Laboratorio I:
Equipos de laboratorio.
version 1.0

Héctor Cruz Ramírez[1]
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
[1]hector.cruz@ciencias.unam.mx

septiembre 2017

Índice

1. Objetivos

El alumno aprenderá el control básico de los siguientes equipos:

1. Fuente de voltaje.
2. Multímetro.
3. Osciloscopio digital.
4. Generador de funciones.
5. Tarjeta de adquisición de datos.

6. Diferentes tipos de cables.

De igual forma aprenderá los siguientes conceptos:

1. señales (*signals*).
2. Impedancias de entrada y salida.
3. Discretización de una función y la derivada numérica.

2. Experimento

2.1. Equipo de laboratorio

En los laboratorios de investigación (física) existen algunos instrumentos que son usados ampliamente:

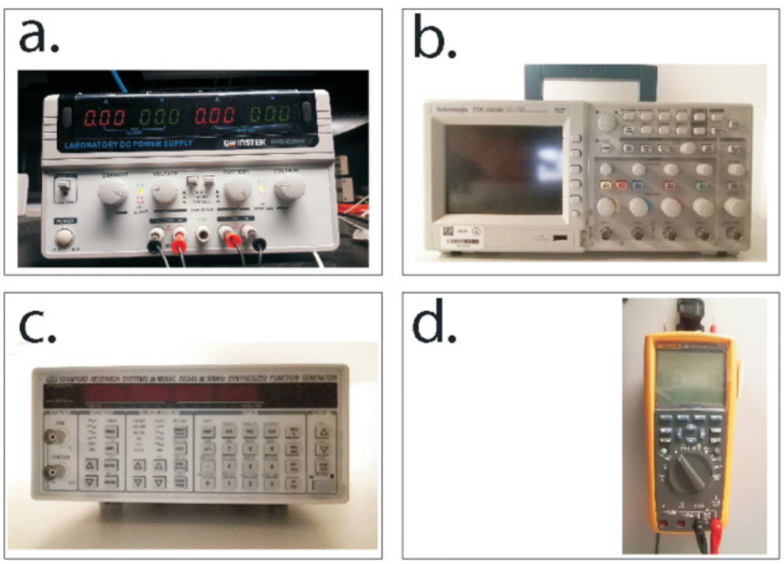

Figura 1: a. Fuente de voltaje. b. Osciloscopio. c. Generador de funciones. d. multímetro digital.

1. Una fuente de voltaje, ver Figura (1a), de corriente directa (*DC* por sus siglas en inglés *direct current*) o de corriente alterna (*AC* por sus siglas en inglés *alternating current*). Estos canales puede tener varias salidas (canales) las cuales pueden estar en serie, paralelas o independientes[1].
2. Un osciloscopio digital, ver Figura (1b), es para obtener una *waveform* (señal o forma de onda) con diferentes modos de adquisición de datos (que depende del modelo y marca del osciloscopio). Cada osciloscopio puede

realizar una análisis de datos posterior de la *waveform* y obtener mediciones; por ejmplo: amplitud pico a pico (*peak-peak*), frecuencia, *rise time*, *fall time*, etc.[2]

3. Con generador de funciones, ver Figura (1c), se pueden obtener ondas sinoidales, cuadradas, sierra o cualquier función (depende del modelo) en un rango amplio de frecuencias[3].

4. Un multímetro digital, ver Figura (1d), tiene varias funciones: medir voltaje, medir corriente eléctrica, medir temperatura, etc. [4]

Por otro lado, existe una gran variedad de tarjetas de adquisición de datos (*DAQ* por sus siglas en inglés de *data adquistion*) que se pueden clasificar por los modos de adquisión de datos que tengan integrados y su ancho de banda. En la Figura (**??**a) se muestra un ejemplo de *National Instruments*[5]. En el mercado han salido las plataformas electronicas de código abierto, *Arduinos*, en el que fácilmente pueden instrumentarse sensores, ser usados como *DAQ*, son escalables, etc.[6]

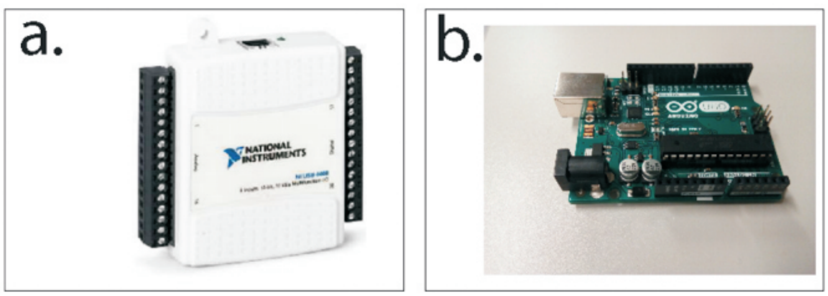

Figura 2: a. Tarjeta de adquisición de datos. b. *Arduino*.

Por último, se debe conocer los diferentes tipos de cable (o alambre) y los diferentes tipos de conectores (o terminales) para transmitir señal eléctricas, por ejemplo:

1. cable BNC-BNC,

2. cable banana-caiman,

3. cable banana-banana,

4. cable BNC-caimanes.

En la Figura (3) se muestra una fotografía de algunos tipos de cable.

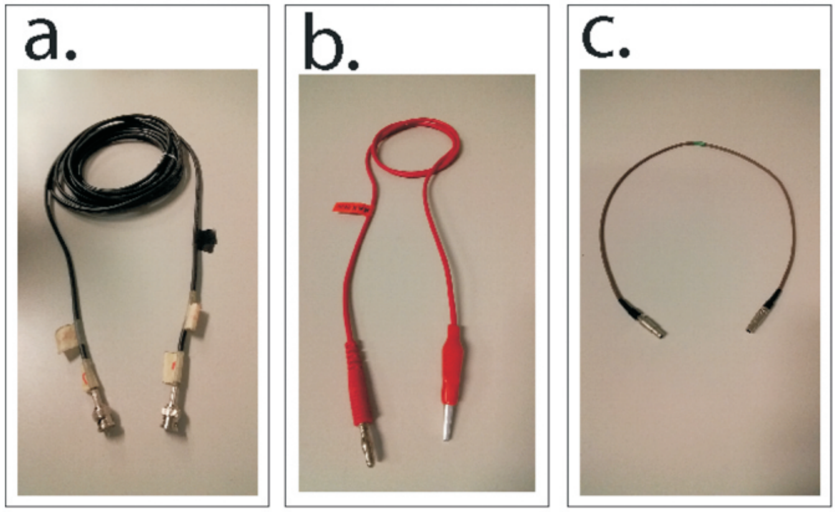

Figura 3: Tipos de cables: a. bnc-bnc, b. banana-caiman, y c. lemo-lemo

2.2. Impedancia de entrada y salida

Una de la propiedad importante de todo equipo de medición (o control) y los cables es la impedancia [7, 8]. Supongamos que tenemos un detector de impedancia de salida Z_d, la señal que se emite de este la observamos en un osciloscopio de impedancia de entrada Z_o. La señal viaja en un cable de impedancia Z_c. La regla es que [7]:

$$Z_d = Z_c = Z_o; \tag{1}$$

entonces, las impedancias deben ser iguales (*Acoplamiento de impedancias*) para evitar distorsionar la señal eléctrica que se quiere medir.

2.3. Diferenciación numérica.

Supongamos que tenemos una función $f : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, con la regla de correspondencia $x \mapsto f(x)$. Experimentalmente (datos obtenidos de un instrumento) y numéricamente los valores que toma la función (señal) son discretos (no continuos); entonces un modelo útil es la discretización la función f.

2.3.1. Discretización de una función

Como primer paso, debemos multiplicar a f por una función *peine*. La función peine es una serie de deltas de Dirac separadas por Δx y representa la serie de mediciones que podemos hacer. En la Figura (4 a) se muestra la gráfica de la función f y en la Figura (4 b) se muestra la función *peine*. El producto de la función f por la función *peine* se muestra en la Figura (4 c). El resultado es una serie de puntos a lo largo de la función f. Como la serie en principio es infinita, entonces debemos multiplicarla por una función *rectángulo*, la cual se muestra en la Figura (4 d). La función *rectángulo* representa el hecho de que sólo podemos hacer una medición finita y el ancho de esta función es L. El resultado se muestra en la Figura (4 e), el cual es un cantidad finita de puntos ($N+1$ puntos) a lo largo de la función f, esto es

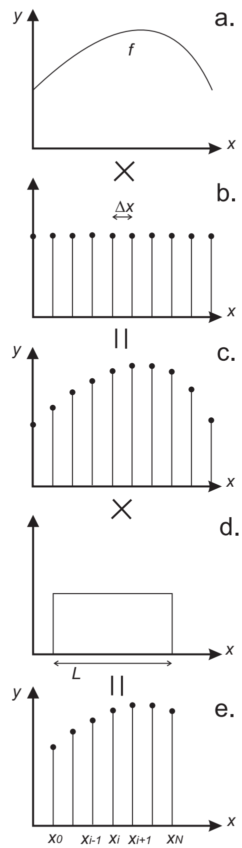

Figura 4: Discretización de una función y la derivada discreta de la misma.

$$\{(x_i, f_i)|i = 0, 1, \ldots, N\}, \tag{2}$$

con esto hemos discretizado la función f.

2.3.2. Derivada discreta

Para obtener la derivada de la representación discreta de f, Ecuación (2), en el punto (x_i, f_i), podemos proceder de tres formas distintas [9]. La primera de ellas es utilizar el punto siguiente (x_{i+1}, f_{i+1}), con lo cual obtenemos *la derivada hacia adelante* y esta dada por

$$\Delta f_i = \frac{f_{i+1} - f_i}{x_{i+1} - x_i} = \frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta x}. \tag{3}$$

Claramente en el punto (x_N, f_N) no podremos obtener la derivada. La segunda forma es utilizar el punto anterior (x_{i-1}, f_{i-1}), con lo cual obtenemos *la derivada hacia atrás* y esta dada por

$$\nabla f_i = \frac{f_i - f_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} = \frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta x}, \tag{4}$$

y de forma similar en el punto (x_0, f_0) no podremos obtener la derivada. La tercera forma es *la derivada central* y que no describiremos aquí.

2.3.3. La segunda derivada discreta

Procederemos obtener la segunda derivada. Primero obtenemos la primera derivada mediante la Ecuación (6). De esta forma obtenemos *la derivada hacia adelante* de los puntos $\{(x_i, f_i) | i = 0, 1, \ldots, N-1\}$ y la cual es

$$\{(x_i, \Delta f_i) | i = 0, 1, \ldots, N\}. \tag{5}$$

Luego, aplicando *la derivada hacia atrás* a los puntos dados en la Ecuación (5), tenemos

$$\begin{aligned} \nabla \Delta f_i &= \frac{\Delta f_i - \Delta f_{i-1}}{\Delta x} \\ &= \frac{(f_{i+1} - f_i) - (f_i - f_{i-1})}{\Delta x^2} \\ &= \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{\Delta x^2}. \end{aligned} \tag{6}$$

Realizando esta combinación quedan excluidos los puntos (x_0, f_0) y (x_N, f_N), y la razón se verá mas adelante cuando apliquemos las condiciones en la frontera.

2.3.4. Ejemplo de una ecuación diferencial

Lo siguiente es resolver la ecuación de difusión del calor en una dimensión es [10]

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}T_\sigma = \frac{1}{\kappa}\frac{\partial}{\partial t}T_\sigma, \tag{7}$$

donde $\kappa = \frac{k}{\rho c}$ es la difusibidad térmica del material. Primero haremos: $T_\sigma = T(x,t)$, para simplificar la notación. De forma análoga discretizamos esta función, lo cual obtenemos

$$\{(x_i, t_j, f_i^j)|i = 0, 1, \ldots, N; j = 0, 1, \ldots, M\}, \tag{8}$$

donde el subíndice es para la coordenada espacial y el superíndice para la coordenada temporal. La condición en la frontera sería

$$\begin{aligned} T(0,t) &= T_H \quad \text{y} \\ T(L,t) &= T_A \quad \text{para todo} \quad t, \end{aligned} \tag{9}$$

equivalentemente

$$\begin{aligned} T_0^j &= T_H \quad \text{y} \\ T_N^j &= T_A \quad \text{para todo} \quad j. \end{aligned} \tag{10}$$

Por lo tanto, aplicando lo anterior tendremos

$$\frac{T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j}{\Delta x^2} = \frac{1}{\kappa}\frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta t}. \tag{11}$$

La programación es iniciando una arreglo en el tiempo $t = 0$, el cual es

$$\{(x_0, 0, T_H) \quad \text{y} \quad (x_i, 0, T_A)|i = 1, \ldots, N\}, \tag{12}$$

y después se calcula para tiempos posteriores utilizando la Ecuación (11).

3. Pormenores de la práctica

Cantidad de sesiones en el laboratorio: 1 sesión.

4. Agradecimientos

Estas notas fueron realizadas con el apoyo del proyecto PAPIME PE105917. Agradecemos a los estudiantes Samuel Corona Aquino y Javier Alejandro López Alfaro en la elaboración de estas notas.

Referencias

[1] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.gwinstek.com/`.

[2] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.tek.com/`.

[3] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.thinksrs.com/`.

[4] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.fluke.com/fluke/mxes/home/default.htm`.

[5] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.ni.com/es-mx.html`.

[6] Ver pagina *web* para mayor información `http://www.fluke.com/fluke/mxes/home/default.htm`.

[7] W. R. Leo,"Techniques for nuclear and particle physics experiments," Springer-Verlag (1994).

[8] H. V. Malmastadt, C. G. Enke y S. R. Crouch,"Electonics and instrumentation for scientists," The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc. (1981).

[9] Shoichiro Nakarumra, "Métodos Numéricos Aplicados con Software," Prentice Hall, 1992.

[10] J. H. Lienhard IV y J. H. Lienhard V, "A heat transfer textbook," Phlogiston press, 2008.