimentación

Generador de señales

Osciloscopio

1 Inductancia

5 Resistencias de 1 K $\Omega$ , 1/2 W

1 Potenciómetro 4.7 K $\Omega$  lineal (ó valor más próximo)

1 Potenciómetro 100  $\Omega$  lineal

4 Resistencias de 100  $\Omega$

3 Capacitores de 0.22  $\mu$ F

3 Capacitores de 0.01  $\mu$ F

1 Potenciómetro 1 K  $\Omega$

## DESARROLLO

### EXPERIMENTO I DISEÑO DE UN PUENTE DE WHEATSTONE

a) Con base al circuito de la figura 12.

- Determine el valor de las resistencias R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>, para un determinado rango.

b) Arme el circuito de la figura 12 y conecte las puntas del osciloscopio como se indica.

- Determine, verifique y registre el rango de medición de su puente.

c) Conecte en la rama correspondiente a Z<sub>x</sub>, una resistencia cuyo valor se encuentre dentro del rango establecido del puente.

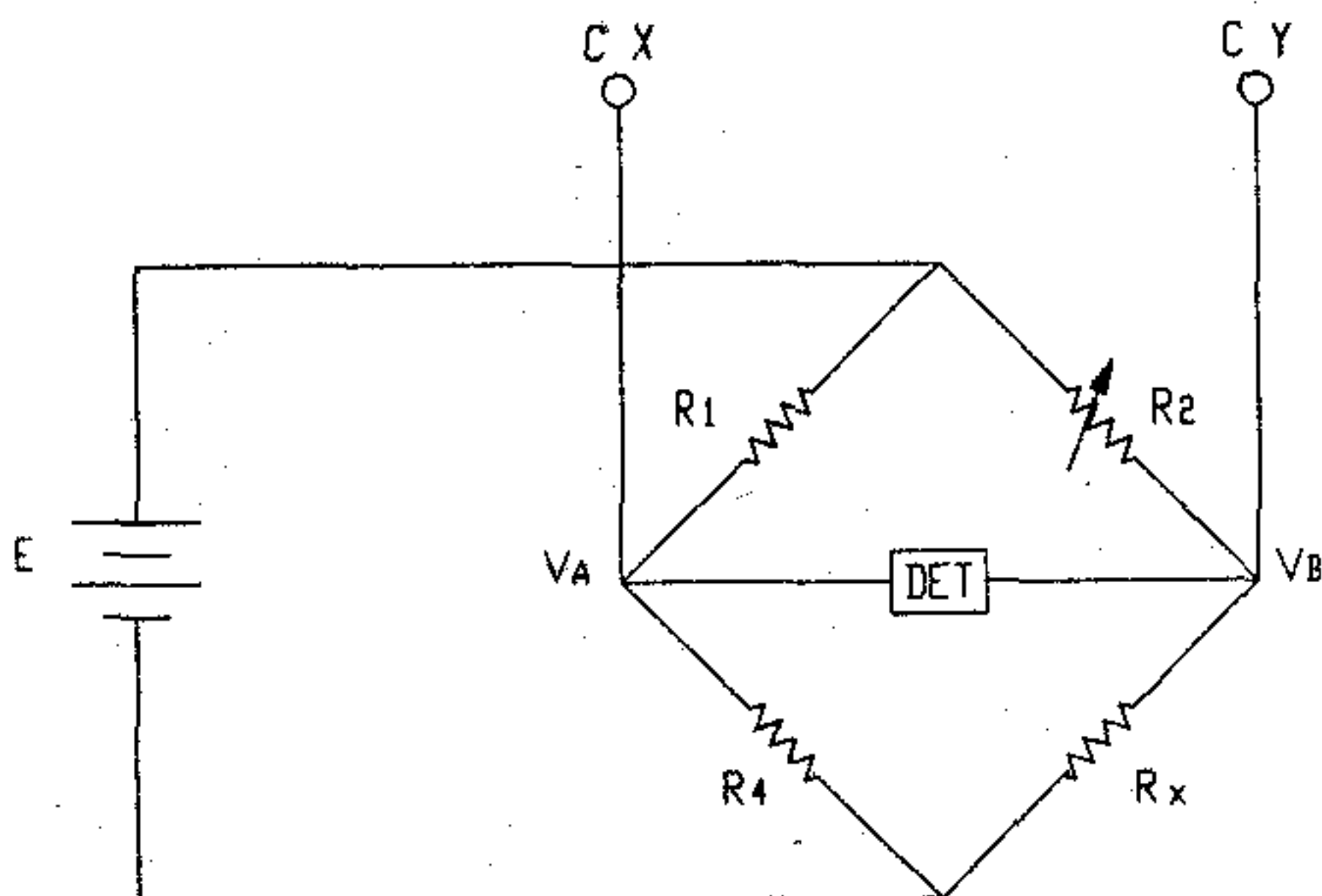


Figura 12

- Varíe el valor de  $R_2$  hasta que las señales en ambos canales sean iguales (Verifique que las escalas del osciloscopio sean las mismas y estén calibradas).
  - Para observar en detalle la condición de balance, invierta el canal Y y sume las señales.
  - Disminuya una escala de voltaje en ambos canales y vuelva a ajustar  $R_2$  hasta que la suma de voltajes sea lo más próxima a cero volts.
- d) Realice 3 mediciones más y registre los datos.

#### EXPERIMENTO II IMPLEMENTACION Y VERIFICACION DEL PUENTE DE MAXWELL

- a) Arme el circuito de la figura 9 con los siguientes valores:

$R_1$  = Potenciómetro de 4.7 K $\Omega$

$C_1$  = Variable (con los capacitores solicitados)

$Z_2$  = 500  $\Omega$

$Z_4$  = 400  $\Omega$  (con potenciómetro de 1 K $\Omega$ )

$Z_x$  = Inductancia desconocida

$v(t) = 2 \text{ sen } 2 \pi 1000 t$

- Conecte los canales del osciloscopio a los puntos VA y VB.
- b) Varíe uno a uno el valor de  $C_1$  y  $R_1$  y observe como se modifican las señales en los puntos VA y VB.
- Realice los ajustes necesarios en  $C_1$  y  $R_1$  hasta que  $V_A = V_B$  (verifique que las escalas sean las mismas).
- Para hacer un ajuste más fino, invierta en canal Y, sume las señales y disminuya ambas escalas de voltaje (sin que se distorsione la señal).

- Mida y registre los valores de sus parámetros.
- c) Varíe la frecuencia a 2000 Hz y observe que pasa.
- d) Determine, verifique y registre el rango del puente.

### EXPERIMENTO III MEDICION DE CAPACITANCIAS CON UN PUENTE DE COMPARACION

a) Arme el circuito de la figura 10 con los siguientes valores:

$Z_1$  = Potenciómetro de 4.7 K $\Omega$  (fijado a un valor próximo de 1 K $\Omega$ )

$Z_2$  = Resistencia de 1 K $\Omega$

$R_4$  = Potenciómetro 100  $\Omega$

$C_4$  = 0.22  $\mu$ F

$Z_x$  = Capacitor desconocido (que se encuentre dentro del rango de medición) se sugiere valores cercanos a  $C_4$

$v(t) = 2 \text{ sen } 2 \Pi 1000 t$

- Conecte los canales del osciloscopio a los puntos  $V_A$  y  $V_B$ .
- b) Varíe el valor de  $R_1$  y observe como se modifican las señales en los puntos  $V_A$  y  $V_B$ .
  - Realice un ajuste fino con  $R_4$  hasta que  $V_A = V_B$  (verifique que las escalas sean las mismas).
  - Para hacer un ajuste más fino, invierta en canal Y, sume las señales y disminuya ambas escalas de voltaje (sin que se distorsione la señal).
  - Mida y registre los valores de sus parámetros.
- c) Varíe la frecuencia a 2000 Hz y observe que pasa.
- d) Determine, verifique y registre el rango del puente.

### EXPERIMENTO IV MEDICION DE FRECUENCIA CON EL PUENTE DE RESONANCIA

a) Arme el circuito de la figura 11 con los siguientes valores:

$Z_1$  = Potenciómetro de 100  $\Omega$

$Z_2$  = Resistencia de 50  $\Omega$

$Z_4$  = Resistencia de 50  $\Omega$

$C$  = .22  $\mu$ F

$L$  = 50 mH

$v(t) = 2 \text{ sen } 2 \Pi f t$

- b) Varíe la frecuencia de la señal de entrada hasta de  $V_A \approx V_B$ .
  - Ajuste con  $Z_1$  hasta que  $V_A = V_B$ .
  - Realice ajustes finos, aumentando la sensibilidad de osciloscopio.
  - Mida y registre la frecuencia de la señal en cualquiera de los canales.

## ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

- 1.- Deduzca las ecuaciones (10) y (11).
- 2.- ¿Cuál es el rango de medición del puente de Wheatstone que diseñó?
- 3.- Determine la clase exactitud del puente de Wheatstone implementado.
- 4.- De que depende la exactitud de ese puente.
- 5.- Deduzca las ecuaciones (12) y (13).
- 6.- Con los valores especificados, ¿Cuál es el rango del puente de Maxwell?
- 7.- Al variar  $R_1$  y  $C_1$  independientemente, ¿En qué se modifican las señales?
- 8.- ¿Cuál es el valor de la inductancia  $Z_x$  ?
- 9.- Determine el factor de calidad de la inductancia y diga ¿Cuál es el valor teórico ideal?
- 10.- Investigue para que tipo de inductancias se utiliza este puente.
- 11.- ¿Qué pasa al variar la frecuencia en el puente de Maxwell.
- 12.- Deduzca las expresiones (14) y (15).
- 13.- Con los valores especificados, ¿Cuál es el rango de medición del puente de capacitancias.
- 14.- ¿Cuál es el valor de la capacitancia desconocida.
- 15.- Dibuje el circuito de un puente de capacitancia de más rangos.
- 16.- ¿Qué se modifica al variar la frecuencia del puente de capacitancias, por qué?
- 17.- Determine el factor de disipación y diga ¿Cuál es el valor teórico ideal?
- 18.- Deduzca la expresión (16).
- 19.- Determine la frecuencia teórica de resonancia y compárela con la experimental.
- 20.- Si no se tuviera un osciloscopio, ¿Que otros detectores podría utilizar?