

Labview II: *ARDUINOS* con *LabVIEW*  
(Sensores)  
Versión 3.0

Héctor Cruz Ramírez<sup>1</sup>  
Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM  
<sup>1</sup>hector.cruz@ciencias.unam.mx

abril 2017

## Índice

<b>1. Objetivos</b>	<b>2</b>
<b>2. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>3. Teoría</b>	<b>2</b>
3.1. Intensidad, potencia y energía . . . . .	2
3.2. Ley de enfriamiento de Newton . . . . .	3
3.3. Ley de Malus . . . . .	3
3.4. Efecto Hall . . . . .	4
<b>4. <i>ARDUINO</i></b>	<b>5</b>
<b>5. Implementación de sensores</b>	<b>5</b>
5.1. Implementación de un sensor de temperatura con un termistor . . . . .	5
5.1.1. Método por deflexión simple . . . . .	6
5.1.2. Implementación de un termómetro con un arduino . . . . .	6
5.2. Implementación con una fotoresistencia . . . . .	9
5.3. Implementación con TSL257 . . . . .	9
5.4. Arduino con la fotoresistencia y el TSL257 . . . . .	10
5.5. Implementación de sensor de proximidad con un KY-003 . . . . .	12
<b>6. Pormenores de la práctica</b>	<b>13</b>
<b>7. Agradecimientos</b>	<b>13</b>



## 1. Objetivos

Los objetivos de esta práctica son:

1. La implementación de un sensor.
2. En la implementación se debe utilizar un *ARDUINO* automatizado con el lenguaje de programación *LabVIEW*.

## 2. Introducción

En esta práctica que teniendo un sensor, un circuito simple, el *ARDUINO* y el lenguaje de programación *LabVIEW* se puede implementar sistemas de medición prácticos, sencillos y lo suficientemente precisos.

## 3. Teoría

A continuación se describen dos aspectos importantes para el desarrollo de la práctica.

### 3.1. Intensidad, potencia y energía

Tenemos que la intensidad,  $I$  es proporcional a[1, 2, 3, 4]

$$I(\vec{r}, t) \propto \langle \vec{E}^2(\vec{r}, t) \rangle, \quad (1)$$

donde  $\vec{E}$  es el campo eléctrico,  $(\vec{r}, t)$  son las coordenadas espaciales y temporales respectivamente, y  $\langle \cdot \rangle$  es el promedio temporal. La unidades en el sistema MKS son  $\text{W}/\text{m}^2$ . La potencia es

$$P(t) = \int_A I(\vec{r}, t) dA, \quad (2)$$

donde  $A$  es el area considerada. Por lo cual, la energía colectada en un intervalo (de  $t_i$  a  $t_f$ ) de tiempo estaría dada

$$E = \int_{t_i}^{t_f} P(t) dt. \quad (3)$$

### 3.2. Ley de enfriamiento de Newton

La ley de *enfriamiento de Newton* determina el cambio de la temperatura con respecto al tiempo de un sistema en estudio, y que es directamente proporcional a la diferencia de temperatura del sistema menos la temperatura de sus alrededores, esto es[9]

$$\frac{dT}{dt} = k(T_A - T), \quad (4)$$

donde  $T_A$  es la temperatura de los alrededores y  $k$  es factor de proporcionalidad. Por termodinámica clásica sabemos que entre el sistema de estudio y sus alrededores hay una transferencia de calor (caracterizado por un coeficiente  $h$ ) a través de la *pared diatérmica* que los separa[10]; y sea  $A$  es el area efectiva de contacto entre el sistema y sus alrededores. Si el sistema tiene una masa  $m$  y un calor específico  $c_p$ , entonces, en un intervalo de tiempo  $dt$  el cambio de temperatura  $dT$  esta dado por (pag. 68 de [10])

$$hA(T_A - T)dt = c_p m dT. \quad (5)$$

Si definimos

$$\tau = \frac{c_p m}{hA}, \quad (6)$$

como el tiempo de respuesta característico del sistema. Por lo cual,

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{\tau}(T_A - T). \quad (7)$$

Si consideramos  $c_p$  constante, entonces

$$T(t) = T_A - (T_A - T_0) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right). \quad (8)$$

### 3.3. Ley de Malus

La luz de un láser puede estar linealmente polarizada (LP). Si no esta LP podemos insertar un polarizador lineal (P1) para polarizar el haz láser. Los polarizadores lineales están caracterizados por un eje: el eje del polizador. La dirección de la polarización lineal es paralela al eje del polarizador. Colocando un segundo polarizador (P2) tenemos que su eje sustenta un ángulo  $\theta$  respecto a P1. Si colocamos un detector enseguida, tendremos que la intensidad de luz,  $I$ , medida será

$$I = I_0 \cos^2(\theta), \quad (9)$$

donde  $I_0$  será la máxima intensidad medida cuando los ejes sean paralelos. Se dice que los polarizadores están cruzados cuando el ángulo entre los ejes es de  $90^\circ$ .

### 3.4. Efecto Hall

Un Sensor (semiconductor) de efecto Hall es capaz de detectar campos magnéticos. El *efecto Hall* consiste en la generación de voltaje,  $V_H$  (voltaje Hall) en un conductor (o semiconductor) delgado de dimensiones  $a \times d \times L$  y donde circula una corriente  $I$ , ver Figura (1), cuando se aplica un campo magnético ( $\vec{B}$ ) perpendicular al flujo de los portadores de carga  $\vec{J} = q\vec{v}_d$  (donde  $\vec{v}_d$  es la velocidad de deriva). Tenemos que  $\vec{J}$  es paralelo al plano  $y - z$ . Dadas estas condiciones se observa una acumulación de carga hacia los lados del conductor (o semiconductor) debido a la fuerza magnética que se ejerce,  $\vec{F}_m = q\vec{v}_d \times \vec{B}$ ; pero que tiende ser equilibrada por la fuerza electrostática,  $F_e = q\vec{E}$ . Esta acumulación origina el voltaje Hall. En estado de equilibrio obtenemos [11, 12]

$$V_H = \frac{I B d}{n q A}, \quad (10)$$

donde  $n$  es la densidad de portadores de carga y  $A = a \times d$ . De la ecuación anterior se observa que la detección de  $V_H$  nos dice produce la detección indirecta del campo magnético.

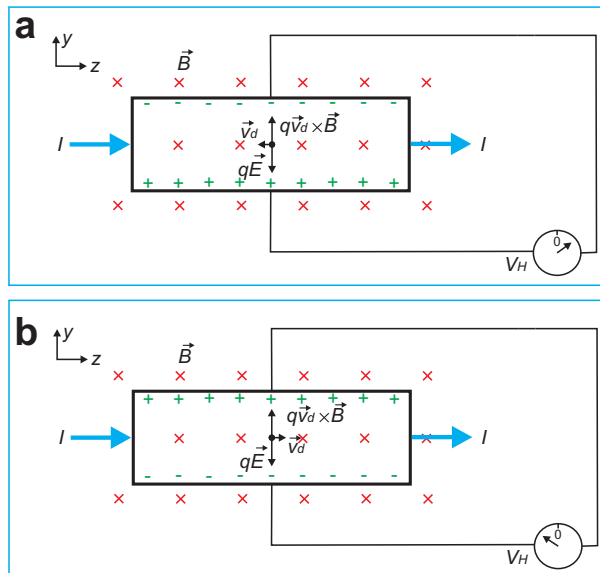


Figura 1: Efecto Hall. (a) Caso con  $q < 0$  y el voltaje es positivo. (b) Caso donde  $q > 0$  y el voltaje es negativo.

## 4. ARDUINO

En la página *web* de fabricante ([www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)) describe al *ARDUINO* como una plataforma para prototipos electrónicos de código abierto basado en un *hardware* y un *software* fácil de usar. Los Arduinos tienen entradas analógicas (ver parte inferior de la Figura 2) y digitales (ver parte superior de la Figura 2); las cuales reciben señales eléctricas de sensores, botones, etc. A su vez, las entradas pueden ser configuradas para ser salidas y controlar otros dispositivos.

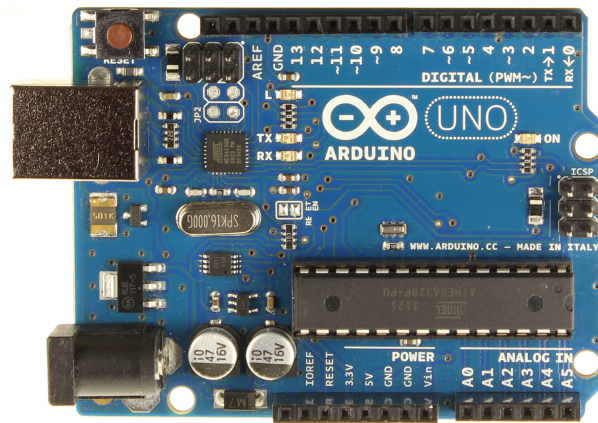


Figura 2: Arduino UNO.

## 5. Implementación de sensores

### 5.1. Implementación de un sensor de temperatura con un termistor

Los detectores de temperatura que están basados en sistemas (como metales, aleaciones y semiconductores) que cambian su resistencia eléctrica al cambiar su temperatura se les denomina *RTD* por sus siglas en inglés *resistance temperature detector*.

Los *RTD* basados en conductores pueden ser de los siguientes materiales: platino, níquel, cobre y tungsteno. Los cuales están caracterizados mediante el *coeficiente de temperatura de resistencia* ( $\alpha$ ), el cual cuantifica el cambio de la resistencia eléctrica del conductor por el cambio de un grado de temperatura a una temperatura específica.

Como primera aproximación la dependencia de la resistencia eléctrica (RE) con respecto a la temperatura es

$$R(T) = R_0(1 + \alpha T), \quad (11)$$

donde  $R_0$  es la RE en  $0^\circ\text{C}$  (o alguna temperatura de referencia).

Los termistores son *RTD* basados en semiconductores (silicio), donde el coeficiente de temperatura de resistencia es negativo (*NTC*, *negative temperature coefficient*), o positivo (*PTC*, *positive temperature coefficient*). Además, tienen una curva característica lineal tensión-corriente cuando la temperatura es constante.

La dependencia de la resistencia eléctrica con respecto a la temperatura es

$$R(T) = R_0 \exp \left[ \beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right], \quad (12)$$

donde  $R_0$  es la resistencia a la temperatura  $T_0$  ( $25^\circ\text{C}$ ), y  $\beta$  es la temperatura característica del material.

### 5.1.1. Método por deflexión simple

La implementación del método por deflexión simple es mediante el circuito mostrado en la Figura 3.

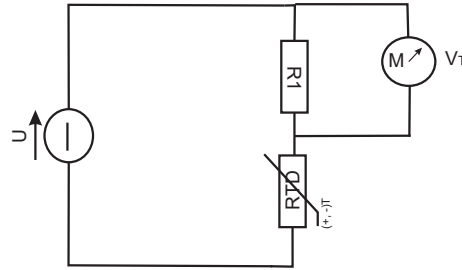


Figura 3: Circuito para obtener la recta de carga.

Del circuito de la Figura (13) se sigue la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} V_T &= U - R_1 I \\ &= \left( \exp \left[ A + \frac{B}{T} + \frac{C}{T^3} \right] \right) \cdot I. \end{aligned} \quad (13)$$

donde  $I$  es la corriente que pasa por el circuito. Con la información anterior se debe elegir el punto de implementación del termómetro, el cual, debe cumplir dos cosas: 1. se debe trabajar en la zona termométrica, y 2. el voltaje  $V_T$  no debe pasar de  $|\pm 10V|$ .

### 5.1.2. Implementación de un termómetro con un arduino

El procedimiento se describe a continuación:

1. El primer paso será instalar *LabVIEW* en su computadora y probar que se ejecuta correctamente.

2. El segundo paso es ir a la página *web*: <http://www.arduino.cc> y bajar el programa *ARDUINO 1.0.6*. El alumno podrá escribir y ejecutar programas mediante este ejecutable. En esa página se encuentran varios tutoriales al respecto. El propósito de esta práctica es programar los *ARDUINOS* con *LabVIEW*.
3. El tercer paso es ir a la página <http://jki.net/vipm> y bajar el programa *JKI VI Package Manager* y al ejecutarlo podremos instalar *LabVIEW Interface for Arduino* con lo cual nuestro *ARDUINO* podrá ejecutar los programas de *LabVIEW*. Para lograr esto debemos ejecutar con el programa *ARDUINO 1.0.6* el código *LIFABase* que se encuentra en la carpeta donde se instaló *LabVIEW Interface for Arduino*. También, cuando se instala *LabVIEW Interface for Arduino* se agrega el menú *ARDUINO* en el diagrama de bloques de *LabVIEW*.
4. El cuarto paso es construir el circuito que se muestra en la Figura (9). Este circuito está basado en el circuito de la Figura (3). El *ARDUINO* solamente necesita conectarse al cable *USB* y por lo cual, no se necesita una fuente de voltaje adicional.

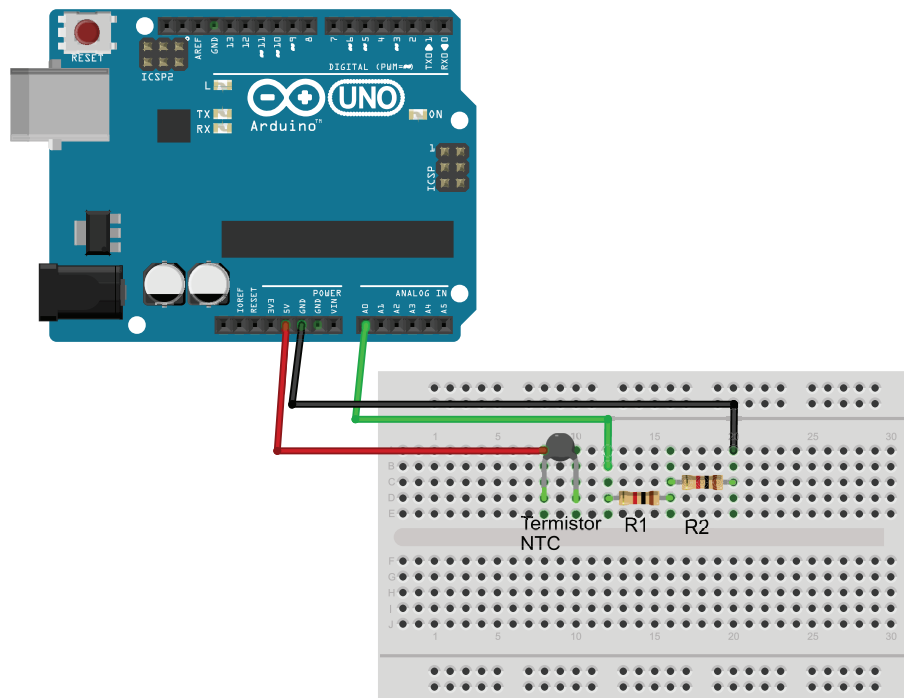


Figura 4: Circuito para implementar un detector con una fotoresistencia mediante un *ARDUINO*

5. El quinto paso es escribir el programa para recopilar los datos con *LabVIEW*. Los detalles serán dados en la sesión de laboratorio. La idea general es abrir el *ARDUINO* y después dentro un *while loop* monitorearemos los voltajes en alguno de los pines analógicos. La estructura *while loop* podrá ser parada en cualquier momento con el botón *STOP*. También existe la opción de guardar en un arreglo los valores de voltaje elegidos con el botón *Guardar*, para lo cual usamos la estructura: *case structure*. Cuando apretamos el botón *STOP* se cierra el *ARDUINO* y se guarda en un archivo *dat* el arreglo con los valores de voltaje elegidos. En la Figura (11 y 12) se muestra el panel de control y el diagrama de bloques para tomar datos del *ARDUINO*; de igual forma en la Figura (13) se muestra el diagrama de bloques donde se muestra la programación del *case structure* cuando el botón *Guardar*.

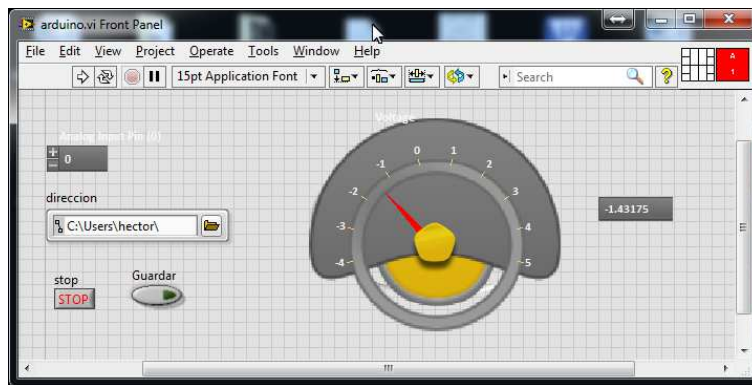


Figura 5: Panel de control para medir el voltaje del algún pin del *ARDUINO*.

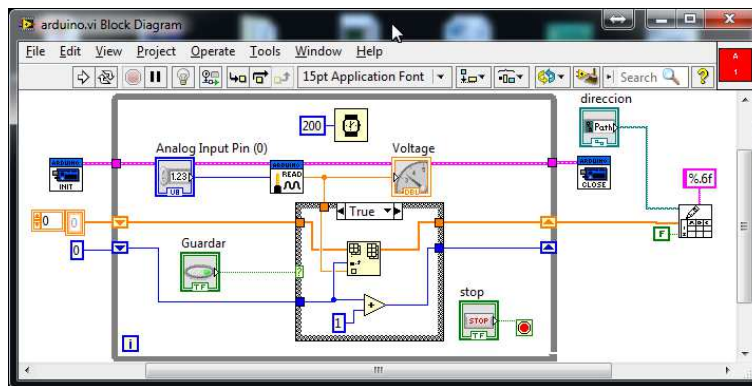


Figura 6: Diagrama de bloques para medir el voltaje del algún pin del *ARDUINO*.



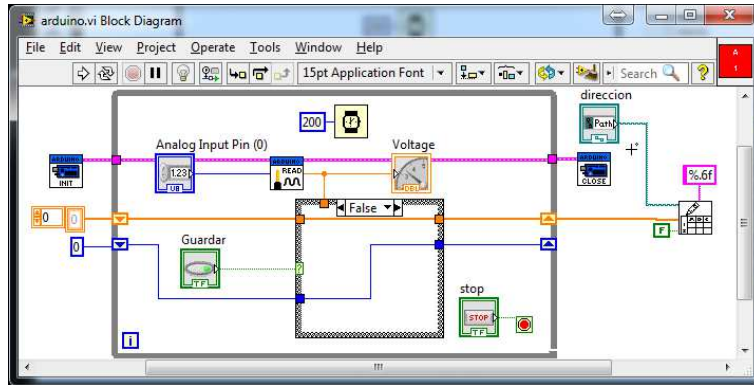


Figura 7: Diagrama de bloques para medir el voltaje del algún pin del *ARDUINO*, donde se muestra la segunda opción del *case structure*.

6. El último paso es obtener es probar el termómetro al *calentar* o *enfriar* algún material. Similar al paso para encontrar el parámetro  $\beta$ . Con este arreglo se mide el voltaje y usando la Ecuación (13) deducir la temperatura. Hay que considerar que el *ARDUINO* suministra un voltaje  $U = 5\text{V}$ . El alumno puede modificar el  $VI$ , he implementar la regresión encontrada y obtener la temperatura directamente en vez del voltaje.

## 5.2. Implementación con una fotoresistencia

Para implementar la fotoresistencia debemos construir un circuito con tres elementos: una fuente de voltaje (proporcionada por el *ARDUINO*), una resistencia y una fotoresistencia. Todos los elementos conectados en serie. Ver Figura (8 a). Por conservación de la energía tenemos [5]

$$U = iR_f + iR, \quad (14)$$

donde  $U$  es la diferencia de potencial de la fuente (5 V),  $i$  la corriente eléctrica que circula en el circuito,  $R$  la resistencia eléctrica de la resistencia auxiliar ( $=1\text{ k}\Omega$ ) y finalmente,  $R_f$  la resistencia de la fotoresistencia. Entonces, debemos medir la diferencia de potencial de la resistencia  $R$  la cual es  $V = iR$ . Al incidir luz a la fotoresistencia su resistencia eléctrica cambia, por lo cual cambia la diferencia de potencial de la misma; por lo tanto debe cambiar la diferencia de potencial de la resistencia  $R$  por conservación de la energía. Al final se ha conseguido convertir la intensidad de luz a una variable eléctrica: la diferencia de potencial  $V$ .

## 5.3. Implementación con TSL257

La implementación del detector sería similar a la implementación con la fotoresistencia. El circuito debe tener con tres elementos: una fuente de vol-

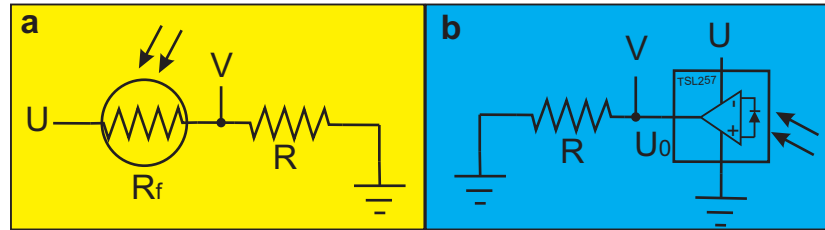


Figura 8: Diagrama de circuitos para implementar un potenciómetro para (a) fotoresistencia, (b) un circuito integrado.

je (proporcionada por el *ARDUINO*), una resistencia y un circuito integrado TSL257. Todos los elementos conectados como en la Figura (8 b). El circuito TSL257 tiene tres conexiones: donde es alimentado con una diferencia de potencial  $U$ , donde es conectado a tierra de referencia y una salida que da una diferencia de potencial  $V_0$  que depende de la intensidad de luz que incide sobre la ventana del circuito. Por conservación de la energía tenemos [5]

$$V_0 - iR = V_0 - V = 0. \quad (15)$$

Entonces, debemos medir la diferencia de potencial de la resistencia  $R$  la cual es  $V = iR$ . Al final se ha conseguido convertir la intensidad de luz a una variable eléctrica: la diferencia de potencial  $V$ .

#### 5.4. Arduino con la fotoresistencia y el TSL257

El procedimiento se describe a continuación:

1. El primer paso será instalar *LabVIEW* en su computadora y probar que se ejecuta correctamente.
2. El segundo paso es ir a la página *web*: <http://www.arduino.cc> y bajar el programa *ARDUINO 1.0.6*. El alumno podrá escribir y ejecutar programas mediante este ejecutable. En esa página se encuentran varios tutoriales al respecto. El propósito de esta práctica es programar los *ARDUINOS* con *LabVIEW*.
3. El tercer paso es ir a la página <http://jki.net/vipm> y bajar el programa *JKI VI Package Manager* y al ejecutarlo podremos instalar *LabVIEW Interface for Arduino* con lo cual nuestro *ARDUINO* podrá ejecutar los programas de *LabVIEW*. Para lograr esto debemos ejecutar con el programa *ARDUINO 1.0.6* el código *LIFABase* que se encuentra en la carpeta donde se instaló *LabVIEW Interface for Arduino*. También, cuando se instala *LabVIEW Interface for Arduino* se agrega el menú *ARDUINO* en el diagrama de bloques de *LabVIEW*.
4. Tener instalado y corriendo el software necesario.

5. El segundo paso es construir el circuito que se muestra en la Figura (9). El *ARDUINO* solamente necesita conectarse al cable *USB* y por lo cual, no se necesita una fuente de voltaje adicional. Para el circuito integrado *TSL257* se construye un circuito similar y se muestra en la Figura (10).

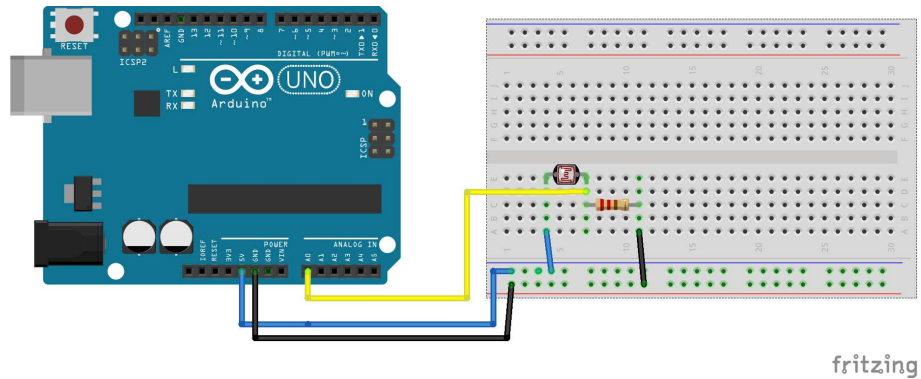


Figura 9: Circuito para implementar un detector con una fotoresistencia mediante un *ARDUINO*.

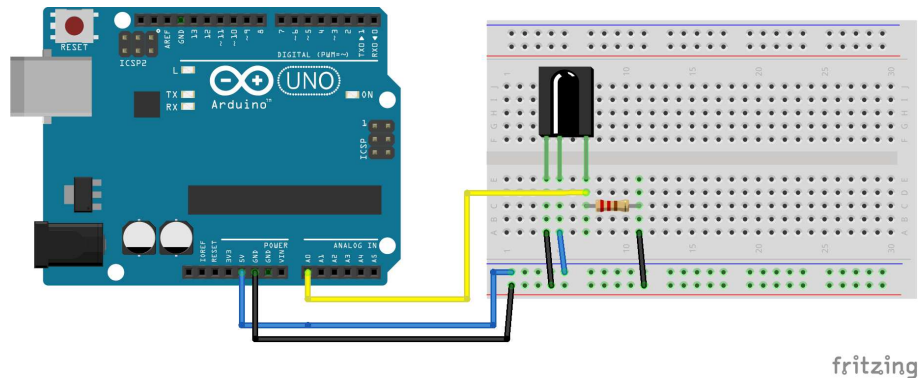


Figura 10: Circuito para implementar un detector con un circuito integrado *TSL257* mediante un *ARDUINO*.

6. El tercer paso es escribir el programa para recopilar los datos con *LabVIEW*. Los detalles serán dados en la sesión de laboratorio. La idea general es abrir el *ARDUINO* y después dentro un *While loop* obtenemos el voltaje promedio a partir de  $N$  lecturas (*For loop*) determinadas por el tiempo de exposición (control) de alguno de los pines analógicos. Las lecturas serán cada 20ms y por default promediamos 1000 ms ( $N = 50$ ). La estructura *While loop* podrá ser parada en cualquier momento con el botón *STOP*. El promedio se obtiene con ayuda de una *For loop* en donde se guardan en una matriz  $N$  datos. Al final de cada *For loop* se obtiene

el promedio y la desviación estándar. También existe la opción de guardar en un arreglo los valores del voltaje promedio elegidos con el botón *Guardar*, para lo cual usamos la estructura: *case structure*. Cuando apretamos el botón *STOP* se cierra el *ARDUINO* y se guarda en un archivo *dat* el arreglo con los valores de voltaje elegidos. En la Figura (11 y 12) se muestra el panel de control y el diagrama de bloques para tomar datos del *ARDUINO*; de igual forma en la Figura (13) se muestra el diagrama de bloques donde se muestra la programación del *case structure* cuando el botón *Guardar*.

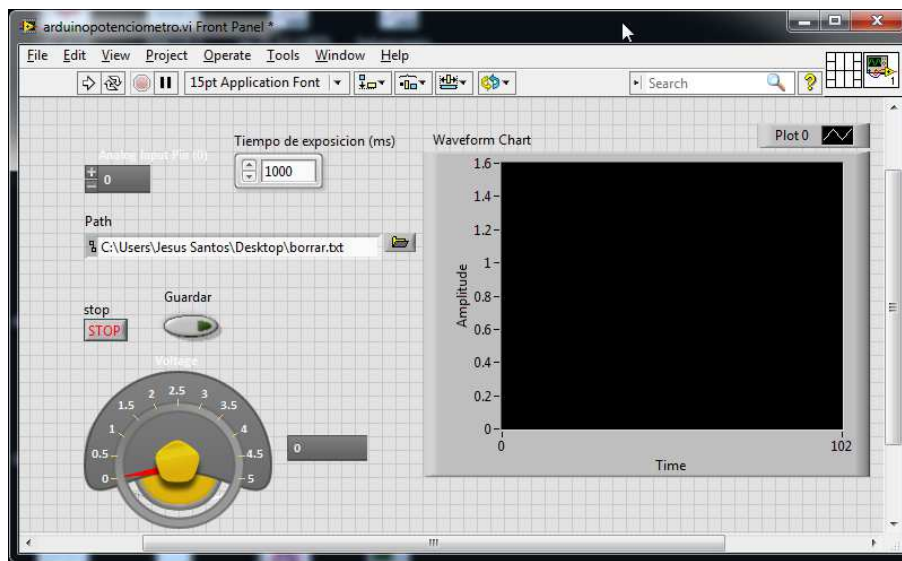


Figura 11: Panel de control para medir el voltaje del algún pin del *ARDUINO*.

7. El último paso es obtener la Ley de Malus con dos polarizadores, un láser y un potenciómetro. Después, repetir el experimento sustituyendo el potenciómetro con el potenciómetro instrumentado con una fotoresistencia o el circuito TSL257. Claramente se medirán diferencias de potencial y el alumno deberá realizar la correspondencia entre potencia del haz láser con el voltaje. Esto es realizar la calibración.
8. Nota importante: el haz de luz láser debe llenar la superficie del detector.

### 5.5. Implementación de sensor de proximidad con un KY-003

El KY-003 es un conmutador magnético. Sin la presencia de un campo magnético, la línea de señal del sensor es ALTA (3.5 V). Si se presenta un campo magnético al sensor, la línea de señal va a BAJA, y al mismo tiempo

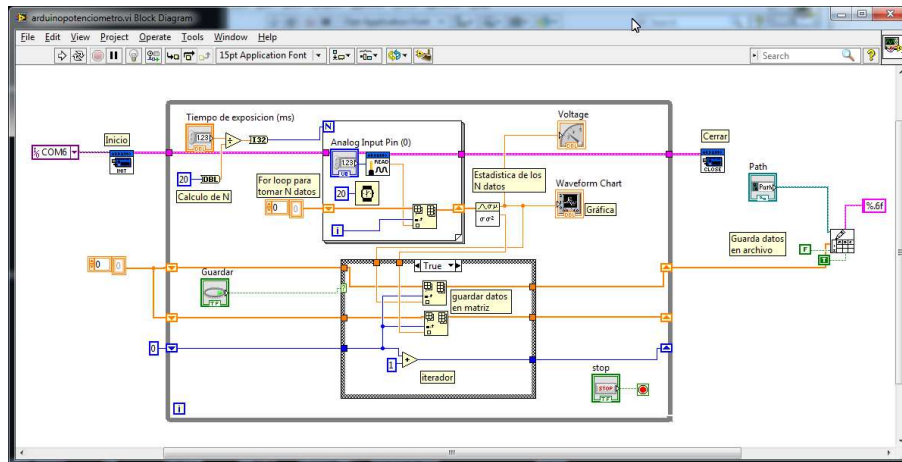


Figura 12: Diagrama de bloques para medir el voltaje de algún pin del *ARDUINO*.

el LED sobre el sensor se ilumina. La polaridad del campo magnético influye en la acción de conmutación. La parte frontal del sensor necesita una polaridad opuesta a la parte trasera para activarse. En la Figura (14) se muestra el diagrama de conexión del KY-003 y el *ARDUINO*.

La implementación con el *ARDUINO* consiste en leer continuamente el pin entrada del sensor. Si el valor es 1, entonces enviar el valor 1 al pin de salida del led; en caso contrario enviar 0. En la Figura (1) se muestra el panel de control, el cual sólo consiste en un botón de *STOP* para detener el programa. En las Figuras (15) y (16) se muestra el diagrama de bloques. Como se usa una estructura de casos, se muestran las dos opciones posibles.

## 6. Pormenores de la práctica

La práctica es dos sesiones de laboratorio. La fecha de realización y de entrega se publicarán en la página web.

## 7. Agradecimientos

Estas notas fueron realizadas con el apoyo de los proyectos PAPIME PE106415 (version 1 y 2) y PAPIME PE105917 (version 3). Agradecemos a los estudiantes Francisco Javier Morelos Medina, Jorge Arturo Monroy Ruz y Javier Alejandro López Alfaro por su contribución a la elaboración de estas notas.

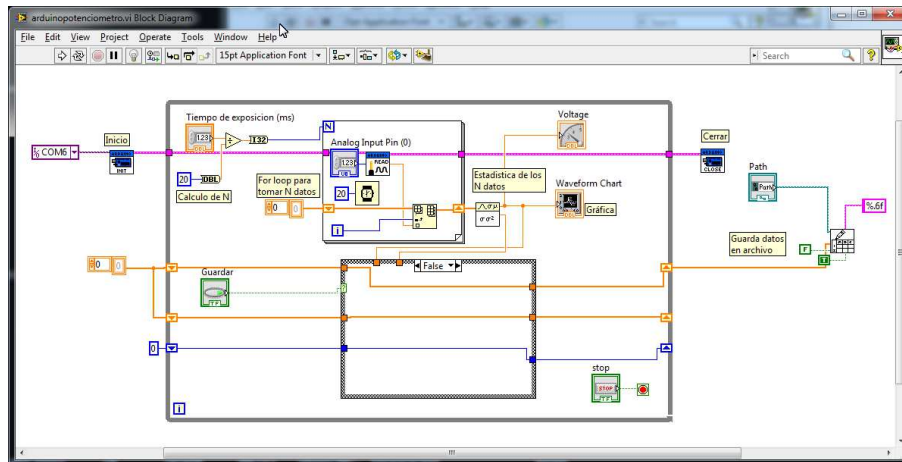


Figura 13: Diagrama de bloques para medir el voltaje del algún pin del *ARDUINO*, donde se muestra la segunda opción del *case structure*.

## Referencias

- [1] B.D. Guenther, "Modern Optics," Oxford University Press; 2 edition (2015).
- [2] E. Hecht, "Optics," Addison-Wesley; 4 edition (2001).
- [3] B.E.A Saleh y M.C. Teich, "Fundamentals of photonics," Wiley-Interscience; 2 edition (2007).
- [4] M. Born and E. Wolf, "Principles of optics," Cambridge University Press; 7 edition (1999).
- [5] A. James Diefenderfer y Alfonso Flores Guzmán, "Instrumentación electrónica 2da ed," Nueva Editorial Interamericana, 1984
- [6] W. R. Leo, "Techniques for nuclear and particle physics experiments," Springer-Verlag, 1994.
- [7] H. Pfeifer, "Prácticas avanzadas de electrónica," Ed. Alfaomega y Ed. Prial, 1988.
- [8] Ver por ejemplo la pagina <http://www.thermistor.com/> de Quality Thermistor, inc (Qti).
- [9] J. H. Lienhard IV y J. H. Lienhard V, "A heat transfer textbook," Phlogiston press, 2008.
- [10] L. García-Colín, "Introducción a la termodinámica clásica," Trillas, 1995.
- [11] R. A. Serway, "Física, incluye Física Moderna (Tomo II)," McGraw-Hill, Segunda Edición (1993).

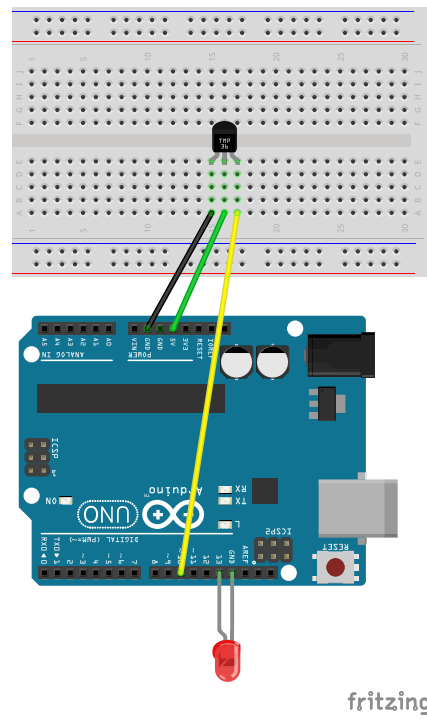


Figura 14: Diagrama de conexión entre el *ARDUINO* y el KY-003.

- [12] J. D. Jackson, "Classical Electrodynamics," John Wiley & Sons, Inc; 3rd ed. (1998).

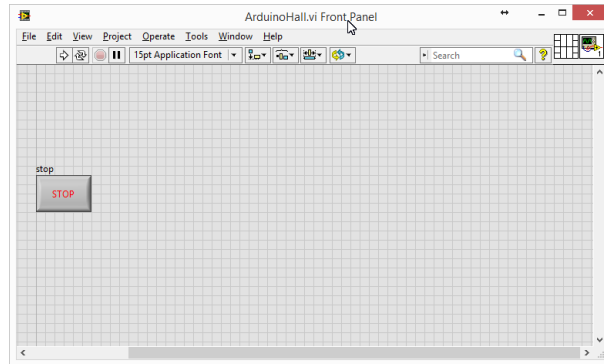


Figura 15: Panel de Control para implementar sensor de proximidad.

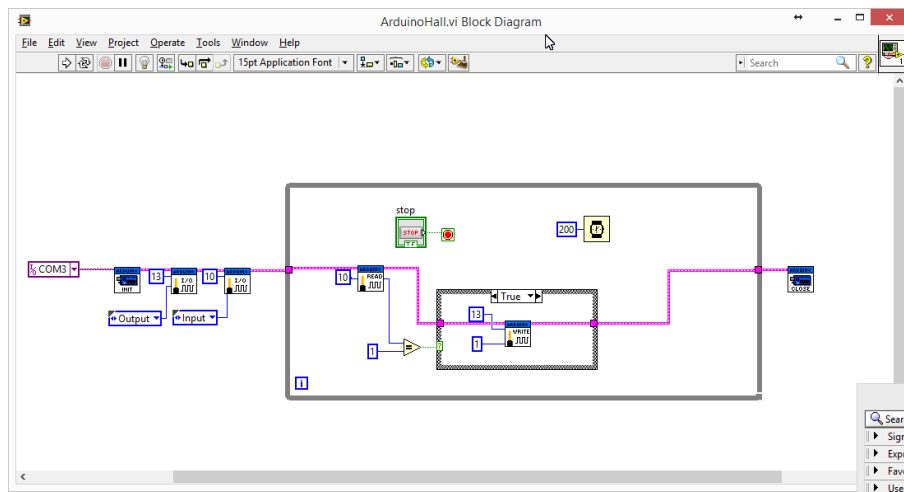


Figura 16: Diagrama de bloques (opción *True*) para implementar sensor de proximidad.



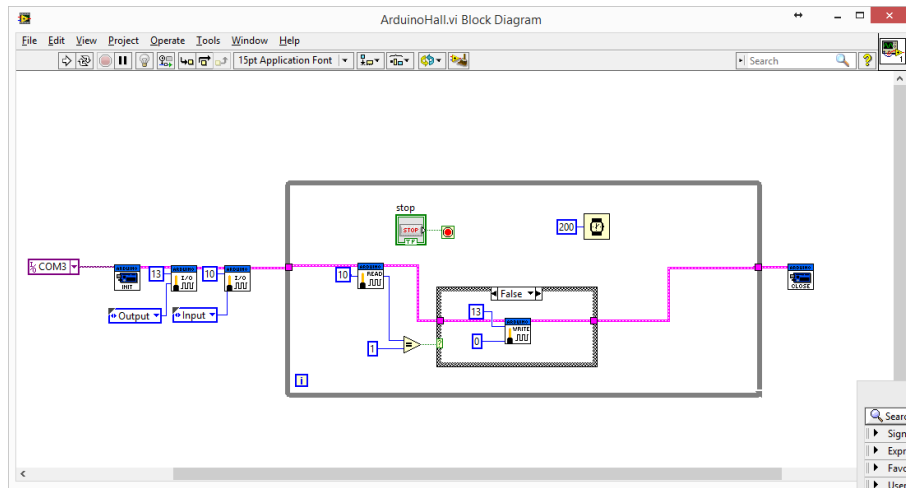


Figura 17: Diagrama de bloques (opción *False*) para implementar sensor de proximidad.