

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica  
IE-0624 Laboratorio de Microcontroladores  
II ciclo 2023

Proyecto

Diseño de un medidor de potencia & factor de  
potencia con Arduino UNO para aplicaciones de baja  
potencia

Estudiantes

Javier Solera Bolaños — B66963  
Mike Mai Chen — B94487

Profesor

Marco Villalta Fallas

6 de Diciembre de 2023

# Índice

<b>1. URL del Repositorio de GitHub</b>	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b>	<b>1</b>
<b>3. Objetivos</b>	<b>1</b>
3.1. Objetivo general . . . . .	1
3.2. Objetivos específicos . . . . .	1
<b>4. Alcances</b>	<b>1</b>
<b>5. Justificación</b>	<b>2</b>
<b>6. Nota teórica</b>	<b>2</b>
6.1. Características del Arduino UNO . . . . .	2
6.1.1. Características generales . . . . .	2
6.1.2. Características eléctricas . . . . .	3
6.1.3. Diagrama de bloques . . . . .	3
6.1.4. Diagrama de pines . . . . .	5
<b>7. Diseño del hardware</b>	<b>5</b>
<b>8. Diseño del software</b>	<b>6</b>
<b>9. Lista de equipos</b>	<b>7</b>
<b>10. Resultados y análisis</b>	<b>7</b>
10.1. Simulaciones . . . . .	7
10.1.1. Pruebas en DC . . . . .	7
10.1.2. Pruebas en AC . . . . .	8
10.2. Pruebas en físico . . . . .	12
10.2.1. Imprimir las mediciones en el LCD . . . . .	12
10.2.2. Medición de tensión en AC . . . . .	12
10.2.3. Medición de tensión en DC . . . . .	13
10.2.4. Medición de corriente . . . . .	14
10.2.5. Medición de potencia (alta potencia) . . . . .	17
<b>11. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>21</b>
<b>12. Anexos</b>	<b>23</b>
12.1. Características de un transformador . . . . .	23
12.1.1. Transformador de Corriente . . . . .	23

# **1. URL del Repositorio de GitHub**

El repositorio de git donde se trabajó todo lo referente al laboratorio se encuentra en [Github](#).

## **2. Resumen**

Este proyecto consistió en realizar un medidor de potencia y factor de potencia, utilizando un Arduino UNO, un pantalla LCD y un módulo de sensor de corriente de efecto Hall. Este medidor pretende ser utilizado para aplicaciones de baja potencia cuya tensión y corriente (instantáneos) a medir queden dentro de los rangos [-20 V, 20 V] y [0 A, 5 A], respectivamente. El alcance del proyecto se modificó a mediciones de alta potencia solamente en AC y algunas mediciones contienen un error al compararlo con equipos más sofisticados. El motivo del cambio del alcance y de los errores en algunas mediciones se debió a que medir corriente era mas complicado de lo que se tenía previsto. A pesar de las dificultades, se logró completar con los objetivos del proyecto.

## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

Diseñar un medidor de potencia y factor de potencia con un Arduino UNO para aplicaciones de baja potencia.

### **3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un voltímetro que se ajuste a la entrada de tensión del arduino.
- Conseguir un sensor de corriente que devuelva las lecturas como tensiones de 0 V a 5 V.
- Calcular la potencia consumida mediante software.
- Calcular el factor de potencia mediante software.
- Diseñar el software para mostrar las mediciones en una pantalla.
- Utilizar una pantalla LCD para mostrar los valores de tensión, corriente, potencia y factor de potencia.
- Verificar el funcionamiento del proyecto mediante simulaciones.
- Diseñar los valores de los componentes a utilizar.
- Poner a prueba el proyecto en la vida real.

## **4. Alcances**

Por un lado, el medidor de potencia medirá en DC con tensiones entre -20 a 20 V y corrientes entre -5 A a 5 A. Por otro lado, en AC el medidor de potencia medirá tensiones no mayor a 14.14 V RMS y corrientes no mayor a 3.53 A RMS.

## 5. Justificación

En la carrera de Ingeniería Eléctrica los estudiantes eventualmente llevarán el curso de Laboratorio de electrónica I donde tienen acceso y conocimiento de equipos de medición como el multímetro y osciloscopio mientras diseñan sus circuitos y proyectos. Por lo tanto, no es de extrañar que algunos estudiantes quieran realizar proyectos personales en sus casas. Por temas de seguridad, es importante que constantemente monitoricen sus proyectos personales los equipos de medición. Sin embargo, el adquirir estos equipos de medición son costosos. Es aquí donde entra en juego este proyecto, que pretende ofrecer de una manera económica un equipo de medición para dicho proyectos personales.

## 6. Nota teórica

### 6.1. Características del Arduino UNO

#### 6.1.1. Características generales

EL Arduino UNO es un microcontrolador de baja potencia que contiene el ATmega328P @ 16 MHz de tipo AVR de 8 bits con 131 instrucciones, cuya instrucciones son casi todos ejecutados en un ciclo de reloj. Adicionalmente, el microcontrolador cuenta con

- 32 registros de 8 bits cada uno de propósito general,
- 32 kB de flash programable,
- 1 kB de EEPROM programable,
- 2 kB de SRAM,
- reloj en tiempo real (*real time counter*),
- protección de memoria flash y EEPROM,
- tres contadores/temporizadores, dos de 8 bits y uno de 16 bits,
- seis canales de PWM,
- comparador analógico,
- seis convertidores analógico-digital por aproximación sucesiva de 10 bits cada uno,
- temporizador de *watchdog* programable,
- *serial peripheral interface* (SPI),
- *inter-integrated circuit* (I2C),
- *universal synchronous and asynchronous serial receiver and transmitter* (USART) [1, 2].

### 6.1.2. Características eléctricas

Los rangos absolutos que se deben respetar para este microcontrolador son

- tensión operación máxima  $V_{CC\ max}$ : 6 V,
- tensión en el pin  $\overline{RESET}$ : -0.5 V a 13 V,
- tensión en los pines restantes: -0.5 V a  $V_{CC} + 0.5$  V,
- corriente máxima admitida en los pines de alimentación: 200 mA,
- corriente máxima admitida para cada pin de I/O: 40 mA,
- corriente máxima admitida para cada puerto: 30 mA [1, 2].

### 6.1.3. Diagrama de bloques

La figura 1 ilustra el diagrama de bloques del microcontrolador ATMega328P. Algunos bloques de interés para este laboratorio son los bloques de conversión analógico-digital (A/D converter) para medición de tensión & corriente, así como todos los bloques que conforman el procesador para ejecutar el programa como el *program counter*, el registro de instrucciones, el decodificador de instrucciones, la ALU y la memoria [1, 2]. El resto de bloques del microcontrolador no serán utilizados para este proyecto.

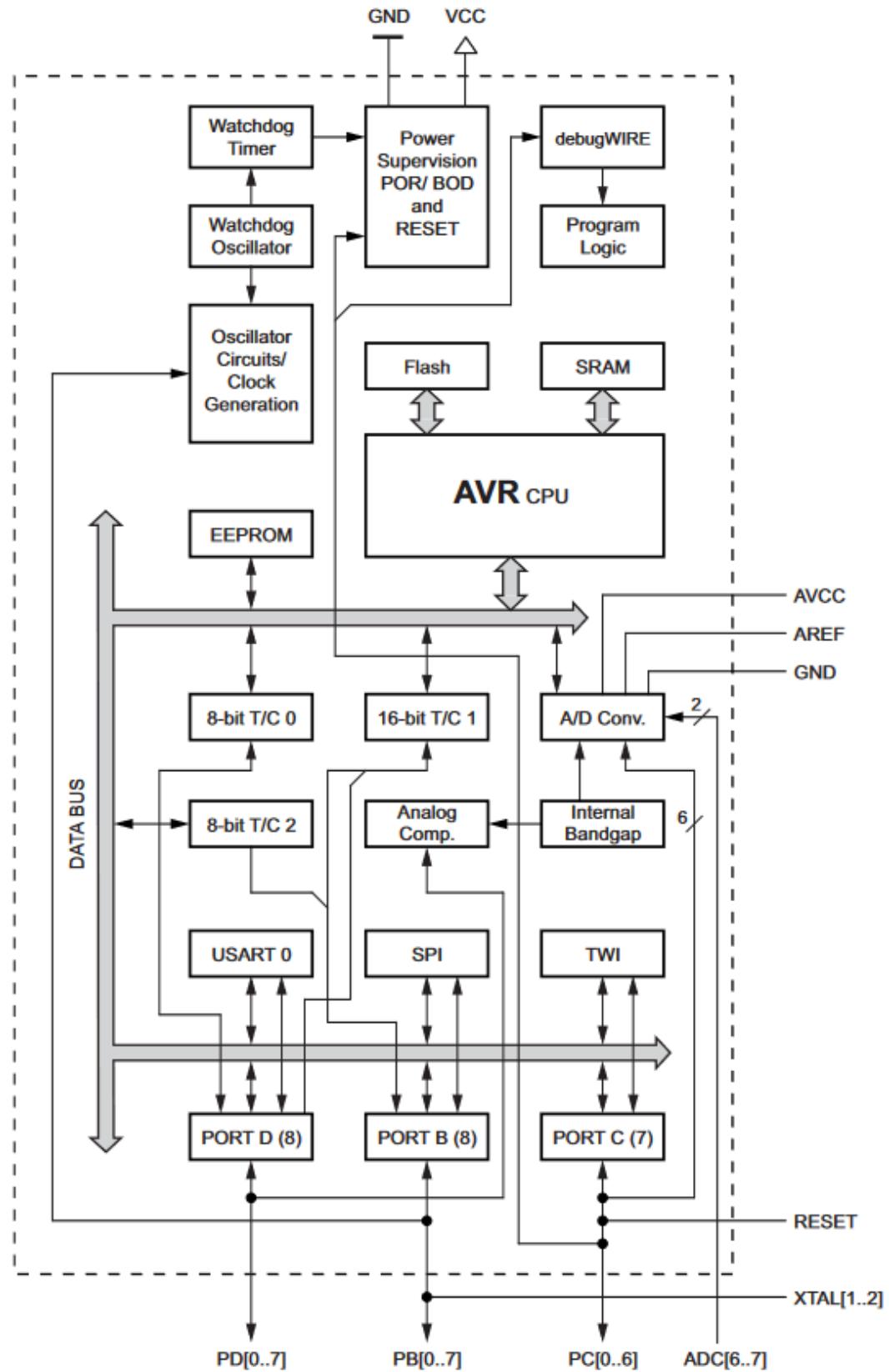


Figura 1: Diagrama de bloques del microcontrolador ATMega328P. Fuente y créditos: [2].

#### 6.1.4. Diagrama de pines

En la figura 2 se muestra el diagrama de pines del microcontrolador Arduino UNO [1]. Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron los pines SCL & SDA para conectar el Arduino UNO con la pantalla LCD, A0 & A2 para medir la tensión y corriente, así como los pines de alimentación y tierra para suministrar potencia a la pantalla LCD y sensor de corriente.

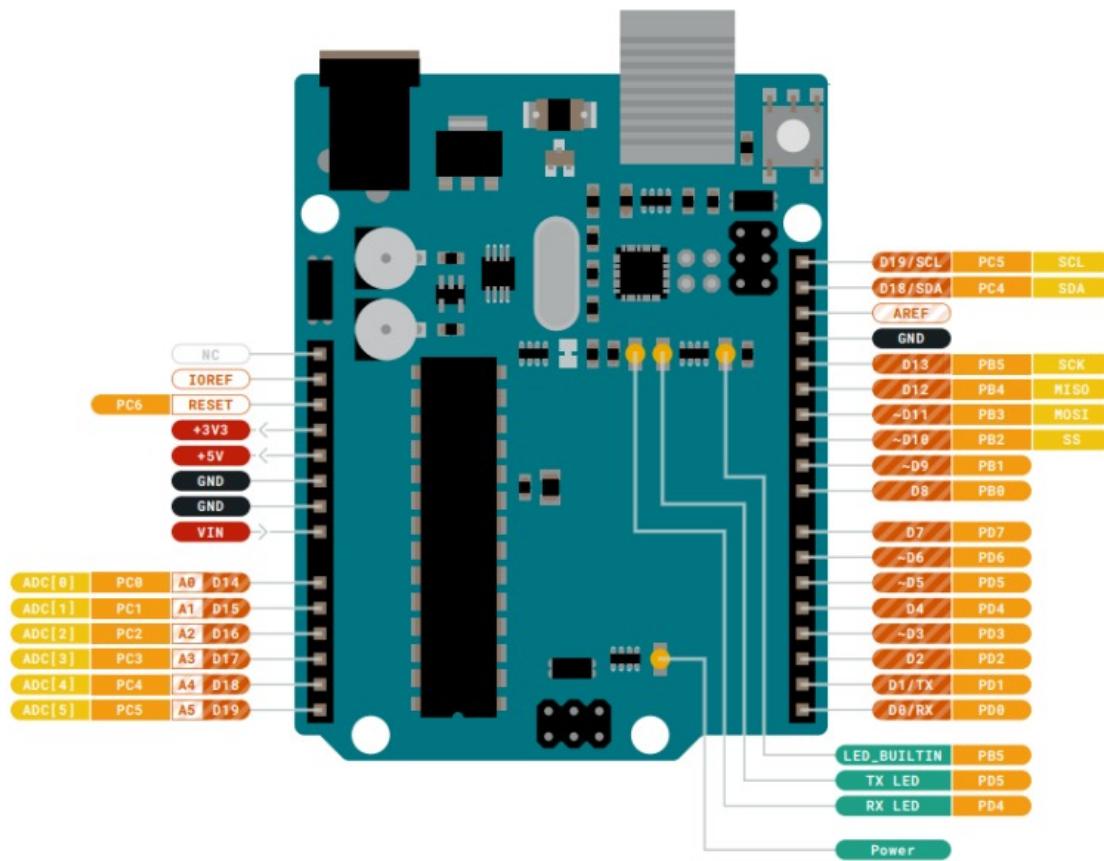


Figura 2: Diagrama de pines del Arduino UNO. Fuente y créditos: [1].

## 7. Diseño del hardware

Para el voltímetro se realizó una división tensiones [7] como se observa en la figura 3, puesto que se necesita reducir el rango de tensiones al rango admitido por el Arduino UNO.

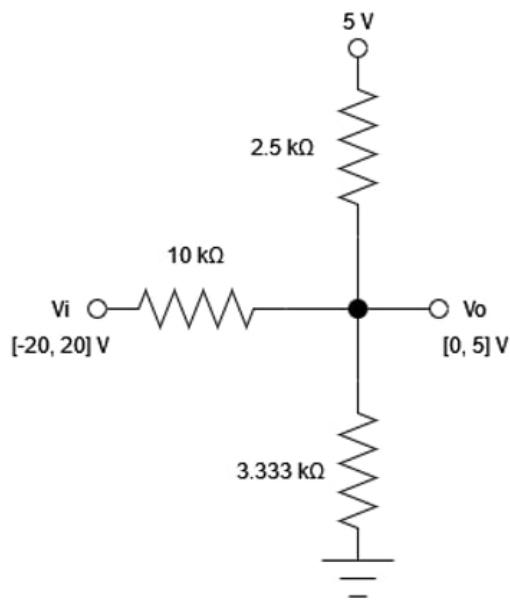


Figura 3: Diseño de hardware para el voltímetro. Fuente y créditos: [7].

Una vez que se realizó el diseño del divisor de tensiones, se realizó un diseño de un esquemático con la conexión de todos los componentes, y el circuito anterior, como se muestra en la siguiente imagen.

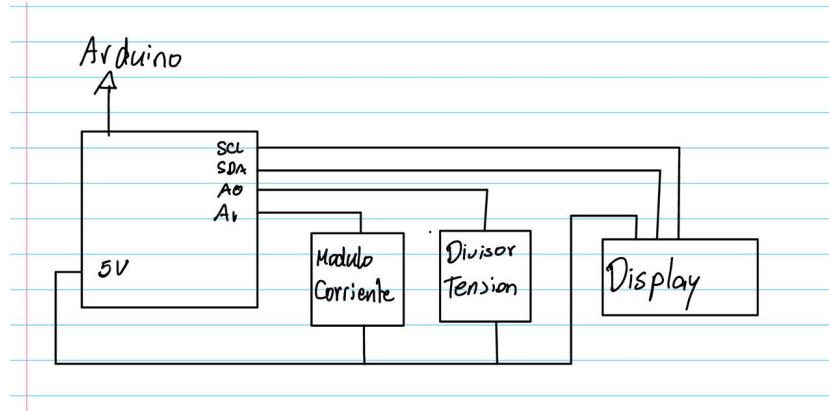


Figura 4: Esquemático del proyecto.

## 8. Diseño del software

El programa de este proyecto hace uso de las librerías: `LiquidCrystal_I2C.h` y `TrueRMS.h`. Por un lado, `LiquidCrystal_I2C.h` fue desarrollado por Frank de Brabander y mantenido por Marco Schwartz. La librería se encarga de comunicarse con la pantalla LCD por I2C (ya que la pantalla LCD se comunica con ese protocolo) y así poder imprimir las medidas en dicho LCD [3]. Por otro lado, `TrueRMS.h` lo desarrolló Martin

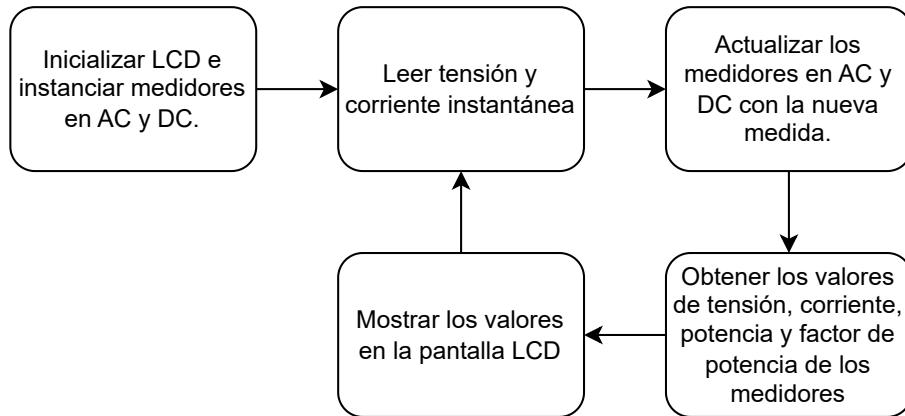


Figura 5: Diagrama de flujo del programa que corre en el Arduino UNO.

Stokroos y es una librería que realiza mediciones de potencia real, potencia aparente y factor de potencia dado constantemente una tensión y corriente instantánea [8].

Con estas dos librerías fue posible diseñar el software de este proyecto. En la figura 5 se ilustra el diagrama de flujo del programa. El código fuente del programa se encuentra en el repositorio en `src/medidor/medidor.ino`. Cabe destacar que el desarrollo del código fue basado en los ejemplos `HelloWorld.pde` y `AC_powermeter.ino` de las librerías mencionadas respectivamente, por lo que los créditos de los ejemplos van a Frank de Brabander & Marco Schwartz [3] y Martin Stokroos [8].

## 9. Lista de equipos

Componente	Valor Nominal	Cantidad	Precio en el Mercado
Arduino UNO (genérico)	-	1	\$18.00
Sensor de corriente	-	1	\$6.95
Pantalla LCD 16x2 I2C	-	1	\$6.95

Tabla 1: Lista de componentes. Precios consultados en [6].

## 10. Resultados y análisis

### 10.1. Simulaciones

Antes de poner a prueba el proyecto en la vida real, se debe verificar que el programa funcione correctamente con simulaciones. Los archivos referentes a las simulaciones se encuentran en `src/simulide`.

#### 10.1.1. Pruebas en DC

Primero se realizó una prueba en DC utilizando como prueba una tensión y corriente de 3.75 V y 5 A. En principio, la potencia consumida es 18.75 W. La figura 6 muestra la simulación en DC. Se puede observar que hay una concordancia entre la simulación y el cálculo teórico. Por lo tanto, se concluye que el medidor funciona correctamente en DC.

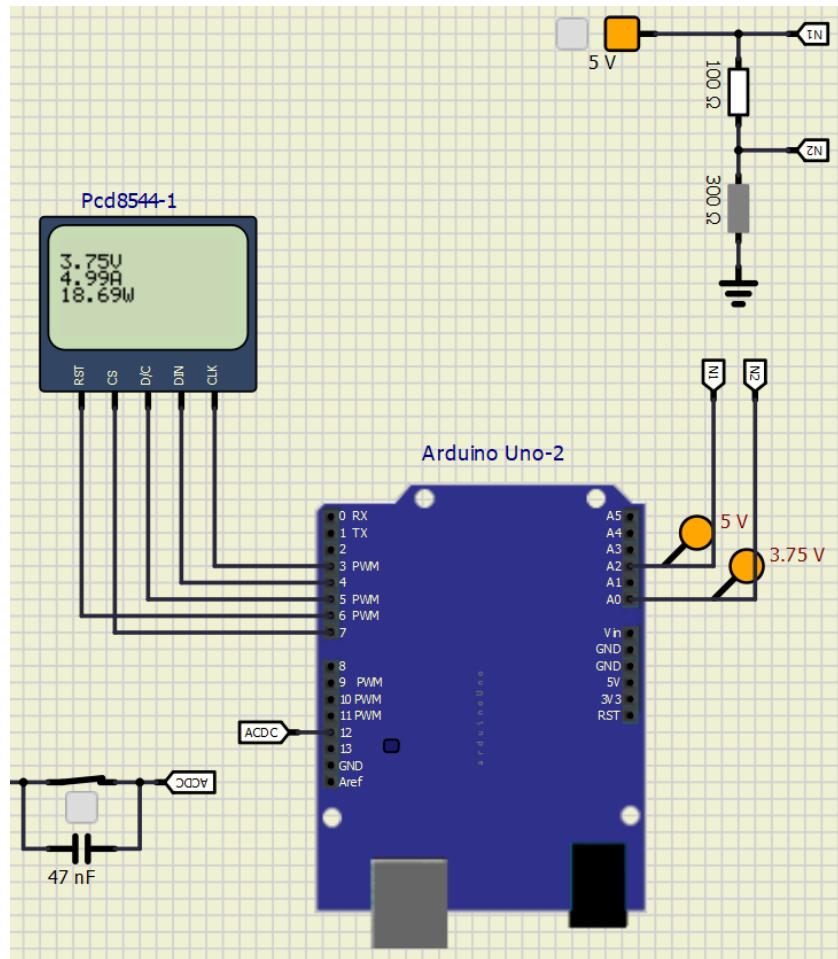


Figura 6: Simulación del programa en DC.

### 10.1.2. Pruebas en AC

Ahora, para simular en AC, primero se debe crear un circuito RC para crear una onda desfasada respecto a otra onda [5] con el fin de poder comprobar el factor de potencia (figura 7). El desfase de prueba entre ambas ondas es de  $45^\circ$ . Además, la onda amarilla ( $N_1$ ) y violenta ( $N_2$ ) tienen un valor RMS de 1.76 y 1.24, respectivamente.

Esto quiere decir que para un circuito resistivo (simulado) con la corriente y tensión en fase, la potencia y el factor de potencia son respectivamente 3.125 W y 1 (teóricos). Ahora, en el caso de un circuito capacitivo e inductivo (simulados) con la corriente y la tensión desfasados  $45^\circ$ , la potencia y el factor de potencia son respectivamente 1.54 W y 0.707 en magnitud (teóricos). Las figuras 8, 9 y 10 ilustran las simulaciones de una carga resistiva, capacitiva e inductiva y sus respectivas mediciones calculados por el software. Nuevamente, se puede observar que el programa calcula correctamente la potencia y el factor de potencia para los tres distintos casos de factor de potencia en AC.

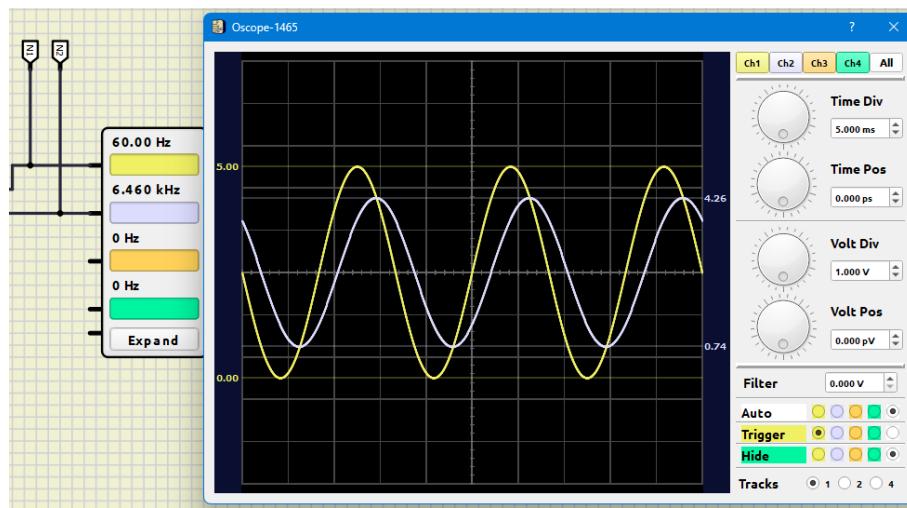


Figura 7: Ondas amarilla y violeta desfasadas  $45^\circ$  con un circuito RC para verificar el factor de potencia.

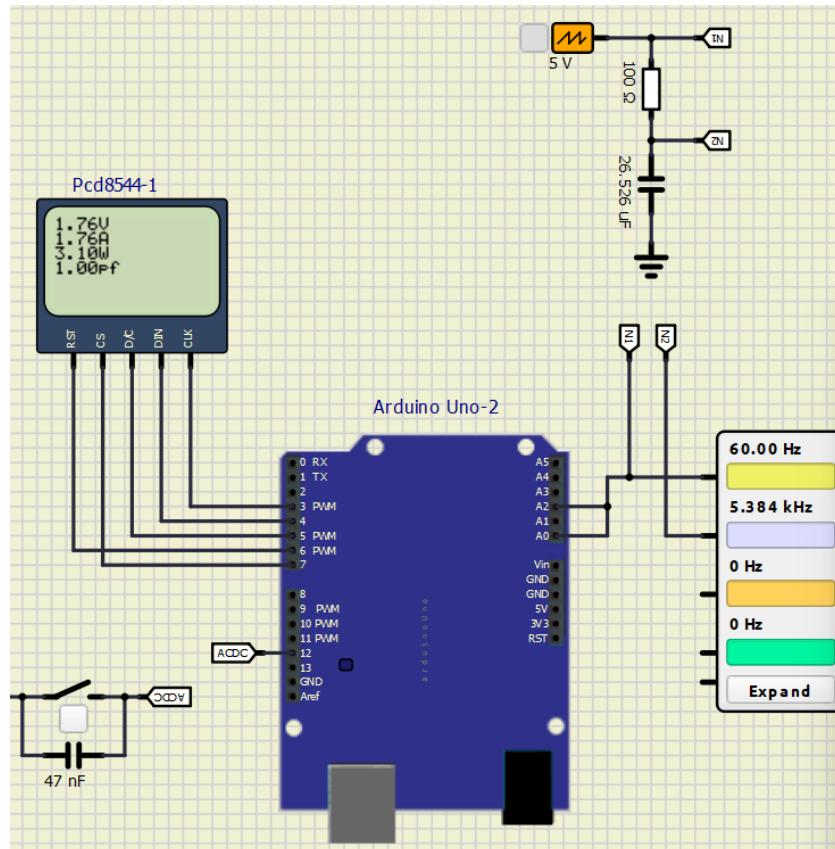


Figura 8: Simulación del programa en AC con una carga resistiva (corriente y tensión en fase).

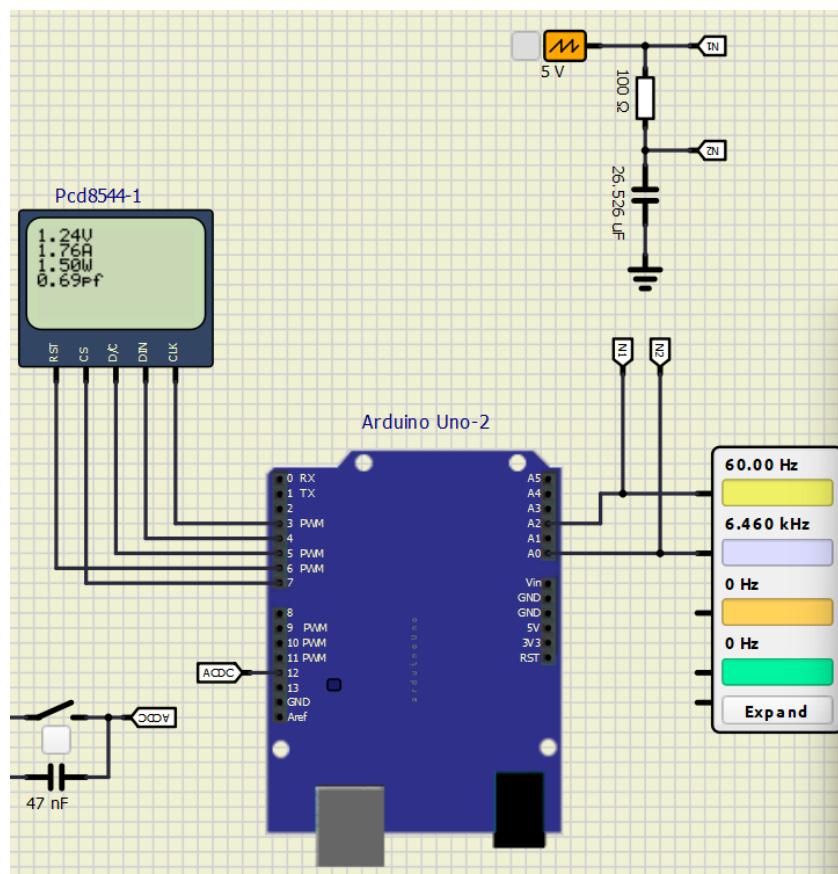


Figura 9: Simulación del programa en AC con una carga capacitiva (corriente adelantado respecto a la tensión).

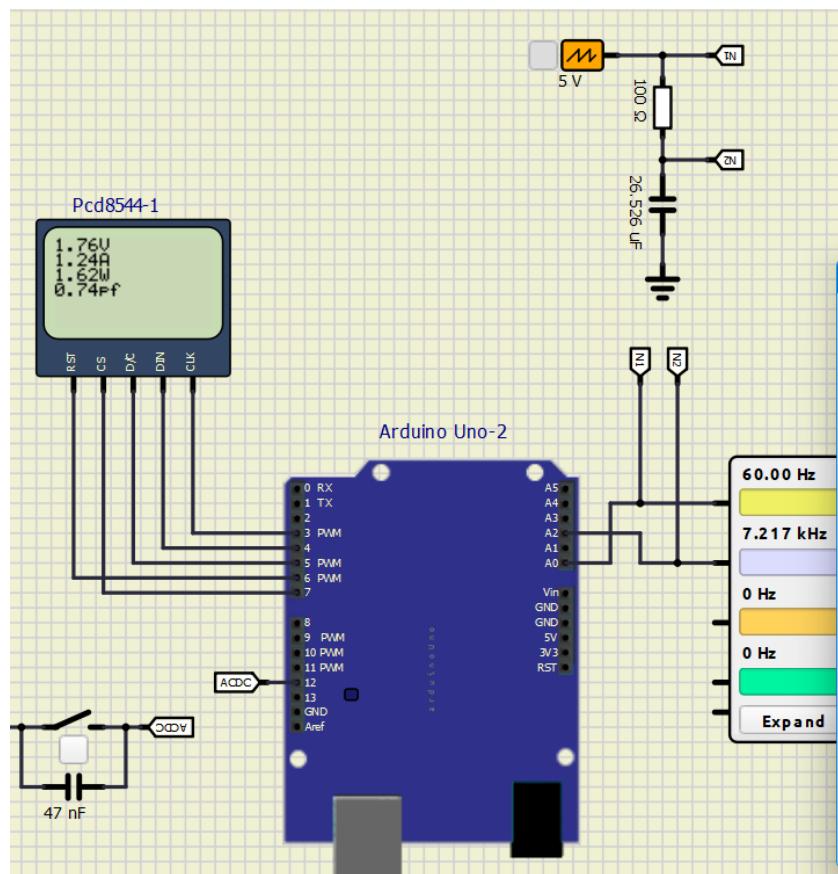


Figura 10: Simulación del programa en AC con una carga inductiva (corriente atrasado respecto a la tensión).

## 10.2. Pruebas en físico

### 10.2.1. Imprimir las mediciones en el LCD

Primero se verificó que el programa imprimiera correctamente las mediciones en la pantalla LCD. La figura 11 ilustra que el programa es capaz de mostrar los valores en pantalla sin problema.

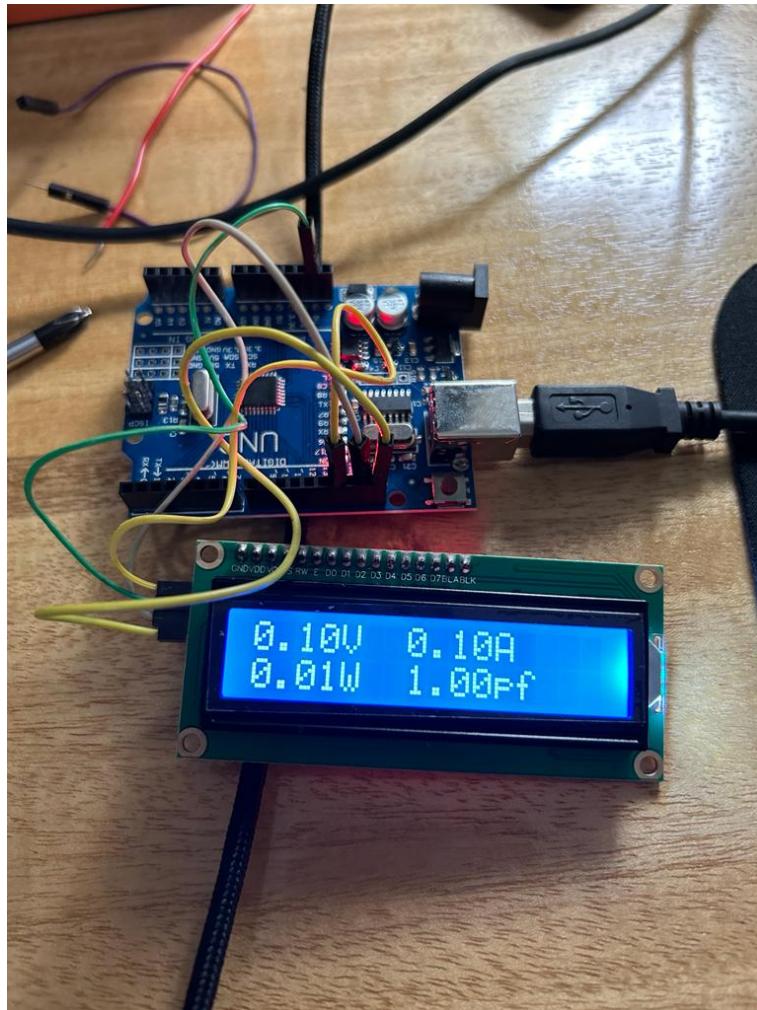


Figura 11: Mediciones impresas en la pantalla LCD.

### 10.2.2. Medición de tensión en AC

Ahora, se procedió a medir la tensión en AC. Con un generador de señales se creó una tensión con 1.03 V. La figura 12 muestra el resultado medido por el Arduino (1.07 V) y esto fue un buen resultado.

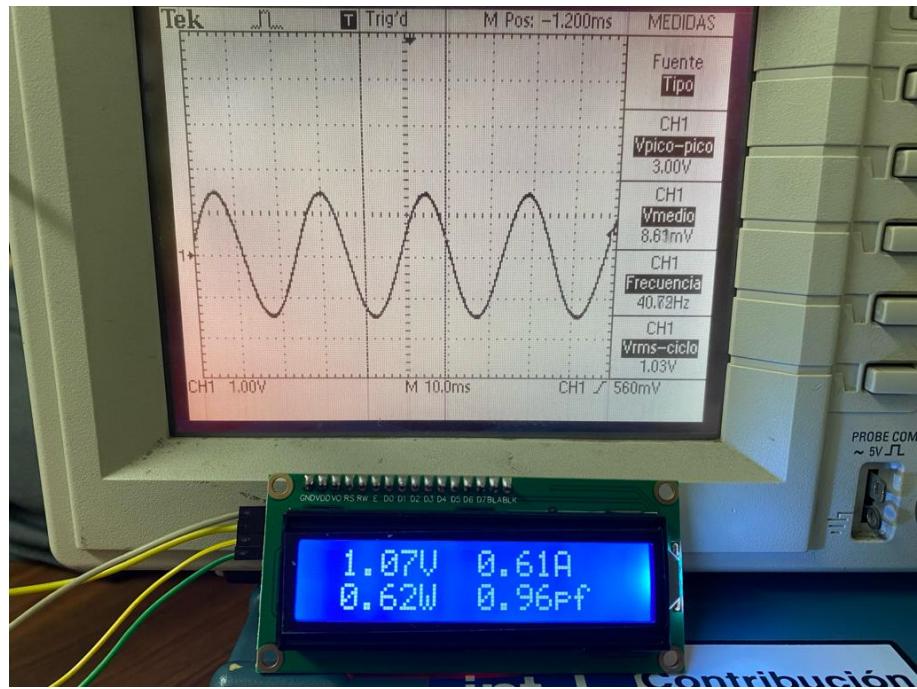


Figura 12: Prueba en la vida real de la tensión en AC.

#### 10.2.3. Medición de tensión en DC

Luego, se probó en DC con una tensión de 3.3 V. El valor medido en DC por el Arduino se muestra en la figura 13. Se observa que el programa calcula correctamente la tensión en DC. Además, se puede observar que con una corriente de 5 A, el programa calcula la potencia correctamente.

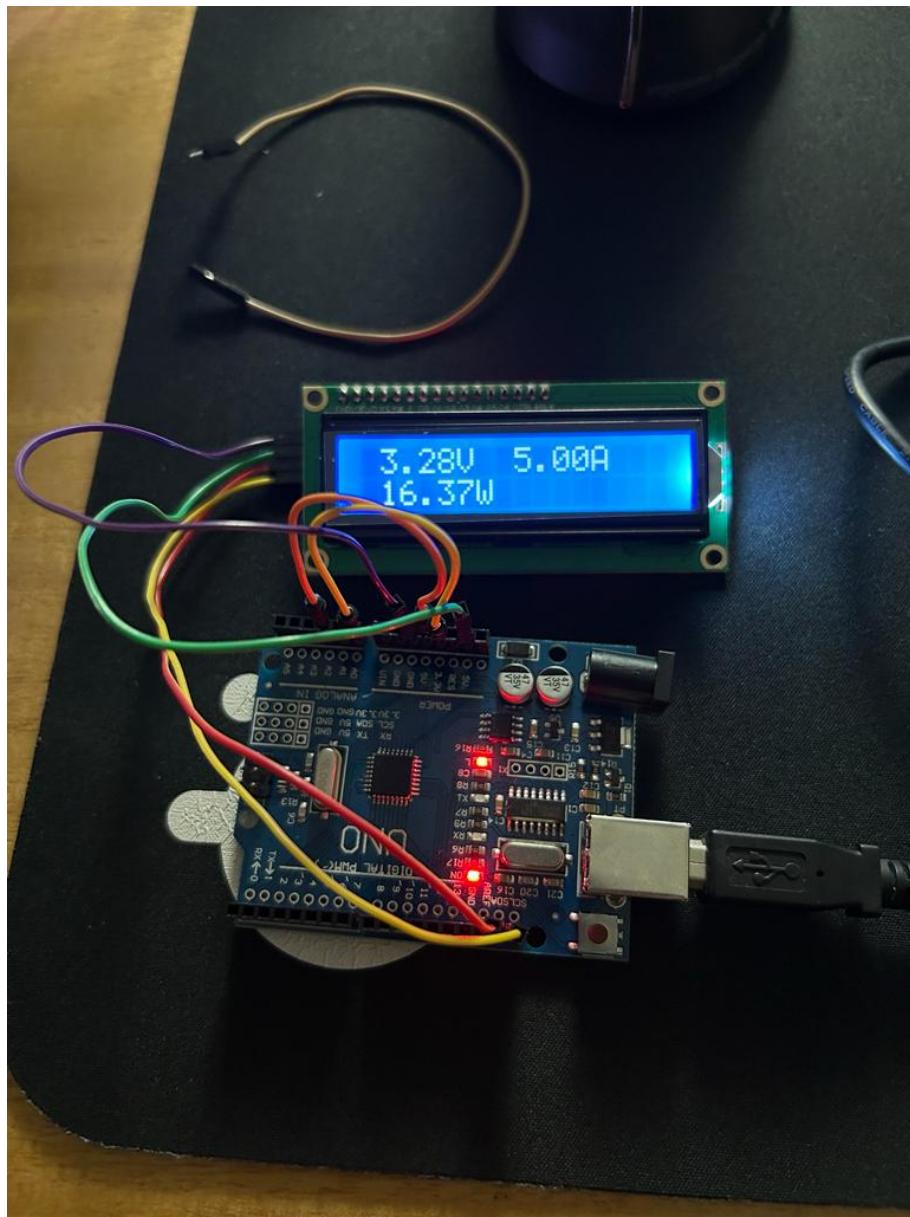


Figura 13: Prueba en la vida real de la tensión en DC.

#### 10.2.4. Medición de corriente

Para la medición de corriente se tuvo muchos inconvenientes ya que el sensor de corriente conseguido no era capaz de detectar corriente en el orden de los milliamperios (este rango de corriente es típico en circuitos y aplicaciones de baja potencia). Ante este problema, se consultó alternativas al sensor de corrientes al profesor Francisco Escobar, docente de sistemas de potencia de la escuela de Ingeniería eléctrica. Él sugirió utilizar un transformador de corriente (figura 14) como una alternativa al sensor de corriente. El funcionamiento y teoría del transformador de corriente se puede consultar en la sección de anexos.

Por lo tanto, se decidió seguir la recomendación del profesor y probar la sugerencia. En la figura 15 se puede observar un setup en el laboratorio de máquinas eléctricas para llevar a cabo la sugerencia. Finalmente, en la figura 16 se observa que se obtuvo buenas mediciones de corriente. Al obtenerse buenas mediciones de corriente, se decidió cambiar

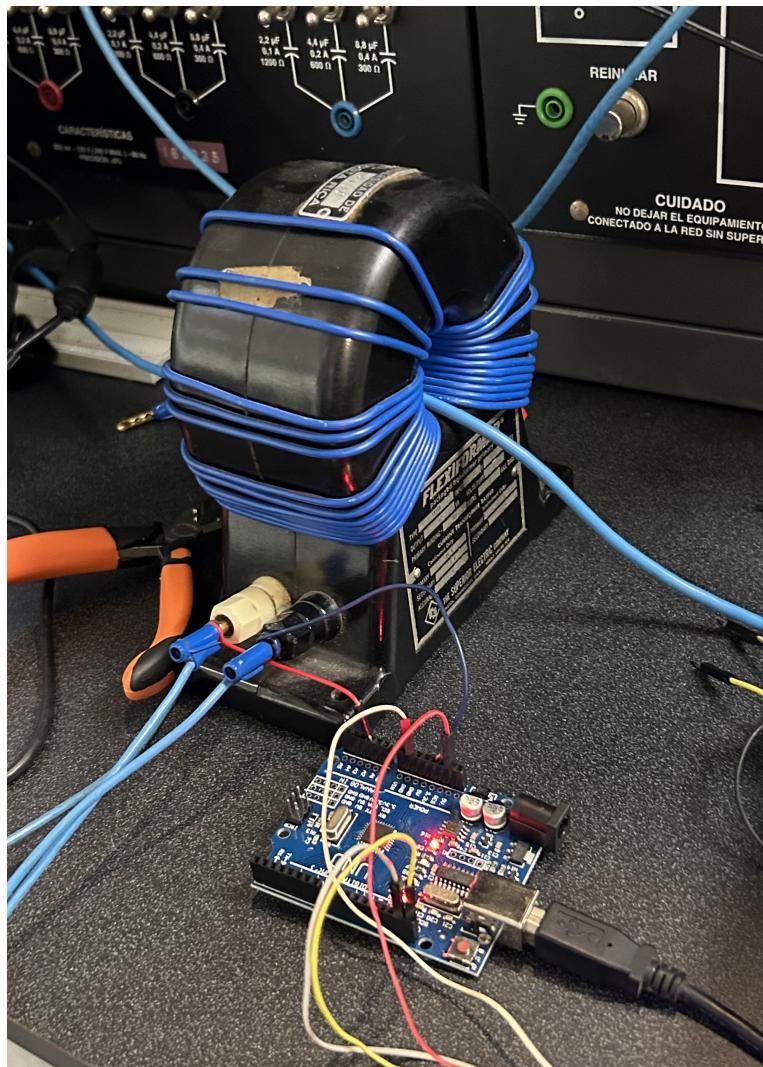


Figura 14: Transformador de corriente.



Figura 15: Setup en el laboratorio de máquinas eléctricas para probar la medición de corriente con el transformador de corriente.

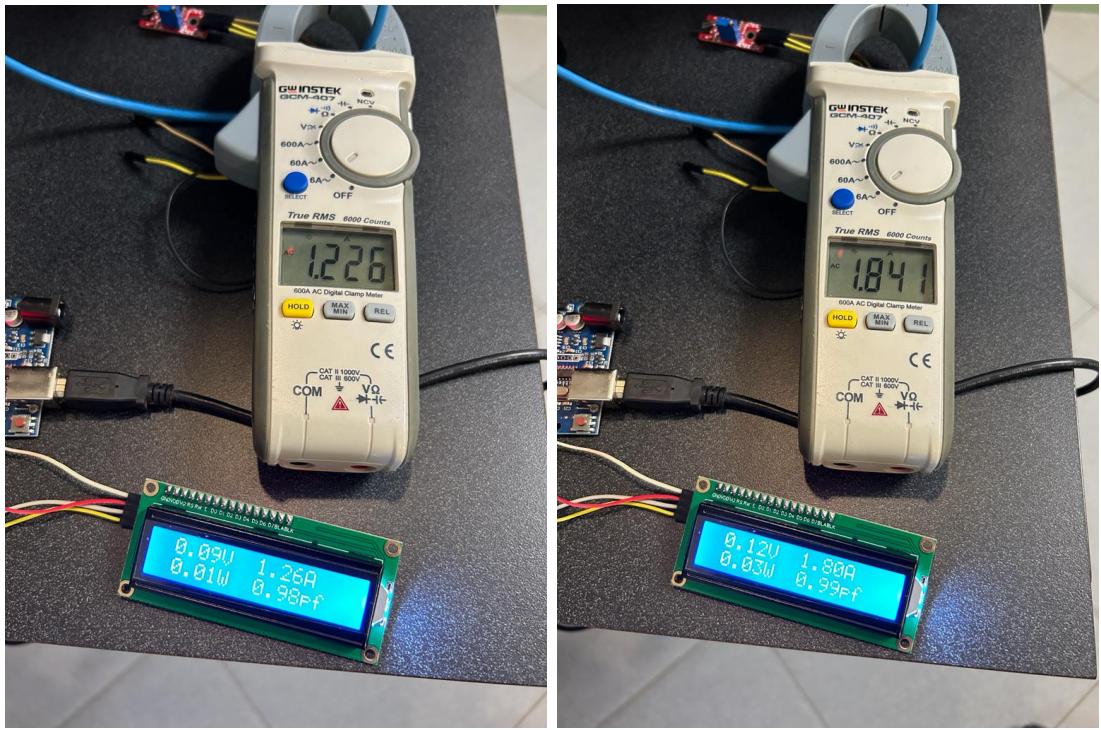


Figura 16: Medición de corriente de un circuito de alta potencia con el transformador de corriente.

el alcance del proyecto, en vez de medir aplicaciones de baja potencia en AC y DC, medir aplicaciones de alta potencia solamente en AC. Esto se debe a que el transformador de corriente funciona generalmente para aplicaciones de alta potencia y por la ley de inducción de Faraday solo sirve en AC [5].

#### 10.2.5. Medición de potencia (alta potencia)

Como se comentó anteriormente, el proyecto cambió su enfoque para medir aplicaciones de alta potencia. Esto implica que el circuito resistivo diseñado (figura 3) ya no funcionará, puesto que se necesita aislar eléctricamente el circuito de alta potencia del Arduino para evitar que se dañe. En su lugar, se utilizó un transformador reductor para poder medir la tensión de alta potencia [5].

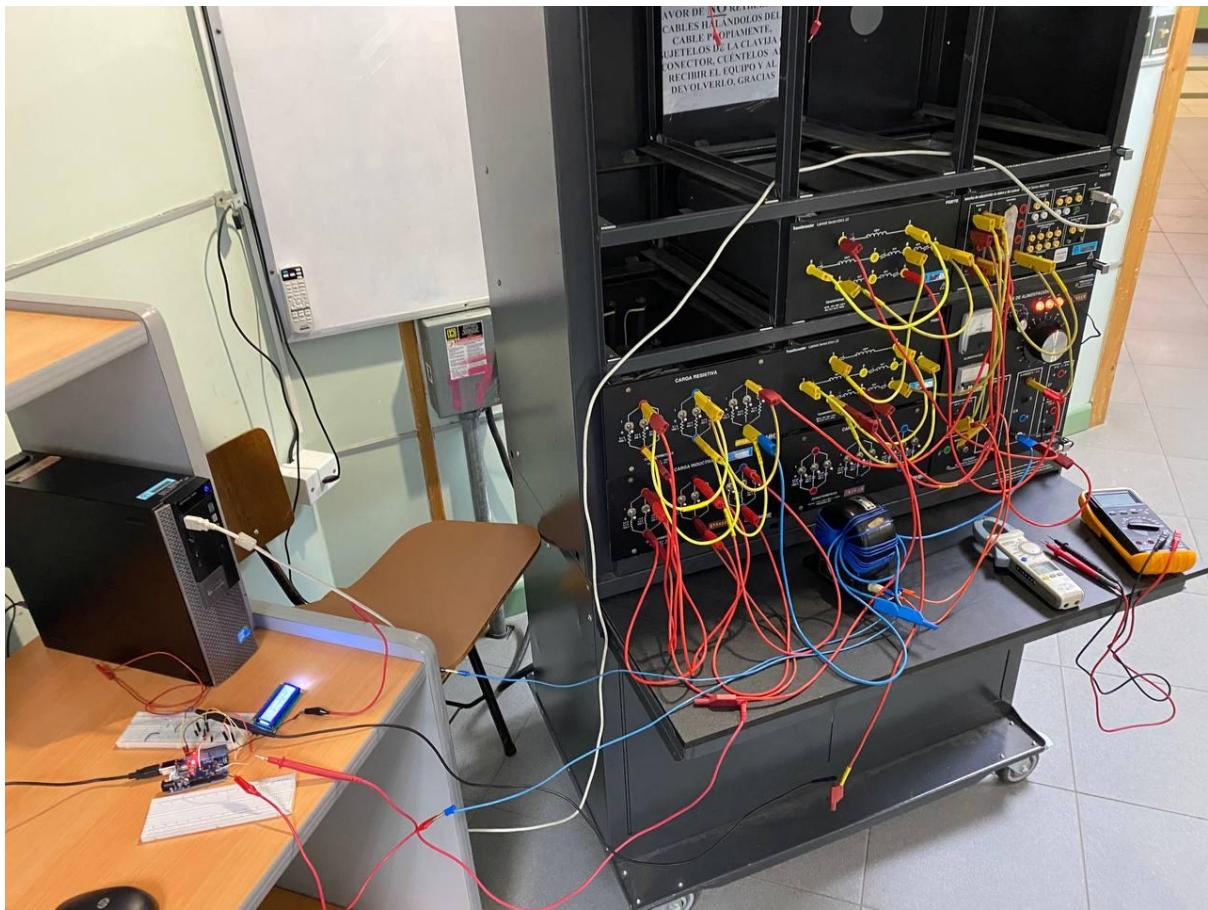
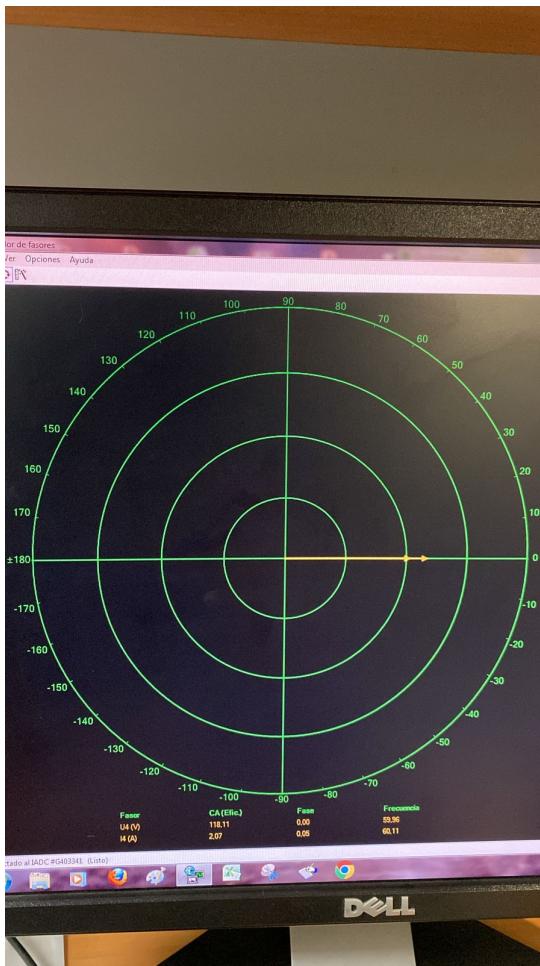


Figura 17: Setup en el laboratorio de máquinas eléctricas para medir la potencia y factor de potencia.

Ahora, la figura 17 ilustra el setup utilizado para medir la potencia y factor de potencia de circuitos de alta potencia en AC. En este setup se probó los tres casos posibles de un circuito en AC, un circuito resistivo, un circuito capacitivo y un circuito inductivo [5].



(a) Valor teórico.



(b) Valor medido.

Figura 18: Valores teórico (118.11 V y 2.07 A) y medido (126.57 V y 1.59 A) de un circuito resistivo.

Como se puede observar en la figuras 18, 19 y 20, el Arduino logra medir la tensión y corriente, así como calcular la potencia y factor de potencia en cada caso. Sin embargo, se puede observar que las mediciones de tensión y corriente contiene cierto error de medición, siendo la medición de corriente la más grave. Más grave aún es la medición del factor de potencia, donde en principio debe ser 1 para el circuito resistivo y 0.707 para los circuitos capacitivo e inductivo. Sin embargo, el factor de potencia reportado por el Arduino no son los esperados al compararse con los valores teóricos.

Una posible causa de este error puede ser una interferencia eléctrica donde el transformador afecte al transformador de corriente o viceversa, y a su vez afecte las mediciones de tensión y corriente. Esto se debe a que al medir la tensión y corriente por separados, no hubo este tipo de problema. Además, se descarta que el problema sea a nivel de software, ya que se verificó mediante simulaciones que el software sí funciona correctamente. Por último, por falta de tiempo no se pudo resolver todos los problemas que surgieron durante el desarrollo de este proyecto, pero sí se pudo cumplir los objetivos propuestos del proyecto.

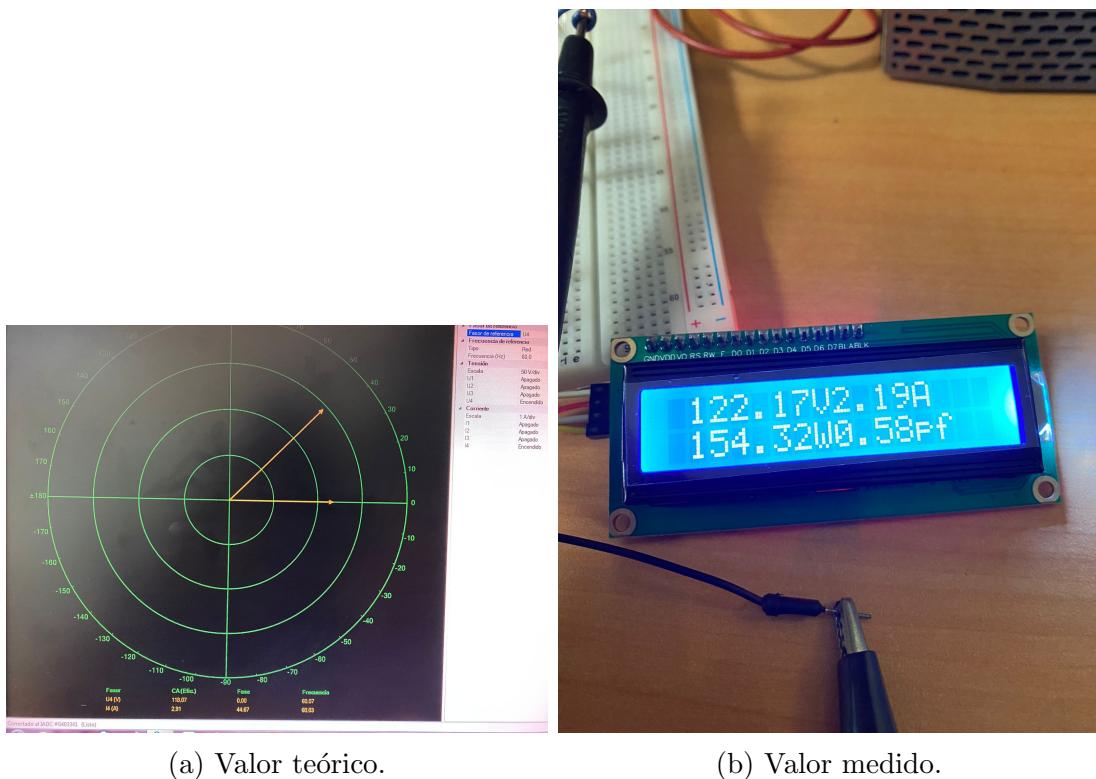


Figura 19: Valores teórico (118.07 V y 2.91 A) y medido (122.17 V y 2.19 A) de un circuito capacitivo.

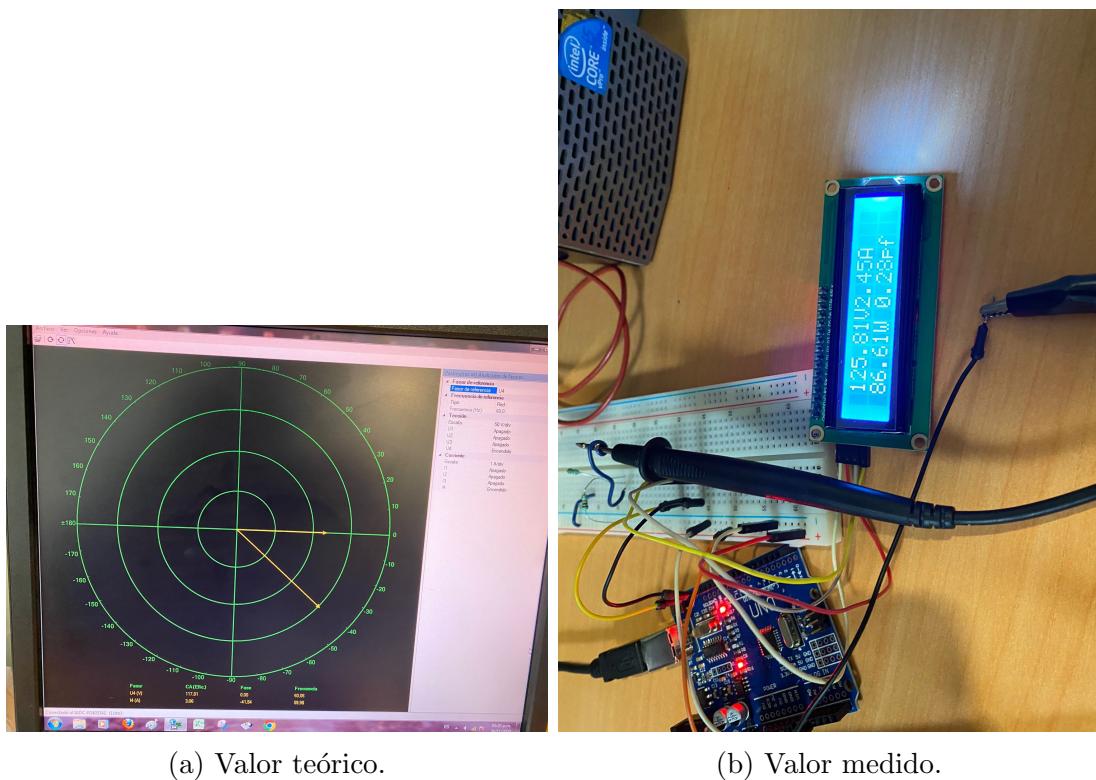


Figura 20: Valores teórico (117.81 V y 3.06 A) y medido (125.81 V y 2.45 A) de un circuito inductivo.

## 11. Conclusiones y recomendaciones

- Se realizó un diseño tanto de hardware y software, con el cual se realizaron las mediciones correspondientes del proyecto.
- Mediante el programa SimulIDE se verificó con simulaciones los diseños correspondientes a las mediciones de tensión, corriente, potencia y factor de potencia.
- Se utilizó una pantalla LCD con el fin de poder mostrar en pantalla los valores de tensión, corriente, potencia y factor de potencia.
- Se realizaron pruebas reales, las cuales se pudo obtener mediciones de tensión en AC y DC correctamente.
- Para la medición de corriente se tuvo problemas a la hora de realizarlo, lo cual se tuvo que cambiar el diseño y la medición se realizó con ayuda de un transformador de corriente y un módulo del laboratorio de máquinas.
- Se logró hacer mediciones de tensión, potencia y factor de potencia en AC.
- En algunas mediciones, no se obtuvieron los resultados esperados ya que durante el desarrollo del proyecto surgieron muchos problemas y no se pudieron resolver todas por falta de tiempo.

## Referencias

- [1] Arduino, *Arduino UNO R3: Product Reference Manual*. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [2] Atmel, *ATMega328P: 8-bit AVR microcontroller with 32K bytes in-system programmable flash*. [Online]. Available: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)
- [3] F. de Brabander, “Library for I2C LCD displays.” [Online]. Available: <https://reference.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/>
- [4] Ferrovial. (6 diciembre 2023) Transformadores. [Online]. Available: <https://www.ferrovial.com/es/stem/transformadores>
- [5] W. H. Hayt, *Enginnering circuit analysis*, 9th ed. McGraw-Hill Education, 2019.
- [6] MicroJPM, “MicroJPM website.” [Online]. Available: <https://www.microjpm.com/>
- [7] Rmano. Measure both positive and negative voltages using ADC. [Online]. Available: <https://electronics.stackexchange.com/questions/252431/measure-both-positive-and-negative-voltages-using-adc>
- [8] M. Stokroos, “True RMS library for Arduino v1.3.” [Online]. Available: <https://github.com/MartinStokroos/TrueRMS/tree/master>
- [9] Wikipedia. (6 diciembre 2023) Transformador de corriente. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_de\\_corriente](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_de_corriente)

## 12. Anexos

### 12.1. Características de un transformador

- **Núcleo:** Su función principal consiste en retener ese flujo magnético de manera contenida para prevenir las pérdidas ocasionadas por las corrientes de Foucault. Por lo general, está compuesto por láminas de metal apiladas, si bien su material y forma pueden variar según el tipo de transformador [4].
- **Bobinas:** Normalmente están constituidas por hilos de cobre que se enrollan alrededor del núcleo y son responsables de generar el cambio de voltaje. El número de vueltas o espiras en cada bobina guarda una relación directa con el voltaje; a mayor cantidad de espiras, mayor es el voltaje producido. Un transformador, como mínimo, posee dos bobinas: la primaria, por la cual entra la corriente y se conoce como devanado primario, y la secundaria, por donde sale la corriente. La cantidad de espiras en la bobina primaria corresponde al voltaje de entrada, mientras que la cantidad de espiras en la bobina secundaria está asociada al voltaje de salida del transformador [4].
- **Aislante:** los elementos de un transformador se encuentran separados entre sí por un aislante, debido a que cada uno de ellos tiene tensiones diferentes. En transformadores de alta tensión, es común emplear una capa de papel impregnado en aceite mineral para aislar el núcleo de los devanados, así como para separar los propios devanados. Las espiras adyacentes suelen estar aisladas mediante una fina capa de laca de cobre, mientras que aquellas que no son consecutivas pueden contar con aislamiento de laca o papel, según las necesidades específica [4].

#### 12.1.1. Transformador de Corriente

Un transformador de corriente consta de un devanado primario, un núcleo y un devanado secundario. A pesar de que comparten principios físicos similares, las especificaciones entre un transformador de corriente y uno de tensión difieren debido a los requisitos particulares de sus aplicaciones. El transformador de corriente está específicamente diseñado para mantener una relación precisa entre las corrientes en sus circuitos primario y secundario dentro de un rango definido [9].

La corriente alterna en el devanado primario genera un campo magnético variable en el tiempo en el núcleo, induciendo a su vez una corriente alterna en el devanado secundario. Es importante destacar que la conexión del transformador de corriente no afecta al circuito primario. La precisión de este tipo de transformador depende del acople entre el primario y el secundario, asegurando que la corriente secundaria sea proporcional a la corriente primaria en un rango más amplio de corriente. La corriente en el secundario se obtiene dividiendo la corriente en el primario entre el número de vueltas en el devanado secundario [9].



## Description

The Arduino Uno R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile development board is equipped with the well-known ATmega328P and the ATMega 16U2 Processor. This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

## Target areas:

Maker, introduction, industries



## Features

- **ATMega328P Processor**

- **Memory**

- AVR CPU at up to 16 MHz
    - 32KB Flash
    - 2KB SRAM
    - 1KB EEPROM

- **Security**

- Power On Reset (POR)
    - Brown Out Detection (BOD)

- **Peripherals**

- 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
    - 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
    - 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection
    - 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
    - 1x Dual mode controller/peripheral I2C
    - 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
    - Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
    - Six PWM channels
    - Interrupt and wake-up on pin change

- **ATMega16U2 Processor**

- 8-bit AVR® RISC-based microcontroller

- **Memory**

- 16 KB ISP Flash
    - 512B EEPROM
    - 512B SRAM
    - debugWIRE interface for on-chip debugging and programming

- **Power**

- 2.7-5.5 volts



# CONTENTS

<b>1 The Board</b>	<b>4</b>
1.1 Application Examples	4
1.2 Related Products	4
<b>2 Ratings</b>	<b>5</b>
2.1 Recommended Operating Conditions	5
2.2 Power Consumption	5
<b>3 Functional Overview</b>	<b>5</b>
3.1 Board Topology	5
3.2 Processor	6
3.3 Power Tree	7
<b>4 Board Operation</b>	<b>8</b>
4.1 Getting Started - IDE	8
4.2 Getting Started - Arduino Web Editor	8
4.3 Sample Sketches	8
4.4 Online Resources	8
<b>5 Connector Pinouts</b>	<b>9</b>
5.1 JANALOG	10
5.2 JDIGITAL	10
5.3 Mechanical Information	11
5.4 Board Outline & Mounting Holes	11
<b>6 Certifications</b>	<b>12</b>
6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)	12
6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021	12
6.3 Conflict Minerals Declaration	13
<b>7 FCC Caution</b>	<b>13</b>
<b>8 Company Information</b>	<b>14</b>
<b>9 Reference Documentation</b>	<b>14</b>
<b>10 Revision History</b>	<b>14</b>



## 1 The Board

### 1.1 Application Examples

The UNO board is the flagship product of Arduino. Regardless if you are new to the world of electronics or will use the UNO as a tool for education purposes or industry-related tasks, the UNO is likely to meet your needs.

**First entry to electronics:** If this is your first project within coding and electronics, get started with our most used and documented board; Arduino UNO. It is equipped with the well-known ATmega328P processor, 14 digital input/output pins, 6 analog inputs, USB connections, ICSP header and reset button. This board includes everything you will need for a great first experience with Arduino.

**Industry-standard development board:** Using the Arduino UNO R3 board in industries, there are a range of companies using the UNO board as the brain for their PLC's.

**Education purposes:** Although the UNO R3 board has been with us for about ten years, it is still widely used for various education purposes and scientific projects. The board's high standard and top quality performance makes it a great resource to capture real time from sensors and to trigger complex laboratory equipment to mention a few examples.

### 1.2 Related Products

- Starter Kit
- Arduino UNO R4 Minima
- Arduino UNO R4 WiFi
- Tinkerkit Braccio Robot

## 2 Ratings

### 2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40°F)	85 °C ( 185°F)

**NOTE:** In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected.

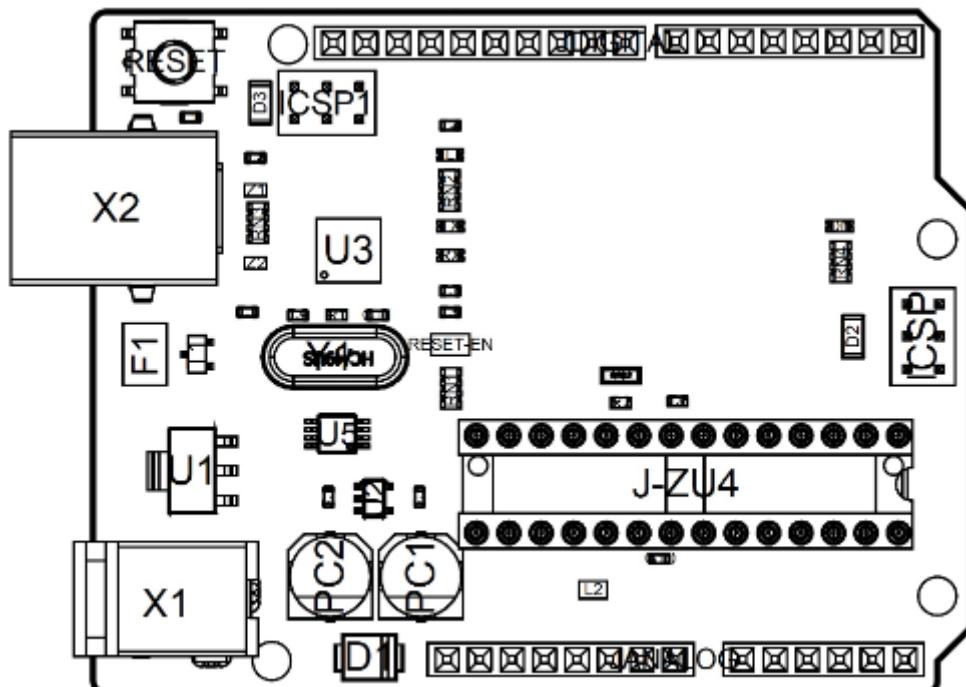
### 2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5.5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA

## 3 Functional Overview

### 3.1 Board Topology

Top view



Board topology



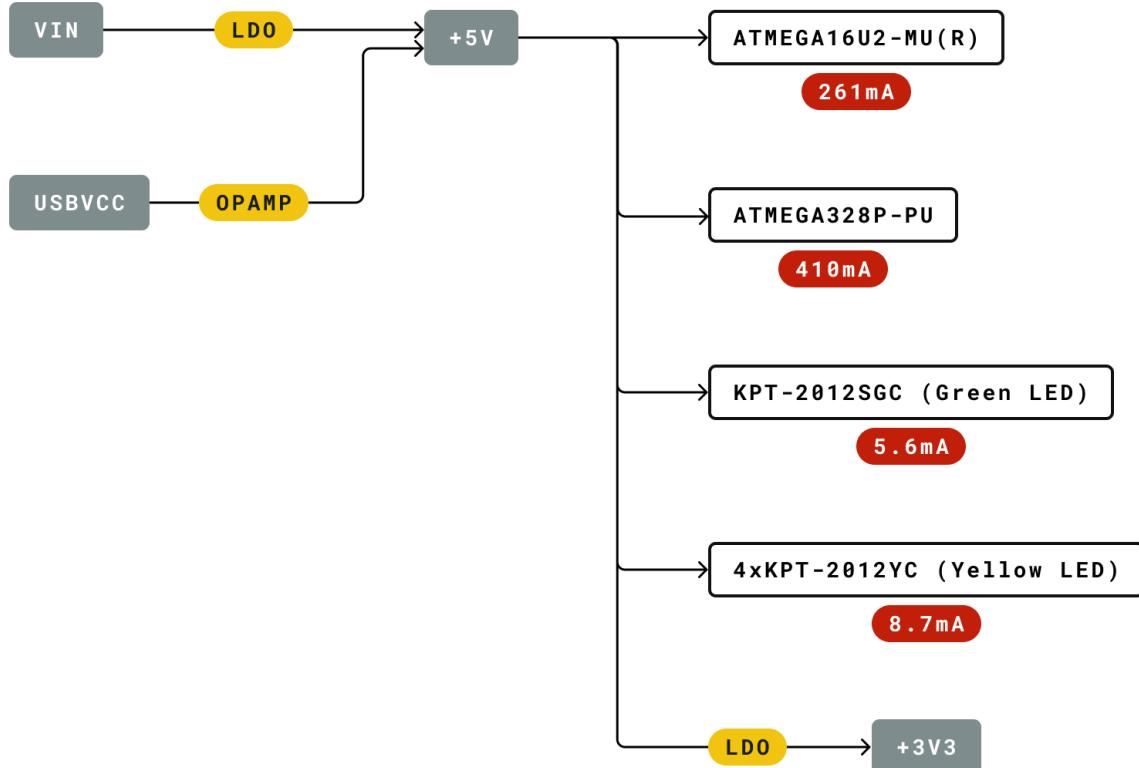
Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

### 3.2 Processor

The Main Processor is a ATmega328P running at up to 20 MHz. Most of its pins are connected to the external headers, however some are reserved for internal communication with the USB Bridge coprocessor.



## 3.3 Power Tree



## Legend:

- |                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| <input type="checkbox"/> Component | <span style="background-color: #808080; border-radius: 50%; width: 15px; height: 15px;"></span> Power I/O | <span style="background-color: yellow; border-radius: 50%; width: 15px; height: 15px;"></span> Conversion Type |
|                                    | <span style="background-color: red; border-radius: 50%; width: 15px; height: 15px;"></span> Max Current   | <span style="background-color: teal; border-radius: 50%; width: 15px; height: 15px;"></span> Voltage Range     |

Power tree



## 4 Board Operation

### 4.1 Getting Started - IDE

If you want to program your Arduino UNO R3 while offline you need to install the Arduino Desktop IDE [1] To connect the Arduino UNO to your computer, you'll need a USB-B cable. This also provides power to the board, as indicated by the LED.

### 4.2 Getting Started - Arduino Web Editor

All Arduino boards, including this one, work out-of-the-box on the Arduino Web Editor [2], by just installing a simple plugin.

The Arduino Web Editor is hosted online, therefore it will always be up-to-date with the latest features and support for all boards. Follow [3] to start coding on the browser and upload your sketches onto your board.

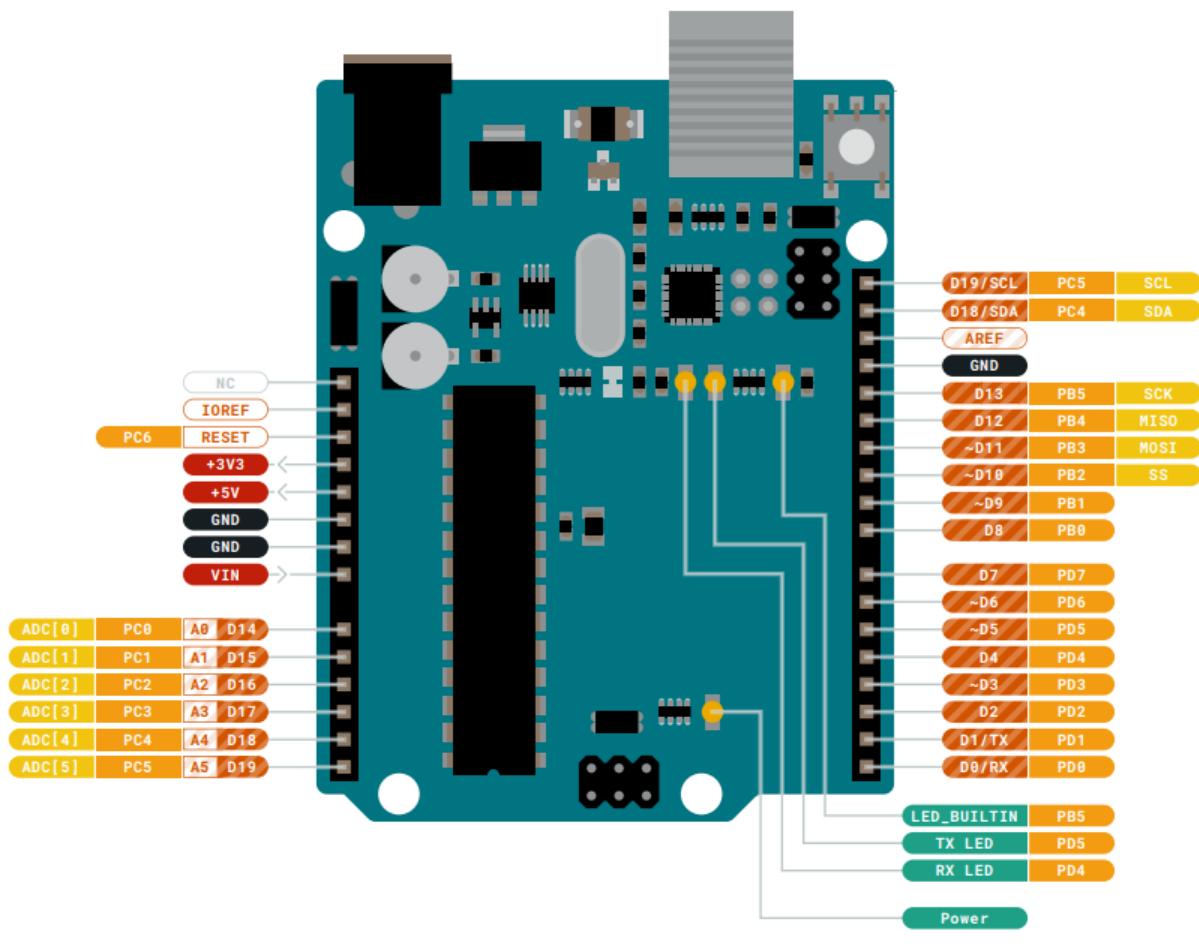
### 4.3 Sample Sketches

Sample sketches for the Arduino UNO R3 can be found either in the "Examples" menu in the Arduino IDE or in the "Documentation" section of the Arduino website [4]

### 4.4 Online Resources

Now that you have gone through the basics of what you can do with the board you can explore the endless possibilities it provides by checking exciting projects on Arduino Project Hub [5], the Arduino Library Reference [6] and the online Arduino store [7] where you will be able to complement your board with sensors, actuators and more.

## 5 Connector Pinouts



Pinout



## 5.1 JANALOG

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

## 5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)



## I2C Serial Interface 1602 LCD Module

This is I2C interface 16x2 LCD display module, a high-quality 2 line 16 character LCD module with on-board contrast control adjustment, backlight and I2C communication interface. For Arduino beginners, no more cumbersome and complex LCD driver circuit connection. The real significance advantages of this I2C Serial LCD module will simplify the circuit connection, save some I/O pins on Arduino board, simplified firmware development with widely available Arduino library.



**SKU:** [DSP-1182](#)

**Brief Data:**

- Compatible with Arduino Board or other controller board with I2C bus.
- Display Type: Negative white on Blue backlight.
- I2C Address: 0x38-0x3F (0x3F default)
- Supply voltage: 5V
- Interface: I2C to 4bits LCD data and control lines.
- Contrast Adjustment: built-in Potentiometer.
- Backlight Control: Firmware or jumper wire.
- Board Size: 80x36 mm.

## Setting Up:

Hitachi's HD44780 based character LCD are very cheap and widely available, and is an essential part for any project that displays information. Using the LCD piggy-back board, desired data can be displayed on the LCD through the I2C bus. In principle, such backpacks are built around PCF8574 (from NXP) which is a general purpose bidirectional 8 bit I/O port expander that uses the I2C protocol. The PCF8574 is a silicon CMOS circuit provides general purpose remote I/O expansion (an 8-bit quasi-bidirectional) for most microcontroller families via the two-line bidirectional bus (I2C-bus). Note that most piggy-back modules are centered around PCF8574T (SO16 package of PCF8574 in DIP16 package) with a default slave address of 0x27. If your piggy-back board holds a PCF8574AT chip, then the default slave address will change to 0x3F. In short, if the piggy-back board is based on PCF8574T and the address connections (A0-A1-A2) are not bridged with solder it will have the slave address 0x27.



Address selection pads in the I2C-to-LCD piggy-back board.

**Table 5. PCF8574A address map**

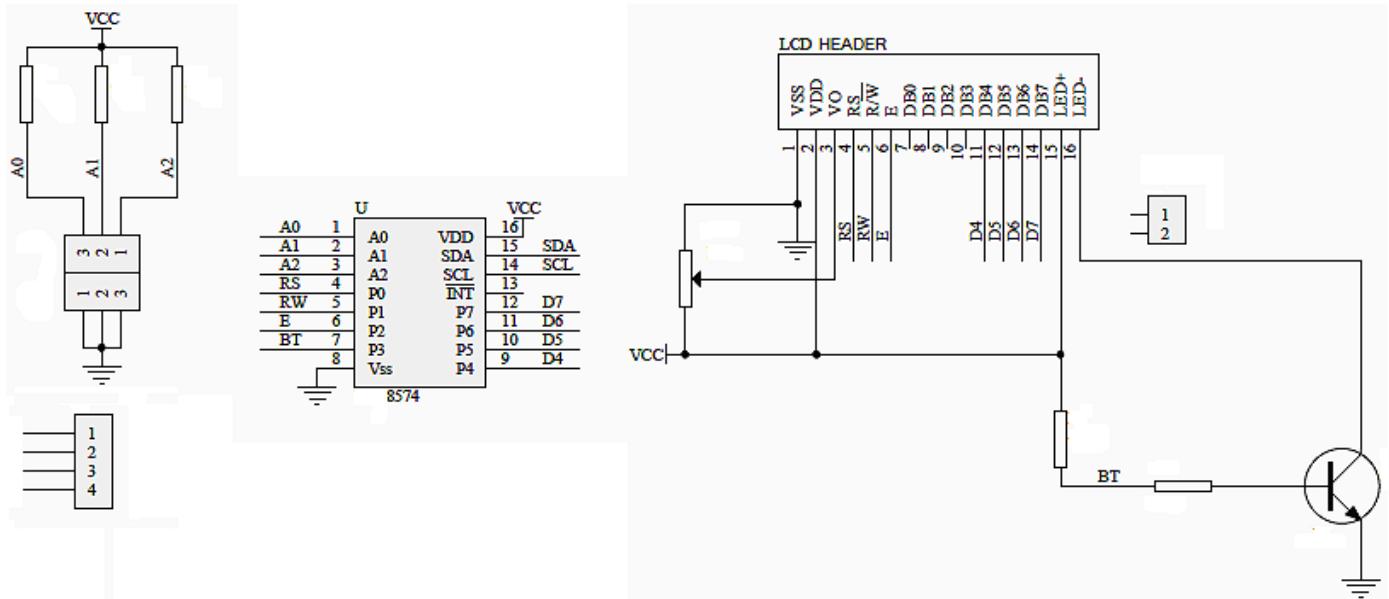
Pin connectivity			Address of PCF8574A								Address byte value		7-bit hexadecimal address without R/W
A2	A1	A0	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	R/W	Write	Read	
V <sub>SS</sub>	V <sub>SS</sub>	V <sub>SS</sub>	0	1	1	1	0	0	0	-	70h	71h	38h
V <sub>SS</sub>	V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	0	1	-	72h	73h	39h
V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	0	1	1	1	0	1	0	-	74h	75h	3Ah
V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	0	1	1	-	76h	77h	3Bh
V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	V <sub>SS</sub>	0	1	1	1	1	0	0	-	78h	79h	3Ch
V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	0	1	-	7Ah	7Bh	3Dh
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>SS</sub>	0	1	1	1	1	1	0	-	7Ch	7Dh	3Eh
V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	V <sub>DD</sub>	0	1	1	1	1	1	1	-	7Eh	7Fh	3Fh

Address Setting of PCD8574A (extract from PCF8574A data specs).

**Note: When the pad A0~A2 is open, the pin is pull up to VDD. When the pin is solder shorted, it is pull down to VSS.**

**The default setting of this module is A0~A2 all open, so is pull up to VDD. The address is 3Fh in this case.**

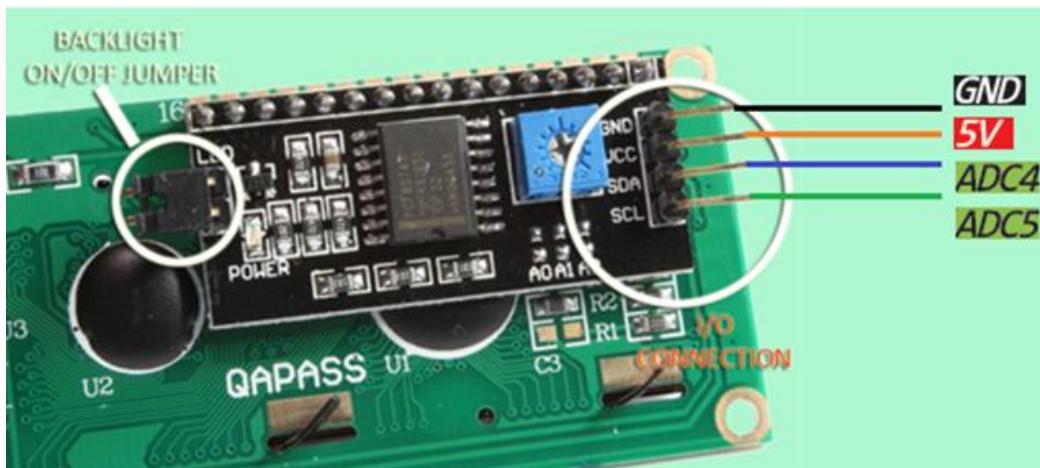
Reference circuit diagram of an Arduino-compatible LCD backpack is shown below. What follows next is information on how to use one of these inexpensive backpacks to interface with a microcontroller in ways it was exactly intended.



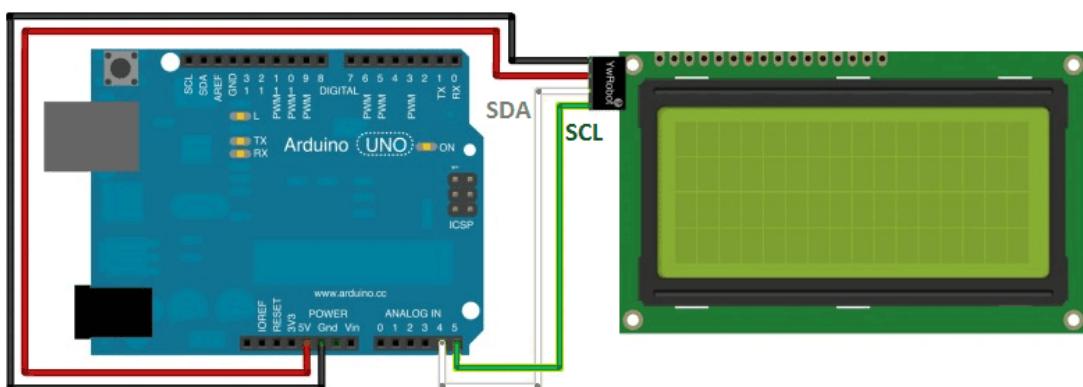
Reference circuit diagram of the I2C-to-LCD piggy-back board.

### I2C LCD Display.

At first you need to solder the I2C-to-LCD piggy-back board to the 16-pins LCD module. Ensure that the I2C-to-LCD piggy-back board pins are straight and fit in the LCD module, then solder in the first pin while keeping the I2C-to-LCD piggy-back board in the same plane with the LCD module. Once you have finished the soldering work, get four jumper wires and connect the LCD module to your Arduino as per the instruction given below.



LCD display to Arduino wiring.



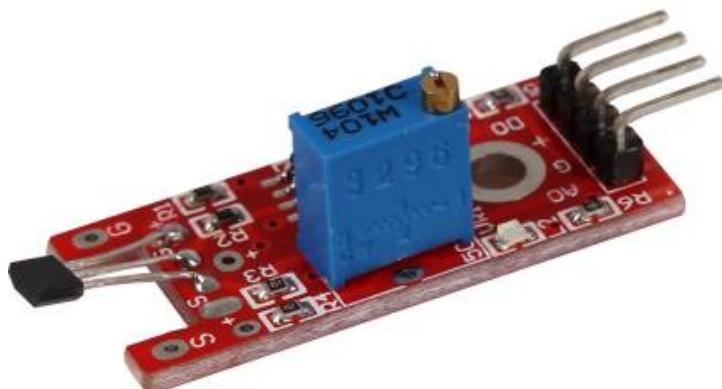
## KY-024 Linear magnetic Hall Sensor

## KY-024 Linear magnetic Hall Sensor

### Contents

1 Picture .....	1
2 Technical data / Short description .....	1
3 Pinout .....	2
4 Functionality of the sensor .....	2
5 Code example Arduino .....	3
6 Code example Raspberry Pi .....	4

### Picture



### Technical data / Short description

Chipset: A3141 | OP-amplifier: LM393

A magnetic field is detected by the sensor and will be printed as an analog voltage value. You can control the sensitivity of the sensor with the potentiometer.

**Digital out:** If a magnetic field is detected by the sensor, a signal will be printed here

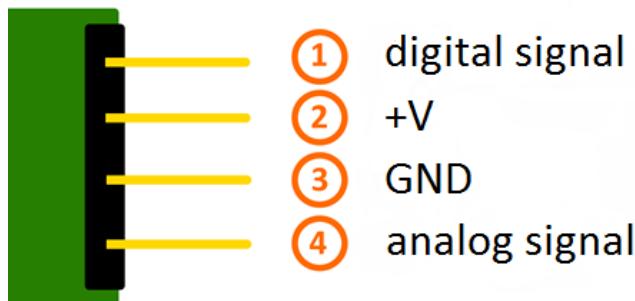
**Analog out:** Direct measurement of the sensor unit

**LED1:** Shows that the sensor is supplied with voltage

## KY-024 Linear magnetic Hall Sensor

**LED2:** Shows that the sensor detects a magnetic field

## Pinout



## Functionality of the sensor

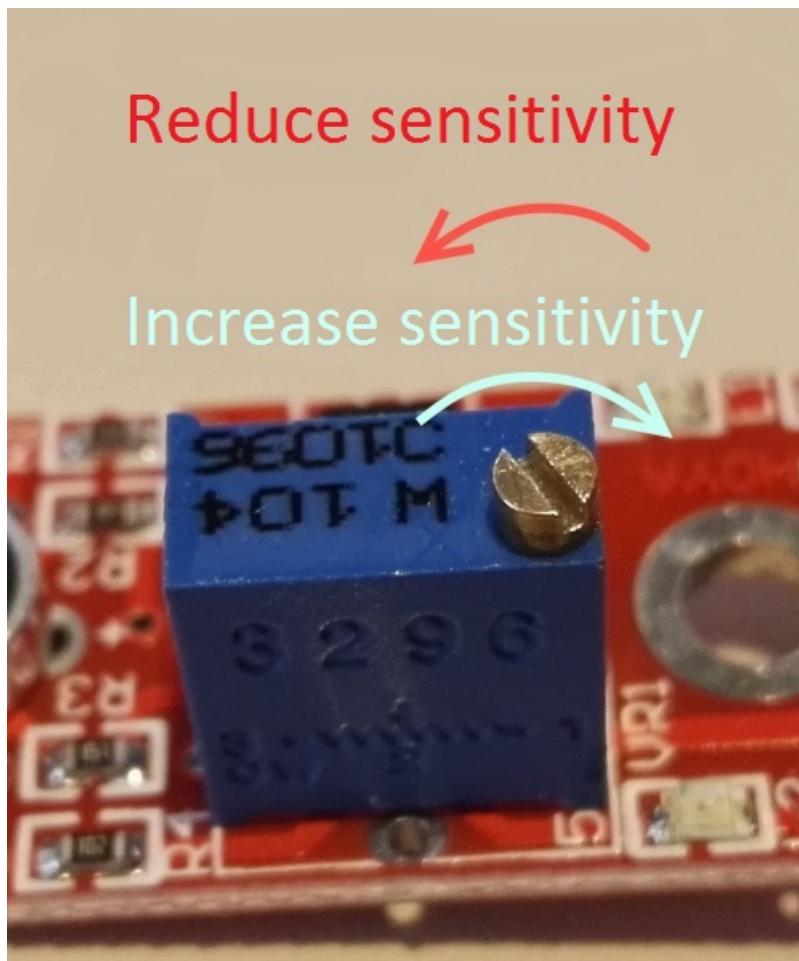
The sensor has 3 main components on its circuit board. First, the sensor unit at the front of the module which measures the area physically and sends an analog signal to the second unit, the amplifier. The amplifier amplifies the signal, according to the resistant value of the potentiometer, and sends the signal to the analog output of the module.

The third component is a comparator which switches the digital out and the LED if the signal falls under a specific value.

You can control the sensitivity by adjusting the potentiometer.

**Please notice:** The signal will be inverted; that means that if you measure a high value, it is shown as a low voltage value at the analog output.

## KY-024 Linear magnetic Hall Sensor



This sensor doesn't show absolute values (like exact temperature in °C or magneticfield strength in mT). It is a relative measurement: you define an extreme value to a given normal environment situation and a signal will be send if the measurement exceeds the extreme value.

It is perfect for temperature control (KY-028), proximity switch (KY-024, KY-025, KY-036), detecting alarms (KY-037, KY-038) or rotary encoder (KY-026).

### Code example Arduino

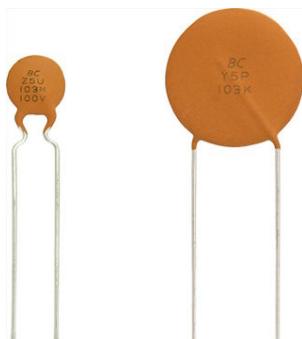
The program reads the current voltage value which will be measured at the output pin and shows it via serial interface.

Additionally, the status of the digital pin will be shown at the terminal.

```
// Declaration and initialization of the input pin
int Analog_Eingang = A0; // X-axis-signal
int Digital_Eingang = 3; // Button

void setup ()
{
    pinMode (Analog_Eingang, INPUT);
```

## Ceramic Singlelayer DC Disc Capacitors for General Purpose Class 1, Class 2 and Class 3, 50 V<sub>DC</sub>, 100 V<sub>DC</sub>, 500 V<sub>DC</sub>



### FEATURES

- High capacitance with small size
- High reliability
- Crimp and straight lead styles
- Material categorization:  
for definitions of compliance please see  
[www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)


**RoHS**  
COMPLIANT

### APPLICATIONS

- Temperature compensation
- Coupling and decoupling
- Bypassing

<b>QUICK REFERENCE DATA</b>							
<b>DESCRIPTION</b>	<b>VALUE</b>						
	1		2			3	
Ceramic Class		1					
Ceramic Dielectric	SL0	N750	Y5P	Z5U	X7R	X5F	
Voltage (V <sub>DC</sub> )	50, 100, 500	100, 500	50, 100, 500		500		50, 100, 500
Min. Capacitance (pF)	56	6.8	100	1000	100	100	1000
Max. Capacitance (pF)	100	330	10 000	22 000	4700	4700	22 000
Mounting	Radial						

### MARKING

Marking indicates capacitance value and tolerance in accordance with "EIA 198" and voltage marks.

### OPERATING TEMPERATURE RANGE

SL0, N750, X7R, X5F: -55 °C to +125 °C

Y5P, Z5U, Z5V, Y5V: -30 °C to +125 °C

### TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Class 1: SL0, N750

Class 2: Y5P, Z5U, X7R, X5F

Class 3: Y5V, Z5V

### SECTIONAL SPECIFICATIONS

Climatic category (acc. to EN 60058-1)

Class 1 and 2: 55/125/21

Class 3: 30/85/21

### APPROVALS

EIA 198

IEC 60384-8

IEC 60384-9

### CAPACITANCE RANGE

6.8 pF to 47 nF

### TOLERANCE ON CAPACITANCE

± 0.25 pF, ± 2 %, ± 5 %, ± 10 %, ± 20 %, + 80 % / - 20 %

### RATED VOLTAGE

50 V<sub>DC</sub>, 100 V<sub>DC</sub>, 500 V<sub>DC</sub>

### TEST VOLTAGE

250 % of rated voltage

### INSULATION RESISTANCE AT RATED VOLTAGE

10 GΩ min.

### DISSIPATION FACTOR

Class 1      0.1 % max. when  $C \geq 30 \text{ pF}$   
(at 1 MHz; 1 V where  $C \leq 1000 \text{ pF}$ , and at 1 kHz; 1 V where  $C > 1000 \text{ pF}$ )

For  $C < 30 \text{ pF}$ : DF =  $100/(400 + 20 \times C)$

DF = dissipation factor in %;

C = capacitance value in pF

Class 2      2.5 % max. (at 1 kHz; 1 V)

Class 3      5 % max. (at 1 kHz; 1 V)

# Carbon Film Fixed Resistor

## Axial Leaded

**multicomp<sup>m</sup>**



### Features

- Automatically insertable
- High quality performance
- Non-Flame type available
- Cost effective and commonly used
- Too low or too high values can be supplied on case to case basis

### Performance Specification

Temperature Coefficient	: $\leq 10\Omega$	: $\pm 350\text{PPM}/^\circ\text{C}$
	: $11\Omega \text{ to } 99\text{k}\Omega$	: $0 \text{ to } -450\text{PPM}/^\circ\text{C}$
	: $100\text{k}\Omega \text{ to } 1\text{M}\Omega$	: $0 \text{ to } -700\text{PPM}/^\circ\text{C}$
	: $1.1\text{M}\Omega \text{ to } 10\text{M}\Omega$	: $0 \text{ to } -1500\text{PPM}/^\circ\text{C}$
Short Time Overload		: $\pm(1\% + 0.05\Omega)$ Max. with no evidence of mechanical damage
Insulation Resistance		: Min. $1,000\text{M}\Omega$
Dielectric Withstanding Voltage		: No evidence of flashover, mechanical damage, arcing or insulation breakdown.
Terminal Strength		: No evidence of mechanical damage.
Resistance to Soldering Heat		: $\pm(1\% + 0.05\Omega)$ Max. with no evidence of mechanical damage.
Solderability		: Min. 95% coverage
Resistance to Solvent		: No deterioration of protective coating and markings
Temperature Cycling		: $\pm(1\% + 0.05\Omega)$ Max. with no evidence of mechanical damage
Load Life in Humidity	: Normal Type	: $<100\text{k}\Omega : \pm(3\% + 0.05\Omega)$ Max. $\geq 100\text{k}\Omega : \pm(5\% + 0.05\Omega)$ Max.
	: Non-Flame Type	: $<100\text{k}\Omega : \pm(5\% + 0.05\Omega)$ Max. $\geq 100\text{k}\Omega : \pm(10\% + 0.05\Omega)$ Max.
Load Life	: Normal Type	: $<56\text{k}\Omega : \pm(2\% + 0.05\Omega)$ Max. $\geq 56\text{k}\Omega : \pm(3\% + 0.05\Omega)$ Max.
	: Non-Flame Type	: $<100\text{k}\Omega : \pm(5\% + 0.05\Omega)$ Max. $\geq 100\text{k}\Omega : \pm(10\% + 0.05\Omega)$ Max.

### Dimension

