

Sensor de Efecto Hall

Yohan Alejandro Collahuazo Cuchillo, 1062279523
Santiago Mesa Jiménez, 1016947048

CIENCIAS BÁSICAS
23 de noviembre de 2023

Resumen

El efecto Hall se produce cuando se presencia un campo magnético transversal sobre un cable por el que circulan cargas. Como la fuerza magnética ejercida sobre ellas es perpendicular al campo magnético y a su velocidad (ley de la fuerza de Lorentz), las cargas son impulsadas hacia un lado del conductor y se genera en él un voltaje transversal. Este voltaje, también llamado voltaje Hall (VH) descubierto en 1879 por el físico estadounidense Edwin H. Hall (1855-1938) que, entre otras muchas aplicaciones, contribuyó a establecer, diez años antes del descubrimiento del electrón, el hecho de que las partículas que circulan por un conductor metálico tienen carga negativa. De este modo, al obtener experimentalmente el voltaje Hall, permite deducir la velocidad de los portadores de carga y su concentración, puesto que, desde que se alcanza la situación estacionaria, la fuerza eléctrica ejercida sobre cada carga ($F_e = q \cdot E$) se equilibra con la fuerza magnética [$F_m = q \cdot (v \times B)$] [1]. A partir de esto, se tiene que el voltaje Hall es directamente proporcional a la corriente eléctrica y al campo magnético y es inversamente proporcional a las cargas por unidad de volumen. Por lo tanto, con un sensor de efecto Hall, se puede determinar la fuerza que ejerce un campo magnético si se conoce la corriente a la que se aplica dicho campo, y viceversa.

DESCRIPCIÓN: Para el desarrollo del experimento se emplea un módulo de sensor de efecto Hall lineal, que proporciona una diferencia de potencial cuando se encuentra en presencia de un campo magnético. Su funcionamiento se basa en la influencia que los campos magnéticos ejercen sobre las partículas cargadas en movimiento, de esta manera, podemos determinar el valor de un campo magnético al medir simplemente el voltaje que este campo induce sobre sensor.

Dado que se trata de un módulo sensor lineal, el voltaje V medido por el sensor es directamente proporcional a la intensidad del campo magnético presente. La relación entre el campo magnético y el voltaje es de $1,4 \text{ mV por cada Gauss (G)}$ de cambio en el campo magnético. Es decir, una variación de 1 Gauss en el campo magnético se refleja en el sensor como un cambio de 1,4 milivoltios en el voltaje.

Este sensor tiene la capacidad de determinar la orientación del campo magnético, lo que significa que puede distinguir si el campo se dirige hacia el

norte o hacia el sur. Por convención, se considera un campo magnético positivo cuando las líneas de inducción magnética fluyen de la parte inferior a la superior del dispositivo, y negativo cuando lo hacen desde la parte superior a la inferior.

Para obtener mediciones precisas, el sensor debe posicionarse de manera perpendicular al campo magnético que se está analizando, ya que el componente interno del sensor solo es sensible a la componente perpendicular de la inducción magnética que atraviesa el sensor.

I. OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Comprobar y observar de manera experimental, la existencia del campo magnético de un imán y el cambio de polaridad del mismo con respecto al sensor. Además, detectar y calcular la intensidad del campo magnético mediante el sensor de efecto Hall.

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Se requirieron los siguientes módulos, librerías y materiales para la realización del presente proyecto:

- Sensor Efecto Hall Lineal Ss49E Ky-024
- Módulo LCD 16x2 de 27.7mm × 42.6mm
- Módulo I2C 0x3f
- Módulo LED RGB
- Microcontrolador Arduino UNO R3
- Librería LiquidCrystal_I2C.h
- Cables tipo Jumper

Sensor de efecto Hall	Conexión Arduino	Función
+	5V	Alimentación (positivo)
G	GND	Alimentación (negativo)
AO	Entrada analógica (A0-A3)	Datos (salida analógica)
DO	Sin conectar	Datos (salida digital)

Figura 1: (Conexión del sensor al Arduino)

Se realiza la conexión del módulo de sensor de efecto Hall directamente al Arduino teniendo en cuenta que, para la lectura de estos datos es mediante la conexión analógica desde la salida de señal del sensor, a una de las entradas analógicas del Arduino que para este caso se utilizará el pin analógico cero. Para la alimentación del módulo, se conecta a la salida de 5 voltios y así mismo el negativo al pin GND del Arduino.

Cabe recalcar que dicho módulo presenta una salida digital la cual no es de utilidad para este proyecto. (Véase Figura 1)

Módulo 16x2 LCD I2C	Conexión Arduino	Función
VCC	5V	Alimentación (positivo)
GND	GND	Alimentación (negativo)
SDA	Entrada analógica A4	Transmisión de datos
SCL	Entrada analógica A5	Señal de reloj

Figura 2: (Conexión del LCD al Arduino)

Para la conexión de la pantalla LCD 16x2 (columnas por filas) se utiliza un módulo capaz de reducir las conexiones y controlar el LCD de forma más sencilla con el I2C (pronunciado I-cuadrado C, o a veces IIC por las siglas en inglés correspondientes a circuito inter-integrado), para el cual mediante una alimentación de 5 voltios, se conecta el SDA al pin analógico cuatro y el SCL al analógico cinco del Arduino. (Véase Figura 2)

Módulo LED RGB	Conexión Arduino	Función
-	GND	Alimentación (negativo)
R	Sin conectar	Alimentación (positivo)
G	Salida digital 5	
B	Salida digital 6	

Figura 3: (Conexión del LED al Arduino)

Luego, para el módulo LED RGB se tiene un pin común que es el de alimentación negativo, de tal manera que los siguientes pines son de alimentación positivo para cada color, que en este caso se utilizan dos colores, el azul (B) y el verde (G) que representarán cuando se acerque el polo norte y polo sur del imán. (Véase Figura 3)

Para efectos de una mejor comprensión de las conexiones, se realiza el siguiente diagrama presentando de forma visual la interconexión de los módulos con el Arduino UNO.

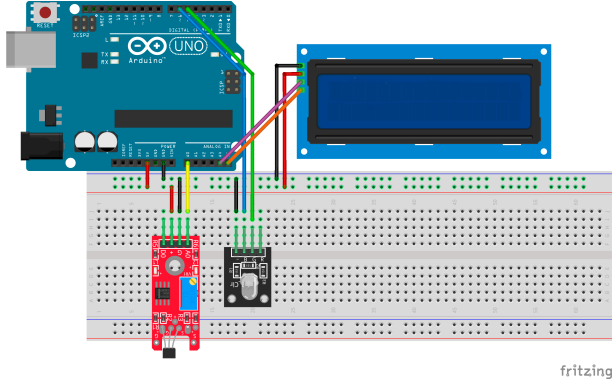


Figura 4: (Diagrama esquemático)



Figura 5: (Conexión real con el Arduino)

III. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Ahora bien, en cuanto al cálculo de la intensidad del campo magnético, el módulo sensor de efecto Hall nos brinda una diferencia de potencial sensible a la variación del campo magnético cerca del mismo, aquellos cambios son tomados por el Arduino mediante la entrada analógica con valores desde 0 a 1023, siendo este último como 5 voltios.

Al momento de relacionar el voltaje con el campo magnético, se debe tener en cuenta que el módulo es lineal por tanto, estos valores con directamente proporcionales llegando a la siguiente ecuación.[3]

$$V = m \cdot B + n \quad (1)$$

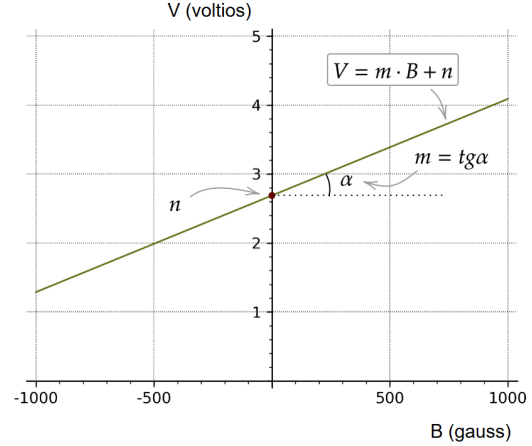


Figura 6: (Relación V-B en un sensor de efecto Hall lineal)

siendo m y n dos parámetros propios del sensor.

Según la hoja de datos del sensor de efecto Hall se tiene que cuando este no está influenciado por ningún campo magnético a su alrededor ($B=0$), devuelve una salida de aproximadamente la mitad del voltaje de entrada, que en este caso son 2,5 voltios ya que se proporcionan los 5 voltios desde el Arduino. Al exponer el sensor a un campo magnético, el voltaje anterior disminuirá o aumentará dependiendo de la orientación del campo a razón de 1,4 mV/G, como se observa en la figura 6. El signo de B únicamente nos indica la polaridad del campo magnético (norte o sur). Estos valores pueden variar dependiendo del fabricante, por tanto siempre se recomienda revisar la hoja de datos del módulo.[4]

Para obtener m (la pendiente de la recta) y n (la ordenada en el origen) se procede de la siguiente manera:

- m viene determinado en la hoja de datos del fabricante. Y para este caso el sensor presenta un valor de 1,4 mV/G, es decir, un aumento de 1 gauss en el campo magnético se traduce en un aumento de 1,4 milivoltios (o 0,0014 voltios) en el voltaje medido por el sensor.
- Para obtener n se realiza una lectura inicial con el sensor para ver cuál es el valor medido cuando no hay ningún campo magnético presente. A continuación este valor se transforma

en voltaje teniendo en cuenta que

$$voltaje = \frac{valorMedido \cdot 5.0}{1023} \quad (2)$$

Obteniendo una lectura analógica de 544 (este valor se puede ajustar con el potenciómetro que posee el módulo), que al convertirlo en voltios equivale a 2.66 con la cual se tiene que, $n = 2,66 \text{ V}$.



Figura 7: ($B=0$, Medición del voltaje).

Teniendo los parámetros m y n , la relación entre campo magnético y voltaje será la ecuación lineal del voltaje medido en función del campo:

$$V = 0,0014 \cdot B + 2.66 \quad (3)$$

De esta manera, se puede calcular el campo magnético B en función del voltaje V medido por el sensor al despejar B de la expresión anterior. En consecuencia:

$$B = \frac{V - 2.66}{0,0014} \quad (4)$$

En base a lo anterior, se procede a escribir y transferir el código al Arduino UNO que nos proporciona la lectura de de voltaje en el sensor, además de la conversión a intensidad de campo magnético (el código se anexa al final del documento).

El campo magnético medido inicialmente es expresado en Gauss, debido a que la unidad de inducción magnética en el sistema internacional es el Tesla se tiene la relación entre Gauss y Tesla, la cual es $1 \text{ T} = 10.000 \text{ G}$. No obstante, el sensor obtiene

lecturas desde una distancia máxima de aproximadamente 4cm, por este motivo se tiene una una escala de conversión de miliTeslas y Teslas, dependiendo de la distancia a la que se encuentre el imán.

Posteriormente, mediante el módulo LCD I2C se muestra en pantalla las lecturas obtenidas del voltaje y la fuerza del campo cercano al sensor. Para lograr el experimento se utilizaron dos imanes:

- **Imán A:** con 2,1cm de diámetro y 3,8mm de espesor.
- **Imán B:** con 1,7cm de diámetro y 2,8mm de espesor.



Figura 8: (Medición del voltaje y campo).

IMÁN A (POLO SUR)	
VOLTAJE MEDIDO [V]	VALOR DEL CAMPO [mT]
1.92	52.41
1.78	63.24
1.66	71.22
1.61	75.12
1.80	61.83
PROMEDIO	
1.75	64.76

Figura 9: (Medición del imán A).

IMÁN B (POLO NORTE)	
VOLTAJE MEDIDO [V]	VALOR DEL CAMPO [mT]
3.82	83.14
4.23	114.25
4.05	109.66
4.25	114.52
4.26	115.08
PROMEDIO	
4.12	107.33

Figura 10: (Medición del imán B).

Al aproximar el *imán A* hasta el punto más cercano al sensor, se obtuvo una lectura de hasta los 71 miliTeslas con un voltaje de aproximadamente 1,6V. De igual manera, con el *imán B* se consiguió medir hasta los 115 miliTeslas con un voltaje de 4,26V. Véase figura 9 y 10.

INCERTIDUMBRE - IMÁN A	
ERROR PORCENTUAL:	0.08%
Ua	0.0547
Ub1	0.5338
Ub2	2.887E-06
Uc	0.537
U	1.05

Figura 11: (Incertidumbre - imán A).

INCERTIDUMBRE - IMÁN B	
ERROR PORCENTUAL:	2.78%
Ua	0.0847
Ub1	0.8846
Ub2	2.887E-06
Uc	0.889
U	1.74

Figura 12: (Incertidumbre - imán B).

Dado que al momento de medir la intensidad del campo magnético de un imán, se dificulta por el hecho de no ser un campo lo suficientemente uniforme como para conseguir un valor exacto y claro. En consecuencia, se obtiene un valor promedio de la

intensidad del campo medido que, en base a lo consultado en la web, el campo magnético típicamente producido por los imanes de ferrita o los cerámicos puede ser de 0,5 a 1 tesla [2].

Dicho lo anterior, se obtuvo para el *imán A* un error porcentual por debajo del 1 % y con el *imán B* un valor aproximado del 3 %. Véase figura 11 y 12. Sin embargo, a partir de la incertidumbre combinada calculada para ambos imanes (U_c), se consiguió una incertidumbre total de $\pm 1,4 \text{ mT}$.

En adición, se logró constatar la fuerza del campo magnético del imán con el sensor de efecto Hall, desarrollando un teslanómetro mediante Arduino que puede ser de utilidad en casos donde se cuente con un campo uniforme. Además, se observó que el *imán B* tiene un campo mayor al *imán A*, dado por la diferencia de potencial en el punto con mayor cercanía al sensor, comprobando así, que los imanes pueden tener un campo magnético más fuerte y permitiendo un mayor paso de electrones por el sensor, con el cual, es posible realizar diversos usos en campo de la ciencia.

REFERENCIAS

- [1] Manuel Alonso-Orts and Silvia Ronda Peñacoba. Electromagnetismo. Efecto Hall.
- [2] colaboradores de Wikipedia. Imán de tierras raras, 2 2023.
- [3] Beatriz Padín Romero. Relación entre el voltaje y el campo magnético, 2019.
- [4] Naylamp Mechatronics SAC. Módulo Sensor de Efecto Hall SS49E.

IV. ANEXOS

```
// Library LCD I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Set screen LCD to use 16x2 resolution
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3f,16,2);
```

```
// Set pins input
const int led2 = 5, led1 = 6;
//Set interval iMax and iMin
int iMax = 539, iMin = 549;

void setup() {
```



```

/* Initialize connection to
serial monitor with 9600 baud */
Serial.begin(9600);
// Set pin led as output
pinMode(led1, OUTPUT);
pinMode(led2, OUTPUT);
// Led turn off
digitalWrite(led1, LOW);
digitalWrite(led2, LOW);
Serial.println("Systems are ready!");
// Initialize the LCD
lcd.init();
// Turn on background light of LCD
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("South -> Green");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("North -> Blue");
delay(1500);
// Clean screen
lcd.clear();
}

void loop() {
    // Get voltage from sensor
    int sensorHall = analogRead(A0);
    Serial.print("Sensor Hall: ");
    Serial.println(sensorHall);

    /* Call to voltage function
    and show the voltage */
    voltage(sensorHall);
    teslaMeter(sensorHall);

    // Waiting half second to repeat the loop
    delay(500);
}

/* Function to get value from
magnetic field on Teslas */
void teslaMeter(int sHall){
    int shineLed = 0;
    // intercept with the Y axis
    float n = toVolts(544);
    // Slope in volt/Gauss
    float m = 1.4 / 1000;

    // Magnetic field on mT
    float B = (toVolts(sHall) - n) / (m * 10);

    /*
    Turn on led dependent of near magnet.
    Interval when sHall is between iMin and 1023
    */
    if (sHall >= iMin && sHall <= 1023){
        /* Get value from sensor and
        rescale values to the led (0-255) */
        shineLed = map(sHall, iMin, 1023, 1, 255);
        // Print values on serial monitor
        ledShine(shineLed);

        Serial.print(
            "South --> TeslaMeter [mT]: "
        );
        Serial.println(B);
        //Set shine into led
        analogWrite(led1, shineLed);
        //Show the value in mT on lcd
        showMeasure(B);
    } else {
        digitalWrite(led1, LOW);
    }

    //Interval when sHall is between 0 and iMax
    if (sHall >= 0 && sHall <= iMax){
        shineLed = map(sHall, 0, iMax, 255, 1);

        // Print values on serial monitor
        ledShine(shineLed);
        Serial.print(
            "North --> TeslaMeter [mT]: "
        );
        Serial.println(B);
        //Set shine into led
        analogWrite(led2, shineLed);
        //Show the value in Teslas or mT on lcd
        showMeasure(B);
    } else {
        digitalWrite(led2, 0);
    }
}

/* Function to get value volts */

```

```

void voltage (int sHall){
  /* Convert the analog reading
  (which goes from 0 - 1023)
  to a voltage (0 - 5V): */
  float volts = toVolts(sHall);

  // Print out the value into lcd:
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Voltage:");
  lcd.setCursor(9,0);
  lcd.print(volts);
  lcd.setCursor(13, 0);
  lcd.print("v");
}

/* Convert the data analog to volts */
float toVolts(float data){
  data = data * 5.0 / 1023;
  return data;
}

/* Show measure on the screen LCD */
void showMeasure(float field){
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("B:");
  lcd.setCursor(2,1);
  if (999 < abs(field)){
    lcd.print((field / 1000));
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("T");
  } else {
    lcd.print(field);
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("mT");
  }
}

/* Show shine from led on serial monitor */
void ledShine (int shine){
  Serial.print("Shine Led: ");
  Serial.println(shine);
}

```

REALIZADO POR ASTRID DANIELA HENAO

DOCUMENTO REALIZADO EN:

L^AT_EX