

## Práctica 2: Circuitos

### Objetivos:

- Medir voltaje y potencia en circuitos divisores de voltaje.
- Medir su capacitancia.
- Medir voltajes, tiempos de carga y descargas y diferencias de fase en circuito RC.

### Referencias:

1. Boylestad-Circuit Analysis- Sec. 3.7, 4.3, 5.2-5.6, 6.9. Cap. 15
2. Página del curso (<http://mate.uprh.edu/~iramos/fisi3143.html>):  
Apéndices Lab 2: Manual Puente de Impedancia, Capacitores.

### Ejercicios de repaso:

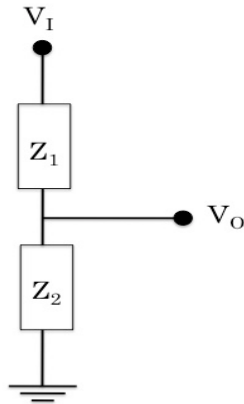
1. Calcule el voltaje de salida en el circuito de la figura 2, si se utilizan los siguientes parámetros:  $V_I=10\text{ V}$ ,  $R_1=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=2.2\text{ k}\Omega$ .
2. Calcule el voltaje de salida en el circuito de la figura 3, si se utilizan los siguientes parámetros:  $V_I=10\text{ V}$ ,  $R_1=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=2.2\text{ k}\Omega$  y  $R_L=330\text{ }\Omega$ . Repita para  $R_L=10\text{ M}\Omega$ .
3. ¿Cuál es la diferencia entre un potenciómetro y un reostato?
4. En el circuito de la figura 5:  $V_{IN}=12\text{ V}$ ,  $R_1=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2=10\text{ k}\Omega$  y  $R_3=3.3\text{ k}\Omega$ . ¿Cuáles son el voltaje máximo y el voltaje mínimo en la salida?
5. ¿Qué dice el teorema de Máxima Transferencia de Potencia?
6. En los circuitos de las figuras 12, 13 y 14, calcule los voltajes de salida y el tiempo de carga.
7. En el circuito de la figura 16, calcule la diferencia de fase entre voltaje y corriente.

### 1. Divisor de Voltaje

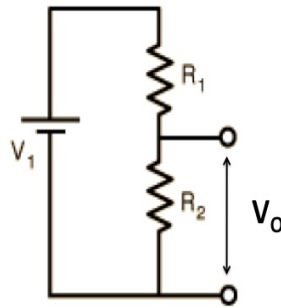
La figura 1 muestra un divisor de voltaje simple con voltaje de salida dado por la expresión:

$$V_o = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \cdot V_I.$$

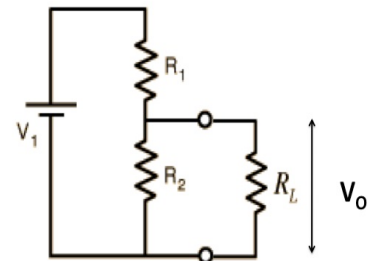
Los divisores de voltaje se utilizarán frecuentemente en los circuitos que construiremos en este laboratorio.



**Figure 1:** Divisor de Voltaje



**Figure 2:** Divisor de Voltaje sin resistor de carga



**Figure 3:** Divisor de Voltaje con carga

### Ejercicio 1: Divisores de Voltaje

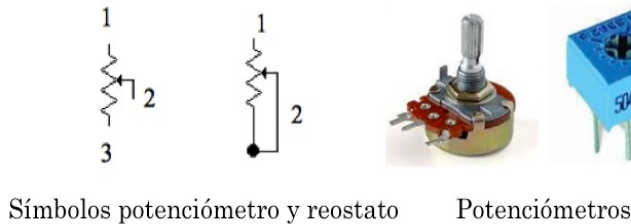
1. Construya el circuito en la figura 2 utilizando los parámetros del ejercicio de repaso 1.
2. Mida el voltaje de salida y compare con el valor calculado.
3. Añada una resistencia de carga de  $R_L = 330 \, \Omega$  (como en la figura 3). Repita el paso 2.
4. Repita con  $R_L = 10 \, M\Omega$ .
5. En su **informe**,
  - Incluya dibujos de los circuitos con los componentes identificados y una tabla con los voltajes de salida calculados (utilizando resistencias medidas) y voltajes de salida medidos. Discuta sus resultados.
  - Utilizando los resultados de este ejercicio, discuta el efecto que puede tener la resistencia interna de su multímetro en las medidas de voltaje.

## 2. Resistores Variables

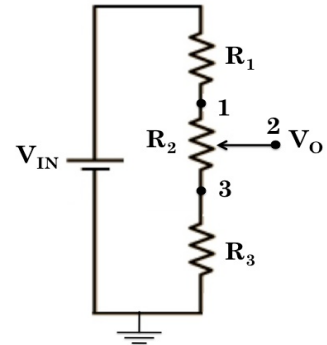
Los resistores variables (potenciómetros y reostatos) son muy útiles para construir divisores de voltaje. El **potenciómetro** es una resistencia variable con tres terminales (ver figura 4). Por lo general, el valor que identifica al potenciómetro es su resistencia total (resistencia entre los terminales 1 y 3). El terminal 2 es el terminal variable y la relación entre los terminales es:  $R_{13} = R_{12} + R_{23}$ .

Si uno de los terminales fijos se conecta al terminal variable, el potenciómetro se convierte en un resistor variable de dos terminales y se le conoce como **reostato**. La figura 4 también muestra el símbolos del reostato y una foto con dos ejemplos

de potenciómetros.



**Figure 4:** Resistores variables



**Figura 5:** Divisor de voltaje con con potenciómetro

### Ejercicio 2: Resistores Variables

1. Construya el divisor de voltaje en la figura 5 utilizando los parámetros del ejercicio 3. Antes de conectarlos, mida y anote las resistencias incluyendo la resistencia total del potenciómetro.
2. Ajuste el potenciómetro y observe los cambios en el voltaje de salida ( $V_O$ ). Anote los voltajes de salida máximo y mínimo.
3. No rompa el circuito ya que se utilizará en el próximo ejercicio.
4. En su **informe**,
  - Compare los voltajes medidos con los calculados.
  - Diseñe un divisor voltaje que supla una salida de 6.8 V, si tiene disponibles una fuente de 10V, y cuatro resistores de 330  $\Omega$ , 470  $\Omega$ , 680  $\Omega$  y 1 k $\Omega$ .

### 3. Potencia en circuitos dc

Potencia es una medida de cuanta energía suple o consume algún elemento del circuito por unidad de tiempo. En circuitos puramente resistivos, el power supply suple potencia y los resistores la consumen. Ya que la energía se conserva, la potencia que el power supply es igual a la suma de las potencias que consumen los resistores. Se puede calcular la potencia en cualquier elemento utilizando las siguientes expresiones:

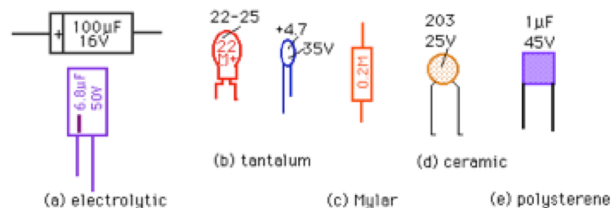
$$P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2 R.$$

### Ejercicio 3: Potencia

1. En el circuito de la figura convierta  $R_2$  en un reostato conectando un cable desde el terminal 1 al 2. Remueva  $R_3$  y conecte el terminal 3 directamente a ground.
2. De acuerdo al Teorema de Transferencia Máxima de Potencia, la potencia es un resistor es máxima cuando la resistencia de carga es igual a la resistencia de Thevenin “vista desde la carga”.
3. Ajuste la resistencia de  $R_{23}$  (reostato) desde  $500\ \Omega$  hasta  $9\text{ k}\Omega$  en pasos de  $500\ \Omega$ . Para cada resistencia, mida el voltaje y calcule la potencia (P) en  $R_{23}$ . Anote los resultados en una tabla.
4. En su **informe**,
  - Trace la curva de P versus  $R_2$ .
  - Discuta si los resultados experimentales corresponden con los esperados y la relación de la curva con el *Teorema de Transferencia Máxima de Potencia*.

### 3. Capacitores

El capacitor básico es un componente electrónico construido con dos placas paralelas conductoras separadas por un material aislante o dieléctrico. Algunos usos de los capacitores son almacenamiento de voltaje para sistemas de baja potencia como algunas memorias de computadoras, filtros de señales, bloqueo de señales dc y para acoplamiento ac y circuitos de tiempo. Para información básica de los capacitores vea el apéndice **Capacitores** de este laboratorio. En la figura 6 puede ver ejemplos de tipos de capacitores.



**Figura 6:** Ejemplos de capacitores

### 5. Puente de Impedancia

El puente de impedancia nos permite verificar el funcionamiento del capacitor, y además medir su capacitancia verdadera. Estos instrumentos se conocen como metros LCR si permiten medir resistencia (R), inductancia (L) y capacitancia (C) o metros LC si sólo miden las últimas dos. Los puentes de impedancia varían en complejidad pero el funcionamiento básico es el mismo del multímetro. Se selecciona la cantidad a medir y la escala y se coloca el componente entre sus terminales para

**FISI 3143: Laboratorio de Electrónica I**  
Departamento de Física y Electrónica  
Universidad de Puerto Rico en Humacao  
2011-2012

realizar la medida. En CIELab tenemos disponibles cuatro puentes de impedancia Agilent 4263B. El panel frontal del Agilent 4263A se muestra en la figura 7. En la página del curso encontrará un enlace con el manual de instrumento como un apéndice al laboratorio 2.



**Figura 7:** Puente de Impedancia Agilent 4263A

**Ejercicio 4: Capacitancia**

1. Seleccione 5 capacitores de distintos tipos del armario del laboratorio. Trate de determinar su capacitancia de acuerdo al código en su cubierta. Si el valor no está claro, revise las instrucciones en el apéndice del laboratorio o busque información en internet.
2. Seleccione la función de capacitancia en el LCR y mida la capacitancia de sus componentes. Compare con los valores que determinó anteriormente.
3. De ahora en adelante, siempre que se utilicen capacitores asegúrese de verificar su capacitancia medida con el LCR y de utilizar el valor medido en sus cálculos.
4. Los resultados de este ejercicio no tienen que reportarse en el **informe**.

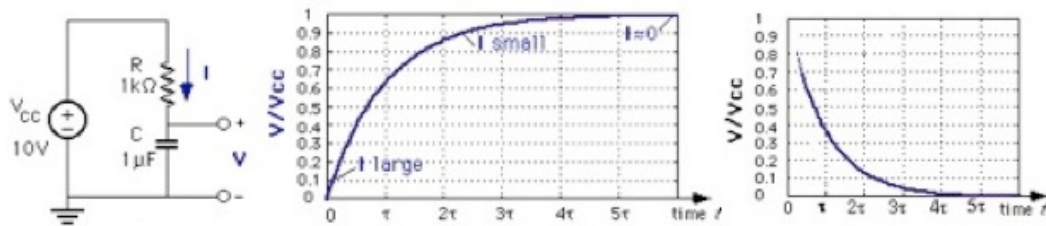
**6. Capacitores en Circuitos DC**

Al conectarse a una fuente dc en serie con un resistor como en la figura 8, el capacitor se carga hasta que el voltaje entre las placas es igual al voltaje de la fuente. Cuando el capacitor está completamente cargado no hay flujo de corriente. El proceso de carga de un capacitor, como función del tiempo  $t$ , está representado por la siguiente expresión:

$$v(t) = V_F + (V_i - V_F)e^{\frac{-t}{\tau}},$$

donde  $V_i$  es el voltaje inicial en el capacitor,  $V_F$  es el voltaje final alcanzado y  $\tau$  es la constante de tiempo que controla el proceso de carga. La constante de tiempo está determinada por  $\tau = RC$ .

La figura 8 muestra un circuito RC y sus correspondientes curvas de carga y descarga de voltaje. Si evaluamos la expresión anterior para el proceso de carga del capacitor obtenemos que cuando transcurre un tiempo igual a  $\tau$ , el voltaje a través del capacitor es igual al 63% del voltaje máximo. Este valor aumenta al 86% para  $2\tau$ , 95% para  $3\tau$ , 98% para  $4\tau$ , y 99% para  $5\tau$ . Por esto se considera cuando ha transcurrido un tiempo igual a  $5\tau$  se ha completado el proceso de carga del capacitor.



**Figura 8.** Circuito RC, curva de carga y curva de descarga.

Si se remueve la fuente y se conecta un alambre a través de los terminales del capacitor, éste procede a descargarse. El proceso de descarga está gobernado por la siguiente expresión:

$$v(t) = V_F + (V_i - V_F)e^{\frac{-t}{\tau}}$$

Repitiendo el análisis anterior, obtenemos que el proceso de descarga se considera completo luego de un tiempo  $t=5\tau$ , como muestra la figura 8.

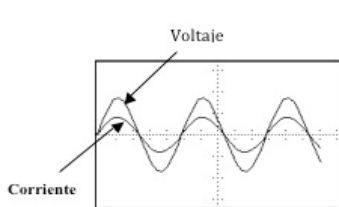
#### **Ejercicio 4:** Carga y descarga de capacitores

1. Antes de construir el circuito en la figura 8, verifique la resistencia y capacitancia de los componentes, y anote sus valores.
2. De ahora en adelante, al igual que hacemos con los resistores y fuentes de voltaje, asegúrese de verificar la capacitancia medida de los capacitores antes de conectarlos al circuito.
3. Construya el circuito manteniendo la salida del power supply en OFF.
4. Conecte el Osciloscopio a la salida (V) y encienda la salida.
5. Observe las curva de carga del capacitor. **Mida el tiempo que toma el proceso de carga y compare con el valor esperado.**
6. Desconecte la fuente de voltaje y conecte los terminales entre sí. **Mida el tiempo que toma el proceso de carga y compare con el valor esperado.**
7. **Informe:** Incluya diagrama del circuito, imágenes de la curvas de carga y descarga, cálculos de los tiempos y discusión de los resultados obtenidos.

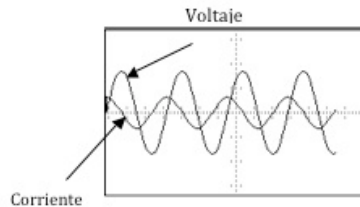
## 7. Impedancia

Al aplicar un voltaje AC a un resistor, la corriente que se produce a través de éste fluye a la par con los cambios en el voltaje como muestra la figura 9. Es decir, cuando el voltaje instantáneo llega a su máximo, la corriente también se encuentra su máximo. **El voltaje y la corriente a través de un resistor están en fase.** La magnitud de la corriente AC que se produce en el resistor está dada por la Ley de Ohm:  $I = \frac{V}{R}$ .

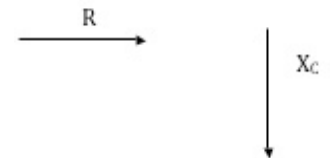
**Al aplicar un voltaje AC a un capacitor, la corriente a está fuera de fase con el voltaje por 90 grados.** El continuo cargar y descargar del capacitor producen esa diferencia en fase que puede observarse en la figura 10. La magnitud de la corriente AC a través del capacitor es:  $I = \frac{V}{X_C}$ , donde  $X_C$  (o reactancia capacitiva) es la oposición que presenta el capacitor al flujo de corriente.  $X_C$  se mide en ohms ( $\Omega$ ) y se calcula usando la siguiente ecuación:  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ .



**Figura 9** Voltaje y Corriente en un Resistor



**Figura 10.** Voltaje y Corriente en Capacitor

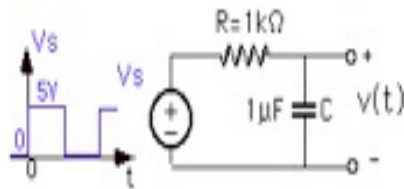


**Figura 11.** Fasores Resistencia y Reactancia Capacitiva

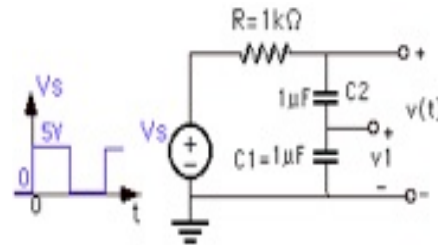
## 8. Circuitos RC

En un circuito RC con fuente de voltaje AC, el efecto total de oposición a corriente (*Impedancia Z*) se obtiene sumando la resistencia  $R$  (de los resistores) y la reactancia capacitiva  $X_C$  (de los capacitores). La resistencia y reactancia capacitiva se suman como vectores o fasores para obtener la impedancia (ver figura 11).

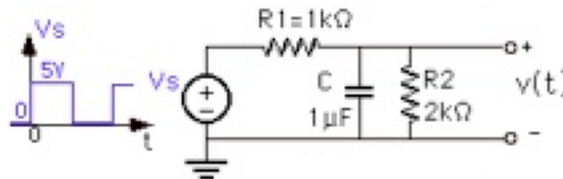
La magnitud de la impedancia en un circuito RC está dada por:  $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$  y la corriente por:  $I = \frac{V}{Z}$ .



**Figura 12.** Circuito RC



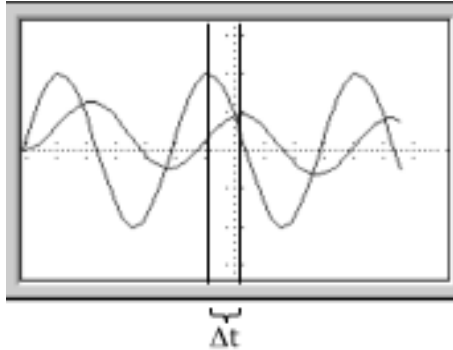
**Figure 13.** Circuito RC con capacitores en serie



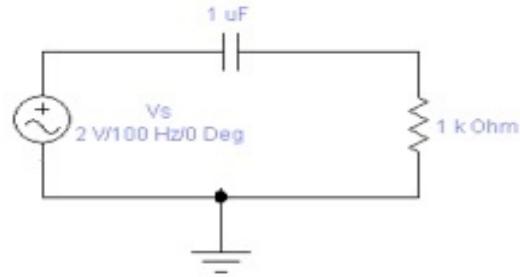
**Figura 14.** Circuitos RC serie-paralelo

**Ejercicio 5: Voltaje y constante de tiempo en circuitos RC con fuente ac**

1. Construya el circuito en la figura 12. Conecte el canal 1 del osciloscopio a través de  $v(t)$ . Observe la forma de la salida y guarde la imagen. Mida el voltaje máximo y la constante de tiempo del circuito.
2. Reemplace el capacitor en el circuito anterior con dos capacitores en serie como muestra la figura 13.
3. Observe los voltajes  $v(t)$  y  $v_1(t)$  en el osciloscopio. Guarde las imágenes. Mida las constantes de tiempo y los voltajes de salida.
4. Reemplace los dos capacitores en el circuito anterior por un capacitor y un resistor en paralelo como muestra la figura 14. Mida los voltajes y la constante de tiempo para el capacitor. Guarde las imágenes y anote los resultados.
5. En su **informe**, incluya los circuitos, imágenes de las curvas de salida y las medidas de voltaje y constantes de tiempo. Discuta los resultados y compare con valores esperados.



**Figura 15.** Diferencia de tiempo



**Figura 16.** Circuito RC para medida de fase

## 9. Diferencia de Fase

Para medir la diferencia de fase entre dos señales AC, se conecta cada señal a uno de los canales del osciloscopio. Asegúrese que las señales individuales se observan correctamente en cada canal antes de medir diferencia de fase. La diferencia de fase puede medirse de varias formas.

### Método 1: Diferencia de tiempo

En este método medimos la diferencia en tiempo entre dos puntos iguales de las ondas (cima y cima, valle y valle) como en el ejemplo de la figura 15. Sabemos que (en términos de grados) la onda se repite cada  $360^\circ$ . Así podemos hallar la diferencia en ángulo de fase usando la siguiente proporción:  $\frac{\Delta t}{T} = \frac{\Delta \Phi}{360^\circ}$ , donde  $T$  es el período de la onda y  $\Delta \Phi$  es la diferencia de fase.

### Método 2: Figura de Lissajous

Si operamos el osciloscopio en modo XY, observaremos un trazo del comportamiento del voltaje vs. corriente. Este trazo tiene forma elíptica y de éste se pueden obtener la diferencia en ángulo de fase como se presentó en el laboratorio 1.

### Método 3: Medida directa en el osciloscopio (instrucciones en la p. 2-21 del manual).

Ajuste la señal en el canal 1 para tener al menos un ciclo completo de la señal en su pantalla. Seleccione **Time**. Seleccione **Next Menu** en **Define Thresholds**. Seleccione **Measure Phase** y observe el valor en la pantalla. Si la fase es negativa es porque la señal en el canal 2 está adelantada a la del canal 1.

**Ejercicio 5: Medidas de fase en circuitos RC**

1. Construya el circuito en la figura 16.
2. Utilice el canal 1 de su osciloscopio para medir el voltaje de la fuente. Utilice el canal 2 para medir la caída de voltaje a través de la resistencia. El voltaje a través del resistor se puede usar para estudiar el comportamiento de la corriente en el circuito ya que su magnitud es  $I = \frac{V_R}{R}$  y su ángulo de fase es el mismo de la corriente en el circuito.
3. Mida la diferencia de fase entre ambas curvas utilizando los tres métodos discutidos anteriormente.
4. En su **informe**, incluya el circuito, imágenes de las curvas de salida y las medidas de voltaje y ángulo de fase. Discuta los resultados y compare con valores esperados.

**Reporte de Laboratorio:** Siga las instrucciones generales del documento que describe el curso y las detalladas en cada ejercicio. No tiene que hacer simulaciones de los circuitos.