

Implementación de un equipo de medición de variables eléctricas de bajo costo

Implementation of a low-cost electrical variables measurement equipment

SucreReview N°2
ISSN 2697-360X
AÑO 2022

Gonzales Oscar

Instituto Superior Tecnológico Sucre / ogonzales@tecnologicosucre.edu.ec
Quito – Ecuador

Chiliquina Francisco

Instituto Superior Tecnológico Sucre / f.x.chiliquina@gmail.com
Quito - Ecuador

Guanochanga Jorge

Instituto Superior Tecnológico Sucre / andresguanochanga.ag@gmail.com
Quito - Ecuador

RESUMEN

El presente artículo muestra la implementación de un medidor digital de variables eléctricas diversas. A su vez, este instrumento combina un amperímetro que mide corriente, un voltímetro mide la diferencia de potencial entre dos puntos (voltaje), y un óhmetro mide resistencia, lo que caracteriza a este multímetro es que está diseñado para medir potencia eléctrica (DC y AC). Este esquema se aplica en la programación de un hardware libre en este caso de ARDUINO UNO, microcontroladores y diversos componentes electrónicos como sensores de corriente y voltaje, incluyendo la influencia del divisor de voltaje con su aplicación para medir resistencias, estos a su vez proporcionarían una interfaz fácil de usar, permitiendo la toma de datos de medidas fiables de parámetros eléctricos en diferentes rangos, los datos son visualizados en un display LCD de esta forma permite medir variedad de componentes eléctricos y electrónicos aumentando la precisión en la medición.

Palabras clave: ACS712, ARDUINO UNO, FZ0430, multímetro, SCT-013.

ABSTRACT

This article shows the implementation of a digital meter for various electrical variables. In other words, this instrument combines an ammeter that measures current, a voltmeter measures the potential difference between two points (voltage), and an ohmmeter measures resistance. The main feature that characterizes this multimeter is that it is designed to measure electrical power (DC and AC). This scheme is applied in the programming of a free hardware platform, in this case is the ARDUINO UNO. Other elements used were electronic components such as current and voltage sensors, including the influence of the voltage divider with its application to measure resistance. These components provided

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

an easy-to-use interface, allowing the taking of data from reliable measurements of electrical parameters in different ranges. The data is displayed on an LCD display in this way it allows to measure a variety of electrical and electronic components increasing the precision in the measurement.

Keywords: ACS712, ARDUINO UNO, FZ0430, multimeter, SCT-013.

1. Introducción

Con el rápido desarrollo tecnológico de circuitos integrados, la miniaturización y digitalización de instrumentos de medición han generado dispositivos compactos con grandes funcionalidades. El multímetro digital es uno de los instrumentos que se usa ampliamente en sistemas de medición de energía eléctrica, que está diseñado para medir algunos parámetros claves como, voltaje (CA – CC), corriente y resistencia (Chengxi et al, 2020).

Generalmente, la mayoría de los multímetros tienen parámetros de medición comunes, que van desde el voltaje, corriente y resistencia en los instrumentos básicos, hasta medición de transistores, capacitancia y temperatura en los multímetros más avanzados. Sin embargo, no existen multímetros que permitan medir potencia porque son instrumentos más complejos.

El uso de componentes de tamaños muy reducidos y potentes ofrece una amplia gama de ventajas, como reducción de costos, una mayor interactividad y experimentación. El multímetro se convierte en una herramienta poderosa y de suma importancia para que el operador eléctrico realice su trabajo (Xia et al, 2019).

Los multímetros digitales pueden leer estos distintos parámetros debido al uso de conversores, los cuales son convertidos mediante un dispositivo de alta velocidad de valores analógicos y digitales y luego presentados en el display están compuestos por 13 partes: display, escala o rango para medir (resistencia, tensión, corriente), llave selectora de medición, Jack de conexión para la punta (roja y negra) dependiendo el parámetro a medir, zócalo para medir capacitores y botón de encendido o apagado (Evstatiev et al, 2019).

Existen otras alternativas como en Sha et al, 2016, donde desarrollan un sistema de calibración automática, modificando el calibrador multifuncional tradicional, diseñando el controlador y programa utilizando el algoritmo de retroalimentación de circuito cerrado PID para resolver problemas de baja precisión de calibración.

2. Desarrollo

En este artículo se propone la medición de potencia a través de cálculos de voltaje y corriente obtenidos por los sensores de estas magnitudes respectivamente. La ventaja de este método es que ningún multímetro tiene esa capacidad de medición y basado en la detección de codificación de características, se propone un algoritmo de reconocimiento correspondiente para detectar los parámetros necesarios de manera exacta (Wu et al, 2017).

Los resultados experimentales muestran que la tasa de reconocimiento de datos de voltaje AC y DC pueden alcanzar el 99.36% para diferentes condiciones de carga resistivas por medio de un divisor de voltaje resistivo (RVD), desarrollado para mediciones de potencia. Se describe el diseño del RVD y sus métodos de evaluación. El RVD está diseñado para usarse en el multímetro de muestreo digital basado en el sensor ACS712-corriente. Sus circuitos internos, adaptados al estado más avanzado en técnica,

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

garantizan un análisis muy preciso de los diferentes factores de potencia, realizados de forma rápida y precisa, lo que permite una subsanación de posibles problemas (Slomovitz et al, 2016)

Es por esta razón que se ha desarrollado el diseño e implementación de un método para las mediciones de calibración (una aplicación del RVD y ACS712) para un instrumento, en el que se establecieron las condiciones para adaptarlo en diferentes actividades eléctricas.

2.1 Marco teórico

ARDUINO UNO

Se conoce como ARDUINO a la plataforma tecnológica que trabajan con código abierto, la cual es una herramienta muy útil para creadores y desarrolladores de hardware (*dispositivos*) y software (*programas*), esto se realiza en un entorno de programación conocido como ARDUINO IDE (*Entorno de Desarrollo Integrado*) (Badamasi, 2014)



Fig 1. ARDUINO UNO (Badamasi, 2014)

VOLTÍMETRO DC

Sensor de Voltaje FZ0430 _DC 0-30V



Fig 2. Sensor de Voltaje FZ0430 (Manotoa, 2018)

El sensor de voltaje DC- FZ0430 facilita un mejor manejo frente a la toma de medidas de tensión dentro de un rango establecido de 25v, con ayuda de una placa electrónica (*ARDUINO UNO*). Su diseño permite que el voltaje de salida (V_{out}) sea 5 veces más pequeño que el de entrada (V_{in}) esto basado en el principio de divisor de voltaje. (Manotoa, 2018)

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

Este sensor es suma utilidad para realizar mediciones de voltaje de una batería, comprobar la alimentación de un dispositivo de 12v o 24v, como una tira LED, un electroimán, un ventilador, o una célula Peltier.

Características técnicas:

- Posee un rango de entrada (V_{in}): 0v a 30v DC.
- Voltaje de detección (V_{in}) máximo: 25v.
- Rango de detección de voltaje: 24,41mV – 30v.
- Resolución analógica de tensión: 0,00489v DC.
- Voltaje detección (V_{in}) mínimo: 24,45mV.

AMPERIMETRO DC

Sensor de corriente ACS71

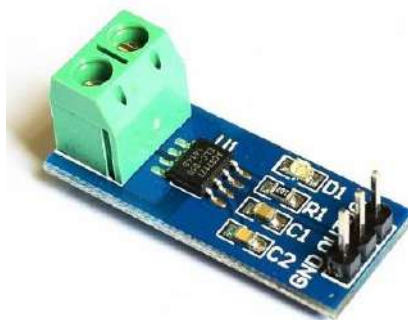


Fig 3. Sensor ACS712 (Manotoa, 2018)

El sensor de corriente ACS712 permite medir la corriente eléctrica, esto gracias a su composición de trabajo interno con un sensor de efecto Hall que se encarga de detectar el campo magnético de la carga.

El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, dependiendo la aplicación se puede usar el ACS712-05A, ACS712-20A o el ACS712-30A, para rangos de 5, 20 o 30 amperios respectivamente. (Manotoa, 2018)

Existen tres modelos del integrado:

Tabla 1.

Rango de corriente y sensibilidad

Modelo	Rango	Sensibilidad
ACS712ELCTR-05B-T	-5 a 5 A	185 mV/A
ACS712ELCTR-20A-T	-20 a 20 A	100 mV/A
ACS712ELCTR-30A-T	-30 a 30 A	66 mV/A

Dicha relación es una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es la sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios (Li et al, 2010).

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, esto dependiendo de su aplicación. La ecuación de la recta sería la siguiente ecuación:

$$V = mI + 2.5 \quad (1)$$

Donde la pendiente es m y equivale a la Sensibilidad

Despejando se obtiene la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{\text{Sensibilidad}} \quad (2)$$

Divisor de voltaje

Circuito sencillo que reparte la tensión de una fuente entre una o más impedancias conectadas de dos resistores en serie y un voltaje de entrada (Yufei et al, 2019).

$$V_{out} = V_{in} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

- Si R_2 y R_1 son iguales, entonces el voltaje de salida es la mitad del de la entrada.

$$R_1 = R_2 : V_{out} = V_{in} * \frac{R}{2R} = \frac{V_{in}}{2} \quad (4)$$

- Si R_2 es mucho mayor que R_1 , el voltaje de salida será parecido al de entrada.

$$R_2 \gg R_1 : V_{out} \approx V_{in} * \frac{R_2}{R_2} = V_{in} \quad (5)$$

- Si R_2 es mas pequeño que R_1 , el voltaje de salida será muy bajo en comparación al de entrada.

$$R_2 \ll R_1 : V_{out} \approx V_{in} * \frac{0}{R_1} = 0 \quad (6)$$

AMPERIMETRO AC

Sensor de corriente AC no invasivo SCT-013

Estos sensores poseen el mismo principio de funcionamiento de los transformadores, es decir posee un devanado primario (en el cual se desea medir la corriente que circula) y a su vez un devanado secundario (posee más de 2000 espiras dependiendo el modelo).

La relación de corriente que circula y la que entrega el sensor dependerá del número de espiras, en algunos casos poseen una resistencia de carga en la salida, esto quiere decir que trabaja con una salida de voltaje en lugar de corriente (Thakare et al, 2016).

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

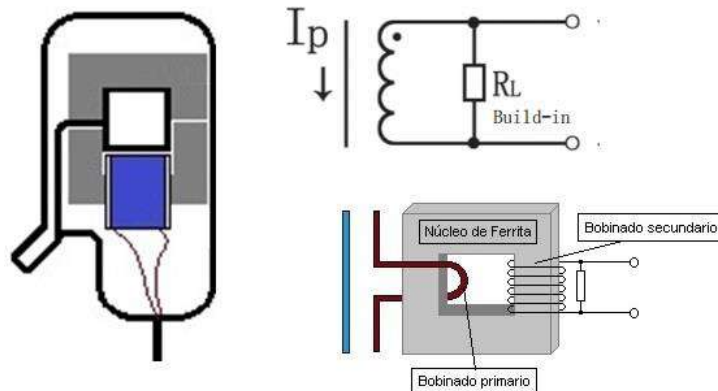


Fig 4. Sensor SCT – 013 (Thakare et al, 2016)

Se conocen como Sensores CT (*Current transformers*), por el cual sólo debe atravesar una sola línea a través del núcleo, si por ejemplo pasa los dos cables de una conexión monofásica, la lectura será 0, puesto que los cables tienen corrientes opuestas.

Una ventaja del sensor SCT-013 es que posee un núcleo dividido (*partido*) al igual que una pinza amperimétrica permitiendo una mayor facilidad al momento de medir. (Naylamp, 2016).



Fig 5. Núcleo del sensor SCT- 013 (Naylamp, 2016)

Circuito acondicionador de señal

El SCT-013 posee una salida de señal alterna que no se encuentran dentro del rango analógico (0 a +5v), esto puede dañar el ARDUINO ya que por menor que sea el rango de señal del sensor está posee una parte negativa. (L'vov et al, 2016)

Una manera de rectificar el sensor sería acondicionar una salida de 0 a 5v, convirtiendo de corriente a voltaje (-1v +1v) y luego amplificarlo a (-2.5v +2.5v) y por último un sumador que ayudara a eliminar la parte negativa.

No se puede usar diodos ya que su caída de voltaje es mayor en comparación al voltaje de señal, por lo cual lo conveniente es usar un LM358 que trabaja con polaridad positiva y se eliminara la parte negativa. (Naylamp, 2016)

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

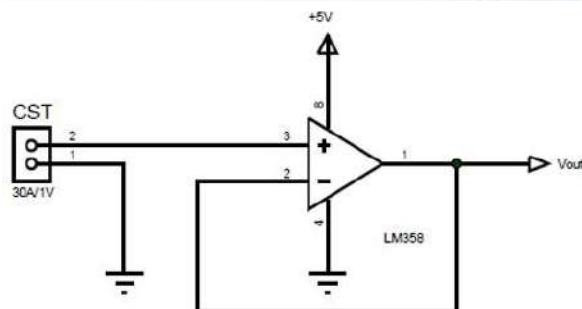


Fig 6. Circuito Rectificador - LM358 (Naylamp,2016)

VOLTÍMETRO AC

Sensor De Voltaje Ac ZMPT101B Transformador De Tensión



Fig 7. Sensor - ZMPT101B (Meharkure & Kinhekar, 2020)

Este sensor es un dispositivo muy preciso (*micro precisión*), este tiene un potenciómetro para ajustar la salida ADC, trabaja en una señal de 0 – 5v y posee una conversión de voltaje AC, a valores digitales, en el cual su voltaje máximo es de 250VAC (Meharkure & Kinhekar, 2020)

Para conocer los aspectos físicos del sensor y procurar cuidar del mismo se muestra la siguiente tabla:

Tabla 2.

Aspectos técnicos de sensor de voltaje

Parámetro	Descripción
Modelo	ZMPT101B
Corriente primaria	2mA
Corriente secundaria	2mA
Escala	1:1
Error de ángulo de fase	≤ 20
Rango de línea	0 – 1000v / 0 – 10mA
Linealidad	$\leq 0.2\%$
Error de permisividad	$- 0.5\% \leq f \leq 0$
Voltaje	4000 V
Aplicación	Voltaje y medición de potencia
Misma polaridad	1, 3 pin
Encapsulación	Epoxy
Instalación	Montada en PCB
Operación de temperatura	$-40^{\circ}\text{C} + -70^{\circ}\text{C}$

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

MEDIDOR DE CONTINUIDAD

Buzzer con ARDUINO:



Fig 8. Buzzer-ARDUINO (Mishra & Durgaprasad, 2016)

Un buzzer se caracteriza principalmente por convertir una señal eléctrica en una onda de sonido, a este dispositivo es necesario suministrar una señal eléctrica porque no está compuesto de electrónica interna. Se los conoce como transductores piezoeléctricos por su propiedad de variar el volumen al ser atravesados por una corriente eléctrica (Mishra & Durgaprasad, 2016)

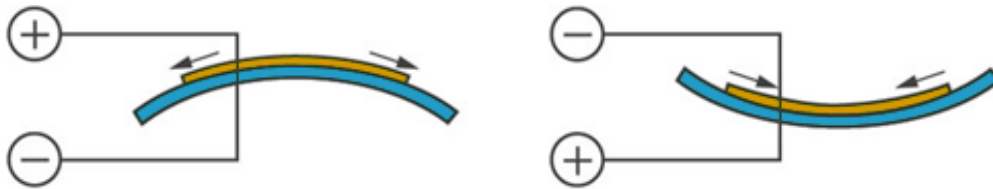


Fig 9. Transductor piezoeléctrico - Señal eléctrica (Mishra & Durgaprasad, 2016)

La conexión con ARDUINO es sencilla, sólo se alimenta el módulo conectando (Vcc y GND) y su entrada a cualquier salida digital.

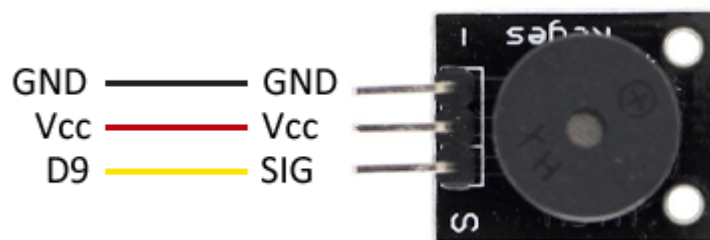


Fig 10. Esquema de conexión (Mishra & Durgaprasad, 2016)

PANTALLA KeyPad Shield

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo



Fig 11. LCD Keypad Shield (Rolyi et al, 2019)

LCD Keypad Shield ó teclado LCD es compatible con ARDUINO, diseñado para proporcionar una interfaz muy sencilla que facilita el acceso a sus funciones. Para el uso de sus pines se utiliza un solo canal ADC y a través de un divisor de tensión de 5 etapas se lee el valor de cada pulsador (Rolyi et al, 2019).

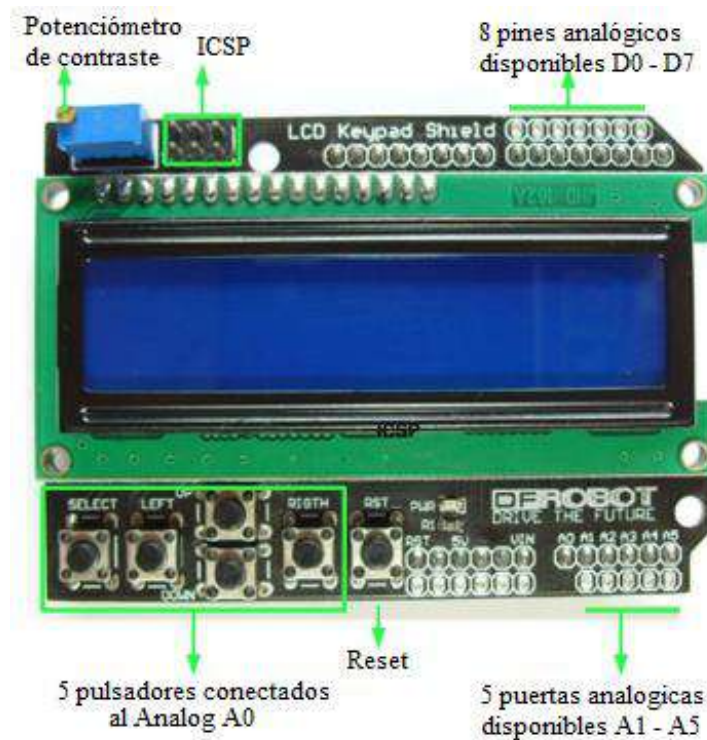


Fig 12. Diseño del Módulo LCD Keypad Shield (Rolyi et al, 2019)

En la siguiente tabla se explica la función de sus PIN.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

Tabla 3.

Funciones de la LCD – Pin

Pin	Descripción
Análogo 0	Button (select, up, right, down and left)
Digital 4	DB4
Digital 5	DB5
Digital 6	DB6
Digital 7	DB7
Digital 8	RS (Data or Signal Display Selection)
Digital 9	Enable
Digital 10	Backlit Control

Tabla 4.

Pines de entrada y salida utilizados:

Pin	Descripción
Pin analógico A1	Cable amarillo: Potenciómetro
Pin analógico A2	Cable rojo: Voltaje DC
Pin analógico A3	Cable tomate: Corriente DC
Pin analógico A4	Cable amarillo: Sensor de voltaje ac
Pin analógico A5	Cable verde: Sensor de corriente ac
Pin digital 1	Cable para el punto de continuidad
Pin digital 2	Cable para el punto de continuidad
Pin digital 3	Cable de salida al zumbador
Pin digital 11	PWM
Pin digital 12	-----
Pin digital 13	-----

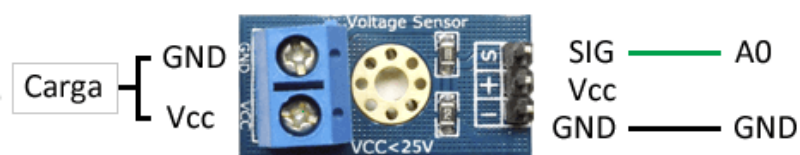


Fig 13. Esquema de montaje - sensor FZ0430 (Rolyi et al, 2019)

La Ilustración 13 representa al sensor de voltaje que permite medir voltaje en DC de 0 a 25V en el circuito, la conexión del módulo a ARDUINO mediante terminales disponibles del FZ0430 adecuadamente a GND y a una entrada analógica de ARDUINO.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo



Fig 14. Aplicación del sensor de corriente ACS712 (Rolyi et al, 2019)

De acuerdo a la ilustración 14, en el siguiente módulo de ARDUINO a la bornera ingresa la línea que se debe conectar en serie con la carga, no se debe conectar en paralelo a la fuente de voltaje.

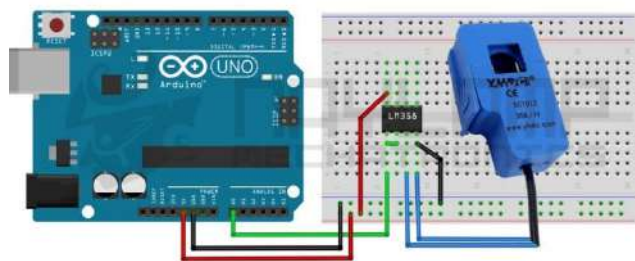


Fig 15. Conexión CST - 013 y ARDUINO (Naylapm, 2016)

En la Ilustración 15, la conexión es muy sencilla se debe tener en cuenta los pines del conector y la salida de corriente, luego conectarlo al pin analógico 0 de ARDUINO. Tomar en cuenta que por el sensor sólo debe pasar el cable que se desea medir.

Ilustración 16. Conexión – Buzzer (Mishra & Durgaprasad, 2016)

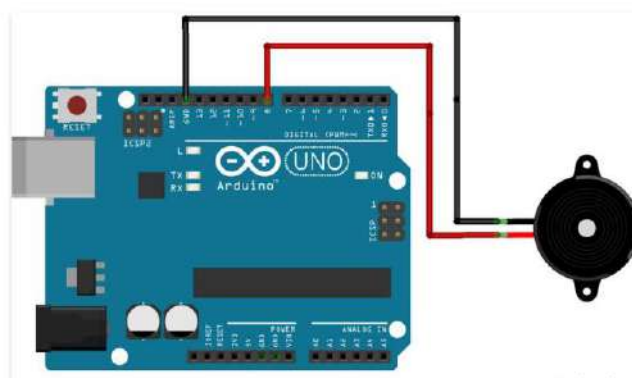


Fig 16. Conexión del buzzer

La Ilustración 16 indica la conexión del buzzer, es muy sencilla se debe conectar negativo a GND y positivo al pin 9. Se debe tener cuidado pues tiene polaridad si se lo conecta al revés no funcionará.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

2.2 Planteamiento del problema

En este trabajo se busca resolver el problema que presentan los instrumentos de medición de energía para realizar actividades básicas en el área industrial. El problema consiste en que algunos aparatos como el multímetro, miden determinadas variables eléctricas. En este contexto, es común ver multímetro que solo miden voltaje, corriente, resistencia eléctrica, entre las variables más marcadas.

Por otra parte, existen instrumentos más elaborados como los analizadores de energía que miden las variables ya mencionadas y también permiten medir potencia. Sin embargo, el costo de estos equipos es sumamente alto comparado con instrumentos convencionales lo que hace que, a nivel de microemprendimiento, sea casi imposible adquirirlos.

2.3 Método

El método aplicado a este trabajo es experimental debido a que consiste en la obtención de resultados por medio de pruebas y experimentos realizados con un prototipo para obtener los resultados que permitan la demostración de una hipótesis. En este caso, la hipótesis es la creación de un instrumento de medición de energía, que abarque cantidades básicas como voltaje, corriente y resistencia eléctrica, hasta magnitudes más complejas como la potencia, sin dejar de lado que el costo que debe representar con respecto a equipos comerciales en existencia en el mercado.

2.4 Resultados



Fig 17. Amperímetro AC

Una de las primeras funciones que se agregó a este aparato es el amperímetro AC el cual en vacío ya da una lectura por defectos mismos del sensor este se le puede desaparecer con código de programación, pero en este caso se desea que fuese menos filtrado el sensor.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo



Fig 18. Voltímetro AC

El sensor de voltaje puede medir en 220V como en 110V sin ningún problema aquí en vacío también envía una señal negativa esto se corrige con programación.



Fig 19. Watímetro AC

Para lograr el vatímetro solo se aplica los valores que entrega los sensores y filtros, estos valores se multiplican e inmediatamente aparece en pantalla.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo



Fig 20. Watimetro DC

Para todos los sensores de corriente continua se multiplica para adquirir el cálculo adecuado de valores en el vatímetro y se muestra en pantalla.

Para el diseño y la implementación del multímetro se fijaron valores de operación de acuerdo con los rangos de uso en las prácticas de laboratorio eléctrico del ISTS. Por esta razón, se elaboró la siguiente tabla con los detalles de diseño:

Tabla 5

Parámetros de diseño del medidor de energía

Parámetro	Valor
Voltaje DC	0 – 30V
Voltaje AC	0 – 140V
Corriente DC	0 – 2A
Corriente AC	0 – 2A
Potencia DC	0 – 60W
Potencia AC	0 – 280W
Resistencia	0 – 100K
Continuidad	OK

En la tabla 6, se muestran las medidas tomadas por el dispositivo creado en este proyecto. Para la medición de potencia en AC y DC se realizó el cálculo internamente tomando las medidas de voltaje y corriente respectivas. Para la verificación de valores del instrumento, se los contrastó con un multímetro calibrado y de alta precisión como lo es el FLUKE 83V.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

Tabla 6 Comparación de medición de energía

VDC			VAC			IDC			IAC			PDC			PAC		
Vm [V]	Vp [V]	Err [%]	Vm [V]	Vp [V]	Err [%]	Im [A]	Ip [A]	Err [%]	Im [A]	Ip [A]	Err [%]	Pm [W]	Pp [W]	Err [%]	Pm [W]	Pp [W]	Err [%]
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.98	1.00	117	116.93	0.06	0.13	0.13	0.00	0.13	0.13	3.85	0.26	0.26	1.00	15.21	15.20	0.06
4	3.97	0.75	120	120	0.00	0.26	0.26	0.00	0.26	0.26	0.77	1.04	1.03	0.75	31.20	31.20	0.00
6	5.94	1.00	123	122.92	0.07	0.29	0.29	0.69	0.29	0.29	0.34	1.74	1.71	1.68	35.67	35.40	0.75
8	8	0.00	125	124.95	0.04	0.52	0.52	0.38	0.52	0.51	1.73	4.16	4.14	0.38	65.00	64.72	0.42
10	9.98	0.20	127	126.96	0.03	0.65	0.65	0.00	0.65	0.65	0.62	6.5	6.49	0.20	82.55	82.52	0.03
12	11.92	0.67	131	130.9	0.08	0.78	0.77	0.77	0.78	0.77	1.15	9.36	9.23	1.43	102.18	101.32	0.84
14	13.9	0.71	132	131.94	0.05	0.91	0.90	0.99	0.91	0.91	0.00	12.74	12.52	1.70	120.12	118.88	1.03
16	15.95	0.31	133	132.97	0.02	0.104	0.10	6.73	0.104	0.10	0.96	1.664	1.55	7.02	13.83	12.90	6.75
18	17.97	0.17	134	133.94	0.04	0.117	0.11	5.98	0.117	0.11	5.13	2.106	1.98	6.14	15.68	14.73	6.03
20	19.93	0.35	135	134.94	0.04	0.13	0.12	6.92	0.13	0.12	4.62	2.6	2.41	7.25	17.55	16.33	6.96
22	21.97	0.14	136	135.94	0.04	0.143	0.14	4.90	0.143	0.13	6.29	3.146	2.99	5.02	19.45	18.49	4.94
24	23.91	0.37	137	136.99	0.01	0.156	0.15	1.92	0.156	0.15	3.21	3.744	3.66	2.29	21.37	20.96	1.93
26	25.99	0.04	138	137.9	0.07	0.169	0.17	0.00	0.169	0.16	4.14	4.394	4.39	0.04	23.32	23.31	0.07
28	27.99	0.04	139	138.99	0.01	0.182	0.18	0.55	0.182	0.18	3.85	5.096	5.07	0.58	25.30	25.16	0.56
30	29.93	0.23	140	139.91	0.06	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00	0.05	60	59.86	0.23	280.00	279.82	0.06

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

2.5 Discusión

Los valores de las diferentes magnitudes en AC y DC para voltaje, corriente y potencia son precisos tomando como base el instrumento de medida calibrado. Estos resultados muestran la alta fiabilidad de las medidas del instrumento implementado.

Existen valores de error relativo alrededor del 6% lo cual puede mejorarse en futuros proyectos debido al uso de un filtro digital o un microcontrolador de mejores características como una tarjeta Raspberry Pi de 32 bits y más velocidad de procesamiento de datos.

En cuanto a costos, existen instrumentos como los analizadores de energía que tienen un precio mínimo de alrededor de \$4000. Estos modelos tienen mejores prestaciones como el análisis de armónicos de voltaje y corriente para armónicos de hasta 20 veces la componente fundamental. Sin embargo, para propósitos básicos de medición el instrumento muestra características competitivas.

Los rangos de medición de cada variable eléctrica muestran que existen varias aplicaciones para este instrumento como las mediciones de energía residenciales, uso en el mantenimiento de equipo eléctrico o actividades de laboratorio de mediciones eléctricas.

Los equipos industriales presentan estructuras sofisticadas de software y hardware que permiten realizar las mediciones bajo parámetros estandarizados. Sin embargo, se ha mostrado a través de la creación del prototipo de medición de variables eléctricas a bajo costo, que existen alternativas que pueden lidiar con el problema del presupuesto. Este ámbito es importante en pequeñas empresas y microempresarios, donde el punto de partida de la creación de estos espacios siempre depende del tema económico. El presupuesto es reducido siempre que empieza a crearse una empresa y este tipo de prototipos pueden ayudar al nacimiento y maduración de los emprendimientos.

3. Conclusiones

Para implementar el sensor de corriente de forma adecuada se conecta una carga mayor a 1 amperio debido que la precisión de este sensor es inútil para medir miliamperios.

Los problemas en el sensor de voltaje se evitan con la aplicación de filtros digitales en la programación para poder lograr que el valor que se muestra en pantalla sea estable y no cambie de manera imprevista.

La potencia se obtuvo de forma práctica al multiplicar las señales de voltaje y corriente respectivas en AC y DC. De acuerdo con las mediciones, los valores del dispositivo fueron estables y con un bajo porcentaje de error.

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

Los valores de error relativo son consecuentes con las características que debe mostrar un instrumento calibrado. Siempre existe la posibilidad de mejorar el 6% de error con elementos electrónicos de mejores prestaciones.

En el mercado existen una serie de sensores tanto invasivos como no invasivos para medir corriente eléctrica. En este sentido, el uso de sensores no invasivos es importante en especial cuando se miden cantidades de corriente muy altas que pueden comprometer a un equipo si los circuitos no están debidamente aislados.

4. Referencias

Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an ARDUINO. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE.

Chengxi, H., Junyan, O., Shaoyuan, Y., & Hailiang, Y. (2020, May). Design and Implementation of Multimeter with Error-proof Measurement Function in Power System. In 2020 Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES) (pp. 144-147). IEEE.

Evstatiev, B., Gabrovska-Evstatieva, K., Doychinov, Y., Stoyanov, I., & Iliev, T. (2019, March). Design and Implementation of a Virtual Multimeter in the EVEEE Environment. In 2019 11th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE) (pp. 1-4). IEEE.

Li, L., Chen, Y., & Liu, J. (2010, October). The application of hall sensors ACS712 in the protection ircuitu f controller for humanoid robots. In 2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCSM 2010) (Vol. 12, pp. V12-101). IEEE.

L'vov, P. A., Konovalov, R. S., Kuzin, S. A., & L'vov, A. A. (2016, November). The use of current loop circuit as a signal conditioner for high accuracy digital piezoresistive pressure sensors. In 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics) (pp. 1-5). IEEE.

Meharkure, S., & Kinhekar, N. (2020, June). Smart Monitoring of Automatic Under Frequency Load Shedding (SMOAUFLS). In 2020 International Conference for Emerging Technology (INCET) (pp. 1-6). IEEE.

Mishra, R., Jain, S., & Durgaprasad, C. (2016, March). Analysis of piezoelectric buzzers as vibration energy harvesters. In 2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom) (pp. 1660-1664). IEEE.

Manotoa, D. A. (Octubre de 2018). "PLATAFORMA IoT DE CONTROL INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA LVDC". Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28951/1/Tesis_%20t1505ec.pdf

IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO DE MEDICIÓN DE VARIABLES

Eléctricas de bajo costo

Naylamp. (13 de April de 2016). Tutorial sensor de corriente AC no invasivo SCT - 013. Recuperado el 08 de 2020, de https://naylampmechatronics.com/blog/51_tutorial-sensor-de-corriente-ac-no-invasivo-s.html

Rolyi, N. A., Habiba, U., Kabir, H., Martuza, K. G., Akter, F., Hafiz, F., ... & Chowdhury, A. M. (2019). Design and Development of Microcontroller Based Digital Soil pH Meter. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 14(2-I), 64-71.

Sha, F., Liu, M., & Chen, X. (2019, May). The ircuitio Digital Multimeter Automatic Calibration System and Application of PID Algorithm. In 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC) (pp. 1302-1305). IEEE.

Slomovitz, D., Trigo, L., Aristoy, G., & Brehm, M. (2016, July). Resistor dividers for power quality meters. In 2016 Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2016) (pp. 1-2). IEEE.

Thakare, S., Shriyan, A., Thale, V., Yasarp, P. y Unni, K. (2016, diciembre). Implementación de un dispositivo de monitoreo y control energético basado en IoT. En 2016 IEEE Annual India Conference (INDICON) (págs. 1-6). IEEE.

Tingting, K., Yan, L., Lei, Z., & Yan, H. (2019, November). Development of multi-channel automatic digital multimeter calibration device. In 2019 14th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI) (pp. 108-113). IEEE.

Wu, C., Wu, Q., Yuan, C., Li, P., Zhang, Y., & Xiao, Y. (2017, October). Multimeter digital recognition based on feature coding detection. In 2017 10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI) (pp. 1-6). IEEE.

Xia, K., Su, H., Ni, J., Liu, B., Ye, Y., & Li, H. (2019). Smart pen-shaped digital multimeter system based on IoT and cloud. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 22(6), 27-32.

Yufei, T., Xiaopeng, L., Jie, W., & Mingzhong, L. (2019, May). Simulation Study on the Transient Characteristics of HVDC Voltage Divider and Their Effects on undervoltage sensing protection. In 2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia) (pp. 2027-2031). IEEE.