



**DESARROLLO DE UN MULTIMETRO
INALÁMBRICO CON TRANSMISIÓN
BLUETOOTH Y UNA INTERFAZ
GRÁFICA ORIENTADA A UN
TELÉFONO INTELIGENTE**

Autores:
Nelson, Sandoval
C.I:20.876.846
Tomas, Leung
C.I:24.347.113

Urb. Yuma II. Calle N°3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8427556 (máster) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**DESARROLLO DE UN MULTIMETRO INALÁMBRICO CON
TRANSMISIÓN BLUETOOTH Y UNA INTERFAZ GRÁFICA
ORIENTADA A UN TELÉFONO INTELIGENTE**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

INGENIERO ELECTRÓNICO.

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

Autores:

Nelson, Sandoval

C.I:20.876.846

Tomas, Leung

C.I:24.347.113

Tutor: Ing. Marlene, Zambrano

San Diego, julio de 2017



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-TG-2017-1CR-066

Valencia, 13 de Enero de 2017.

Ciudadanos:

Tomas Leung

C.I. 24.347.113

Nelson Sandoval

C.I. 20.876.846

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2017 de fecha 13/01/2017 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **“DESARROLLO DE UN MULTÍMETRO INALÁMBRICO CON TRANSMISIÓN BLUETOOTH Y UNA INTERFAZ GRÁFICA ORIENTADA A UN TELÉFONO INTELIGENTE”** Presentado por ustedes como requisito para optar al título de Ingeniero electrónico.

Se ratifica la designación de la Ing. Marlene Zambrano C.I. 7.066.117 y la Ing. Alicia Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutotes Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Marlene Zambrano
Decana (Encargada) de la Facultad de Ingeniería
(CU502 de fecha 11/10/2016)



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (2).
Archivo.

MEZ/jp



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Marlene Zambrano portador de la cédula de identidad N° 7.066.117, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Nelson Sandoval y Tomas Leung, portadores de la cédula de identidad N° 20.876.846 y 24.347.113 (respectivamente), titulado: **“DESARROLLO UN MULTÍMETRO INALÁMBRICO CON TRANSMISIÓN BLUETOOTH Y UNA INTERFAZ GRÁFICA ORIENTADA A UN TELÉFONO INTELIGENTE.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de ingeniero en telecomunicaciones e ingeniero en electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe

En San Diego, a los diecinueve días del mes de julio del año dos mil diecisiete.

Ing. Marlene, Zambrano
C.I.: 7.066.117

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia,
que me ha dado su apoyo
incondicional, en las buenas y en
las malas. A mis hermanos, que
esto les sirva de inspiración para
perseguir sus sueños. A mis
compañeros de clases, con los
cuales he tenido la dicha de
compartir una solidaria amistad y
finalmente, a mi país porque siento
un gran orgullo de ser Venezolano.

Nelson Sandoval

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarles mi humilde trabajo de grado, en primera instancia a mis padres, a ti papá por el apoyo incondicional permanente de tu parte con espíritu alentador, a ti mami por ser una mujer tan fuerte y luchadora, con un amor incomparable, esto es para ti. Ambos han contribuido incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético para facilitar mi adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

Dedico este trabajo de igual manera a mi tutora, quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto, que enmarca el último escalón hacia un futuro, en el cual esté al mejoramiento continuo y el aprendizaje permanente

Dedico por supuesto el trabajo, a mis compañeros de estudios de cada una de las Escuelas, tanto telecomunicaciones como de electrónica, con quienes recorrí este arduo camino, y hoy nos estamos graduando juntos. Mi dedicatoria también va a todos los venezolanos que se encuentran en los rincones más apartados de nuestros estados y gran país, a pesar de las circunstancias hay que recordar que en tiempos difíciles se crean grandes hombres.

Tomas Leung

AGRADECIMIENTOS

A mis padres **Igor y Hada** que han sido ejemplo a seguir, por haberme brindado la oportunidad de perseguir mis sueños, brindarme los medios y transmitirme la sabiduría para lograrlo. Sobre todas las cosas gracias por brindarme un hogar y hacerme el hombre que soy hoy en día.

A mis hermanos **Mariana y Nelson** por ser cómplices de mis locuras.

A mi abuelo **Nelson** por brindarme palabras de aliento en una etapa difícil, que me lleno de esperanza para seguir adelante, nunca lo olvidaré.

A mi tío **Vladimir** por demostrarme que con actitud y disciplina se puede llegar a cualquier parte.

A toda mi familia con la cual siempre he podido contar como una fuente de apoyo, sabiduría y amor.

A mis amigos **Michelle, Kevin, Wilfredo, Richard, Mario y Peggy** por haber compartido esas jornadas de estudio a mi lado, las cuales fueron indispensables para llegar a este punto y por ser camaradas en las buenas y en las malas.

Finalmente a ti **Tomás**, por ser más que un amigo, un hermano de quien he tenido completo e incondicional apoyo y por respetar mis decisiones.

A todos ustedes muchísimas gracias.

Nelson Sandoval

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios por haberme dado la existencia y permitirme tener a unos padres grandiosos que fueron cultivando en mí la perseverancia, gracias a ellos, hoy soy la persona soy, gracias a ustedes estoy culminando una etapa más en mi vida.

Igualmente a Michelle Crestani, Natasha Theis, Mauro Lisena, Kevin Lezama, Wilfredo Mendoza, Mario Pontillo y a todos mis compañeros, amigos, colegas muchas gracias por todas esas vivencias que solo se da una vez, todos esos estudios, trasnochos, discusiones hoy podemos decir que dieron frutos. Gracias por ser el combustible para el vehículo del éxito.

Agradezco por su puesto a mi compañero de trabajo de grado, Iván Sandoval quien más que un compañero, colega y amigo puedo decir que es mi hermano. Le doy gracias a Dios por poner en mi vida una gran persona que con palabras, uno no puede describir. Esta es una etapa de las tantas que faltan por culminar. Siempre te estaré agradecido por estar en las buenas y en las malas.

Mi agradecimiento también va dirigido a Hada Mayorca e Igor Sandoval, por el apoyo incondicional de una manera que es difícil de explicarlo en un par de párrafos, pero a veces el que da, no debe acordarse, pero el que recibe nunca olvida. Gracias por compartir conmigo el tiempo, el espacio, el amor en sus vidas.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

Tomas Leung

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE CUADROS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación.....	5
1.5 Alcance.....	5
1.6 Limitaciones.....	5
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Instrumento virtual.....	7
2.2.2 Método de medición de voltaje.....	8
2.2.3 Método de medición de voltaje DC.....	9
2.2.4 Método de medición de voltaje AC.....	9
2.2.4.1 Transformador.....	9
2.2.4.2 Rectificador de onda completa.....	10
2.2.5 Método de medición de corriente.....	14
2.2.6 Método de medición de temperatura.....	15
2.2.6.1 Resistencia base.....	16
2.2.6.2 Resistencia en comparación con temperatura.....	17
2.2.6.3 Precisión del termistor.....	17
2.2.6.4 Estabilidad del termistor.....	18
2.2.6.5 Termopar.....	18
2.2.7 Medición de resistencia.....	19
2.2.8 Medición de distancia.....	20
2.2.8.1 Medición de distancia por ultrasonido.....	20
2.2.8.2 Medición de distancia por láser.....	21
2.2.9 Método de comprobación de continuidad en un conductor.....	22
2.2.10 Microcontroladores.....	22

2.2.10.1 Arduino.....	23
2.2.11 Métodos de Comunicación Inalámbrica.....	24
2.2.11.1 Tecnología Bluetooth.....	24
2.2.11.2 Tecnología Wifi.....	25
2.2.12 Sistemas operativos para móviles.....	26
2.2.12.1 Android.....	27
2.2.12.2 IOS.....	28
2.2.13 Técnicas de diseño de una interfaz gráfica.....	28
2.2.13.1 Mensaje.....	29
2.2.13.2 Distribución de elementos.....	29
2.2.13.3 Color.....	30
2.2.13.4 Tipografía.....	30
2.2.13.5 Gráficos.....	31
2.3 Entorno de desarrollo integrado (IDE).....	31
2.4 Definición de términos básicos.....	31

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	33
3.2 Diseño de la Investigación.....	33
3.3 Unidad de análisis.....	34
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.4.1 Observación directa.....	35
3.4.2 Entrevista.....	35
3.4.3 Revisión documental.....	36
3.5 Nivel de investigación.....	36
3.6 Fases de Investigación.....	36

4 RESULTADOS

4.1 Fase I.....	38
4.1.1 Temperatura.....	38
4.1.1.1 Sensor de temperatura MAX6675.....	38
4.1.1.2 Sensor de temperatura DHT11.....	39
4.1.2 Distancia.....	40
4.1.2.1 Sensor de distancia HC-SR04.....	40
4.1.2.2 Sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F.....	41
4.1.3 Corriente DC.....	42
4.1.3.1 Sensor de corriente ACS712.....	42
4.1.3.2 Sensor de corriente SCT-013.....	42
4.1.4 Voltaje DC.....	43
4.1.5 Voltaje AC.....	43
4.1.6 Continuidad eléctrica.....	43
4.1.7 Resistencia.....	43
4.1.8 Microcontrolador.....	43

4.1.8.1	Microcontrolador ATMEL modelo ATMEGA328P...	44
4.1.8.2	Microcontrolador MICROCHIP modelo 16F877A...	44
4.1.9	Módulo de comunicación Bluetooth.....	46
4.1.9.1	Módulo Bluetooth HC-06.....	46
4.1.9.2	Módulo Bluetooth HM-10.....	47
4.2	Fase II.....	48
4.2.1	Puntas de medición.....	50
4.2.2	Módulo Bluetooth HC-06.....	51
4.2.3	Sensor de corriente ACS712.....	52
4.2.4	Sensor de Temperatura DHT11.....	52
4.2.5	Sensor de distancia HC-SR04.....	53
4.2.6	Arreglo para medir voltaje DC.....	53
4.2.7	Arreglo para medir voltaje AC.....	54
4.2.8	Arreglo para comprobar continuidad eléctrica.....	55
4.2.9	Arreglo para medir resistencia.....	55
4.2.10	Diseño del circuito impreso.....	58
4.2.11	Diseño de la interfaz gráfica	59
4.2.11.1	Selección de IDE.....	59
4.2.11.2	IDE ECLIPSE.....	59
4.2.11.3	IDE MIT APP INVENTOR.....	59
4.2.11.4	Menú principal de la interfaz gráfica.....	61
4.2.11.5	Descripción de la <i>ventana menú principal</i>	61
4.2.11.6	Descripción de la <i>ventana conectar</i>	62
4.2.11.7	Descripción de la <i>ventana medir</i>	62
4.2.11.8	Proceso para obtener una medición.....	65
4.2.11.9	Descripción de la <i>ventana registrar y gestionar</i> ...	65
4.3	Fase III.....	67
4.4	Fase IV.....	73
4.4.1	Instrumento patrón.....	73
4.4.2	Calibración.....	74
4.4.3	Calibración de voltaje DC.....	75
4.4.4	Calibración voltaje AC.....	75
4.4.5	Calibración de óhmetro.....	76
4.4.6	Calibración de corriente DC.....	77
4.4.7	Calibración de distancia.....	78
4.4.8	Pruebas de la aplicación del teléfono inteligente.....	79
4.5	Fase V.....	79
4.5.1	Factibilidad Técnica.....	79
4.5.2	Factibilidad Económica.....	80
4.5.3	Factibilidad Operativa.....	81
	CONCLUSIONES.....	83

RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	87
ANEXO A. Hoja de especificaciones ACS712.....	88
ANEXO B. Hoja de especificaciones ATMEL ATMEGA328P.....	91
ANEXO C. Hoja de especificaciones DHT11.....	95
ANEXO D. Hoja de especificaciones HC-06.....	98
ANEXO E. Hoja de especificaciones HC-SR04.....	102
ANEXO F. Hoja de especificaciones RS201L.....	104
ANEXO G. Manual de usuario del multímetro inteligente.....	106
ANEXO H. Entrevista a los expertos.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pp.
1	Divisor de voltaje.....	8
2	Ecuación del divisor de voltaje.....	9
3	Transformador.....	10
4	Puente de diodo.....	10
5	Rectificador de puente de diodos positivo.....	11
6	Rectificador Puente de diodos negativo.....	12
7	Rectificador de onda rectificada.....	12
8	Ecuación forma de onda de Salida.....	13
9	Circuito del condensador paralelo a la salida.....	13
10	Carga y descarga del condensador.....	14
11	Resistencia del termistor NTC.....	16
12	Resistencia en comparación con la curva de temperatura.....	17
13	Juntas de termopar.....	18
14	Temperatura por termopar.....	19
15	Divisor de voltaje óhmetro.....	19
16	Ecuación de divisor de voltaje en función de R1.....	20
17	Medición por ultrasonido.....	20
18	Ecuación de medidor de distancia ultrasonido.....	21
19	Ecuación de medidor de distancia por láser.....	21
20	Circuito probador de continuidad.....	22
21	Microcontrolador de la microchip.....	23
22	Modelo de conectividad Bluetooth.....	25
23	Tecnología wifi.....	26
24	Logo principal de Android.....	27
25	Sensor de temperatura Max6675.....	39
26	Módulo de temperatura DHT11.....	39
27	Módulo de temperatura HC-SR04.....	40
28	Sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F.....	41
29	Sensor de corriente DC ACS712.....	42
30	Sensor de corriente SCT-013.....	42
31	Microcontrolador ATMEL modelo ATMEGA328P.....	44
32	Microcontrolador MICROCHIP modelo 16F877A.....	45
33	Modulo Bluetooth HC-06.....	46
34	Modulo Bluetooth HM-10.....	47
35	Microcontrolador ATMEGA328P simulado en Proteus.....	50
36	Puntas de medición simuladas en Proteus.....	51
37	Conexiones del módulo Bluetooth HC-06 en Proteus.....	51
38	Conexiones del sensor de corriente ACS712.....	52

39	Conexiones del sensor de temperatura DHT11.....	53
40	Conexiones del sensor de temperatura HC-SR04.....	53
41	Arreglo para medir voltaje DC.....	54
42	Arreglo para medir voltaje AC.....	54
43	Arreglo para comprobar la continuidad eléctrica.....	55
44	Arreglo para medir resistencia.....	56
45	Diseño del multímetro utilizando el programa Proteus.....	57
46	Vista 2D del circuito impreso.....	58
47	Vista 3D del circuito impreso con los componentes.....	58
48	Apariencia de IDE MIT APP INVENTOR.....	60
49	Ventana del menú principal.....	61
50	Esquema de la sincronización Bluetooth.....	62
51	Figura de la <i>ventana medición</i>	63
52	Figura de <i>ventana de registrar y gestionar</i>	65
53	Circuito impreso en la baquelita.....	67
54	Etapa de soldar componentes.....	68
55	Montaje de los componentes en la baquelita.....	68
56	Etapa de barnizado.....	69
57	Etapa del corte de la lámina de acrílico.....	69
58	Etapa de pegar las láminas de acrílico.....	70
59	Etapa de perforación de los orificios de las borneras.....	70
60	Etapa del montaje de las borneras.....	71
61	Etapa de fijar el transformador.....	71
62	Etapa de empotrar el sensor de distancia.....	72
63	Etapa de ensamblado.....	72
64	Etapa de ensamblado final.....	73
65	Tabla de especificaciones FLUKE 87V.....	74
66	Ecuación para calcular el error absoluto.....	74
67	Ecuación para calcular la exactitud.....	74
68	Circuito para calibrar corriente.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pp.
1	Tabla comparativa de los sensores de temperatura.....	40
2	Tabla comparativa de los sensores de distancia.....	41
3	Tabla comparativa de los sensores de corriente.....	43
4	Tabla comparativa de los microcontroladores.....	45
5	Tabla comparativa de los módulos Bluetooth.....	47
6	Componentes utilizados en el diseño del multímetro.....	48
7	Componentes secundarios utilizados en el diseño del multímetro.....	49
8	Descripción componentes del menú principal de la interfaz gráfica.....	61
9	Tabla comparativa de IDE ECLIPSE y MIT APP INVENTOR....	60
10	Tabla de componentes de la ventana medir.....	63
10	Tabla de componentes de la ventana registrar y gestionar.....	66
11	Tabla comparativa de las mediciones de voltaje DC.....	66
12	Tabla comparativa de las mediciones de voltaje AC.....	75
13	Tabla comparativa de las mediciones de resistencia.....	76
14	Tabla comparativa de las mediciones de corriente DC.....	76
15	Tabla comparativa de las mediciones de distancia.....	78
16	Factibilidad económica.....	78
17	Tabla comparativa de funciones de los multímetros.....	80



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y FACULTAD DE
INGENIERÍA TELECOMUNICACIONES**

**DESARROLLO DE UN MULTIMETRO INALÁMBRICO CON
TRANSMISIÓN BLUETOOTH Y UNA INTERFAZ GRÁFICA ORIENTADA
A UN TELÉFONO INTELIGENTE**

Autor: Sandoval Nelson, Leung Tomas

Tutor: Ing. Marlene Zambrano

Fecha: Julio, 2017

RESUMEN

Este trabajo está enmarcado dentro de un proyecto factible, tipo descriptivo con diseño de campo. Está orientado al desarrollo de un dispositivo que permita realizar mediciones eléctricas y que sean indicadas, registradas y gestionadas por un dispositivo móvil a través de la comunicación Bluetooth. Para el desarrollo del dispositivo se utilizaron micro controladores, transductores y diferentes arreglos circuítales que permitieron realizar la medición eléctrica y el procesamiento digital de las variables eléctricas, además de gestionar la comunicación con un módulo Bluetooth a cualquier dispositivo que cuente con sistema operativo Android. Las técnicas utilizadas para la recolección de información fueron la documentación previa, la observación directa y la entrevista. El tipo de investigación es de proyecto factible. El trabajo se dividió en 5 fases, la primera fue el estudio de las tecnologías relacionadas a mediciones electrónicas de variables físicas y comunicación Bluetooth, segundo, diseño del multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth y una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente, tercero, construcción del prototipo del multímetro diseñado, cuarto, realización de pruebas de funcionamiento del prototipo y por último el estudio de factibilidad económica, técnica y operativa del dispositivo diseñado. El resultado de este trabajo de grado fue satisfactorio ya que se cumplieron todos los objetivos planteados, al construir un multímetro inalámbrico con el cual se pueden obtener mediciones, con errores de menos del 1% del rango del multímetro inalámbrico. Así mismo sentido se logró crear la aplicación que pone a la disposición del usuario la interfaz gráfica en el teléfono inteligente. Adicionalmente, el estudio de la factibilidad, arroja la viabilidad de desarrollar este proyecto con las recomendaciones sugeridas.

Descriptor: multímetro, inalámbrico, Bluetooth, medición, Android.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado, es una investigación que tiene como objetivo, desarrollar un multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth, utilizando para ello un teléfono inteligente con interfaz gráfica y un microcontrolador. El dispositivo a construir permitirá al usuario, realizar mediciones eléctricas de variables físicas como, voltaje, corriente, resistencia, distancia y temperatura, así como también, la continuidad eléctrica de un conductor. Adicionalmente, el usuario podrá a través de la aplicación en un teléfono inteligente, visualizar, registrar y gestionar las mediciones hechas con el dispositivo.

El usuario de igual forma, a través de la aplicación móvil, podrá realizar diversas operaciones de gestión importantes para la toma de mediciones como por ejemplo operaciones estadísticas y cambios de notación científica de las unidades.

El trabajo de grado está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo I. El Problema. En él se encuentra el planteamiento del problema, el propósito de la investigación, los objetivos que se buscan alcanzar con el desarrollo del proyecto, la justificación, indicando los beneficios y ventajas del dispositivo a desarrollar, el alcance y las limitaciones.

Capítulo II. Marco teórico. En este capítulo se describen los trabajos consultados que sirven como antecedentes a la investigación, las bases teóricas y la definición de los términos básicos relacionados con la temática abordada.

Capítulo III. Marco metodológico. En esta sección se plantea todo lo referente a la metodología usada para la de investigación, definiendo el tipo, diseño y nivel de investigación, así como la población y la muestra para la recolección de datos. Igualmente se explican cada una de las fases a realizar durante el desarrollo del trabajo.

Capítulo IV. Resultados. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos luego de cumplir con los objetivos específicos que se plantearon en el trabajo de grado.

Finalmente se presentan las conclusiones que dan cierre al trabajo, las recomendaciones para acciones futuras y los anexos que contienen información sobre las especificaciones técnicas de los componentes utilizados.

.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Desde tiempos ancestrales el ser humano insistió en poder describir los fenómenos de la naturaleza a través de ecuaciones matemáticas. Según Hernández (1995):

Uno de los primeros conceptos desarrollados por el hombre fue el de número, pues tenía la necesidad de poder expresar numéricamente todo lo que se encontraba a su alrededor. Entonces el hombre comenzó a medir mediante un simple conteo de objetos. Más tarde, y por propias necesidades de su desarrollo, enunció el concepto de medida, realizando las primeras mediciones a partir de unidades muy rudimentarias (p1).

Debido a esta realidad, la comunidad de investigación científica se ha visto en la necesidad de hacer mediciones de todo tipo de variables físicas, durante un periodo de tiempo establecido y bajo varios tipos de condiciones. Como consecuencia de esto, los investigadores se hallaron en la obligación de indicar, documentar y gestionar las magnitudes de dichas variables. Giorgi (1901) expresa que:

Es posible combinar las unidades mecánicas de este sistema metro-kilogramo-segundo con las unidades prácticas eléctricas para formar un sencillo sistema cuadrimensional agregando a las tres unidades básicas una cuarta unidad de naturaleza eléctrica, tal como el ampere o el ohm, reescribiendo la ocurrencia de ecuaciones en electromagnetismo en la llamada forma racionalizada. La propuesta de Giorgi abrió el camino a un número de nuevos desarrollos (p5).

Gracias a este aporte se pudo hallar la relación entre las variables físicas y las variables eléctricas, dando nacimiento a los primeros instrumentos eléctricos de medición de variables físicas. No obstante, esta medición debe cumplir con una serie

de requerimientos y condiciones para que la medición sea aceptable, es decir que la variable medida sea igual a la variable física.

Al respecto, Carmines & Zeller (1979) señalan la importancia de la medición, la cual consideran como una teoría auxiliar que establece la relación entre indicadores y constructos. Ellos parten de la base, que la medición tiene la misma importancia para la investigación científica que la teoría fundamental, mediante la cual se busca explicar los fenómenos, por medio de la especificación de las relaciones de unos conceptos, con otros.

Esta documentación de la data debe ser precisa y libre de errores de transcripción. Actualmente en el mercado la mayoría de los multímetros, están limitados a ser instrumentos de tipo indicador y no de tipo registrador o gestor de datos. Este hecho se traduce en tres consecuencias inmediatas, primero el investigador debe estar observando el indicador del multímetro para anotar el valor de la variable en un instante de tiempo determinado, esto conlleva a que el operador debe estar alerta cada cierto tiempo para transcribir a un software o a papel dicho valor. Segundo, en la transcripción puede haber errores de registro. Tercero, en una era en la cual la comunicación entre todos los dispositivos facilita el trabajo, el multímetro, en su gran mayoría, es un instrumento de medición aislado, en otras palabras no se comunica con otros dispositivos.

La necesidad de actualizar estos equipos de medición es inminente, ya que hoy en día la tecnología avanza a grandes pasos, como lo es “el internet de las cosas” Cisco (2016) lo define como:

Es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. También suele referirse como el internet de todas las cosas o internet en las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de radio, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos (p. 1)

Las realidades antes descritas traen serios inconvenientes al usuario en el proceso de medir variables y gestionar la data medida, siendo estos problemas, frecuentemente encontrados, los que retrasan tiempos de respuesta y dificultan la toma de decisiones.

1.2 Formulación del problema

Una vez analizados los aspectos mencionados en la sección anterior, en busca de dar respuesta a los inconvenientes descritos, y con la intención de incorporar nuevas tecnologías, se plantea la siguiente pregunta:

¿De qué manera se puede desarrollar un dispositivo de medición multivariable con el fin de indicar, registrar y gestionar los resultados de las mediciones mediante una aplicación instalada en un teléfono inteligente?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth y una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Estudiar las tecnologías relacionadas a mediciones electrónicas de variables físicas y comunicación Bluetooth.
- 2) Diseñar un multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth y una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente.
- 3) Construir el prototipo del multímetro diseñado
- 4) Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.
- 5) Estudiar la factibilidad económica, técnica y operativa del dispositivo diseñado.

En el marco metodológico estos objetivos son explicados brevemente.

1.4 Justificación de la investigación

Con la realización de este trabajo de investigación se beneficiara a la universidad, a los estudiantes, a los profesionales y al país. Se diseñará un instrumento que le permita al usuario realizar mediciones con practicidad, utilizando un teléfono inteligente como interfaz de visualización. Así mismo se le brindará al usuario la confianza de que el error debido al operador se disminuye ya que las mediciones realizadas serán indicadas, registradas y gestionadas por la aplicación. Este dispositivo de medición a distancia proporcionará al usuario seguridad a la hora de tomar las mediciones, dado que este podrá mantenerse alejado del punto de medición. Finalmente este proyecto permitirá que el usuario personalice su interfaz gráfica, adaptándola a sus necesidades particulares.

1.5 Alcance

El proyecto tiene como alcance, el desarrollo de un multímetro inalámbrico para la toma de mediciones de las variables eléctricas y físicas tales como: voltaje continuo, voltaje alterno, corriente continua, resistencia, temperatura y distancia. Además el dispositivo podrá ser usado para probar la continuidad en un conductor. Estas mediciones serán indicadas, registradas y gestionadas por un teléfono inteligente usando como medio de comunicación inalámbrica la tecnología Bluetooth.

1.6 Limitaciones

Algunas de las limitaciones en este trabajo de investigación se encuentran dadas por la falta de disponibilidad de algunos elementos o componentes en el mercado, estos componentes son necesarios para el desarrollo del prototipo del sistema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de esta investigación, se ha llevado a cabo una revisión de trabajos anteriores, los cuales servirán como base y orientación para la elaboración de este trabajo. A continuación, se presenta una serie de estudios basados en el diseño de un sistema de obtención de las mediciones eléctricas.

2.1 Antecedentes de la investigación

Aimacaña, D. y Nieto, R. (2014) en su trabajo de grado **“Diseño e implementación de instrumentos virtuales utilizados en la medición de variables eléctricas con dispositivos móviles bajo la plataforma Android, para el laboratorio de circuitos electrónicos”** realizado para optar al título de ingeniero electrónico e instrumentación en Ecuador en la Universidad de las Fuerzas Armadas Innovación Para La Excelencia, presentan una integración de distintos mecanismos y tecnologías para la medición de variables eléctricas, sobre la plataforma de código abierto Android, utilizando microcontroladores, que permite realizar el procesamiento digital de las variables eléctricas. Además gestiona la comunicación con cualquier dispositivo que trabaje con Android, a través de un protocolo de comunicación inalámbrica, como lo es Bluetooth, Partiendo de los fundamentos físicos y conceptos básicos, se evalúa la evolución del proyecto, desarrollando la presentación propia del producto, su funcionamiento, ventajas y características. El aporte fundamental de este trabajo de grado es el diseño, es el basamento teórico y la construcción de instrumentos de medición eléctrica de variables físicas, así como el acondicionamiento de dicha señal de medición.

Suquilanda, T. eIdrovo, M. (2013) en su trabajo de grado **“Diseño y montaje de enlace inalámbrico para transmisión de datos utilizando tecnología Bluetooth”** elaborado para optar al título de ingeniero electrónico en la universidad

Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador, realizan una investigación sobre la tecnología Bluetooth, como lo son sus orígenes, estándares, topología, protocolos de comunicación y especificaciones técnicas de la misma.

Dicha investigación proporciona conocimiento fundamental para abordar el entendimiento del medio de comunicación utilizando tecnología Bluetooth orientada al sistema operativo Android y microcontroladores.

Guillen, M. (2008) en su trabajo de grado “**Diseño e implementación de un sistema medidor de variables eléctricas**” realizado para optar al título de ingeniero eléctrico en la universidad de Costa Rica, presenta un trabajo cuyo objetivo es diseñar una tarjeta que permita tomar medidas de variables eléctricas y poder enviarlas a través de un puerto USB. El diseño lo dividió en tres etapas, la primera etapa consistió en el desarrollo de la tarjeta de medición, en la segunda etapa se trató problema el de la digitalización de las variables adquiridas por la tarjeta diseñada y su debido acondicionamiento; y por último en la tercera etapa se abordó el problema de tomar los valores digitalizados y enviarlos a través del puerto USB.

El principal aporte de este trabajo de grado es el método de acondicionamiento de la data adquirida de los instrumentos de medición y el manejo remoto a través de una computadora, todo esto integra un desarrollo no solo de hardware, sino también de software, de la misma manera como se espera hacer en este trabajo de grado.

2.2 Bases teóricas

A continuación, se describirán algunos de los conceptos fundamentales tratados en este trabajo para efectos de un mejor entendimiento del tema, y se definirán gran parte de los términos técnicos que se utilizaron para la elaboración de este proyecto.

2.2.1 Instrumento virtual

Gonzales (2006) afirma que: “Un instrumento virtual puede realizar las tres funciones básicas de un instrumento convencional: adquisición, análisis y presentación de datos. Sin embargo, el instrumento virtual permite personalizar el instrumento y agregarle mucha más funcionalidad sin incurrir en costos adicionales” (p. 4).

Para realizar mediciones eléctricas de las variables eléctricas es necesario conocer que métodos existen actualmente y escoger uno que satisfaga las necesidades del multímetro inalámbrico.

2.2.2 Método de medición de voltaje

El divisor de tensión es un arreglo circuital que consiste en una fuente de voltaje que proporciona la energía y dos resistencias R_1 y R_2 . Este método no es sustentado por un autor en específico pero este arreglo es utilizado frecuentemente por personas en el ámbito de la electrónica. Cualquier combinación de R_1 con R_2 formará un divisor de tensión como se puede observar en la figura 1. Se utilizan en casos en que los voltajes son demasiados grandes y donde existe la necesidad de dividir tales voltajes, con la finalidad de obtener una tensión menor a partir de una mayor para ser detectada por el conversor analógico digital (ver figura 1).

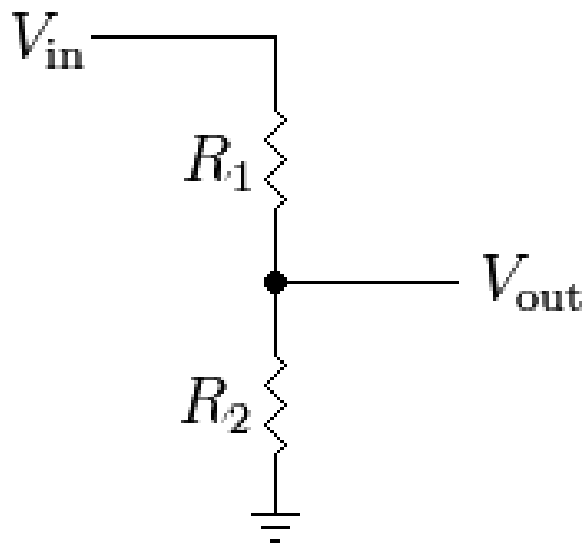


Figura 1. Divisor de voltaje

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Resistive_divider.png

2.2.3 Método de medición de voltaje DC

Para realizar esta medición se utiliza el arreglo de divisor de voltaje. (Ver figura 2) Obteniendo un V_{out} a partir de un arreglo circuital de R_1 y R_2 y una fuente V_{in} , se determina el voltaje medido V_{in} despejándolo de la ecuación mostrada en la figura 2. Para lograr dicha medición se debe colocar la entrada del divisor de voltaje en el polo positivo del punto de medición y unir la tierras en común, con este arreglo se debe tener en cuenta la polaridad de las puntas ya que al ser invertidas podría causar un corto circuito.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

Ec. 1: Ecuación del divisor de voltaje

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

2.2.4 Método de medición de voltaje AC

Para realizar la medición de voltaje alterno se estableció que la medición sería de voltaje pico de una onda alterna senoidal, para lograr dicha medición es necesario diseñar un arreglo en el cual tenga como entrada cambios de voltaje alterno y a su salida presente cambios de voltaje VDC de 0 a 5 voltios. Esto se cumple mediante un circuito conformado por: un transformador, un rectificador de onda completa, un condensador y un arreglo de resistencia para hacer un divisor de voltaje que disminuya la magnitud del voltaje a una relación que se pueda controlar por un microcontrolador.

2.2.4.1 Transformador

El funcionamiento de los transformadores se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, cuya explicación matemática se resume en las ecuaciones de Maxwell.

Al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario o inductor, producida esta por la corriente eléctrica que lo atraviesa, se produce la inducción de

un flujo magnético en el núcleo de hierro. Según la ley de Faraday, si dicho flujo magnético es variable, aparece una fuerza electromotriz en el devanado secundario o inducido. De este modo, el circuito eléctrico primario y el circuito eléctrico secundario siendo independientes quedan acoplados mediante un campo magnético.

La tensión inducida en el devanado secundario depende directamente de la relación entre el número de espiras del devanado primario y secundario y de la tensión del devanado primario. Dicha relación se denomina relación de transformación (ver figura 3).

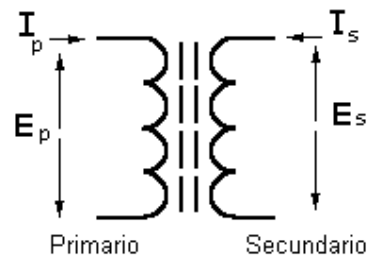


Figura 3. Transformador

Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/Transformador.png>

Para determinar de voltaje alterno es necesario rectificar la señal de entrada por lo que se realiza un arreglo de diodos para una rectificación de onda completa.

2.2.4.2 Rectificador de onda completa

Para realizar la medición de voltaje alterno se necesita rectificar toda la tensión alterna, no solo la parte positiva, esto se logra mediante el arreglo conocido como puente de diodos, lo que se obtiene una vez que la corriente alterna ha pasado por el puente de diodos se conoce como rectificación de onda completa (ver figura 4).

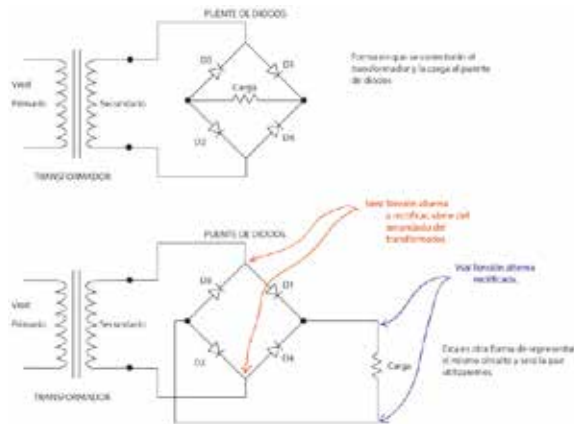


Figura 4. Puente de Diodo

Fuente: <https://i0.wp.com/mrelbernitutoriales.com/wp-content/uploads/2014/11/Puente-de-diodos.jpg?w=2340>

En la figura anterior se observa cómo fue la distribución de los diodos para este tipo de rectificador, además se muestra como hay que conectar el secundario del transformador y la carga al puente de diodos; a la tensión que se mide en el secundario del transformador se le llama tensión de entrada V_{ent} para el puente de diodos, y la tensión que se mide en la resistencia de carga es la tensión de salida V_{sal} para el puente de diodos que viene a ser también la tensión alterna rectificada

Primeramente se ve cómo trabaja el puente de diodos cuando la parte positiva da la tensión alterna ingresa al puente de diodos, para ello será de utilidad la figura 5:

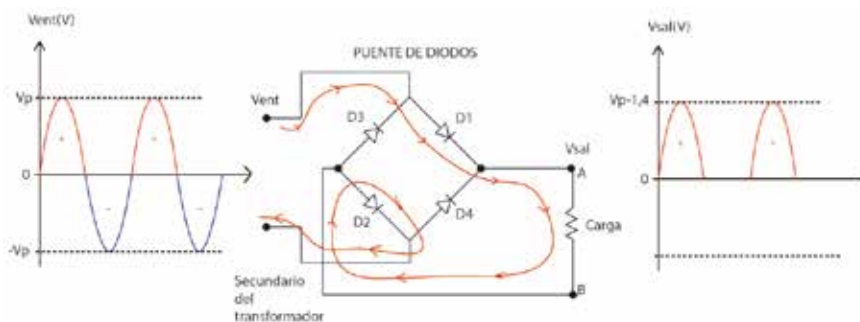


Figura 5. Rectificador puente de diodos positivo

Fuente: <https://i0.wp.com/mrelbernitutoriales.com/wp-content/uploads/2014/11/Puente-de-diodos-positivo.jpg?w=2340>

Cuando la parte positiva de la tensión alterna (en color rojo) ingresa al puente de diodos, D1 y D2 se polarizarán en directa y cuando sobre cada uno de ellos caiga

aproximadamente 0,7V ambos diodos se activarán y conducirán la corriente, mientras que para este caso D3 y D4 se polarizan en inversa por lo cual no se activan y no conducen corriente, sobre la resistencia de carga la corriente ingresará por A, por lo tanto el potencial de A será mayor que el potencial de B, entonces A será positivo con respecto de B, la V_{sal} será positiva, esto por Kirchoff, como no hay más carga en el camino de la corriente la tensión que caerá sobre la resistencia de carga será $V_{sal}=V_{ent}-1,4$, ya que sobre cada diodo cae 0,7V (ver figura 6).

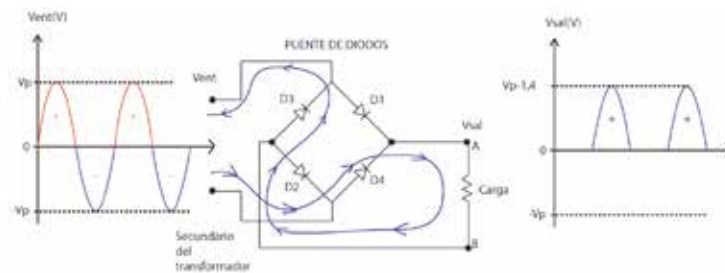


Figura 6. Rectificador puente de diodos negativo

Fuente: <https://i0.wp.com/mrelbernitutoriales.com/wp-content/uploads/2014/11/puente-de-diodos-negativos.jpg?w=2340>

Cuando la parte negativa de la tensión alterna (en color azul) ingresa al puente de diodos, D4 y D3 se polarizan en directa y cuando sobre cada uno de ellos caiga aproximadamente 0,7V ambos diodos se activarán y conducirán la corriente, mientras que para este caso D1 y D2 se polarizan en inversa por lo cual no se activan y no conducen corriente, sobre la resistencia de carga la corriente ingresará por A, por lo tanto en la resistencia la corriente tiene el mismo sentido que cuando es la corriente positiva la que ingresa al puente, nuevamente el potencial de A es mayor que el potencial de B, entonces A será positivo con respecto de B, la V_{sal} será positiva, esto por Kirchoff, como no hay más carga en el camino de la corriente, la tensión que caerá sobre la resistencia de carga será $V_{sal}=V_{ent}-1,4$, ya que sobre cada diodo cae 0,7V. Ahora se podrá comparar cómo será la tensión de salida con respecto a la tensión de entrada (ver figura 7).

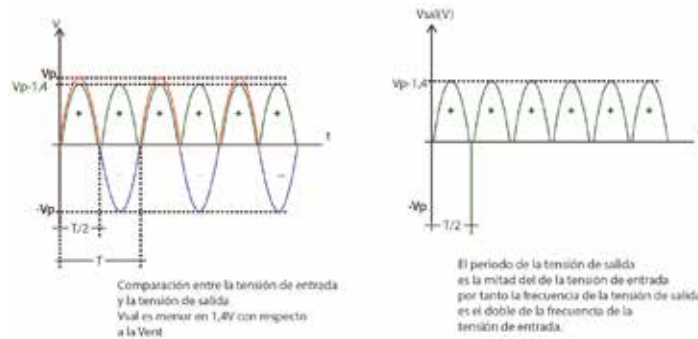


Figura 7. Rectificador de onda rectificada

Fuente: <https://i0.wp.com/mrelbernitutoriales.com/wp-content/uploads/2014/11/onda-rectificada.jpg?w=2340>

Se observa la forma de onda de la salida (en verde) que corresponde a la rectificación de onda completa, se comprueba que mediante el puente de diodos se puede rectificar la parte positiva y la parte negativa de la tensión alterna de la entrada; en la comparación se observa que la Vsal será menor en 1,4V a la Ventr, además, el periodo de la Vsal es la mitad del periodo de la Ventr, lo que indica que la frecuencia de la Vsal es el doble de la frecuencia de Ventr, se aprecia de la siguiente manera (ver figura 8):

$$f_{sal} = 2(f_{entr})$$

Ec 2. Ecuación forma de onda de Salida

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Desde luego la onda no es nada plana, es una corriente continua pulsante, por eso hay que convertirla en lo más plana posible para que sea auténticamente corriente continua y como la mayoría de las que se usan.

Para eso se realizó un filtrado de la onda mediante un condensador. Se observó el circuito de filtrado aparte (ver figura 9):

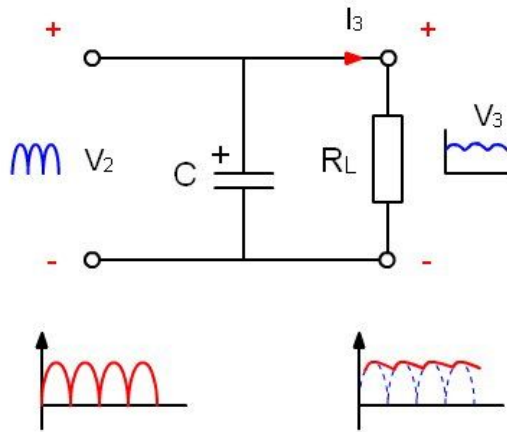


Figura 9. Circuito del condensador paralelo a la salida
Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electronica/imagenes/filtro-onda.jpg>

Se tiene un condensador en paralelo con una resistencia, alimentados por una corriente alterna (observa la forma de las ondas en la Figura).

En el instante inicial el condensador está descargado y la tensión de alimentación lo carga. Al cabo de un tiempo en condensador estará completamente cargado. Ahora el condensador comienza a descargarse por R_L , pero casi nada más empezar a descargarse, el generador de alterna lo detecta y empieza a cargar otra vez el condensador. El condensador nunca se descarga por completo.

La Tensión en R_L o de salida, al estar en paralelo con el condensador, es la misma que tiene el condensador, por eso la onda de la tensión de salida es la de la figura 10, una onda rectificadas, de tal forma que solo tendrá la cresta de la onda.

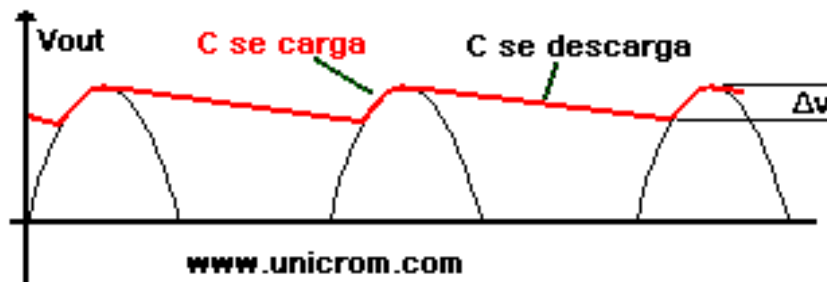


Figura 10. Carga y descarga del condensador
Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electronica/imagenes/carga-descarga-condensador.gif>

Se observa como el condensador se carga, pero justo en el momento en que la señal de tensión en el condensador llega a la máxima, el condensador se descarga sobre la salida, suministrando la tensión de salida el propio condensador.

2.2.5 Método de medición de corriente

El método para la medición de corriente se lleva a cabo utilizando el Efecto Hall. Olmo (2004) define que: “Si una corriente eléctrica fluye a través de un conductor situado en un campo magnético, éste campo ejerce una fuerza transversal sobre los portadores de cargas móviles, que tiende a empujarlas hacia un lado del conducto” (p1).

Al colocar el sensor en el campo magnético producido por la corriente a medir, se medirá una tensión de salida proporcional al campo magnético. Dado que el campo magnético en un conductor está asociado a la corriente que pasa por él, se pueden ver cambios de voltaje a la salida del sensor proporcionales a la corriente.

2.2.6 Método de medición de temperatura

En la actualidad existen varios métodos para medir la temperatura, debido a la accesibilidad económica y requerimientos de proyecto, se estudió el método de medición de temperatura por termistor y por termopar.

Termistor

Un termistor es un sensor del tipo resistivo, produce cambios en su resistividad eléctrica a la presencia de cambios de temperatura. Esto se traduce en que es posible medir la temperatura del termistor con un medidor de resistencia, es decir, un óhmetro. La ventaja de los termistores frente a otros sensores de temperatura es el bajo precio de estos y su amplio rango de medida, existen dos tipos de termistor:

- NTC (NegativeTemperatureCoefficient) – coeficiente de temperatura negativo

- PTC (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo

Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen.

El funcionamiento se basa en la variación de la resistencia del semiconductor debido al cambio de la temperatura ambiente, creando una variación en la concentración de portadores. Para los termistores NTC, al aumentar la temperatura, aumentará también la concentración de portadores, por lo que la resistencia será menor, de ahí viene que el coeficiente sea negativo. Para los termistores PTC, en el caso de un semiconductor con una estimulación muy intensa, éste adquirirá propiedades metálicas, tomando un coeficiente positivo en un margen de temperatura limitado. Normalmente los termistores se fabrican a partir de óxidos semiconductores, tales como el óxido férrico, el óxido de níquel o el óxido de cobalto.

Sin embargo, a diferencia de los sensores RTD, la variación de la resistencia con la temperatura no es lineal. Para un termistor NTC, la característica es hiperbólica. Para pequeños incrementos de temperatura, se darán grandes incrementos de resistencia (ver figura 11). Por ejemplo, el siguiente modelo caracteriza la relación entre la temperatura y la resistencia mediante dos parámetros:

$$R_t = A \cdot e^{\frac{B}{t}}$$

Ec 3.. Resistencia del termistor NTC

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Dónde:

- **RT** es la resistencia del termistor NTC a la temperatura T (K)
- **B** es la temperatura característica del material, entre 2000 K y 5000 K.

Se puede observar como el valor de este coeficiente varía con la temperatura. El error de este modelo en el margen de 0 a 50 °C es del orden de ± 0.5 °C. Existen modelos más sofisticados con más parámetros que dan un error de aproximación aún menor.

2.2.6.1 Resistencia base

Los termistores NTC reducen la resistencia según aumenta la temperatura. Esto también se aplica a la cantidad de cambio de resistencia por grado que proporcionará el termistor. Las aplicaciones a temperatura relativamente baja (de -55 °C a aprox. 70 °C) usan, en general, termistores de resistencia más baja (de 2.252 a 10.

2.2.6.3 Precisión del termistor

Los termistores son uno de los tipos de sensores de temperatura más precisos. Los termistores OMEGA tienen una precisión de $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ o $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ en función del modelo de sensor de temperatura en concreto. Sin embargo, estos elementos están bastante limitados en su rango de temperatura y solo funcionan en un rango nominal de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.2.6.4 Estabilidad del termistor

Los elementos de los termistores son químicamente estables y no se ven significativamente afectados por el envejecimiento.

2.2.6.5 Termopar

Los termopares son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Un termopar se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura (ver figura 13). Esta unión constituye el punto de medición. El otro extremo se llama junta fría. El calentamiento de la junta de medición provoca una tensión eléctrica, aproximadamente proporcional a la temperatura, esta tensión se debe a dos factores: la densidad de electrones diferentes de los dos materiales y de la diferencia de temperatura entre punto caliente y punto frío.

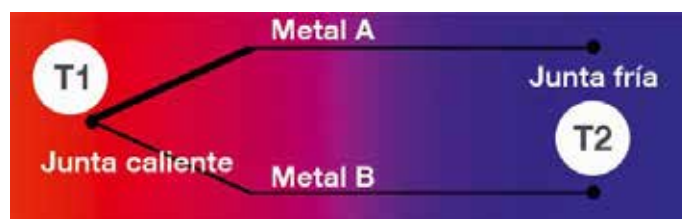


Figura 13. Temperatura por termopar juntas

Fuente: http://www.bloginstrumentacion.com/files/2014/08/termopar_junta_fria.jpg

En instrumentación industrial, los termopares son usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación está en la exactitud, pues es fácil obtener errores del sistema cuando se trabaja con precisiones inferiores a un grado Celsius. El grupo de termopares conectados en serie recibe el nombre de termopila. Tanto los termopares como las termopilas son muy usados en aplicaciones de calefacción a gas (ver figura 14).

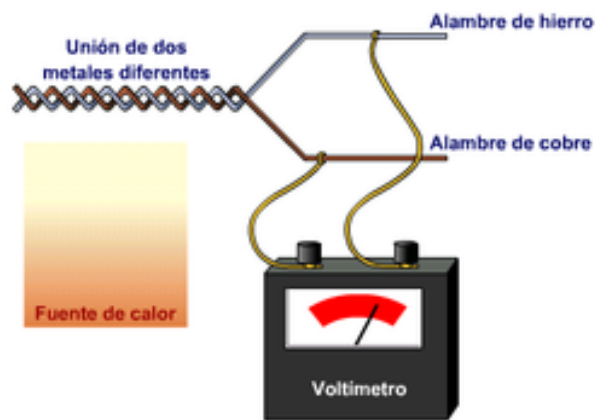


Figura 14. Temperatura por termopar

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Termopar_%28diagrama_de_funcionamiento%29-LMB.png/250px-Termopar_%28diagrama_de_funcionamiento%29-LMB.png

2.2.7 Medición de resistencia

La medición de resistencia utiliza el divisor de voltaje (ver figura 15) como herramienta principal para despejar el valor de una resistencia introducida al circuito, partiendo de una resistencia y fuente de voltaje conocida.

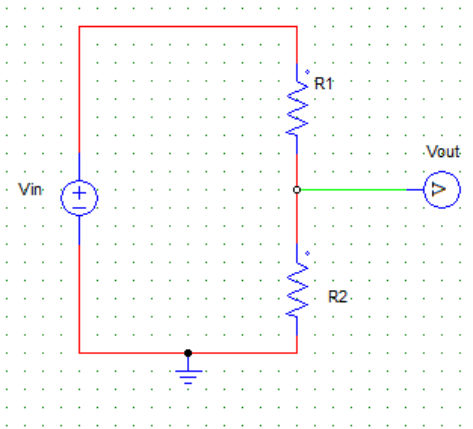


Figura 15. Divisor de voltaje óhmetro
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Utilizando el microcontrolador para calcular el voltaje V_{out} resultante del divisor de voltaje, podemos despejar la R_2 introducida al circuito con la ecuación de la figura 16 del divisor de voltaje en función de R_1 :

$$R_2 = \frac{V_{out} R_1}{V_{in} - V_{out}}$$

Figura 16: Ecuación de divisor de voltaje en función de R_2
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

2.2.8 Medición de distancia

Existen varios métodos para medir distancia en el mercado actual, en este proyecto se estudió dos de los métodos más frecuentemente utilizados por instrumentos de medición de este tipo que son el de medición de distancia por láser y medición de distancia por ultrasonido.

2.2.8.1 Medición de distancia por ultrasonido

Según Pérez, D. (2017) El funcionamiento básico del ultrasonido usado como principio medidor de distancia se muestra de una manera muy clara en la figura 17, el cual tiene un emisor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un

determinado objeto o superficie y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos el cual calcula la distancia recorrida por el tiempo en que tarda la onda en regresar a él.

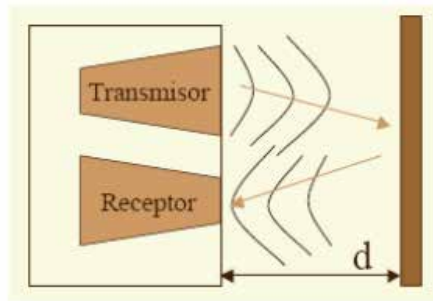


Figura 17.Medición por ultrasonido

Fuente: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

La distancia es calculada con la ecuación mostrada en la figura 18:

$$D = \frac{1}{2} V \cdot t$$

Figura 18. Ecuación de medidor de distancia ultrasonido

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Donde D es la distancia entre el transmisor ultrasónico y la superficie u objeto donde rebota la onda, V la velocidad del sonido en el aire y t el tiempo en que tarda la onda ir y volver al receptor.

2.2.8.2 Medición de distancia por laser

El funcionamiento principal de medidor de distancia por el láser es emitir un pulso a un objetivo, el pulso choca y se refleja sobre el objetivo y vuelve al

dispositivo emisor. Este principio de tiempo es igual al anterior lo que cambia es la naturaleza del pulso que es calculada con la siguiente ecuación (ver Figura 19).

$$D = \frac{1}{2} V \cdot t$$

Figura 19.Ecuación de medidor de distancia por laser

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Donde D es la distancia entre el transmisor del pulso Laser y la superficie u objeto donde rebota el Pulso, V la velocidad de la luz en el aire y t el tiempo en que tarda el pulso ir y volver al receptor.

2.2.9 Método de comprobación de continuidad eléctrica en un conductor

La continuidad eléctrica es una condición en el cual un conductor es capaz de circular corriente a través de él. Esta condición es frecuentemente verificada por personas en el ámbito de la electrónica. Para comprobar si un conductor es capaz de circular corrientes a través de él se cierra el circuito probador de continuidad con el conductor a probar a la entrada del microcontrolador (ver Figura 20), si circula corriente por el mismo se cumple la condición de continuidad eléctrica.

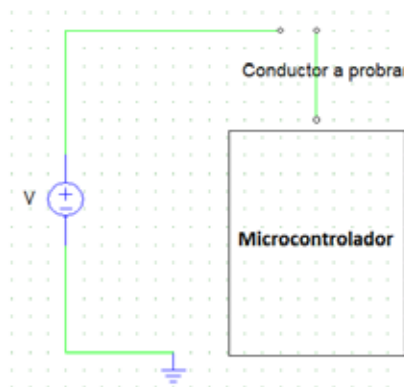


Figura 20.Circuito probador de continuidad

Fuente: Leung y Sandoval (2016)

2.2.10 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento, unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida, periféricos. Estas partes están interconectadas dentro de él. Se puede decir que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado. Al igual que una computadora, los microcontroladores necesitan de un programa precargado en su memoria para poder realizar una tarea.

Los microcontroladores serán componentes claves en la elaboración de este proyecto, ya que con sus entradas analógicas podemos hacer lecturas de voltaje como la Vout del divisor de voltaje y convertirlas a un dato digital, este proceso se conoce como conversión analógico digital, al tener todos los datos necesarios convertidos a un dato digital podemos realizar diferentes operaciones matemáticas con los mismos y enviarlos a través de un sistema de comunicación digital (ver figura 21).

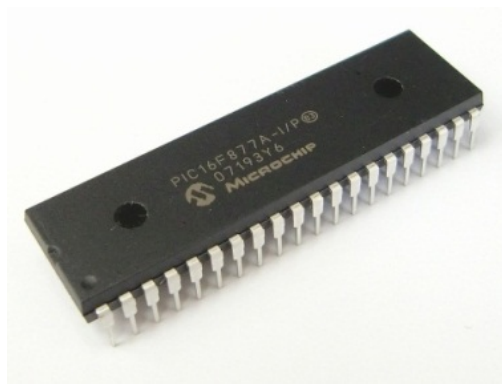


Figura 21. Microcontrolador de la microchip.

Fuente: http://mlv-s1-p.mlstatic.com/microcontrolador-pic16f877a-microchip-micro-pic-16f877a-13724-MLV20080285900_042014-F.jpg

2.2.10.1 Arduino

Arduino es una compañía de hardware libre y una comunidad tecnológica que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware y software, compuesta por circuitos impresos que integran un microcontrolador y un entorno de desarrollo

(IDE), en donde se programa cada placa. Este se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos de electrónica. Toda la plataforma, tanto para sus componentes de hardware como de software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos.

El hardware consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, puertos digitales y analógicos de entrada/salida, los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields), que amplían las características de funcionamiento de la placa Arduino. Así mismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y cargar programas desarrollados con el computador.

Por otro lado, el software consiste en un entorno de desarrollo basado en processing y el lenguaje de programación basado en Wiring. El microcontrolador de la placa se programa mediante un computador.

2.2.11 Métodos de comunicación inalámbrica

Uno de los requerimientos de este proyecto es el de enviar la data medida por el multímetro inalámbrico al teléfono inteligente. Para que esto sea posible debe existir un medio de comunicación inalámbrico entre dichos dispositivos. Actualmente, se dispone de varios medios y protocolos de comunicación. Se estudió las tecnologías más usadas por los teléfonos inteligentes que son Bluetooth y WiFi.

2.2.11.1 Tecnología Bluetooth

Wikipedia (2016) define la tecnología Bluetooth como: “Es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz”. (p1)

El estándar Bluetooth permite construir de manera fácil y sencilla, áreas personales de comunicaciones inalámbricas (ver figura 22), ya que todos dispositivos digitales se pueden comunicar de forma espontánea presentando ventajas como:

- Puntos de acceso de voz y datos: La tecnología Bluetooth simplifica el acceso a otras redes. Mediante una conexión Bluetooth se pueden identificar diferentes redes y conectarse a ellas. Por ejemplo, un usuario puede conectarse fácil y rápidamente a Internet a través de su teléfono celular y mediante cualquier dispositivo destinado a las conexiones por cable que sea compatible con Bluetooth.
- Sustituto de todo tipo de cables: Elimina la necesidad de los molestos cables anexos a cualquier aparato.
- Redes personales específicas: Todos los dispositivos que soportan el estándar pueden establecer intercambios de información de forma automática y funcionar simultáneamente con cualquier otro aparato.



Figura 22. Modelo de conectividad Bluetooth

Fuente: <https://www.google.co.ve/search?q=bluetooth&source>

Según expresa Muller (2002), “Una de sus principales ventajas sobre otros sistemas de comunicaciones inalámbricas es su radio de acción, bastante superior al

de los dispositivos que funcionan por infrarrojos, permitiendo la comunicación incluso cuando los aparatos están separados por objetos o paredes” (p. 1)

2.2.11.2 Tecnología WiFi

WI-FI es una de las tecnologías de comunicación inalámbrica mediante ondas más utilizada hoy en día, también llamada WLAN (wirelessLan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11 (ver figura 23). WI-FI no es una abreviatura de WirelessFidelity, simplemente es un nombre comercial. Su velocidad y alcance (100-150 metros en hardware asequible) lo convierten en una fórmula perfecta para el acceso a Internet sin cables. 26 El funcionamiento de la red es bastante sencillo, normalmente sólo tendrá que conectar los dispositivos e instalar su software. Muchos de los routers WI-FI incorporan herramientas de configuración para controlar el acceso a la información que se transmite por el aire. En una red inalámbrica cada ordenador dispone de un adaptador de red inalámbrico. Estos adaptadores se conectan enviando y recibiendo ondas de radio a través de un transceptor (transmisor-receptor), que puede situarse en cualquier lugar, interior o exterior, dentro del área de cobertura, sin la preocupación del cableado. Wikipedia (2017) establece que:

Las Redes inalámbricas permiten la transmisión de datos a velocidades de 11 Mbps o incluso superiores, lo que proporciona rapidez suficiente para la mayoría de las aplicaciones. Se puede decir que el entorno Wi-Fi es la solución idónea que unifica movilidad y conectividad en la transmisión de datos, ofreciendo una nueva posibilidad de "oficina móvil", se esté donde se esté (P1).



Figura 23. Tecnología wifi

Fuente: <https://www.ecured.cu/images/8/87/Wifi.jpg>

2.2.12 Sistema operativo para móviles

Para el desarrollo de la aplicación móvil en el teléfono inteligente es necesario conocer qué sistemas operativos se encuentran actualmente en el mercado. Se investigó y los más utilizados son el sistema operativo Android y IOS.

2.2.12.1 Android

Es un sistema operativo y una plataforma software, cuyo logo característico podemos apreciar en la figura 24, basado en Linux para teléfonos móviles, tablet's, reproductores de música e incluso PC's, aunque en estos elementos, aún es poco habitual, Android permite programar en un entorno de trabajo (framework) de Java, aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik (una variación de la máquina de Java con compilación en tiempo de ejecución). Además, lo que le diferencia de otros sistemas operativos, es que cualquier persona que sepa programar puede crear nuevas aplicaciones, widgets, o incluso, modificar el propio sistema operativo, dado que Android es de código libre, por lo que sabiendo programar en lenguaje Java, va a ser muy fácil comenzar a programar en esta plataforma (ver Figura 24).



Figura 24. Logo principal de Android
Fuente: <http://www.omicrono.com/tag/android-2/>

Se trata de un sistema operativo abierto multitarea, permite a los desarrolladores acceder a todas las funcionalidades del dispositivo. Todas las aplicaciones son reemplazables, el sistema operativo no diferencia entre las aplicaciones básicas del teléfono y las aplicaciones de terceros.

Cualquier aplicación puede ser reemplazada libremente, incluso las que trae por defecto el sistema operativo como el navegador Web integrado basado en el motor WebKit.

2.2.12.2 IOS

IOS es un sistema operativo móvil de la multinacional Apple Inc. Originalmente desarrollado para el iPhone, después se ha usado en dispositivos como el iPod touch y el iPad. Cabe destacar que este sistema operativo no permite la instalación de iOS en hardware de terceros, adicionalmente el software no es libre. Wikipedia (2016) afirma que:

Se deriva de macOS, que a su vez está basado en Darwin BSD, y por lo tanto es un sistema operativo Tipo Unix. IOS cuenta con cuatro capas de

abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios" y la capa de "CocoaTouch"(p1).

2.2.13 Técnicas de diseño de una interfaz gráfica

Las técnicas de diseño no son un estándar en el ámbito del desarrollo de aplicaciones, pero si hay sugerencias, para el presente desarrollo, se traen efectos positivos sobre sus usuarios. Se tomó en consideración los lineamientos utilizados por Cuello y Vittote (2016):

- **Tamaño de pantalla y proporciones:** Pasar del escritorio al móvil significa mucho menos espacio en pantalla y mucha más variedad en las proporciones de la pantalla.
- **La interacción directa con la pantalla:** A diferencia del entorno de escritorio, los usuarios interactúan directamente con la pantalla en lugar de utilizar un ratón y un teclado, lo cual establece un conflicto inmediato del uso de la pantalla
- **Orientación variable:** Los dispositivos móviles permiten una conmutación rápida de orientación
- **Una sola pantalla:** Se cuenta con una pantalla a la vez, se debe aprovechar al máximo el espacio.
- **Interacción limitada:** El contenido de la aplicación debe hablar por sí misma, ser intuitiva.

Para el diseño de aplicaciones es muy importante también definir una correcta arquitectura de la información que permita organizar los contenidos, para ser encontrados y utilizados por los usuarios, de manera simple y directa, que no tenga distracciones y que se resalte el contenido que el usuario necesita. Algunos puntos clave son:

- **Que sea sencillo y centrado:** Al diseñar la aplicación debemos definir las tareas de los usuarios y apoyarlas con experiencias limpias y bien editadas.
- **Priorizar el contenido:** Poner lo más importante en primer lugar.

- **Mantener el contexto del usuario en mente:** tener en cuenta en qué lugar se usara la aplicación.
- **Proporcionar retroalimentación visual:** Muchas veces el usuario se queda pensando si la acción que ha realizado ha funcionado. Siempre hay que confirmar la acción realizada inmediatamente con algún feedback visual.

Para el diseño visual de la aplicación hay que tener en cuenta una serie de recomendaciones que se estructuraron en los siguientes puntos.

2.2.13.1 Mensaje

El mensaje que se transmitirá es fundamental. A través del diseño visual se crea explícitamente el mensaje mental que se quiere generar al usuario. Cómo alguien reacciona al diseño y cuál es su impresión.

2.2.13.2 Distribución de elementos

La definición de las estructuras es fundamental en un proyecto móvil para crear una experiencia consistente y utilizable. Una de las diferencias más importantes a tener en cuenta en el diseño para aplicaciones móviles, es que los usuarios tienen que ver no sólo la pantalla, sino también interaccionar con ella.

Gracias a la distribución el usuario procesará visualmente la página. A medida que va avanzando el panorama móvil, los diseños deben adaptarse al tamaño de cada dispositivo nuevo, así como a sus orientaciones.

2.2.13.3 Color

Es uno de los obstáculos más comunes al diseñar en diferentes pantallas. Cuando se realiza diseños complejos que se muestran en diferentes dispositivos móviles, la profundidad de color limitada en un dispositivo puede causar efectos no deseados.

El color se está convirtiendo en una forma cada vez más popular para que las aplicaciones destaquen respecto a la competencia. La primera ola de aplicaciones creadas a menudo han imitado las aplicaciones nativas de Apple iOS. Sin embargo lo que se ha destacado es un cambio hacia unos diseños con la utilización de colores primarios y degradados. Así como acabados en mate. Tener colores fuertes en una App puede crear respuestas emotivas de los usuarios, a veces, considerándose una aplicación más memorable.

2.2.13.4 Tipografía

Como las aplicaciones móviles evolucionan, los diseñadores cada vez más se están alejando de usar las fuentes estándar del sistema y utilizan tipografías más específicas. Muchos de los rasgos del diseño de la tipografía en aplicaciones móviles provienen de la web.

- El texto funciona mejor cuando es grande, fácil de leer y no sujeto a otros elementos de la interfaz.
- En los dispositivos móviles, la combinación con una tipo delgada a menudo hace que sea una experiencia más legible en pantallas de alta resolución.
- La altura debe ser uniforme y equilibrada. Las letras minúsculas idealmente deben ser al menos $2/3$ de la altura de la letra mayúscula.
- La fuente no debe ser demasiado delgada o demasiado gruesa.
- Evitar fuentes con ascendentes y descendentes demasiado largos. Las fuentes decorativas tienden a romper las tres normas, por lo que es mejor optar por una elegante sans-serif para los elementos de la interfaz de usuario.

2.2.13.5 Gráficos

Se utiliza gráficos para establecer o ayudar a la experiencia visual. Los gráficos se pueden utilizar para complementar la apariencia, o como apoyo al contenido que se muestran en texto. Su uso se basa principalmente en iconografía o en imágenes.

2.3 Entorno de desarrollo integrado (IDE)

Un Entorno de desarrollo integrado (IDE) es una aplicación que se utiliza para facilitar el desarrollo de una App. En el mercado actual existe una gran cantidad de opciones para desarrollar apps. Se pueden encontrar IDE pagos y gratuitos, así como también la complejidad de desarrollo de aplicación y funciones.

2.4 Definición de términos básicos

- **Netbooks:** Es una categoría de computadora portátil, de bajo coste y dimensiones reducidas, que aporta mayor movilidad y autonomía.
- **Widgets:** Forman parte del funcionamiento del dispositivo se refiere a pequeñas aplicaciones que tienen como principal cometido mostrar y dar fácil acceso a algunas de las principales funciones del terminal.
- **WebKit:** Es una plataforma para aplicaciones que funciona como base para el navegador web, es un producto de Apple, creado a partir de las librerías KHTML y KJS de KDE. KDE es un entorno de escritorio para Linux, que dispone de librerías para la interpretación de código HTML (KHTML) y Javascript (KJS),
- **Smartphone's:** El teléfono inteligente (smartphone en inglés) es un tipo de teléfono móvil construido sobre una plataforma informática móvil, con mayor capacidad de almacenar datos y realizar actividades, semejante a la de una minicomputadora, y con una mayor conectividad que un teléfono móvil convencional.
- **Darwin:** Es el sistema que subyace en Mac OS X, cuya primera versión final salió en el año 2001 para funcionar en computadoras Macintosh.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Por la naturaleza propia del proyecto, la investigación entra en la clasificación de proyecto factible, puesto que se desarrollará un plan de trabajo para la construcción de un multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth y el desarrollo de una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente. Según Balestrini (2002) un proyecto factible se define como “aquellos proyectos o investigaciones que proponen la formulación de modelos, sistemas, entre otros, que dan soluciones a una realidad o problemática real planteada, la cual fue sometida con anterioridad a estudios de las necesidades a satisfacer” (p. 9).

3.2 Diseño de investigación

En esta sección se presentarán los aspectos que han guiado a la investigación, a partir de las sugerencias de autores y estudios previos, para así definir el modelo más adecuado para determinar el diseño de la investigación. Arias (2006), expone el diseño de la investigación, como:

La estrategia general, que adopta el investigador para responder al problema planteado, definido por el origen de los datos, tanto primarios, en diseños de campo como secundarios en estudios documental y la manipulación o no de las condiciones en las cuales se realiza el estudio (p. 26).

En este proyecto se puede afirmar que será una investigación de campo, debido a que los datos primarios serán recolectados en su mayoría de expertos en el área de electrónica, los datos secundarios de la documentación previa, observación directa y

la encuesta.

3.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis de acuerdo Gaitán M. y Piñuel R. (1998) es definida como:

Las unidades de análisis son aquellas unidades de observación que, seleccionadas de antemano, y reconocida por los observadores en el campo y durante el tiempo de observación, se constituyen en objeto de la codificación y/o de la categorización en los registros construidos a tal efecto. Cabe reconocer múltiples unidades de análisis en la observación sistemática, dependiendo del marco teórico del que se parte, las hipótesis que se planteen, los objetivos de la investigación y las características (p. 60)

El objeto de estudio es el desarrollo de un multímetro inalámbrico con una interfaz gráfica en un teléfono inteligente. Para recolectar información acerca de cómo lograr este objetivo, se procedió a realizar una entrevista a tres profesores de la universidad José Antonio Páez, especialistas en el área de toma de mediciones.

- Ingeniero Zeida Molina: Ingeniero Electricista; mención Sistemas y Automática, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Especialista en Gerencia Empresarial, Universidad José María Vargas, Caracas, Venezuela. Directora y profesora Asociada de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez. Coordinador de la Facultad de Ingeniería (2010-2014). Instructora de las Asignaturas Fundamentos de electrónica, Instrumentación Electrónica e Industrial, Mediciones eléctricas y Control e instrumentación.
- Ingeniero Milagro Mejias: Actualmente desempeña como docente universitario, con más de 15 años de experiencia. Coordinadora de los postgrados: "Automatización Industrial" y "Telecomunicaciones" en la universidad José Antonio Páez.

Coordinadora de los diplomados 100% on-line "Instrumentación y Controles Industriales" y "Mecatrónica" en el CEUJAP

- Ingeniero Dinorah Giménez: Profesora de electrónica y microprocesadores por más de 5 años en la universidad José Antonio Páez.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hurtado (2008), las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de datos. Según el mismo autor (2006), “La selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos implica determinar por cuáles medios o procedimientos el investigador obtendrá la información necesaria para alcanzar los objetivos de la investigación” (p. 164).

Para la recolección de información en la presente investigación, se optó por aquellas que ayudaran al logro de los objetivos y a obtener la información necesaria de manera organizada y precisa. Las técnicas empleadas son las enunciadas y desarrolladas a continuación:

3.4.1 Observación directa

Según Hurtado (2008), “La observación directa constituye un proceso de atención, recopilación, selección y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos” (p. 459)

Esta técnica permitirá una familiarización formal con la problemática ya descrita en el capítulo 1 de este proyecto. Esta inspección se realizará en los laboratorios de electrónica 1 donde se contemplará todos los aspectos inherentes a la toma de medición con multímetros.

3.4.2 Entrevista

La entrevista es la técnica con la cual el investigador pretende obtener información de una forma oral y personalizada (ver anexo A). La información versará en torno a acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de la persona tales como creencias, actitudes, opiniones o valores en relación con los aspectos que se está

estudiando.

Para esta recolección de datos se escogió la entrevista debido a la sencillez y objetividad del mismo. Esta se enfocará en preguntas asociadas a la problemática planteada y aspectos que tendrá el multímetro inalámbrico, como gestión de datos y conectividad inalámbrica al teléfono inteligente.

3.4.3 Revisión documental

Para Hurtado (2008), “Es una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituyen los eventos de estudio”(p.427)

Se aplicará la técnica de revisión documental, consultando textos y trabajo de grado asociados a la toma de medición mediante un instrumento virtual, sistemas de comunicación Bluetooth e instrumentos de medición eléctricos.

3.5 Fases de la investigación

Fase I: Estudio de las tecnologías relacionadas a mediciones electrónicas de variables físicas y comunicación Bluetooth.

En esta fase se realizará una investigación de métodos y técnicas de mediciones eléctricas de voltaje directo, voltaje alterno, resistencia, temperatura, corriente directa, distancia y condiciones eléctricas como la continuidad de un conductor, así como la tecnología requerida para establecer el enlace Bluetooth entre el multímetro inalámbrico y el teléfono inteligente. Esto se hará con la finalidad de escoger componentes y dispositivos que satisfagan los requerimientos del dispositivo y al mismo tiempo estén disponibles y sean asequibles con los recursos económicos dispuestos para ello.

Fase II Diseño del multímetro inalámbrico con transmisión Bluetooth y una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente.

Los componentes seleccionados en la fase I, serán usados en esta fase para el diseño del multímetro inalámbrico. Se tendrá como premisa el uso del menor espacio posible para garantizar la portabilidad del dispositivo. En esta fase también se procederá a diseñar y desarrollar la aplicación Android para teléfonos inteligentes. La aplicación debe estar ajustada con las normas de diseño de aplicaciones móvil proporcionada por los desarrolladores de la misma.

Fase III. Construcción del prototipo del multímetro diseñado.

En la fase de construcción, se procede a fabricar el circuito impreso donde se colocaran los componentes y dispositivos previamente seleccionados en la fase I e incorporados al diseño en la fase II. Finalmente se ubicara la tarjeta electrónica en una carcasa para su protección.

Fase IV Realización de pruebas de funcionamiento.

Una vez completado el multímetro inalámbrico, se procederá a verificar el funcionamiento del mismo, luego se realizaran pruebas los procesos correspondientes de confiabilidad, error absoluto, exactitud y resolución. Posteriormente se verificara el correcto funcionamiento de la aplicación móvil y sus funciones de indicación, registro y gestión de la data enviada por el multímetro.

Fase V: Estudio de Factibilidad económica, técnica y operativa del dispositivo diseñado.

Por último, se realizará un estudio de la factibilidad económica del dispositivo de medición, así como también la factibilidad técnica y operativa, para analizar la viabilidad de la construcción y producción del multímetro inalámbrico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Fase I: Estudio de las tecnologías relacionadas a mediciones electrónicas de variables físicas y comunicación Bluetooth.

En esta fase se realizó la investigación de los dispositivos y arreglos de mediciones eléctricas que se emplean para cumplir con los métodos y técnicas presentadas en el marco teórico, para medir variables tales como voltaje DC, voltaje AC, distancia, resistencia, temperatura y corriente DC, así como también la comprobación de continuidad eléctrica en un conductor. Esta etapa tuvo como finalidad, escoger los componentes y elementos que cumplieran con los requerimientos del dispositivo de medición tales como sensibilidad, precisión y estabilidad a un nivel aceptable para mediciones domésticas y de laboratorios de aprendizajes. En este sentido, se estudiaron componentes que tuvieran accesibles en el mercado nacional.

4.1.1 Temperatura

Para la medición de temperatura ambiente se tomaron en cuenta dos tecnologías: los termistores y los termopares.

4.1.1.1 Sensor de temperatura MAX6675

Este módulo MAX6675 (ver figura 25) permite medir con precisión temperaturas hasta 1024°C. Utiliza un termopar tipo K, el cual consiste en dos cables, uno de cromel y uno de almet unidos por soldadura. Una diferencia de potencial eléctrico aparece en el cruce de los cables bajo el efecto de la temperatura. La señal es débil, del orden de 50µV por grado, la cual es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado punto caliente y el otro llamado

punto frío. La respuesta de la medición suele no ser lineal y requiere una compensación. Luego de que la tarjeta de control realiza dicha compensación de la señal proveniente del termopar, la convierte en señal digital para su utilización con cualquier microcontrolador,



Figura 25. Sensor de temperatura Max6675

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-475916523-sensor-temperatura-termocupla-termopar-max6675-arduino-pic_JM

4.1.1.2 Sensor de temperatura DHT11

El DHT11 (ver figura 26), es un sensor de temperatura y humedad digital de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y transmite los datos mediante una señal digital a un microcontrolador. Este sensor es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa entre él y el microcontrolador, para tomar los datos.



Figura 26. Sensor de temperatura DHT11

Fuente: http://www.newmobile.es/229-thickbox_default/sensor-de-humedad-medidor-de-temperatura-para-arduino-modulo-dht11.jpg

En la tabla 1, se presenta la comparación entre los dispositivos de medición de temperatura, descritos anteriormente.

Tabla 1. Tabla comparativa de los sensores de temperatura

Características	MAX6675	DHT11
Alimentación	5VDC	5VDC / 3VDC
Unidad	°C	°C
Precisión	±1,5°C	±2°C
Rango	0°C a 1024°C	0°C a 50°C
Necesita puntas de medición	SI	NO

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Luego de haber realizado la comparación entre los sensores de temperatura DHT11 y el MAX6675 se escogió el sensor DHT11 por su disponibilidad en el mercado, su sencillez para realizar la medición de temperatura ya que este no necesita puntas de medición y el rango de medición de (0 a 50)°C el cual satisface la medición de temperatura ambiente, la hoja de especificaciones puede consultarse en el anexo B.

4.1.2 Distancia

Para la medición de distancia se consideraron dos tecnologías utilizadas frecuentemente en la industria y en el área doméstica, la medición de distancia por láser y la medición por ultrasonido.

4.1.2.1 Sensor de distancia HC-SR04

El sensor de distancia HC-SR04 (ver figura 27) tiene la particularidad de conectarse solo con dos hilos, aparte de los de alimentación; Por uno de ellos se le envía el pulso de disparo y por el otro se recibe el pulso de eco, cuya amplitud es directamente proporcional a la distancia a la que ha sido detectado el obstáculo interpuesto.



Figura 27. Sensor de distancia HC-SR04

Fuente: <http://www.superrobotica.com/images/S320110.JPG>

4.1.2.2 Sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F

El sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F (ver figura 28), está compuesto por un LED infrarrojo junto con un dispositivo detector de posición y un procesador integrado encargado de realizar el cálculo de la distancia. El sensor escanea de forma continúa los objetos ubicados en frente de él y proporciona la salida, mediante una referencia de tensión analógica, por lo que se puede llevar esta señal a una entrada analógica de un microcontrolador, para leer el valor de distancia.

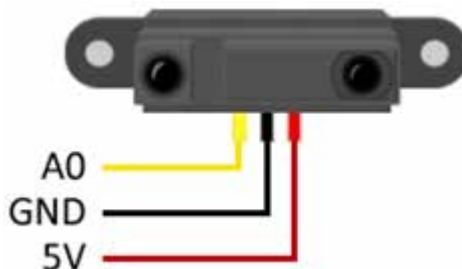


Figura 28. Sensor de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F

Fuente: <https://www.luisllamas.es/wp-content/uploads/2016/06/arduino-sharp-gp2y0a02yk0f1-esquema.png>

Tabla 2. Tabla comparativa de los sensores de distancia

Características	Sharp GP2Y0A02YK0F	HC-SR04
Alimentación	4,5 a 5,5VDC	5VDC
Consumo	33mA	30mA a 50mA
Frecuencia	40 KHz	40 KHz
Distancia Mínima	20 cm	1,7 cm
Distancia Máxima	1,5 m	4,5 m
Sensibilidad	1 cm	2,5cm a 3m

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Una vez realizada la comparación entre los sensores de distancia Sharp GP2Y0A02YK0F y HC-SR04 se escogió el HC-SR04 debido a su mayor rango de medición respecto al sensor infrarrojo, además de su bajo coste y accesibilidad en el mercado, la hoja de especificaciones puede ser consultada en el anexo C.

4.1.3 Corriente DC

Para esta medición se consideraron diferentes dispositivos con tecnología de efecto Hall.

4.1.3.1 Sensor de corriente ACS712

El sensor de corriente ACS712 (ver figura 29), trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. El sensor entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente.



Figura 29. Sensor de corriente DC ACS712

Fuente:http://www.naylampmechatronics.com/946-large_default/modulo-ac712t.jpg

4.1.3.2 Sensor de corriente SCT-013

Los sensores de la serie SCT-013(ver figura 30) son sensores que trabajan como transformadores, la corriente que circula por el cable que se desea medir actúa como el devanado primario (1 espira) e internamente tiene un devanado secundario que dependiendo del modelo, puede tener hasta más de 2000 espiras



Figura 30. Sensor de corriente SCT-013

Fuente:http://www.naylampmechatronics.com/961-large_default/sensor-de-corriente-ac-100a-no-invasivo.jpg

Tabla 3.Tabla comparativa de los sensores de corriente

Características	SCT-013	ACS712
Alimentación	No necesita	5VDC
Consumo	30mA	30mA
Rango	0-100A	-30A a 30A
Sensibilidad	50mA	67V/A

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Después de haber realizado la comparación entre los sensores de corriente SCT-013 y el ACS712 se escogió el sensor ACS712 por su accesibilidad en el mercado y su sencillez para realizar la medición de corriente ya que este sensor viene encapsulado en un módulo de fácil conexión, la hoja de especificaciones puede ser consultada en el anexo D.

4.1.4 Voltaje DC

Para la medición de voltaje DC se utilizó el arreglo de divisor de voltaje ya mencionado en el marco teórico, el cual será explicado en la fase II con más detalle.

4.1.5 Voltaje AC

Para la medición de voltaje AC se utilizó el arreglo circuital con transformador, puente de diodo, condensador y divisor de voltaje. Este arreglo es mencionado en el marco teórico y es explicado en la fase II.

4.1.6 Continuidad eléctrica

Para la comprobación de continuidad eléctrica se utilizó el arreglo circuital estudiado en el marco teórico, el cual es explicado en la fase II.

4.1.7 Resistencia

Para la medición de resistencia se utilizó el arreglo de divisor de voltaje el cual permite completar el elemento faltante con la resistencia desconocida. Este arreglo se describió en el marco teórico y será explicado con más detalle en la fase II.

4.1.8 Microcontrolador

Las señales provenientes de estos dispositivos y arreglos circuitales deben ser detectadas y acondicionadas por un microcontrolador, para ello el microcontrolador debe contar con un conversor analógico digital de al menos 4 entradas y debe

soportar modo de comunicación serial. Para este trabajo de grado se consideraron dos de los fabricantes más importantes en el mercado que son la ATMEL y la MICROCHIP.

4.1.8.1 Microcontrolador ATMEL modelo ATMEGA328P

El ATMEGA328P (ver figura 31) es un circuito integrado de alto rendimiento que está basado un microcontrolador RISC, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 puertos de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, una interfaz serial orientada a byte de 2 cables, puerto serial, un conversor A/D de 6 canales a 10-bit, "watchdogtimer" programable con oscilador interno, y cinco modos de ahorro de energía seleccionables por software. El dispositivo opera entre 1,8 y 5,5 voltios. Por medio de la ejecución de poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el dispositivo alcanza una respuesta de 1 MIPS, balanceando consumo de energía y velocidad de proceso. Cabe destacar que este microcontrolador es el utilizado por defecto en los programadores ARDUINO UNO R3.



Figura 31. Microcontrolador ATMEL modelo ATMEGA328P

Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0c/ATMEGA328P-PU.jpg/1200px-ATMEGA328P-PU.jpg>

4.1.8.2 Microcontrolador MICROCHIP modelo 16F877A

Este microcontrolador (ver figura 32) está basado en un set de instrucciones del tipo RISC, posee 40 pines y una memoria de programa flash de palabra de 14 bit de 8KB. Trabaja a una frecuencia de hasta 20MHz, cuenta con 2 canales de modulación por ancho de banda, dispone de un puerto serial y un conversor A/D de 8 canales a 10-bit. Este microcontrolador requiere un programador diferente de Arduino para poder cargar programas a él.



Figura 32. Microcontrolador MICROCHIP modelo 16F877A

Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-485518136-microcontrolador-pic16f877a-microchip-micro-pic-16f877a-_JM

En la tabla 4 se comparan algunas de las características más relevantes de ambos microcontroladores.

Tabla4. Tabla comparativa de los microcontroladores

Características	16F877A	ATMEGA328P
Voltaje de alimentación	5VDC	(1,8 – 5,5)VDC
Set de instrucciones	RISC	RISC
Puertos E/S	33	23
Puerto serial	Si	Si
Conversor A/D canales	1024bits 6	1024bits 6
Compatibilidad Arduino	NO	SI

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Se seleccionó el microcontrolador ATMEGA328P debido a que cumple con los requisitos de este proyecto, además de su accesibilidad en el mercado y a su compatibilidad con el hardware Arduino. La hoja de especificaciones del ATMEGA328P puede ser consultada en el anexo E.

4.1.9 Modulo de comunicación Bluetooth

La comunicación Bluetooth y WIFI son las tecnologías inalámbricas predominantes en los teléfonos inteligentes hoy en día. Ambas ofrecen diferentes ventajas, por nombrar alguna de ellas tenemos el rango de cobertura, el consumo de energético y la velocidad de comunicación. Debido a la naturaleza de la toma de mediciones, mayormente se realizan en sitio, característica la cual la tecnología Bluetooth satisface, dejando a la disposición del usuario el modem WIFI. Los módulos de Bluetooth que se consideraron debieron ser de bajo consumo energético y de tamaño reducido ya que afectaría la portabilidad del dispositivo multímetro, que preferiblemente fuese compatible con el hardware Arduino. Adicionalmente, la tecnología Bluetooth tiene un menor consumo de potencia.

4.1.9.1 Módulo Bluetooth HC-06

El modulo Bluetooth HC-06 (ver figura 33) cuenta con una velocidad de transmisión de datos entre 1200BPS y 1,3MBPS este hace uso del protocolo Bluetooth 2.0, tiene un pequeño tamaño y cuenta con características de transmisión y recepción que le brindan un alcance de 10m sin obstáculos, además tiene bajo consumo de corriente en funcionamiento. Este emula el protocolo serial una vez conectado a algún dispositivo y esta conexión puede ser gestionada con las librerías serial de Arduino.



Figura 33. Modulo Bluetooth HC-06

Fuente: https://www.e-ika.com/content/images/thumbs/0004014_modulo-bluetooth-hc-06_360.jpeg

4.1.9.2 Módulo Bluetooth HM-10

Este módulo está basado en los chips de Texas Instruments CC2540 o CC2541 y hace uso del protocolo más reciente de esta tecnología conocido como Bluetooth 4.0. El módulo HM-10 implementa una conexión serie en los pines TXD en la placa y RXD que está conectada a nivel lógico con la conexión. Todo lo que le entra por el pin RXD lo envía mediante notificaciones al dispositivo central y todo lo que escribe el dispositivo central se saca a través del pin TXD. En el caso de Arduino, esta conexión se gestiona como cualquier otra conexión serie utilizando las librerías correspondientes.



Figura 34. Modulo Bluetooth HM-10

Fuente: <http://wiki.makespacemadrid.org/images/6/60/HM-10.jpg>

En la tabla 5 se realizó la comparación de las características más relevantes de ambos módulos Bluetooth.

Tabla5. Tabla comparativa de los módulos Bluetooth

Características	HM-10	HC-06
Tecnología Bluetooth	4.0	2.0
Numero de pines	6	4
Emula puerto serial	si	Si
Compatibilidad con Arduino	si	Si

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Se escogió el módulo HC-06 debido a que satisface los requerimientos de este proyecto, tiene compatibilidad con el hardware Arduino, es de gran accesibilidad en el mercado nacional y tiene bajo costo, la hoja de especificaciones de este dispositivo puede ser consultada en el anexo F .

4.2 Fase II. Diseño del multímetro inalámbrico con transmisión bluetooth y una interfaz gráfica orientada a un teléfono inteligente.

En esta fase se procedió a realizar el diseño de la circuitería del multímetro inalámbrico. La información recolectada a través de la entrevista (ver anexo A) aplicada a los expertos se tomó en cuenta para el diseño del multímetro inalámbrico la cual arrojó que:

- Las mediciones de voltaje DC y la comprobación de continuidad son las funciones del multímetro mas utilizadas.
- La medición a distancia brinda seguridad operativa al usuario.
- Poder compartir las mediciones realizadas con personas interesadas a través del teléfono inteligente resulta en un proceso más eficiente.
- Los entrevistados expresaron que el multímetro inalámbrico podría ser de gran aceptación para los usuarios.

La información recolectada a través de la entrevista sirvió como orientación para diseñar el multímetro inalámbrico y la interfaz gráfica del teléfono inteligente.

Se procede al diseño del multímetro utilizando el software de simulación Proteus, que no solo permite construir el prototipo, sino realizar pruebas de funcionamiento y modificaciones, antes de proceder a la fabricación de la tarjeta electrónica. Se construyó una tabla (ver tabla 6) con los dispositivos principales seleccionados para el multímetro, así como también una tabla (ver tabla 7) con el resto de los componentes con su código y símbolo en Proteus.

Tabla 6.Componentes utilizados en el diseño del multímetro

Componentes	Código	Simbolo
Microcontrolador	ATMEGA 328p	U1
Sensor de corriente	ACS712	AC1
Modulo de Bluetooth	HC-06	HC1
Sensor de distancia	HC-SR04	H1
Puente de diodo	RS201L	PD1
Sensor de temperatura	DHT11	D1

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Tabla 7.Componentes secundarios utilizados en el diseño del multímetro

Componentes	Código	Numeracion
Terminal de alimentación 5VDC	J	1
Terminales para medir de voltaje A/C	J	5
Terminales para probar continuidad	J	3
Terminales para medir voltaje DC	J	2
Cristal (reloj)	X	1
Condensadores	C	1-3
Resistencias	R	1-11
Diodos rectificadores	D	7-10
Diodo zener	D	6
Terminales para medir resistencia	J	4

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

El diseño del multímetro consta de esta serie de dispositivos, instrumentos y arreglos circuítales que son gestionados por el microcontrolador. Este último es el encargado de acondicionar las señales y sincronizar todos los elementos del multímetro, se puede referir a él como el cerebro del dispositivo.

El ATMEGA328P juega un papel fundamental en el funcionamiento del dispositivo, ya que tiene como tarea recibir la información de los diferentes sensores y acondicionar estas señales para transmitir las a través del modulo Bluetooth HC-06 a la interfaz gráfica de un teléfono inteligente. Para hacer esto posible, es necesario cargar un programa al microcontrolador a través del hardware Arduino, que permita introducir códigos de programación para gestionar, comunicar y configurar los diferentes componentes antes mencionados, mediante la interfaz gráfica diseñada en un teléfono inteligente. En la figura 35, se observa la representación simbólica, en el software Proteus, del ATMEGA328P. Esta instancia fue creada con fines de realizar la simulación del mismo con el programa antes mencionado.

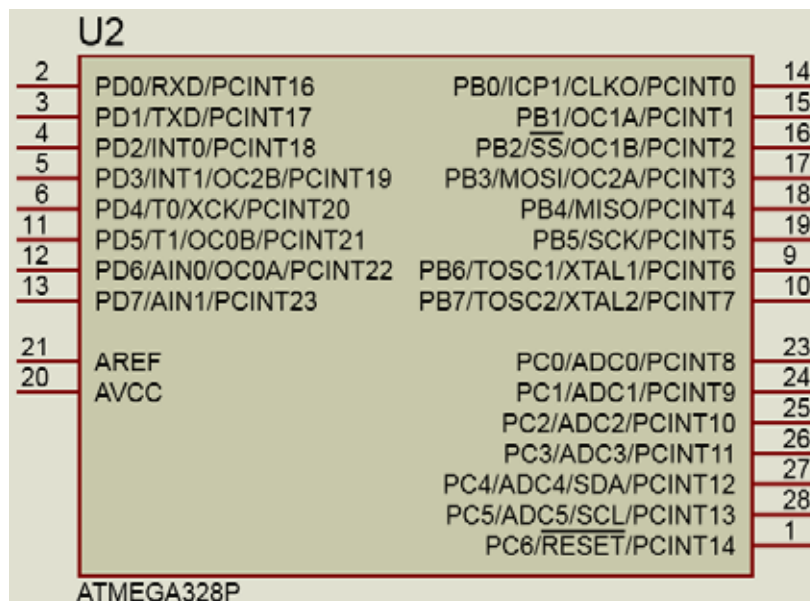


Figura 35: Microcontrolador ATMEGA328P simulado en Proteus

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.1 Puntas de medición

Las puntas de medición fueron diseñadas como terminales en el software de simulación Proteus (ver figura 36), estos elementos son los que permiten realizar una conexión física entre un punto a medir y el dispositivo o arreglo de medición electrónico. En el diseño se le asignó a cada variable un par de terminales con la finalidad de poder simular las puntas de medición y de que estos puntos fuesen reflejados en el circuito impreso.

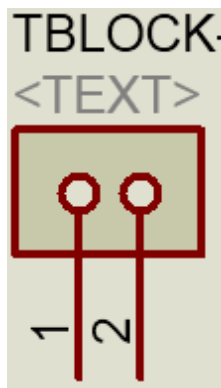


Figura 36: Puntas de medición simuladas en Proteus
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.2 Modulo Bluetooth HC-06

En este arreglo (ver figura 37) se utilizó el módulo Bluetooth HC-06, el cual posee 4 pines de conexiones, el pin 1 de alimentación, el pin 2 de tierra, el pin 3 de transmisión de datos y por último el pin 4 de recepción de los datos. Una vez realizada la programación para que el módulo Bluetooth se comunique con el microcontrolador ATMEGA328P, se procedió a hacer las conexiones respectivas para realizar la simulación de funcionamiento con el programa Proteus.

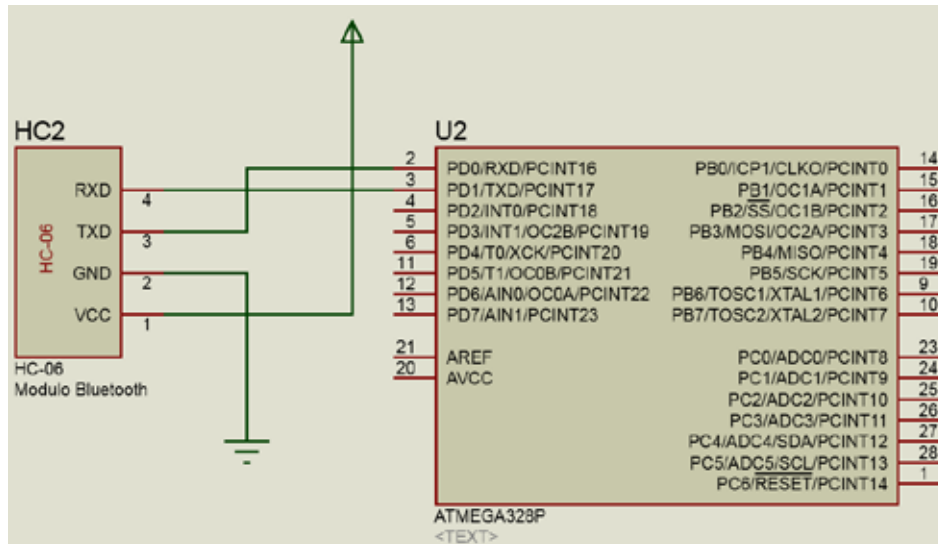


Figura 37. Conexiones del módulo Bluetooth HC-06 en Proteus

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.3 Sensor de corriente ACS712

Este sensor de corriente ACS712 (ver figura 38) es el encargado del medir de la corriente eléctrica en el multímetro diseñado. La medición con dicho sensor de corriente se realiza mediante el efecto Hall.

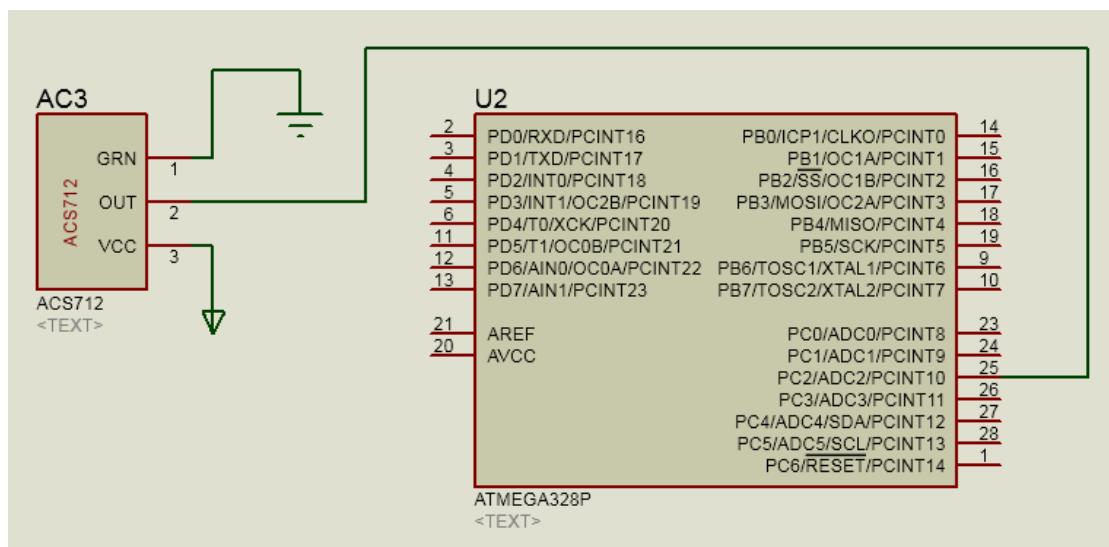


Figura 38. Conexiones del sensor de corriente ACS712

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Este componente se encuentra aislado del circuito de procesamiento. Cuenta con 3 pines de conexión, el pin 1 de tierra en común con el circuito, el pin 2 de salida de datos y por último el pin 3 de alimentación.

4.2.4 Sensor de temperatura DHT11

Este sensor requiere de unas conexiones que se muestran en la figura 39, el cual recibe una alimentación de 5VDC por el pin 2, tierra en común por el pin 1 y la transmisión de datos se realiza por el pin 3. Cabe destacar que este sensor no requiere del uso de una entrada analógica del microcontrolador ATMEGA328P.

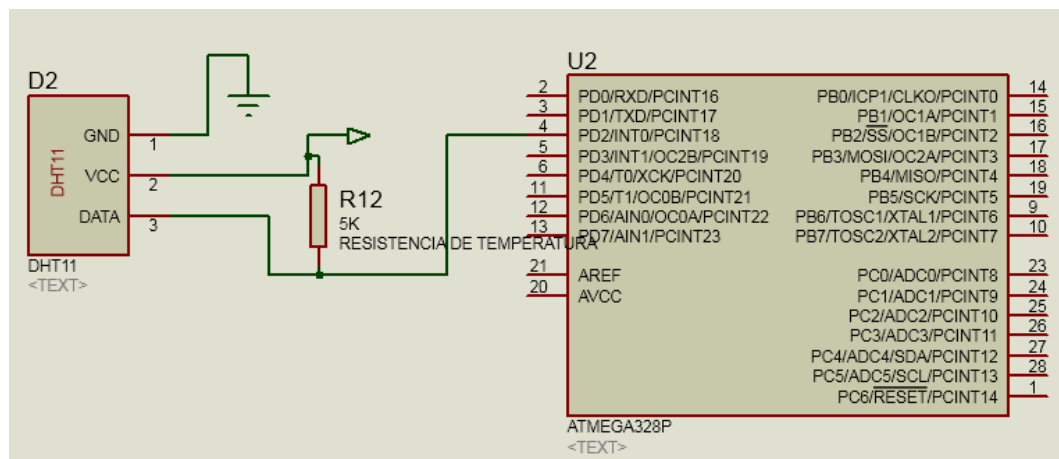


Figura 39. Conexiones del sensor de temperatura DHT11

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.5 Sensor de distancia HC-SR04

El sensor utilizado cuenta con la ventaja de estar encapsulado en modulo listo para el montaje, a continuación se muestran las conexiones realizadas (ver figura 40) para el montaje de este sensor.

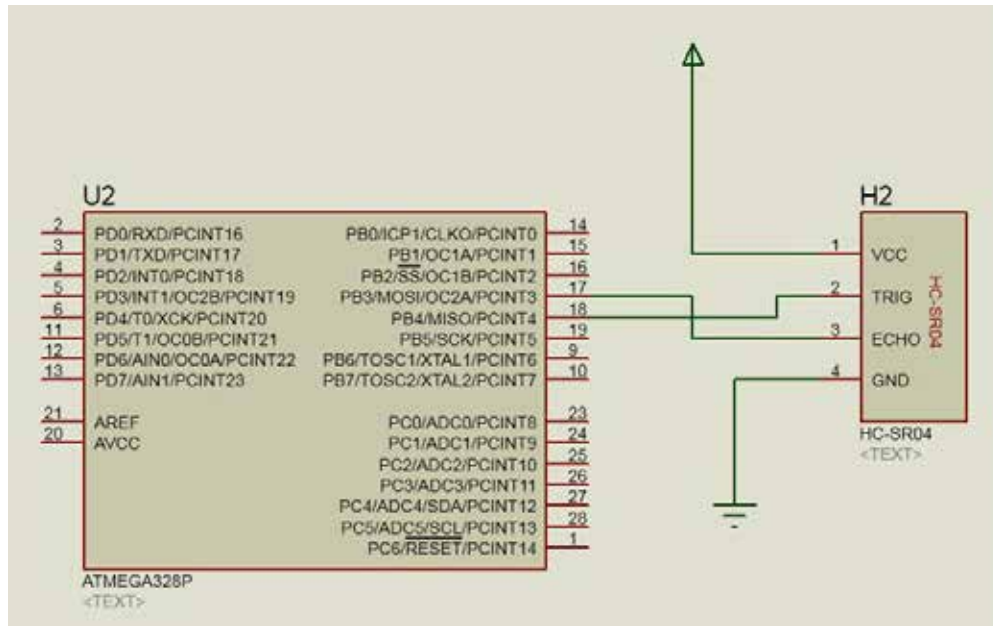


Figura 40. Conexiones del sensor de temperatura HC-SR04
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.6 Arreglo para medir voltaje DC

El arreglo utilizado para medir voltaje DC consta de un divisor de voltaje el cual permite tomar mediciones entre un rango de 0 a 14 VDC y los valores de voltaje son leídos a través de la entrada analógica dispuesta en el pin 23 del microcontrolador, como se aprecia en la figura 41.

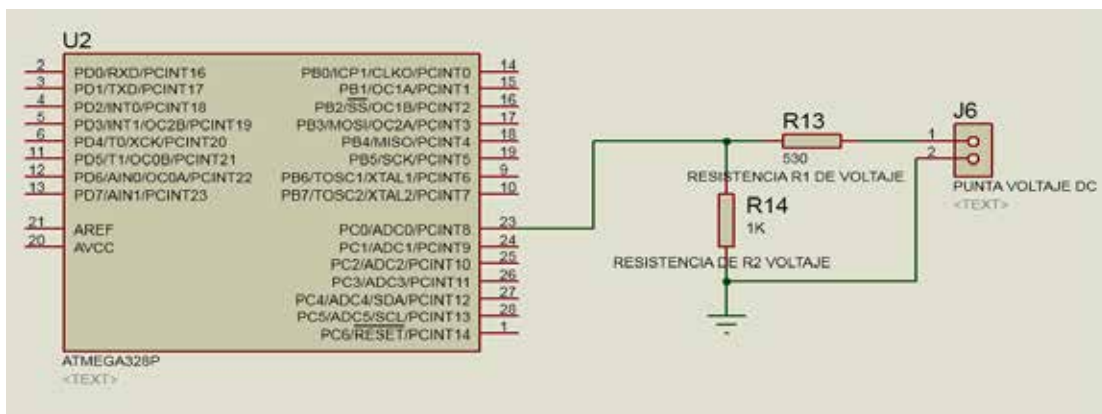


Figura 41. Arreglo para medir voltaje DC
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.7 Arreglo para medir voltaje AC

Para la medición de voltaje AC se requirió la utilización de un arreglo circuital (ver figura 42) el cual consta de transformador reductor de 110 V a 12V. Con este arreglo se rectifica la onda senoidal a través de un puente de diodos RS201L (ver anexo G), finalmente la onda rectificada es filtrada por medio de un capacitor que alimenta con un señal DC, a un divisor de voltaje para que el microprocesador pueda recibir valores entre 0 a 5 VDC. Debido a la naturaleza de la medición se implementó un sistema de sobre voltaje por medio de un diodo zener de 5VDC

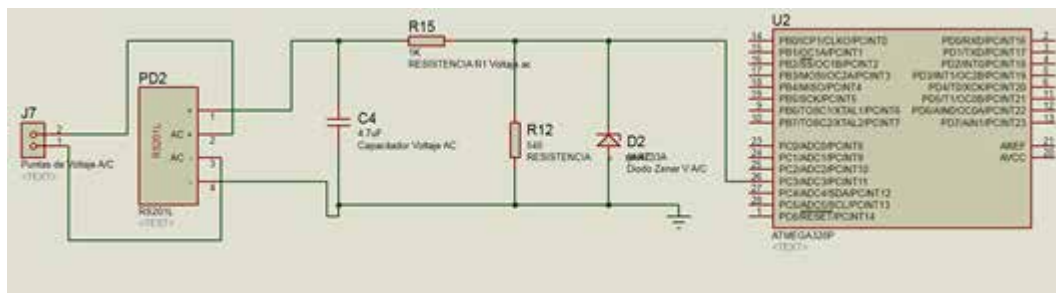


Figura 42. Arreglo para medir voltaje AC
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.8 Arreglo para comprobar continuidad eléctrica

La continuidad eléctrica se comprobó conectando el pedazo de conductor a verificar a una salida digital de 5VDC (pin 1) el cual cerrará el circuito a un pin configurado como entrada (pin 15) (ver figura 43).

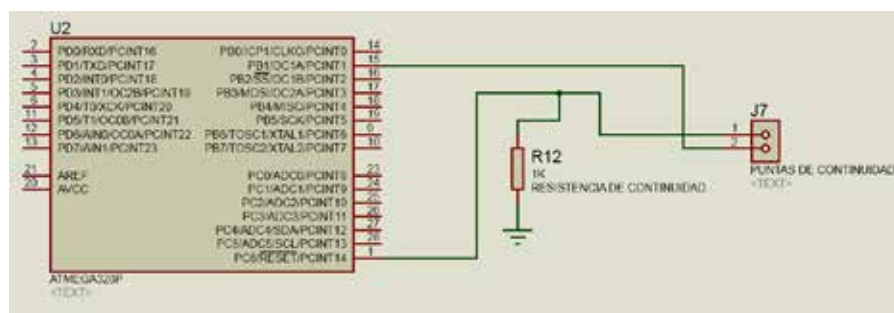


Figura 43. Arreglo para comprobar la continuidad eléctrica
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Si el microcontrolador detecta un estado ALTO quiere decir que hay continuidad eléctrica. Este arreglo cuenta con una resistencia de pull down para evitar que se produzca un estado flotante cuando la entrada este desconectada, lo que podría ocasionar inconvenientes en los resultados de la medición realizada con el arreglo.

4.2.9 Arreglo para medir resistencia

Para la medición de resistencia se completa la resistencia R2 de un divisor de voltaje, con R1 y VCC conocidos y luego, utilizando el microcontrolador se despeja la R2 a conocer. Este método provee una medición aceptable para R2 cercanas a R1, pero a medida que el valor se aleja de R1, las mediciones se vuelven poco exactas y confiables. Con la finalidad de resolver este problema se implementó un arreglo de divisores de voltaje (ver figura 44), el cual realiza la medición de R2 con cada uno de estos divisores de forma automática con la finalidad de determinar el divisor de voltaje en el cual R1 se acerque más al valor de R2.

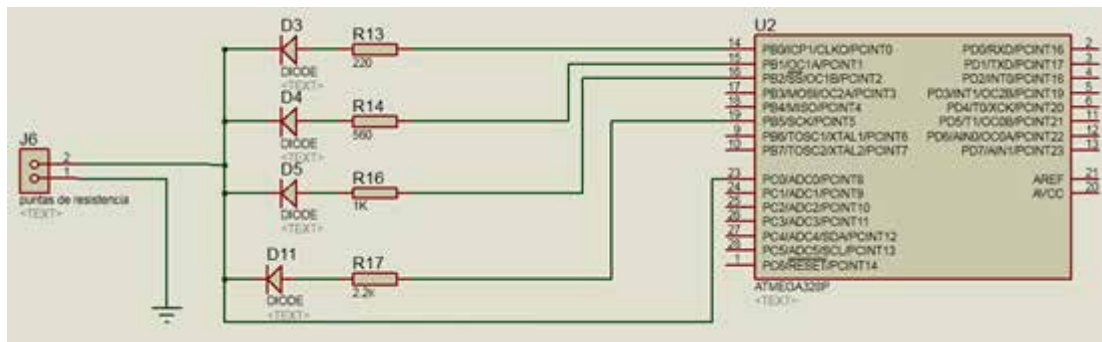


Figura 44. Arreglo para medir resistencia

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Para finalizar la etapa de diseño, se realizó mediante Proteus la integración de cada uno de los sensores de medición y arreglos con el microcontrolador ATMEGA328P asignándole a cada uno de ellos un pin de entrada específico, teniendo como resultado un arreglo generalizado y comprimido de los componentes a construir como se observa en la figura 45.

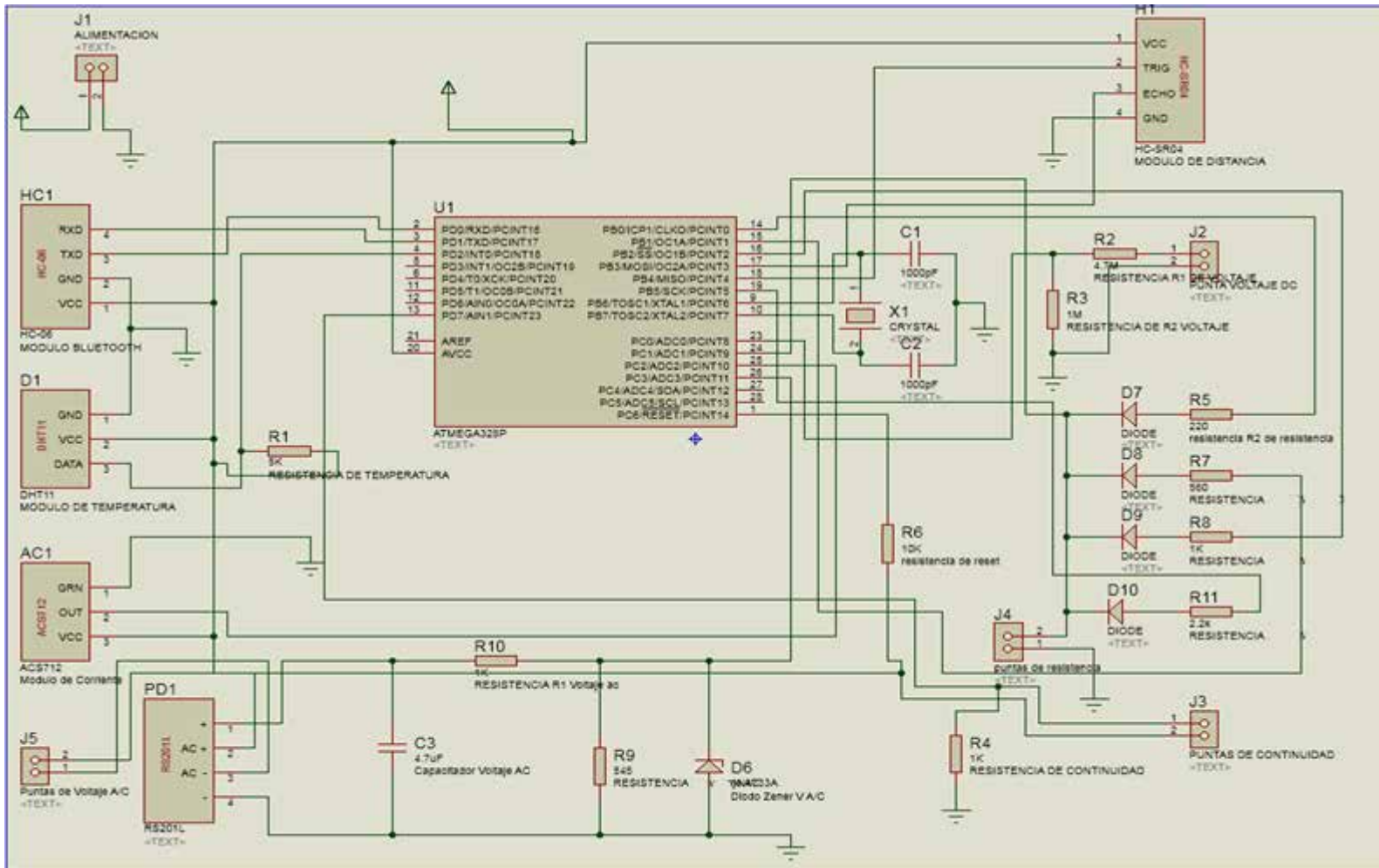


Figura 45. Diseño del multímetro utilizando el programa Proteus

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.10 Diseño del circuito impreso

Para realizar el diseño de la circuito impreso se usó el programa Proteus que permite reducir y organizar las pistas de cada uno de los sensores de medición y arreglos circuitales del multímetro, mostrando a su vez una vista previa de cómo queda la impresión final (ver figura 46 y 47).

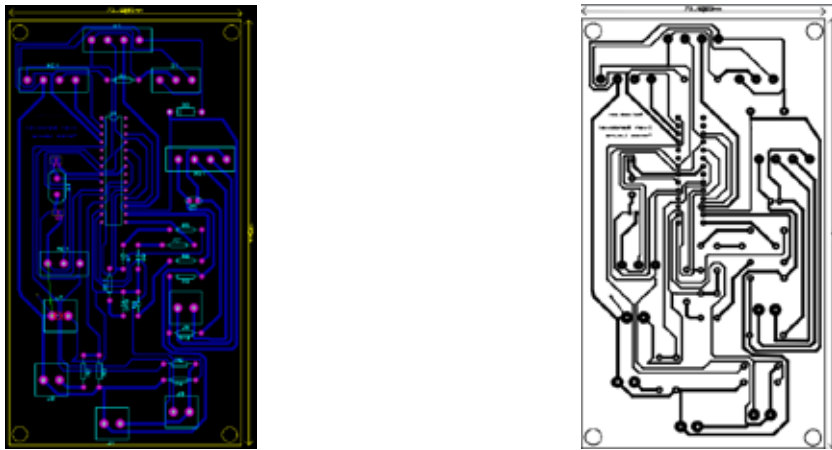


Figura 46. Vista 2D del circuito impreso

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

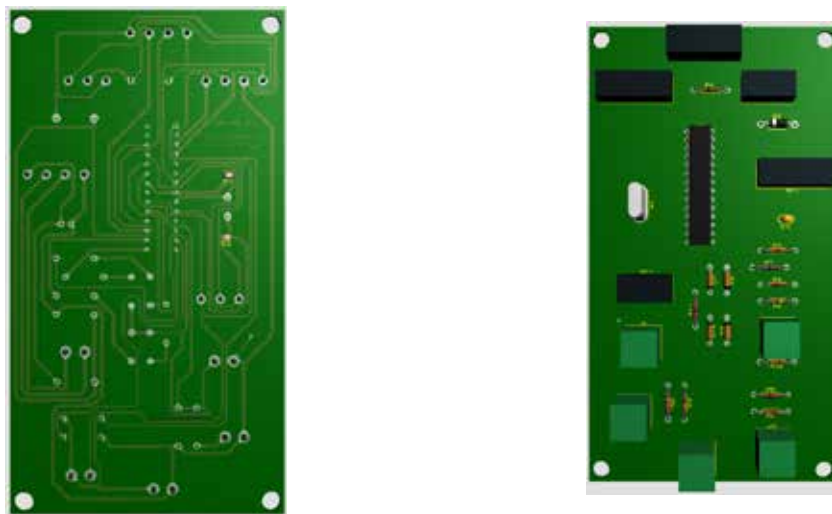


Figura 47. Vista 3D del circuito impreso con los componentes

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11 Diseño de la interfaz gráfica

Para el diseño de la interfaz grafica, se considero que la aplicación debería permitir al usuario las siguientes funciones:

- Conectar el teléfono con el multímetro por medio del modem Bluetooth.
- Presentar un menú en el cual el usuario pueda elegir si quiere realizar mediciones, registrar o cambiar alguna preferencia de la interfaz.
- Disponer de un carril selector de variables a medir en la ventana de mediciones.
- Agregar, guardar y cargar valores de una lista en el dispositivo móvil.
- Calcular valores estadísticos de las mediciones realizadas (valor máximo, valor mínimo, valor promedio, desviación estándar).
- Realizar mediciones indirectas con mediciones proporcionadas por el usuario.

4.2.11.1 Selección de IDE

Al investigar sobre diferentes opciones de IDE que existen en el mercado actual, se compararon el MIT APP INVENTOR y el ECLIPSE, dos interfaces que son frecuentemente utilizados para desarrollar aplicaciones Android.

4.2.11.2 IDE ECLIPSE

Eclipse fue desarrollado originalmente por la empresa IBM y puede definirse como una plataforma de software compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto multiplataforma para desarrollar una aplicación. Este entorno utiliza el lenguaje de programación JAVA y requiere de un alto nivel de conocimiento de la lengua para poder desarrollar aplicaciones.

4.2.11.3 IDE MIT APP INVENTOR

El MIT APP INVENTOR es un entorno desarrollado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. El usuario puede, de forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están

limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil.

Tabla 8. Tabla comparativa de IDE ECLIPSE y MIT APP INVENTOR

Características	ECLIPSE	MIT APP INVENTOR
Fabricado por	IBM	Google Labs
Compilador	Java	Kawa
Lenguaje de programación	Java	Bloques
Nivel de programación	Avanzado	Básico

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Se escogió el MIT APP INVENTOR debido a que de forma visual, a partir de un conjunto de herramientas básicas llamadas bloques (ver figura 48), de un nivel básico de programación, se puede desarrollar una aplicación de forma rápida e intuitiva que satisfaga las necesidades de este proyecto.



Figura 48. Apariencia de IDE MIT APP INVENTOR

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11.4 Menú principal de la interfaz grafica

El menú principal de la interfaz gráfica (ver figura 49) debe contener iconos de navegación con los cuales el usuario pueda desplazarse entre la *ventana medir*, *ventana registrar y gestionar*, *ventana conectar* y *ventana preferencias*.

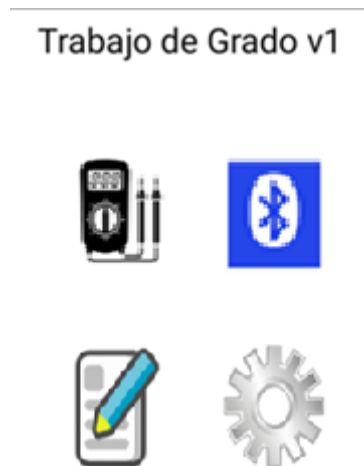


Figura 49. Ventana del menú principal
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11.5 Descripción de la

En la tabla 9 podemos apreciar los componentes que forman parte de la *ventana menú principal* de la interfaz gráfica y una descripción de la función que este realiza.

Tabla 9. Descripción componentes del menú principal de la interfaz gráfica.





Icono	Nombre	Descripción
	<i>botón ventana medir</i>	Permite al usuario navegar a la <i>ventana medir</i> desde la <i>ventana menú principal</i> de la interfaz grafica
	<i>botón ventana conectar</i>	Permite al usuario acceder a la <i>ventana Conectar</i> donde podrá elegir entre una lista de dispositivos Bluetooth sincronizados previamente.

Tabla 9. Cont.

	<i>botón ventana registrar y gestionar</i>	Traslada al usuario a la <i>ventana registrar y gestionar</i> donde podrá realizar mediciones y si lo desea, tendrá la capacidad de registrarla y gestionarla.
	<i>botón ventana preferencias</i>	Lleva al usuario a un menú de configuraciones donde podrá escoger el tamaño de letra de la lista en la <i>ventana registrar y gestionar</i> como también el color de la misma.

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11.6 Descripción de la

Este componente permite al usuario realizar la sincronización Bluetooth (ver figura 50). El usuario accede a una lista la cual contiene elementos que representan direcciones MAC de dispositivos Bluetooth que alguna vez se sincronizaron con el teléfono inteligente. Luego de seleccionar algún elemento, este se sincronizara con el dispositivo Bluetooth si está dentro del rango de cobertura.



Figura 50. Esquema de la sincronización Bluetooth

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11.7 Descripción de la

Esta ventana (ver figura 51) es una interfaz en la cual el usuario podrá realizar mediciones, se muestra en la tabla 10 cada uno de los componente de la *ventana medir* y una descripción de la función que estos realizan.

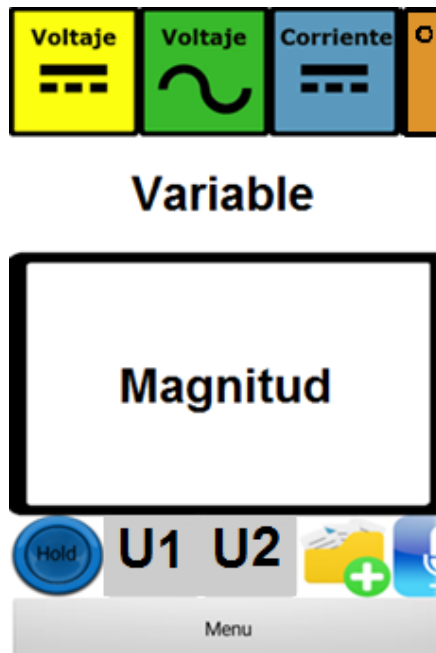




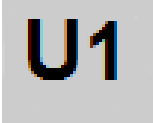
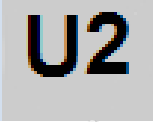





Figura 51. Figura de la *ventana medición*
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Tabla 10. Tabla de componentes de la *ventana medir*

Icono	Nombre	Descripción
	<i>voltaje DC</i>	Es un botón que al hacer click en él, cambia el texto de <i>variable</i> y se sustituye por “Voltaje DC”. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de voltaje DC y la unidad en V.
	<i>voltaje AC</i>	Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto de <i>variable</i> y se sustituye por “Voltaje AC”. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de voltaje AC y la unidad en V.
	<i>corriente DC</i>	Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto la <i>variable</i> y se sustituye por “Corriente DC”. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de corriente dc y la unidad en A.
	<i>óhmetro</i>	Es un botón que al hacer click en el cambia el texto de <i>variable</i> y se sustituye por “Óhmetro”. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de resistencia y la unidad en Ω .

Tabla 10 cont.

	<i>distancia</i>	Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto de <i>variable</i> y se sustituye por “Distancia”. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de la distancia entre el Multímetro inalámbrico y el obstáculo, la unidad en V.
	<i>temperatura</i>	Es un botón que al hacer click en el, cambia el título la <i>variable</i> y se sustituye por Voltaje DC. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de voltaje DC y la unidad en V.
	<i>continuidad</i>	Es un botón que al hacer click en el cambia el título la <i>variable</i> y se sustituye por Voltaje DC. Además, en la sección <i>magnitud</i> muestra el valor de la medición de voltaje DC y la unidad en V.
	<i>retener valor</i>	Al hacer click en el botón <i>retener valor</i> el valor mostrado en <i>magnitud</i> no se actualiza.
	<i>unidad 1</i>	Cambia el valor de la unidad de la magnitud de la variable seleccionada a la opción de unidad 1 (V,A,m).
	<i>unidad 2</i>	Cambia el valor de la unidad de la magnitud de la variable seleccionada a la opción de unidad 2 (mV,mA,cm).
	<i>ventana registrar y gestionar</i>	Este botón permite la navegación desde la <i>ventana medición</i> a la <i>ventana registrar y gestionar</i> .
	<i>leer medición</i>	Al hacer click en este botón se activa la función de leer la magnitud de la variable.
	<i>ventana menú principal</i>	Este botón permite regresar a la <i>ventana menú principal</i> .

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.2.11.8 Proceso para obtener una medición

El proceso en el cual se muestra la magnitud de la variable medida comienza desde el teléfono inteligente en la *ventana medición*, el usuario hace click en la variable que se desea medir y una vez colocadas las puntas de medición en el sitio a medir, se envía desde el teléfono inteligente al multímetro un carácter identificando la variable por el canal de Bluetooth al microprocesador el cual realiza una subrutina de acondicionamiento de la señal recibida para ese sensor, finalmente esta señal es acondicionada y enviada a través del canal Bluetooth al teléfono inteligente para ser mostrada en *magnitud*. Luego de que la variable es mostrada se comprueba que la variable no ha cambiado, si cambio se muestra el valor de la nueva variable y en el otro caso se sigue actualizando la variable seleccionada.

4.2.11.9 Descripción de la

La *ventana registrar y gestionar* fue diseñada para permitir al usuario indicar, registrar y gestionar la magnitud de la variable (ver figura 52).

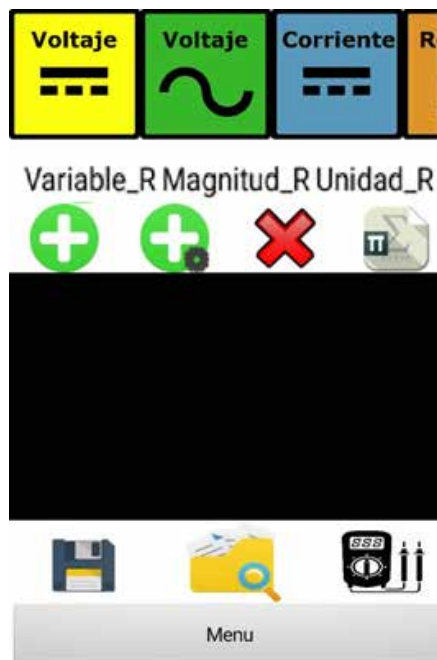


Figura 52. Figura de *ventana de registrar y gestionar*

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Esta *ventana de registrar y gestionar* cuenta con la misma interface de la selección de variable de *ventana medir*. La magnitud de la variable seleccionada es indicada en *magnitud_R*, la variable seleccionada en *variable_R* y la unidad en *unidad_R*. En la tabla 11 se muestran los componentes de esta ventana así como también un descripción de las funciones de dicho componente.

Tabla 11. Tabla de componentes de la *ventana registrar y gestionar*.









Icono	Nombre	Descripción
	<i>agregar</i>	Al hacer click en este botón se agrega el valor de <i>magnitud_R</i> como un elemento a la <i>lista</i> .
	<i>agregar especial</i>	Este botón al hacer click se abre un dialogo en el que el usuario puede elegir entre tomar mediciones por tiempo o por número de mediciones automáticamente.
	<i>borrar</i>	Al ser presionado este botón se abre un dialogo de confirmación si se desean borrar todos los elementos de la lista. Si un elemento de la lista esta seleccionado solamente se borra ese elemento.
	<i>procesar</i>	Esta función abre un cuadro de dialogo de confirmación y de ser positiva la respuesta se calcula el valor máximo, el valor mínimo y el valor promedio de todos los elementos de la <i>lista</i> .
	<i>lista</i>	Este elemento permite visualizar los valores agregados.
	<i>guardar</i>	La función guardar abre un cuadro de dialogo para obtener del usuario el nombre del archivo a guardar y lo almacena en la memoria del teléfono inteligente.
	<i>cargar</i>	Este botón permite cargar en la <i>lista</i> todos los archivos que fueron guardados desde que se instaló la aplicación en la memoria del teléfono inteligente. Estos son ordenados por fecha.
	<i>ventana medir</i>	Al presionar este botón se navega a la <i>ventana medir</i> .

Tabla 11. cont.

	<i>ventana menú principal</i>	Este botón permite regresar a la <i>ventana menú principal</i> .
---	-------------------------------	--

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.3 Fase III. Construcción del prototipo del multímetro diseñado

En esta fase se construyó en baquelita el circuito impreso diseñado en la fase II. El proceso de la impresión del circuito en baquelita se logró imprimiendo las pistas que proporciona el software Proteus en un papel especial llamado glasé. Luego el papel es planchado sobre la baquelita por 5 minutos para que la tinta se adhiriera a la lámina de cobre, finalmente se quitó el papel sobrante con agua y se colocó en un recipiente con cloruro férrico con el propósito de eliminar el cobre sobrante de la lámina, obteniendo la baquelita con las pistas deseadas (ver figura 53).



Figura 53. Circuito impreso en la baquelita

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Fue necesario perforar los orificios en los terminales correspondientes de la baquelita para que los componentes pasen a través de ella. Ya perforada la baquelita,

se procedió a colocar los dispositivos y componentes electrónicos es su debido lugar y soldarlos con estaño a la pista (ver figura 54).



Figura 54. Etapa de soldar componentes
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

En la siguiente figura (ver figura 55) se puede apreciar los componentes ya soldados a la baquelita en esta etapa se comprobó continuidad en varios puntos para verificar que no haya cortocircuitos donde no debería haber.



Figura 55. Montaje de los componentes en la baquelita
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Ya verificado el correcto funcionamiento de la placa se procedió a barnizar la parte inferior para evitar que los terminales tengan contacto vivos al aire (ver figura 56).

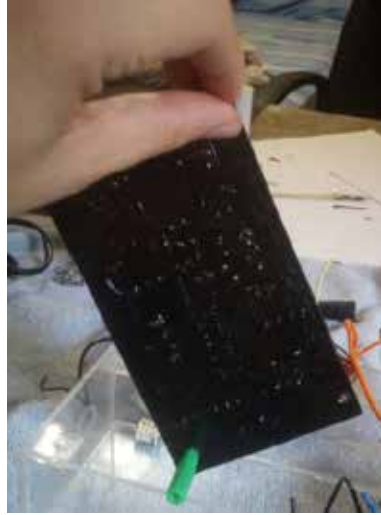


Figura 56.Etapa de barnizado
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Ya finalizada la placa, el siguiente paso fue realizar la carcasa en la cual esta se protegería. El material que se escogió debido a su accesibilidad económica y estética fue el acrílico. La lámina de acrílico debió ser cortada con las medidas establecidas en el diseño (ver figura 57).



Figura 57.Etapa del corte de la lámina de acrílico
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Luego de tener las láminas cortadas se procedió a pegarlas utilizando silicón (ver figura 58).



Figura 58. Etapa de pegar las láminas de acrílico

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Paralelamente mientras se esperaba que se secase el silicón, fue necesario abrir los orificios en la cual la bornera de toma de medición se colocaría (ver figura 59).



Figura 59. Etapa de perforación de los orificios de las borneras

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Luego de abrir los orificios se instalaron las borneras en la lámina de acrílico (ver figura 60).



Figura 60. Etapa del montaje de las borneras
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Ya secó el silicón se abrió los orificios en la carcasa para fijar el transformador a ella (ver figura 61).



Figura 61. Etapa de fijar el transformador
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

A continuación se empotró el sensor de distancia a la carcasa (ver figura 62).



Figura 62. Etapa de empotrar el sensor de distancia
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Se ensamblaron todas las piezas obteniendo el siguiente resultado (ver figura 63).



Figura 63. Etapa de ensamblado
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Finalmente se dieron los últimos acabados como atornillar la tapa frontal al resto de la carcasa (ver figura 64).



Figura 64. Etapa de ensamblado final
Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.4 Fase IV. Realización de pruebas de funcionamiento

Una vez completado el dispositivo, se procedió a verificar el funcionamiento del mismo, se probó la comunicación entre el multímetro y el teléfono inteligente, luego se se calibraron los diferentes intervalos de medición configurados, tomando como referencia un instrumento patrón confiable. Posteriormente se verificó el correcto funcionamiento de la aplicación móvil y sus funciones de indicación, registro y gestión de la data enviada por el multímetro.

4.4.1 Instrumento patrón

El instrumento escogido como patrón fue el multímetro de mayor confiabilidad disponible para los autores del trabajo de grado. Este es de marca FLUKE modelo 87 V el cual posee especificaciones descritas en la figura 65.

Tensión CC	Tensión máxima: 1000 V Precisión: Fluke 83 V: $\pm(0,1\%+1)$ Fluke 87 V: $\pm(0,05\%+1)$ Resolución máxima: Fluke 83 V: 100 μ V Fluke 87 V: 10 μ V
Tensión CA	Tensión máxima: 1000 V Precisión: Fluke 83 V: $\pm(0,5\%+2)$ Fluke 87 V: $\pm(0,7\%+2)$ Verdadero valor eficaz Ancho de banda CA: Fluke 83 V: 5 kHz Fluke 87 V: 20 kHz* *con filtro paso bajo; 3 db a 1 kHz Resolución máxima: 0,1 mV
Corriente CC	Corriente máxima: 10 A (20 A, máximo 30 segundos) Precisión en corriente: Fluke 83 V: $\pm(0,4\%+2)$ Fluke 87 V: $\pm(0,2\%+2)$ Resolución máxima: Fluke 83 V: 0,01 mA Fluke 87 V: 0,01 μ A
Corriente CA	Corriente máxima: 10 A (20 A, máximo 30 segundos) Precisión en corriente: Fluke 83 V: $\pm(1,2\%+2)$ Fluke 87 V: $\pm(1,0\%+2)$ Verdadero valor eficaz Resolución máxima: 0,1 μ A
Resistencia	Resistencia máxima: 50 M Ω Precisión: Fluke 83 V: $\pm(0,4\%+1)$ Fluke 87 V: $\pm(0,2\%+1)$ Resolución máxima: 0,1 Ω
Capacitancia	Capacidad máxima 9.999 μ F Precisión $\pm(1\%+2)$ Resolución máxima 0,01 nF

Figura 65.Tabla de especificaciones FLUKE 87V

Fuente:<http://www.fluke.com/fluke/eses/multímetros-digitales/fluke-80-series-v-87v-83v-87v-e2-kit.htm?pid=56135>

4.4.2 Pruebas de calibración

En esta etapa se realizaron de calibración utilizando el multímetro FLUKE87V y el multímetro construido con la finalidad de comparar las mediciones obtenidas con ambos equipos. Se realizó el cálculo del error absoluto (ver Ec 66) para determinar la exactitud del instrumento (ver figura 67) para las variables de voltaje DC, voltaje AC, corriente DC, resistencia y distancia.

$$\text{Error absoluto} = V_{\text{medido}}(\text{multímetro inteligente}) - V_{\text{verdadero}}(\text{patron})$$

Figura 66. Ecuación para calcular el error absoluto

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Maximo error absoluto}}{\text{Alcance del intervalo a calibrar}} \quad 100$$

Figura 67. Ecuación para calcular la exactitud

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

4.4.3 Pruebas de calibración de voltaje DC

Para realizar esta prueba se utilizó una fuente de alimentación marca VOLT GP-3003-3 además del multímetro fluke87V y se realizaron las mediciones mostradas en la tabla 12. Para el intervalo de 0V a 12V.

Tabla 12. Tabla de calibración para la medición de voltaje DC

Fuente VOLT GP-3003-3(VDC)	Fluke 87V (VDC)	Multímetro inalámbrico (VDC)	Error absoluto (VDC)
0	0,005	0,01	+0,005
2,5	2,504	2,49	-0,014
5	5,10	5,08	-0,02
7,5	7,55	7,59	+0,04
10	10,07	10,15	+0,08
12	12,05	12,15	+0,1

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Luego se procedió a realizar el cálculo de la exactitud para el voltímetro DC, para ello se tomó el error absoluto más alto que resulto en 0,1 VDC, se dividió entre el alcance de instrumento el cual es 12VDC y se multiplico por 100, obteniéndose así el valor de 0.7%

$$Exactitud = \frac{0.1VDC}{12VDC} \cdot 100 = \pm 0,83\%$$

4.4.4 Pruebas de calibración voltaje AC

Para efectuar esta prueba se empleó un variac AC junto con el multímetro fluke87V y se realizaron las mediciones descritas en la tabla 13.

Tabla 13. Tabla comparativa de las mediciones de voltaje AC

Variac AC (V)	Fluke 87V (V)	Multímetro desarrollado (V)	Error absoluto (V)
0	0,52	0,53	0,01
25	26,7	28	1,3
50	51,2	50,4	-0,8
100	101,25	102,3	0,95
120	122	123,7	1,7

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Se procedió a realizar el cálculo de la exactitud para el voltímetro AC, para lograr esto se tomó el error absoluto más alto que resulto en 1,7 V, se dividió entre el alcance de instrumento el cual es 126V y se multiplico por 100, obteniéndose así el valor de 1,34%

$$Exactitud = \frac{1,7V}{126V} \cdot 100 = \pm 1,34\%$$

4.4.5 Pruebas de calibración de óhmetro

En esta calibración se utilizó valores de resistencias con una tolerancia del 10% dentro del rango del instrumento el cual es de 120 a 2k (ver tabla 14).

Tabla 14. Tabla comparativa de las mediciones de resistencia

Resistencia nominal()	FLUKE 87V()	Multímetro desarrollado()	Error absoluto ()
220	221	224	3
540	537	535	-2
1000	1.002	1.100	0.08
2000	2.004	2.100	0.06

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Luego se procedió a realizar el cálculo de la exactitud para el óhmetro, para ello se tomó el error absoluto más alto que resulto en 3 , se dividió entre el alcance de instrumento el cual es 1780 y se multiplico por 100, obteniéndose así el valor de 0.16%

$$Exactitud = \frac{3}{1780} \cdot 100 = \pm 0,16\%$$

4.4.6 Prueba de calibración de corriente DC

Para realizar esta prueba de medición se construyó un arreglo circuital (ver figura 68) el cual permitió controlar la corriente que pasa por una resistencia de 1 variando el voltaje de entrada

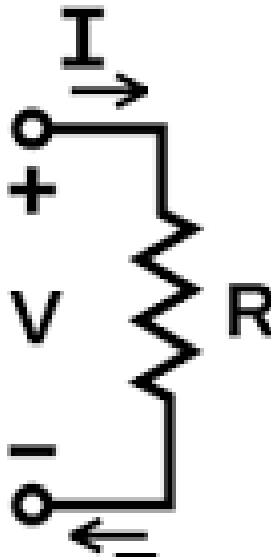


Figura 68.Circuito para calibrar corriente

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Introduciendo ambos amperímetros en el circuito de la figura 68 se obtuvieron los datos de tabla 15.

Tabla 15. Tabla comparativa de las mediciones de corriente DC

Voltaje de entrada(VDC)	Corriente teórica(mA)	FLUKE 87V (mA)	Multímetro desarrollado(mA)	Error absoluto ()
7,5	7,5	7,32	7,29	-0,03
15	15	14,72	15,3	0,58
22,5	22,5	21,51	21,47	-0,04
30	30	28,9	29,01	-0,02

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

$$Exactitud = \frac{0,58A}{30A} \cdot 100 = \pm 1,93\%$$

4.4.7 Pruebas de calibración de distancia

El instrumento utilizado como patrón para medir distancia fue una cinta métrica en centímetros de marca STANLEY y los resultados obtenidos pueden apreciarse en la tabla 16.

Tabla 16. Tabla comparativa de mediciones de distancia

Cinta métrica(cm)	Multímetro desarrollado(cm)	Error absoluto (cm)
0	0	0
100	102	2
200	201	1
300	303	3
400	399	1

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

$$Exactitud = \frac{3cm}{400cm} \cdot 100 = \pm 0,75\%$$

4.4.8 Pruebas de la aplicación del teléfono inteligente

Con la aplicación desarrollada para el teléfono inteligente se realizaron pruebas de indicación, registro y gestionamiento de cada una de las variables obteniendo resultados satisfactorios en algunos casos y aplicando correcciones en otros, en los cuales se produjeron errores de programación a lo largo de las pruebas.

4.5 Fase V. Estudio de factibilidad económica, técnica y operativa del dispositivo diseñado.

Por último, se realizó un estudio de la factibilidad económica del dispositivo de medición así como también la factibilidad técnica y operativa.

El éxito de este proyecto está determinado por el grado de factibilidad que se presente en cada uno de los tres aspectos anteriores. Para esto se recopilaron datos relevantes durante el desarrollo del Multímetro inalámbrico y en base a ello evaluar su viabilidad.

4.5.1 Factibilidad técnica

El análisis de factibilidad técnica sirvió para evaluar si los componentes del multímetro inalámbrico están disponibles y si cumplen con las capacidades técnicas requeridas por el diseño. Los componentes utilizados en el desarrollo del dispositivo son encontrados a lo largo de territorio nacional y fueron accesibles de obtener, adicionalmente todo el software necesario para desarrollar el multímetro fue accesible, validando así la factibilidad técnica.

4.5.2 Factibilidad económica

Los estudios de factibilidad económica incluyeron un análisis de costos y beneficios asociados con el diseño presentado. Se realizó un análisis de costos de los componentes electrónicos y de todos los materiales utilizados en la construcción del dispositivo de medición inalámbrica, adicionalmente se estimó el costo de manufactura (ver tabla 17).

Tabla 17. Factibilidad económica

Componente	Código	Cantidad	Costo (BsF.)
Microcontrolador	ATMEGA328P	1	30.000
Sensor de corriente	ACS712	1	49.950
Modulo de Bluetooth	HC-06	1	60.000
Sensor de distancia	HC-SR04	1	28.500
Puente de diodo	RS201L	1	52.500
Sensor de temperatura	DHT11	1	52.500
Fuente de alimentación del sistema	Powerbank 5V	1	75.000
Borneras	N/A	10	7500
Puntas de medición	Miyako CAT II	1	44.850
Cristal(reloj)	16Mhz	1	6000
Condensadores	4.7uF/50v	3	9000
Resistencias	(222 -10k)	13	11.250
Diodos rectificadores	1N4007	4	10.500
Diodo zener	5.1V	1	4500
Fusible	500mA	1	6000
Transformador	110VAC/12VAC	1	18.750
Baquelita	20cm x 10cm	1	15.000
Lamina de acrílico	1m x 1m	1	52.500
Suiche	2 estados	1	1500
Costo Manufactura	15%	1	80.370
		Total:	616.170

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Para determinar si el proyecto es económicamente factible se procedió a comparar características, precios y beneficios con dispositivos similares en el mercado (ver tabla 18). El multímetro marca FLUKE modelo FC 3000 presenta características similares al dispositivo desarrollado y este tiene un costo de 2.242.500 BSF. Esto representa una diferencia de precio de 1.626.330 BSF entre los dispositivos. Cabe destacar que el diseño presentado puede ser optimizado aún más para reducir el costo de fabricación mediante la utilización de materiales de plástico para la carcasa y de circuitos reducidos para la realización del circuito impreso en baquelita.

Tabla 18. Tabla comparativa de funciones de los multímetros

Características	FLUKE FC 3000	Multímetro inalámbrico
Mide voltaje AC	Si	Si
Mide voltaje DC	Si	Si
Mide corriente	Si	Si
Mide Resistencia	Si	Si
Prueba continuidad	Si	Si
Mide Frecuencia	Si	No
Mide Temperatura	No	Si
Pantalla en dispositivo	Si	No
Conexión a teléfonos con sistema operativo	IOS	Android
Peso	340g	520g

Fuente: Leung y Sandoval (2017)

Al analizar la tabla comparativa de funciones se determinó que no existe gran diferencia entre las funciones realizadas por ambos multímetros pero si una gran diferencia de precio, este hecho permite que el proyecto presentado sea económicamente factible.

4.5.3 Factibilidad Operativa

El proyecto presentado tiene una alta factibilidad operativa ya que el usuario no necesita de una extensa instrucción para operar el Multímetro inalámbrico, debido a que presenta una operatividad similar a los multímetros convencionales. En cuanto al manejo es un manual de usuario (ver anexo H) con el cual la capacidad de reconocer todas las herramientas a su disposición en la interfaz gráfica.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de grado concluyó con la satisfactoria construcción del multímetro inalámbrico. Esto se logró con una investigación detallada de las tecnologías relacionadas con la toma de mediciones eléctricas y de acuerdo a las necesidades del proyecto se escogieron diferentes tecnológicas para así compararlas y escoger las más adecuadas a los requerimientos del proyecto los cuales fueron tener sensores con una exactitud aceptable y que fueran de bajo consumo energético.

También se consiguió simular el diseño del multímetro utilizando el software Proteus, para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo, así como la comunicación efectiva entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth. Paralelamente se implementó exitosamente la interfaz gráfica del multímetro, en el teléfono inteligente, bajo criterios de desarrollo Android utilizando el IDE MIT APP INVENTOR.

Por otra parte, se construyó con éxito tanto el circuito impreso como la carcasa protectora del prototipo, utilizando materiales disponibles y técnicas apropiadas. Posteriormente, se obtuvo un prototipo satisfactorio debido a la portabilidad del mismo. Finalmente se realizaron las pruebas de funcionamiento del multímetro desarrollado para determinar el error absoluto, exactitud del equipo y comprobar el correcto funcionamiento de la interfaz gráfica.

Por último se realizó el estudio de factibilidad económica, técnica y operativa la cual arrojó que el proyecto presentado es viable al cumplir favorablemente con los tres aspectos estudiados.

RECOMENDACIONES

- Estudiar las especificaciones requeridas por usuarios especializados con el fin de proporcionar instrumentos adecuados para sus necesidades en específico.
- Hacer estudio económico más exhaustivo considerando otros componentes.
- Utilizar componentes electrónicos de tamaño reducido para así aumentar la portabilidad del dispositivo.
- Desarrollar la aplicación móvil en un IDE que proporcione más herramientas para incluir nuevas funciones y hacerlo más amigable y agradable al usuario
- Incluir en el diseño la posibilidad de utilizar el multímetro inalámbrico como cargador portátil.
- Implementar un diseño el cual permita al usuario invertir la polaridad de las puntas de medición sin causar un corto circuito.
- Adicionar un icono en el menú principal de la aplicación el cual el usuario podrá consultar el manual cuando lo desee.
- Desarrollar una ventana la cual el usuario pueda visualizar las variables simultáneamente ya coladas las diferentes puntas de medición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aimacaña, D. y Nieto, R. (2014). *Diseño e implementación de instrumentos virtuales utilizados en la medición de variables eléctricas con dispositivos móviles bajo la plataforma Android, para el laboratorio de circuitos electrónicos* (trabajo de grado). Universidad de las fuerzas armadas, Ecuador.
- Alonso, L. (1994). *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Síntesis.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas; Editorial Episteme.
- Ballestrini, M. (2006). *Como elaborar el proyecto de investigación*, Caracas: Editorial Consultores Asociados
- Carmines, E. y Zeller, R. (1979). *Reliability and Validity Assessment*. London: SAGE Publications.
- Cisco (2016). *Internet de las cosas*. Recuperado de <http://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/overview.html>.
- Perez, D. (2016). *Sensores de distancia por ultrasonido*. Recuperado de <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>
- Ecured. (2017). *Tecnología wifi* [Online] Extraído de: https://www.ecured.cu/index.php/Tecnolog%C3%ADa_Wi-Fi [Acedido 23 Enero. 2017].
- Giorgi, G. (1901). *El sistema Internacional de unidades*. Centro Español de Metrología, 20.
- Guillen, M. (2008). *Diseño e implementación de un sistema medido de variables eléctricas* (trabajo de grado). Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- Hernández, R. (1998). *Metodología de la investigación*. 2da.edición. México. Mc Graw Hill.
- Hurtado, J. (2008) *Metodología de la investigación*, Caracas, Editorial Quirón.
- Olmo, M. (2017). *Hall Effect*. [Online] 230nsc1.phy-astr.gsu.edu. Recuperado de: <http://230nsc1.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/Hall.html> [Accesado el 18 Enero. 2017].

Suquilanda, T. eIdrovo, M. (2013) *Diseño y montaje de enlace inalámbrico para transmisión de datos utilizando tecnología Bluetooth* (Trabajo de grado).Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

Gaitán M, J. A. y Piñuel R, J. L. (1998). Unidad de análisis [Online] Recuperado de: <https://es.slideshare.net/margaraduran/unidades-de-analisis-54758257>

Wikipedia. (2017). Bluetooth. [Online] Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> [Accesado 23 Enero. 2017].

Wikipedia. (2017). iOS. [Online] Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Darwin_\(sistema_operativo\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Darwin_(sistema_operativo)) [Accesado 23 Enero. 2017].

ANEXOS

ANEXO A: Entrevista a los expertos

Entrevista realizada a los expertos:

1. ¿Qué utilidad tendría visualizar las mediciones de variables eléctricas como voltaje DC, voltaje AC, resistencia y distancia, a través de un teléfono inteligente?
2. ¿Qué tipo de multímetro conoce que pueda realizar mediciones e indicarlas en un teléfono inteligente?.
3. ¿Qué mediciones realiza con más frecuencia cuando utiliza un multímetro?
4. ¿Cuáles son los errores más frecuentes que ha observado al hacer una medición con un multímetro?
5. ¿Qué cambios tecnológicos ha observado en los multímetros convencionales
6. ¿Qué ventajas se tendría al hacer mediciones eléctricas a distancia?
7. ¿Cómo sería la aceptación del multímetro inalámbrico?
8. ¿Cuáles ventajas se pueden tener al desarrollar una interfaz gráfica para el teléfono inteligente para indicar, registrar y gestionar las mediciones del multímetro inalámbrico?

Entrevista a la profesora Zeida Molina (Directora de la Escuela de Ingeniería electrónica de la Universidad José Antonio Páez):

1. ¿Qué utilidad tendría visualizar las mediciones de variables eléctricas como voltaje DC, voltaje AC, resistencia y distancia, a través de un teléfono inteligente?

Implicaría darle mayor versatilidad al teléfono inteligente, y para los usuarios comunes de un multímetro, una herramienta que descargaría la cantidad y peso a transportar en la caja de herramientas, además de los posibles ahorros que esto traería y la facilidad de actualizar o reponer la aplicación.

2. ¿Qué tipo de multímetro conoce que pueda realizar mediciones e indicarlas en un teléfono inteligente?

Yo no conozco, ni he oído hablar de ninguno.

3. ¿Qué mediciones realiza con más frecuencia cuando utiliza un multímetro?

En general, medición de voltaje AC y DC, Continuidad, Corriente AC y DC, Temperatura.

4. ¿Cuáles son los errores mas frecuentes que ha observado al hacer una medición con un multímetro?

Seleccionar inadecuadamente el intervalo de medición, medir en paralelo (en corto circuito) la corriente, olvidar cambiar de entrada las puntas de medición cuando se pasa de medir voltaje a corriente y viceversa, selección inadecuada de las entradas de las puntas de medición cuando se mide corriente (A , mA o μ A).

5. ¿Qué cambios tecnológicos ha observado en los multímetros convencionales

Aunque hace unos años que no tengo la oportunidad de manipular en campo multímetros y apreciar directamente los cambios, pienso que algunas innovaciones han sido; son cada vez más livianos y con protección para caídas (importante cuando se trabaja en campo todo el día), capacidad de graficación,

almacenamiento y transferencia de datos, exactitudes cada vez mejores (menores errores de medición), incorporación de accesorios para calibración.

6. ¿Qué ventajas se tendría al hacer mediciones eléctricas a distancia?

Pienso que la seguridad y comodidad al realizarlas.

7. ¿Cómo sería la aceptación del multímetro inalámbrico?

Yo, desde el punto de vista académico, pienso tendría gran aceptación, si efectivamente los costos se reducen, como pienso, y si esta interfaz se puede adaptar a cualquier teléfono inteligente, y mejor aun a una PC, porque facilitaría mucho la actualización en los laboratorios, sería más atractivo a los estudiantes y docentes, y bajaría los costos de inventario.

Para los usuarios naturales de estos equipos, como dije en la pregunta 1, pienso que la aceptación estaría en la novedad de poder contar con una herramienta práctica, fácil de transportar, de bajo costo, con características aceptables para la aplicación (diagnostico) y de fácil reposición o actualización.

8. ¿Cuáles ventajas se pueden tener al desarrollar una interfaz gráfica para el teléfono inteligente para indicar, registrar y gestionar las mediciones del multímetro inalámbrico?

Creo que las he mencionado todas en las preguntas anteriores: 1, 6 y 7.

Entrevista a Dinorah Giménez (Profesora de Electrónica II en la Universidad José Antonio Páez):

1. ¿Qué utilidad tendría visualizar las mediciones de variables eléctricas como voltaje DC, voltaje AC, resistencia y distancia, a través de un teléfono inteligente?

Sería de útil debido a que cuando realice mediciones sentiría seguridad ya que estaría lejos del punto de medición, además sería bastante eficiente ya que hay una mayor portabilidad de las mediciones y sería muy fácil compartir dichas mediciones.

2. ¿Qué tipo de multímetro conoce que pueda realizar mediciones e indicarlas en un teléfono inteligente?

Conozco la interface FLUKE CONNECT para multímetros de la marca FLUKE que se conectan a teléfonos inteligentes y computadoras, he visto trabajar este dispositivo y me parece realmente útil.

3. ¿Qué mediciones realiza con más frecuencia cuando utiliza un multímetro?

Cuando realizó mediciones mido voltaje DC y pruebo la continuidad.

4. ¿Cuáles son los errores más frecuentes que ha observado al hacer una medición con un multímetro?

Lo más común es medir corriente y colocar las puntas de medición de una manera incorrecta.

5. ¿Qué cambios tecnológicos ha observado en los multímetros convencionales

Lo que he visto que más me ha sorprendido es medir varias variables sin cambiar la perilla, también el autoranging me parece útil

6. ¿Qué ventajas se tendría al hacer mediciones eléctricas a distancia?

La seguridad operativa al realizar la medición a distancia y la rápida obtención de mediciones listas para ser compartidas o gestionadas.

7. ¿Cómo sería la aceptación del multímetro inalámbrico?

Bastante positiva ya que mucha gente está pidiendo este tipo de equipo en las plantas de manufactura

8. ¿Cuáles ventajas se pueden tener al desarrollar una interfaz gráfica para el teléfono inteligente para indicar, registrar y gestionar las mediciones del multímetro inalámbrico?

Manejas la información real de la medición a distancia de manera automática, no utilizas lentes, mascarillas o algún tipo de protección. Puedes comparar la información con personas interesadas, al hacer un mantenimiento ahorras costos de daño de los equipos y tomar decisiones más rápido.

Entrevista a la profesora Milagro Mejias (Profesora de Control de procesos en pregrado y postgrado de la Universidad José Antonio Páez):

1. ¿Qué utilidad tendría visualizar las mediciones de variables eléctricas como voltaje DC, voltaje AC, resistencia y distancia, a través de un teléfono inteligente?

Me parece que sería muy útil y conveniente para cualquier estudiante o profesional en el área de la electricidad, electrónica o ramas afines

2. ¿Qué tipo de multímetro conoce que pueda realizar mediciones e indicarlas en un teléfono inteligente?.

La verdad es que no conozco ninguno.

3. ¿Qué mediciones realiza con más frecuencia cuando utiliza un multímetro?

Voltaje y corriente en AC y DC y resistencia eléctrica

4. ¿Cuáles son los errores más frecuentes que ha observado al hacer una medición con un multímetro?

Los estudiantes suelen quemar el fusible de corriente del multímetro, bien sea por mala conexión o por no colocar el multímetro en la posición adecuada para medir.

5. ¿Qué cambios tecnológicos ha observado en los multímetros convencionales

Son digitales, algunos auto rango o con pinzas amperimétricas.

6. ¿Qué ventajas se tendría al hacer mediciones eléctricas a distancia?

Se puede tener un cierto nivel de seguridad operativa al estar alejado del punto de medición.

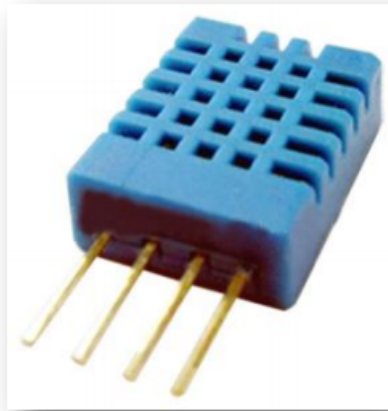
7. ¿Cómo sería la aceptación del multímetro inalámbrico?

Me parece que puede tener una gran aceptación

8. ¿Cuáles ventajas se pueden tener al desarrollar una interfaz gráfica para el teléfono inteligente para indicar, registrar y gestionar las mediciones del multímetro inalámbrico?

Excelente idea, sería muy cómodo para el usuario.

ANEXO B. Hoja de especificaciones DHT11



Each DHT11 element is strictly calibrated in the laboratory that is extremely accurate on humidity calibration. The calibration coefficients are stored as programmes in the OTP memory, which are used by the sensor's internal signal detecting process. The single-wire serial interface makes system integration quick and easy. Its small size, low power consumption and up-to-20 meter signal transmission making it the best choice for various applications, including those most demanding ones. The component is 4-pin single row pin package. It is convenient to connect and special packages can be provided according to users' request.

2. Technical Specifications:

Overview:

Item	Measurement Range	Humidity Accuracy	Temperature Accuracy	Resolution	Package
DHT11	20-90%RH 0-50 °C	±5%RH	±2°C	1	4 Pin Single Row

Detailed Specifications:

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
Humidity				
Resolution		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
Repeatability			±1%RH	
Accuracy	25°C		±4%RH	
	0-50°C			±5%RH
Interchangeability	Fully Interchangeable			
Measurement Range	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
Response Time (Seconds)	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
Hysteresis			±1%RH	
Long-Term Stability	Typical		±1%RH/year	
Temperature				
Resolution		1°C	1°C	1°C
		8 Bit	8 Bit	8 Bit
Repeatability			±1°C	
Accuracy		±1°C		±2°C
Measurement Range		0°C		50°C
Response Time (Seconds)	1/e(63%)	6 S		30 S

5.1 Overall Communication Process (Figure 2, below)

When MCU sends a start signal, DHT11 changes from the low-power-consumption mode to the running-mode, waiting for MCU completing the start signal. Once it is completed, DHT11 sends a response signal of 40-bit data that include the relative humidity and temperature information to MCU. Users can choose to collect (read) some data. Without the start signal from MCU, DHT11 will not give the response signal to MCU. Once data is collected, DHT11 will change to the low-power-consumption mode until it receives a start signal from MCU again.

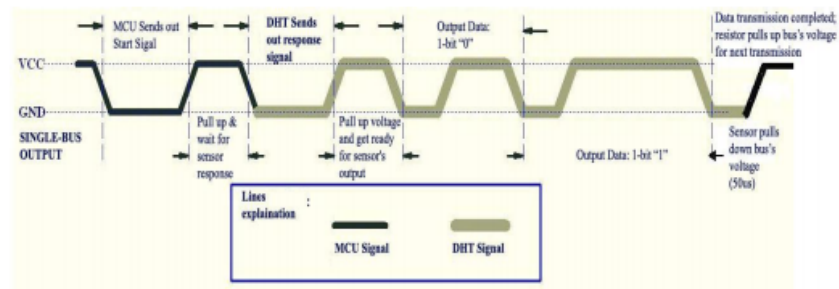


Figure 2 Overall Communication Process

5.2 MCU Sends out Start Signal to DHT (Figure 3, below)

Data Single-bus free status is at high voltage level. When the communication between MCU and DHT11 begins, the programme of MCU will set Data Single-bus voltage level from high to low and this process must take at least 18ms to ensure DHT's detection of MCU's signal, then MCU will pull up voltage and wait 20-40us for DHT's response.

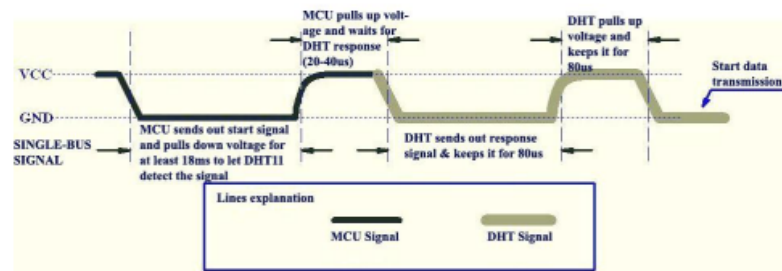


Figure 3 MCU Sends out Start Signal & DHT Responses

ANEXO C. Hoja de especificaciones HC-SR04



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

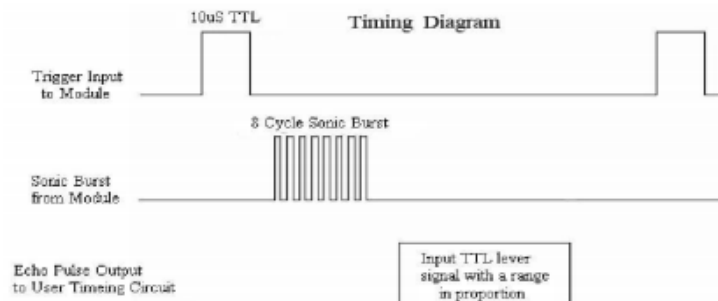
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



ANEXO D. Hoja de especificaciones ACS712

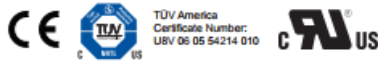


ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



TÜV America
Certificate Number:
UBV 06 05 54214 010

Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

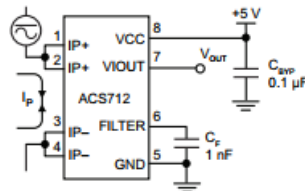
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{\text{OUT}(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{IOUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{IOUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFRU}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in device output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (≈1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LIN}). The degree to which the voltage output from the IC varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} (V_{\text{IOUT_full-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}})}{2 (V_{\text{IOUT_half-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}})} \right] \right\}$$

where $V_{\text{IOUT_full-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sampled current approximates full-scale ±I_p.

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the IC varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{IOUT_+ full-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}}}{V_{\text{IOUT(Q)}} - V_{\text{IOUT_full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{IOUT(Q)}). The output of the device when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at V_{CC}/2. Thus, V_{CC} = 5 V translates into V_{IOUT(Q)} = 2.5 V. Variation in V_{IOUT(Q)} can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OE}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of V_{CC}/2 due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- **0 A at 25°C.** Accuracy at the zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over Δ temperature.** Accuracy at the zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current at 25°C.** Accuracy at the the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over Δ temperature.** Accuracy at the full-scale current flow including temperature effects.

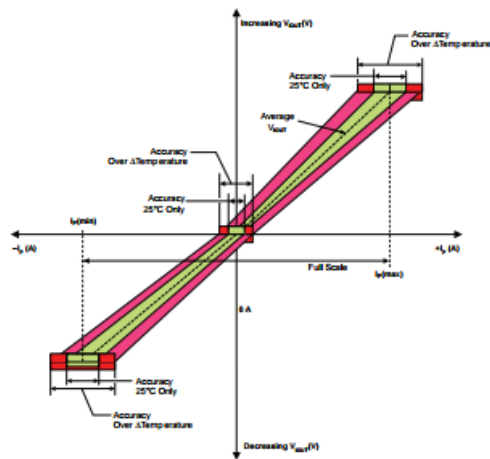
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, V_{IOUT(Q)}, (nominally equal to V_{CC}/2) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC}. The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, ΔV_{IOUT(Q)RAT} (%).

$$100 \left(\frac{V_{\text{IOUT(Q)VCC}} / V_{\text{IOUT(Q)SV}}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, ΔSens_{RAT} (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{\text{VCC}} / \text{Sens}_{\text{SV}}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

Output Voltage versus Sampled Current
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current



Allegro MicroSystems, LLC
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com



ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH

DATASHEET

Features

- High Performance, Low Power Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1KBytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change

- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5.V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

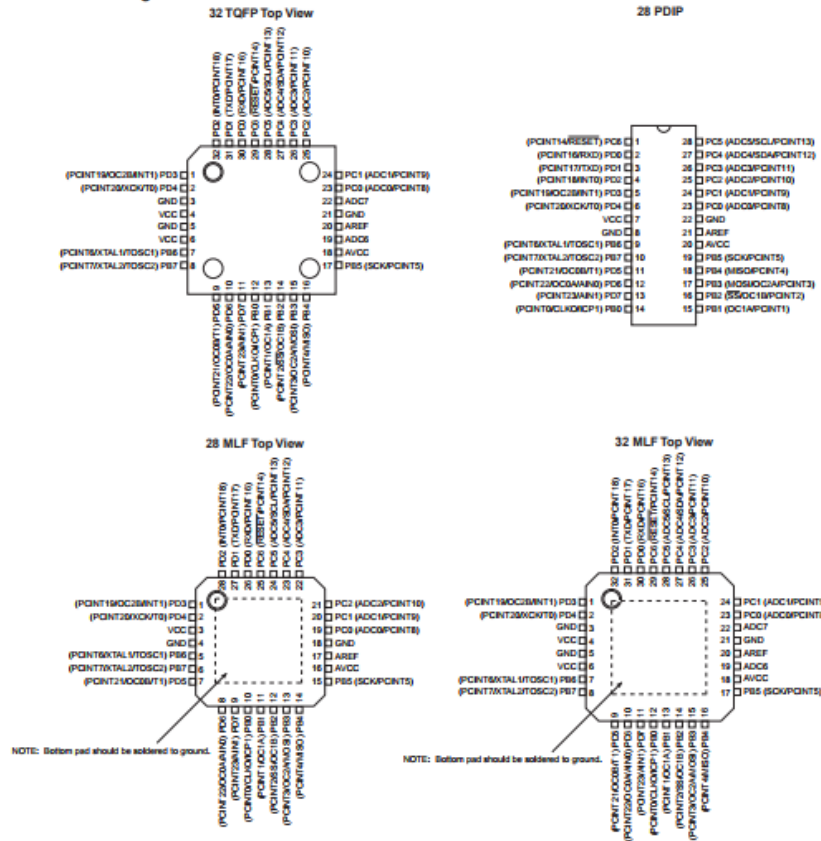


Table 1-1. 32UFBGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

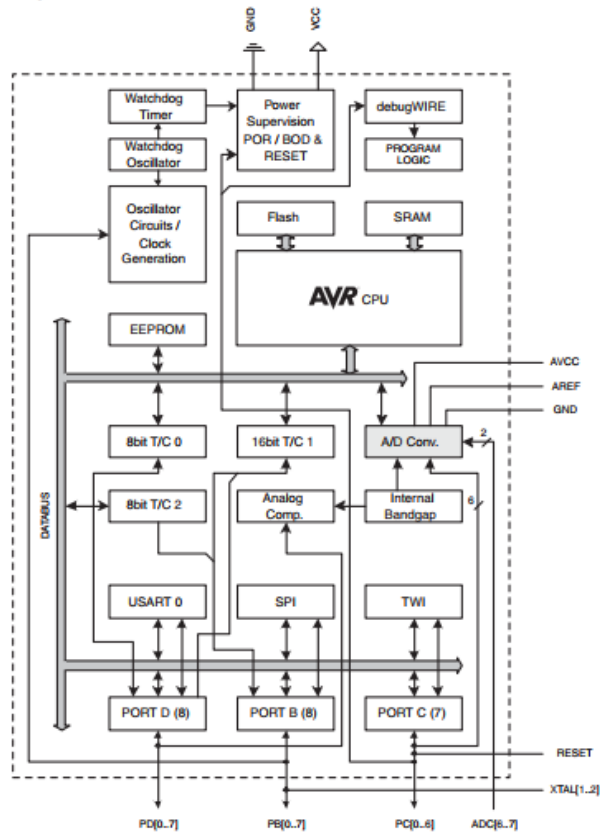
	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PB6	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

2. Overview

The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

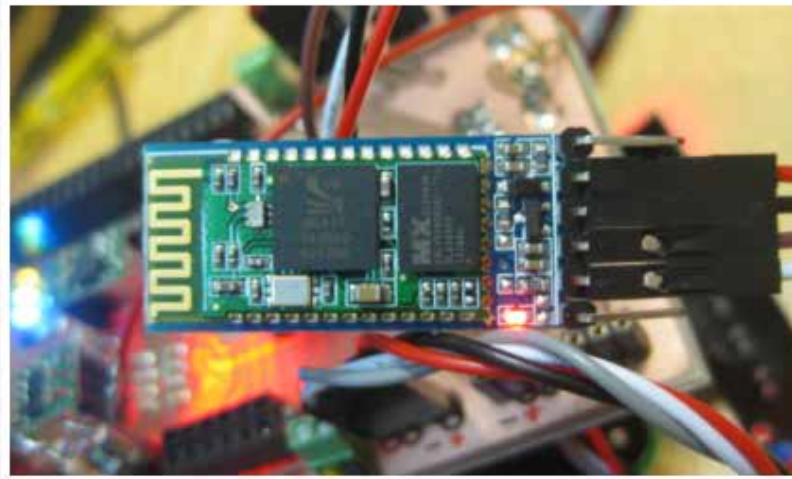
Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

ANEXO F. Hoja de especificaciones HC06

After [my first post using a Bluetooth module](#), things have evolved a bit. The challenge with these Bluetooth modules is: they look the same, but having different firmware. I did not fully realize that until I have ordered another bluetooth module from [dx.com](#):

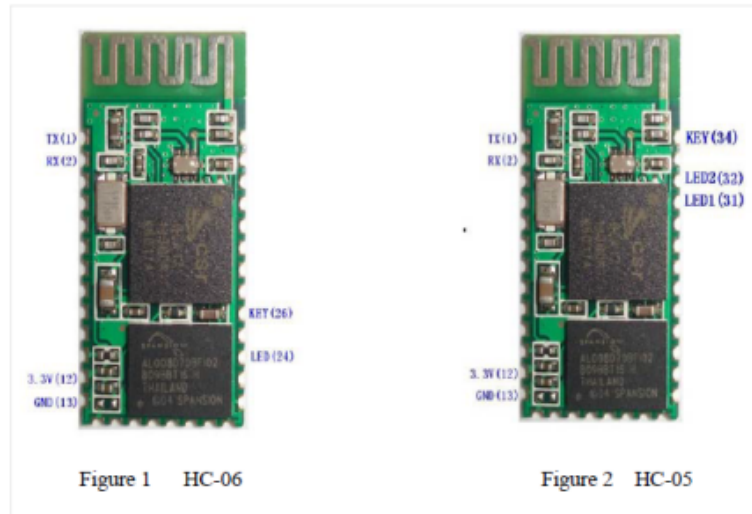


— DX.com Bluetooth Module (HC-06)

That module comes already on a carrier, so I assumed I can use the same driver as for my other module. I was wrong 😞.

HC-05 or HC-06

My earlier module which I received from another source (without an adapter, [see this post](#)) has a different firmware on it, known as HC-05, while my DX.com module has a HC-06 firmware. To be clear: the modules are the same, but the software/firmware on it is different, and the firmware uses the pins differently too 😞.



— HC-06 and HC-05 (Source Wavesen Data Sheet)

💡 Check out this post which explains how to re-program the firmware of the device with firmware programming adapter: <http://byron76.blogspot.ch/2011/09/hc05-firmware.html>

The HC-05 has the 'full' firmware on it: many AT commands, and can be both master and slave module. The HC-06 firmware on the other hand only can be a slave device, with very limited AT commands.

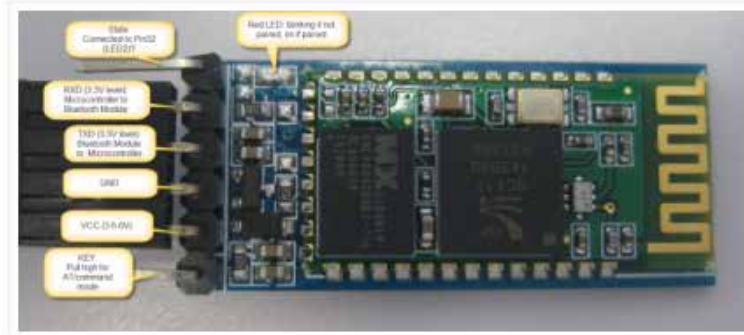
Or in other words:

- The **HC-05** module can build a connection to other modules. E.g. a Robot being a master and connecting to slave bluetooth module. Or in slave mode to make a wireless bridge to a notebook.
- The **HC-06** module only can be a slave. This makes it only useful for say connecting a notebook as a master to a robot with a slave module e.g. for a wireless serial bridge.

For most use cases the HC-06 is enough, as typically I want to have a wireless UART connection to my devices from my notebook.

JY-MCU V1.5 Module

Below is an image of the JY-MCU HC-06 (JY-MCU V1.5) module. The module came with a 4-pin header, and I have added the pins for STATE and KEY, and removed the plastic around the module to get access to the pins:



— HC-06 Top Side

Pins

On the bottom side there are labels for the signal direction and voltage levels:



— JY-MCU BT_BOARD V1.05 Bottom Side

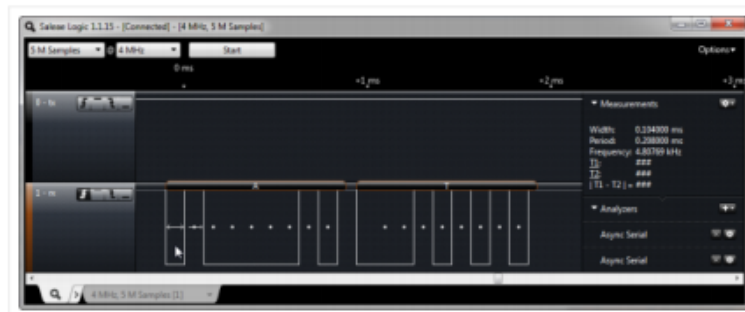
- **KEY:** according to the data sheet, I need to pull-up this pin while power-on-reset of the module to enforce AT mode. I have not been able to verify this yet. I have been told that some modules have this pin not connected at all?
- **VCC** is indicated in the range of 3.6V-6V. The module worked for me both with 3.3V and 5V.
- **GND:** Ground
- **TXD:** serial *output* of the module, to be connected to RX of the microcontroller. Note that this signal is using 3.3V logic level
- **RXD:** serial *input* of the module, to be connected to the TX of the microcontroller. Note that this signal is using 3.3V logic levels.
- **STATE:** connected to LED2 (Pin32) of the module, but no meaning? At least on my module the pin was always low, regardless if paired or not.

Different AT commands

On the HC-05 module, I send "AT\r\n" to the device, and then it responds with "OK\r\n".

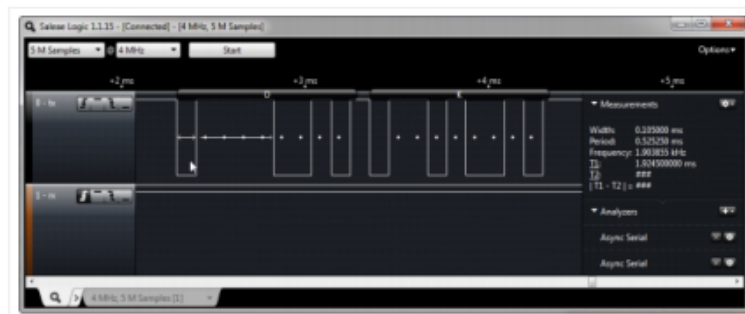
But on the HC-06, the protocol is different 😞 I need to send "AT" (without the new-line characters), and I receive "OK" (without the new-line characters).

The logic analyzer shows this behaviour too: AT command sent to the device:



— AT Command sent to Device

OK response from the device with no "\r\n" at the end:



— OK Response from the Device

The missing "\r\n" is present for all commands of the HC-06 firmware. As as this is not enough, there are very few command possible. The table below shows all the HC-06 firmware commands with the response:

COMMAND	RESPONSE	COMMENT
AT	OK	Used to verify communication
AT+VERSION	OKlinvorV1.8	The firmware version (version might depend on firmware)

ANEXO G. Hoja de especificaciones RS201L



TECHNICAL SPECIFICATION

SINGLE-PHASE GLASS PASSIVATED SILICON BRIDGE RECTIFIER

VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts CURRENT 2.0 Amperes

RS201L
THRU
RS207L

FEATURES

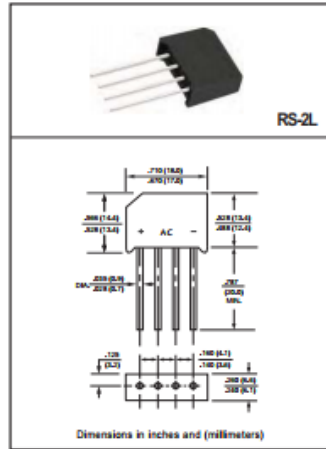
- Ideal for printed circuit board
- Surge overload rating: 60 amperes peak
- Weight: 2.74 grams
- Mounting position: Any

MECHANICAL DATA

- Epoxy: Device has UL flammability classification 94V-0
- UL listed the recognized component directory, file #94233

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Ratings at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
resistive or inductive load.



MAXIMUM RATINGS (@ Ta=25 °C unless otherwise noted)

RATINGS	SYMBOL	RS201L	RS202L	RS203L	RS204L	RS205L	RS206L	RS207L	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum RMS Voltage	V _{SRM}	35	70	140	280	420	560	700	Volts
Maximum DC Blocking Voltage	V _{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	Volts
Maximum Average Forward Rectified Current at T _A = 50°C	I _O	2.0							Amps
Peak Forward Surge Current 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)	I _{FSM}	60							Amps
Current Squared Time	i ² t	14.9							A ² Sec
Typical Thermal Resistance (Note 1)	R _{θJC}	15							°C/W
	R _{θJA}	40							°C/W
Typical Junction Capacitance (Note 3)	C _J	15							pF
Operating and Storage Temperature Range	T _A T _{STG}	-55 to + 150							°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@Ta=25 °C unless otherwise noted)

CHARACTERISTICS	SYMBOL	RS201L	RS202L	RS203L	RS204L	RS205L	RS206L	RS207L	UNITS	
Maximum Instantaneous Forward Voltage at 2.0A DC	V _F	1.1							Volts	
Maximum DC Reverse Current at Rated DC Blocking Voltage	I _R	@T _A = 25°C							2.0	µAmps
		@T _A = 100°C							200	µAmps

- NOTES : 1. Thermal Resistance : Heat-sink case mounted or if PCB mounted.
2. *Fully ROHS compliant*, **100% Sn plating (Pb-free)*.
3. Measured at 1MHz and applied reverse voltage of 4.0 volts.

2014-11
REV:0

RATING AND CHARACTERISTICS CURVES (RS201L THRU RS207L)

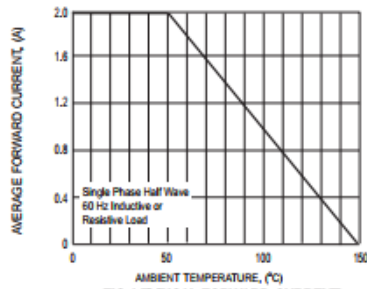


FIG.1 TYPICAL FORWARD CURRENT DERATING CURVE

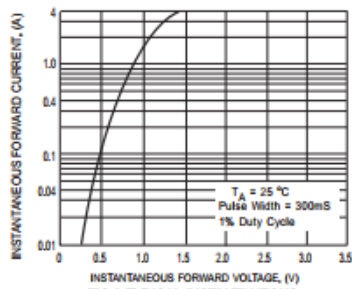


FIG.2 TYPICAL INSTANTANEOUS FORWARD CHARACTERISTICS

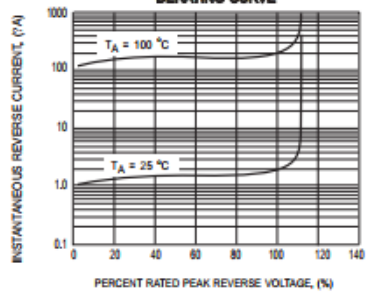


FIG.3 TYPICAL REVERSE CHARACTERISTICS

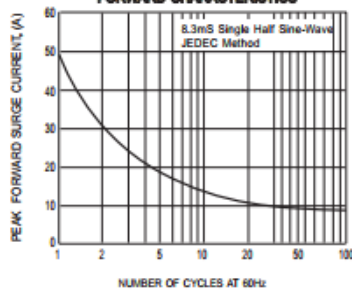


FIG.4 MAXIMUM NON-REPETITIVE FORWARD SURGE CURRENT



ANEXO H. Manual de usuario del Multímetro inalámbrico



Manual del usuario

Multímetro inalámbrico V 1.0



Introducción

Felicitaciones por su compra del Multímetro inalámbrico V1.0, Este multímetro es auto rango. Este medidor mide voltaje en CA/CD, corriente, Resistencia, Distancia, Prueba de Continuidad además de Temperatura ambiente. El uso y cuidado de este medidor le proveerá muchos años de servicio confiable.

Seguridad



Esta señal adyacente a otra señal, terminal o dispositivo en operación indica que el operador deberá buscar una explicación en las Instrucciones de operación para evitar lesiones a su persona o daños al medidor.



Esta señal adyacente a una o más terminales las identifica como asociadas con escalas que pueden, bajo uso normal, estar sujetas a voltajes particularmente peligrosos. Para máxima seguridad, no deberá manipular el medidor y sus cables de prueba cuando estas terminales estén energizadas.

Índice del manual

Contenido	Página.
Precauciones.....	118
Leyenda de interfaz gráfica.....	119
Instrucciones de seguridad.....	122
Descripción física.....	123
Medición de voltaje DC.....	124
Medición de voltaje AC.....	125
Medición de corriente DC.....	126
Medición de resistencia.....	127
Probador de continuidad.....	128
Medidor de distancia.....	129
Medidor de temperatura.....	130
Mantenimiento.....	131





PRECAUCIONES

- . El uso inapropiado de este medidor puede causar daños, choque, lesiones o la muerte. Lea y comprenda este manual de usuario antes de operar el medidor.
- . Desconecte siempre los cables de prueba antes de reemplazar la batería o fusibles.
- . Revise que los cables de prueba y el medidor no tengan daños antes de operar el medidor.
- . Tome sus precauciones al tomar medidas si los voltajes son mayores a 25 VCA. Este voltaje es considerado un peligro de choque.
- . **¡Advertencia!** Este equipo puede causar interferencias en habitaciones; en cuyo caso puede ser requerido que el operario tome medidas adecuadas.
- . Corte la corriente del dispositivo a prueba antes de realizar pruebas de diodo, resistencia o continuidad.
- . La revisión de toma corrientes eléctricos puede ser difícil y engañosa debido a la incertidumbre de conexión con los contactos eléctricos empotrados. Deberá usar otros medios para asegurar que las terminales no estén “vivas”.
- . Si el equipo se usa en una manera no especificada por el fabricante, la protección ofrecida por el equipo puede ser afectada.
- . Este dispositivo no es un juguete y no debe llegar a manos de niños. Contiene objetos peligrosos y piezas pequeñas que los niños pueden tragar. En caso de que un niño trague alguna, por favor llame inmediatamente a un médico.

Leyenda de interfaz gráfica

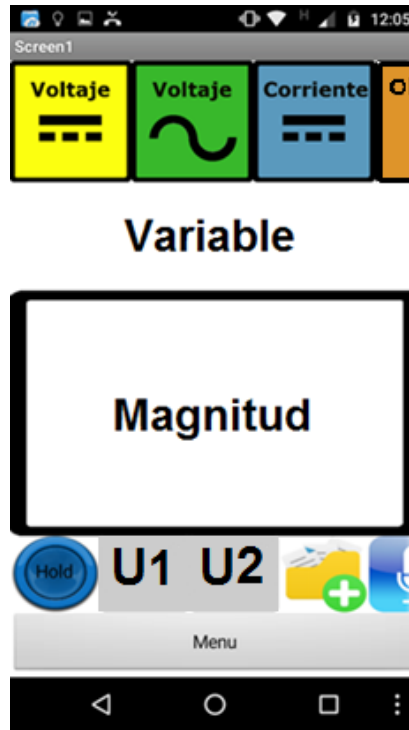
Trabajo de Grado v1



Icono	Nombre	Descripción
		Permite al usuario navegar a la desde la de la interfaz grafica
		Permite al usuario acceder a la donde podrá elegir entre una lista de dispositivos Bluetooth sincronizados previamente.
		Traslada al usuario a la donde podrá realizar mediciones y si lo desea, tendrá la capacidad de registrarla y gestionarla.
		Lleva al usuario a un menú de preferencias donde podrá escoger el tamaño de letra de la lista en la como también el color de la misma.



Leyenda de interfaz gráfica

Ventana medir



Variable



Figura	Nombre	Descripción
		Es un botón que al hacer click en el cambia el texto de y se sustituye por “Voltaje DC”. Además, en la sección muestra el valor de la medición de voltaje DC y la unidad en V.
		Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto de y se sustituye por “Voltaje AC”. Además, en la sección muestra el valor de la medición de voltaje AC y la unidad en V.



Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto la y se sustituye por “Corriente DC”. Además, en la sección muestra el valor de la medición de corriente dc y la unidad en A.



Es un botón que al hacer click en el cambia el texto de y se sustituye por “Óhmetro”. Además, en la sección muestra el valor de la medición de resistencia y la unidad en Ω .



Es un botón que al hacer click en el, cambia el texto de y se sustituye por “Distancia”. Además, en la sección muestra el valor de la medición de la distancia entre el Multímetro inalámbrico y el obstáculo, la unidad en cm.



Es un botón que al hacer click en el, cambia el titulo la y se sustituye por Voltaje DC. Además, en la sección muestra el valor de la medición de voltaje DC y la unidad en °C.



Es un botón que al hacer click en el cambia el titulo la y se sustituye por “Continuidad” y en el medio de la pantalla se muestra un mensaje de si se cumple la prueba de continuidad o no.



Al hacer click en el botón el valor mostrado en no se actualiza.

U1

Cambia el valor de la unidad de la magnitud de la variable seleccionada a la opción de unidad 1 (V,A,m).

U2

Cambia el valor de la unidad de la magnitud de la variable seleccionada a la opción de unidad 2 (mV,mA,cm).



Este botón permite la navegación desde la a la



Al hacer click en este botón se activa la función de leer la magnitud de la variable.

Menu

Este botón permite regresar a la

Leyenda de interfaz gráfica

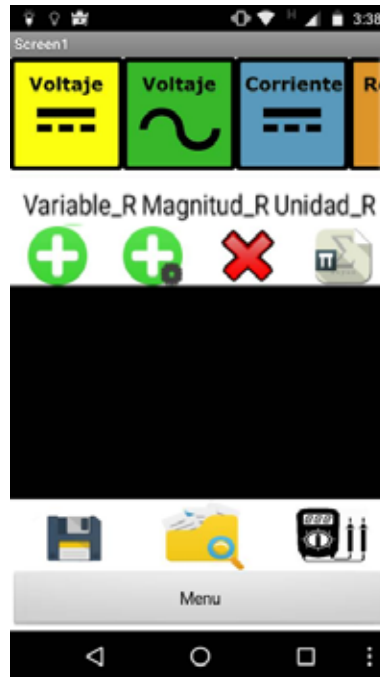



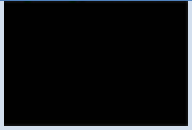


Figura	Nombre	Descripción
		Al hacer click en este botón se agrega el valor de como un elemento a la
		Este botón al hacer click se abre un dialogo en el que el usuario puede elegir entre tomar mediciones por tiempo o por número de mediciones automáticamente.
		Al ser presionado este botón se abre un dialogo de confirmación si se desean borrar todos los elementos de la lista. Si un elemento de la lista esta seleccionado solamente se borra ese elemento.



Esta función abre un cuadro de dialogo de confirmación y de ser positiva la respuesta se calcula el valor máximo, el valor mínimo y el valor promedio de todos los elementos de la



Este elemento permite visualizar los valores agregados.



La función guardar abre un cuadro de dialogo para obtener del usuario el nombre del archivo a guardar y lo almacena en la memoria del teléfono inteligente.



Este botón permite cargar en la memoria todos los archivos que fueron guardados desde que se instaló la aplicación en la memoria del teléfono inteligente. Estos son ordenados por fecha.



Al presionar este botón se navega a la



Este botón permite regresar a la

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Este medidor ha sido diseñado para un uso seguro, pero deberá ser operado con precaución. Para una operación segura, deberá cumplir las reglas enumeradas a continuación:

1. **NUNCA** aplique al medidor, voltaje o corriente que exceda las especificaciones máximas de medición.

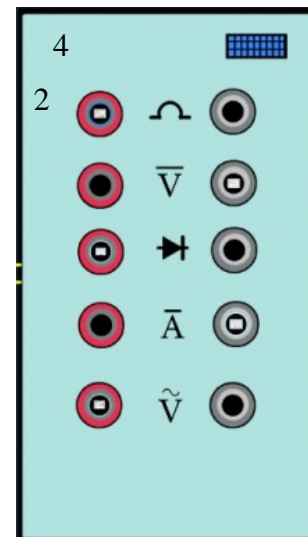
Límites de entrada	
Función	Entrada máxima
VAC / VDC	14 VCD/ 126VAC
A	30A
Fuente de alimentación	Fusible de acción rápida de 500mA
Resistencia	120 a 2100 ohms
Temperatura	0-50°C

2. **TOME SUS PRECAUCIONES** al trabajar con altos voltajes.
3. **NO MIDA** voltajes si el voltaje en el contacto "COM" de entrada Tipo Jack excede 600V respecto a tierra.
4. **NUNCA** conecte los cables de prueba del medidor a una fuente de voltaje, cuando el selector de funciones está en la escala de; Corriente, Resistencia o Prueba de diodo. Hacerlo puede dañar el medidor y pierde su garantía.
5. **SIEMPRE** Desconectar la energía del circuito a medir antes de hacer mediciones y/o pruebas de Resistencias o Diodos.

Descripción física

1. Suiche de encendido y apagado.
Borneras
3. Sensor de temperatura
4. Luz de encendido

3



	Óhmetro
	Voltaje directo
	Continuidad
	Amperímetro
	Voltaje Alterno

Características de las mediciones

Variable	Rango	Exactitud
Voltaje DC	(0-14) VDC	±0,7%
Voltaje AC	(0-126) VDC	±1,34%
Distancia	(0-400) cm	±0,75%
Temperatura	(0-50)°C	±2%
Corriente	(-30 a 30) A	±0,96%
Ohmetro	(120 a 1780)	±0,16%

Instrucciones de operación

ADVERTENCIA: Riesgo de electrocución. Los circuitos de alta tensión, tanto de CA y CD, son muy peligrosos y deberán ser medidos con gran cuidado.

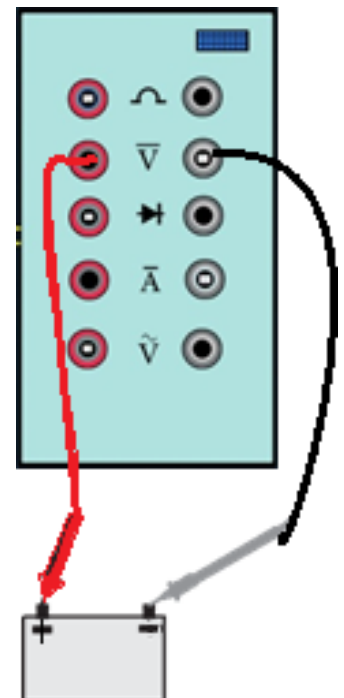
Siempre que utilice el multímetro tener cuidado de como conectar las puntas de medición ya que al invertir la polaridad puede causar un cortocircuito.

Un valor apropiado al estar conectada a un circuito.

Medición en voltaje DC

PRECAUCIÓN: No mida voltajes “DC” cuando un motor se encienda ya que en esos momentos existen picos de voltaje muy altos que pueden dañar el multímetro.



1. Abrir aplicación
2. Encender multímetro inalámbrico
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces parpadeante roja y azul se quedan fijas.
4. Presione el botón de
5. Seleccione el botón en el carril la variable a medir.
6. Verifique que el Multímetro inalámbrico tengas las puntas conectadas en la variable que se desea medir
7. Visualice la magnitud de la variable en el centro de la interfaz.

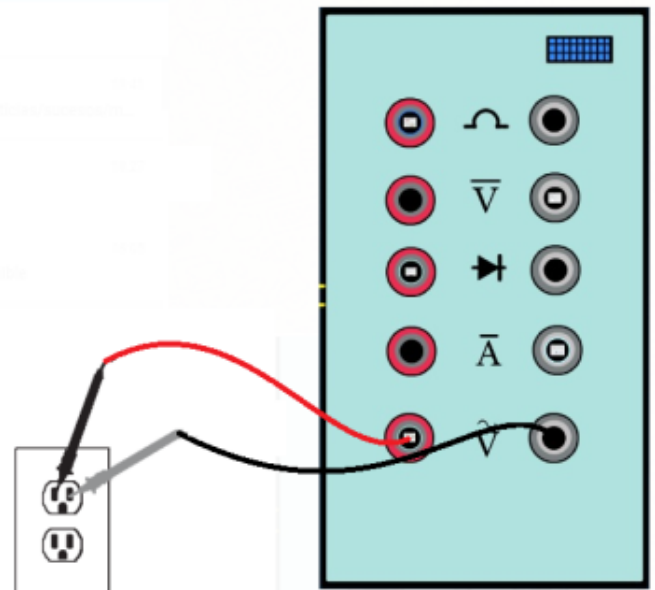


Medición de voltaje AC



ADVERTENCIA: Riesgo de electrocución. Las puntas de las sondas de prueba pueden no ser lo suficientemente largas para hacer contacto con las partes energizadas dentro de algunos contactos de 240V de algunos equipos y/o electrodomésticos debido a que dichos conectores están muy dentro del contacto. Como resultado, la lectura puede indicar "0" voltios cuando en realidad el contacto si tiene tensión. Verifique que las puntas de las sondas estén tocando los conectores metálicos de los contactos antes de asumir que no hay voltaje presente.

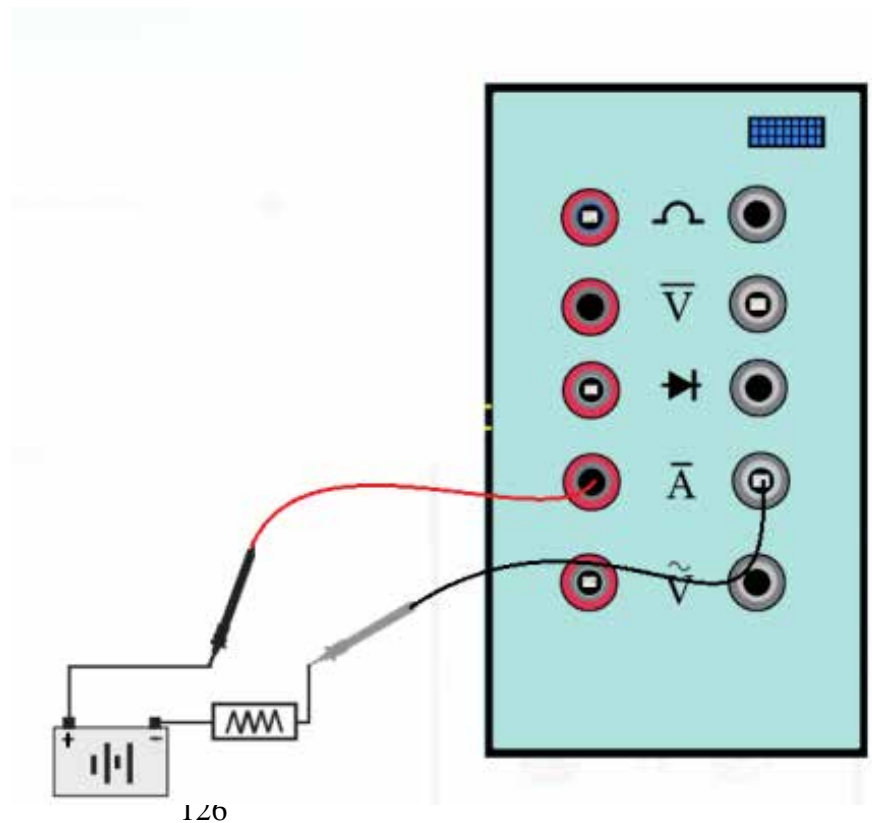
PRECAUCIÓN: No mida voltajes en "AC" cuando un motor se apague y/o se encienda ya que en esos momentos hay picos de voltaje muy altos que pueden dañar al multímetro.

1. Abrir aplicación
2. Encender multímetro inalámbrico
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces parpadeante roja y azul se quedan fijas.
4. Presione el botón de  .
5. Seleccione el botón  en el carril la variable a medir.
6. Verifique que el multímetro inalámbrico tengas las puntas conectadas en la variable que se desea medir
7. Visualice la magnitud de la variable en el centro de la interfaz.





Medición de corriente DC

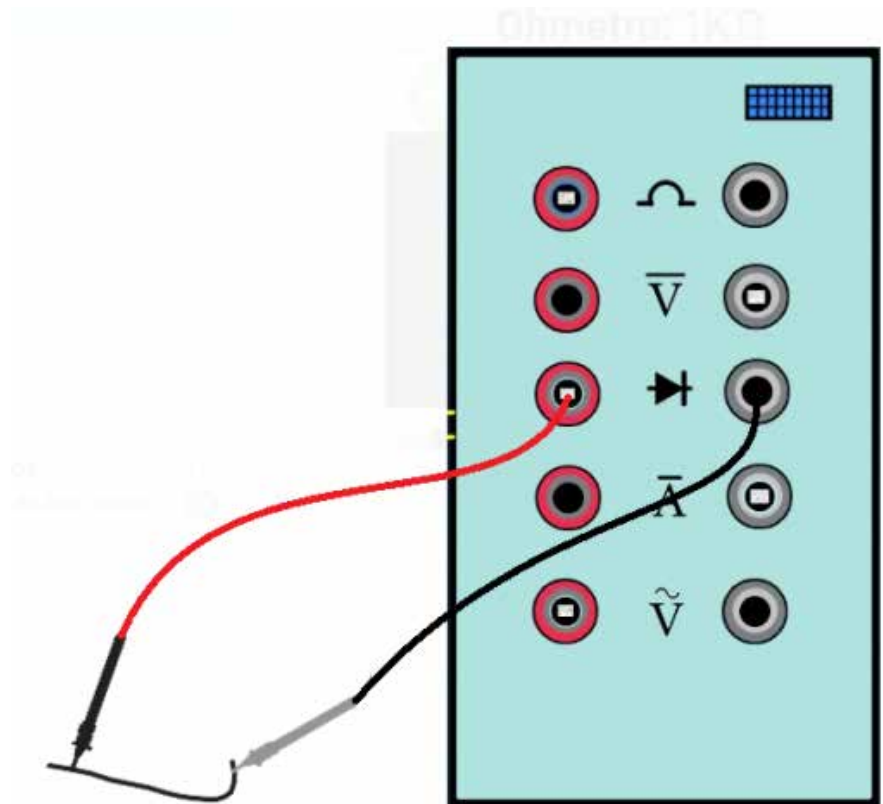
1. Abrir la aplicación.
2. Energizar multímetro inalámbrico.
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces, roja y azul pasan de parpadeante a fija.
4. Presione el botón de .
5. Seleccione el botón  en el carril la variable a medir.
6. Corte la tensión (energía) del circuito bajo prueba, enseguida abra el circuito en el punto donde se desea medir la corriente.
7. Toque la punta de la sonda negra de prueba del lado negativo del circuito. Toque la punta de la sonda roja de prueba del lado positivo del circuito.
8. Aplique energía al circuito.
9. Visualice la magnitud de la variable en el centro de la interfaz.



Probador de continuidad

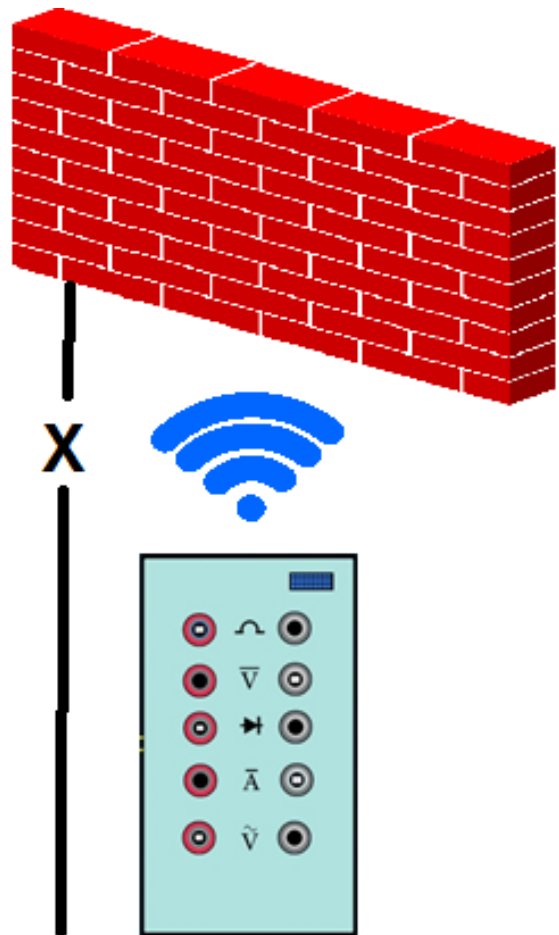
ADVERTENCIA: Para evitar una descarga eléctrica, nunca mida continuidad en circuitos o alambres que tengan voltaje.

1. Abrir la aplicación
2. Energizar multímetro inalámbrico
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces, roja y azul pasan de parpadeante a fija.
4. Presione el botón de  .
5. Seleccione el botón  en el carril la variable a medir.
6. Verifique que el Multímetro inalámbrico tengas las puntas conectadas en la variable que se desea medir
7. Visualice la magnitud de la variable en el centro de la interfaz.



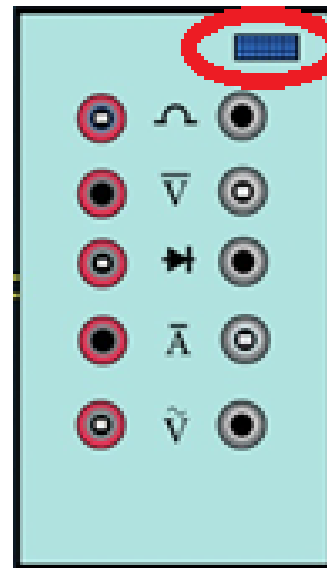
Medidor de distancia

1. Abrir la aplicación
2. Energizar el multímetro inalámbrico
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces, roja y azul pasan de parpadeante a fija.
4. Presione el botón de Ventana medir.
5. Seleccione el botón Distancia en el carril la variable a medir.
6. Coloque el multímetro contra la superficie u obstáculo a medir (el sensor está ubicado en la parte frontal del dispositivo el medida la distancia entre el obstáculo y la parte trasera del dispositivo ver figura ejemplo de medición)
7. La variable será visualizada en el medio de la pantalla.



Medidor de temperatura

1. Abrir la aplicación
2. Energizar el multímetro inalámbrico
3. Sincronizar el teléfono inteligente con el multímetro inalámbrico. Este paso se puede corroborar cuando las luces, roja y azul pasan de parpadeante a fija.
4. Presione el botón de Ventana medir.
5. Seleccione el botón temperatura en el carril la variable a medir.
6. Coloque el multímetro en la zona en la que se desea medir temperatura ambiente (el sensor está ubicado en la parte frontal del dispositivo)
7. La variable será visualizada en el medio de la pantalla.



Mantenimiento

ADVERTENCIA: Para evitar una descarga eléctrica, desconecte los cables de prueba de cualquier fuente de voltaje antes de quitar la tapa posterior o la de la batería o fusibles.

Este multímetro está diseñado para proveer muchos años de servicio confiable, si se llevan a cabo las siguientes instrucciones de cuidado del manual:

1. **MANTENGA SECO EL MEDIDOR.** Si se moja, séquelo.
2. **USE Y ALMACENE EL MEDIDOR BAJO TEMPERATURA NORMAL.** Los extremos de temperatura pueden acortar la vida de las partes electrónicas y distorsionar o fundir las piezas de plástico.
3. **MANIPULE EL MEDIDOR CON SUAVIDAD Y CUIDADO.** Dejarlo caer puede dañar las partes electrónicas o la caja.
4. **MANTENGA LIMPIO EL MEDIDOR.** Ocasionalmente limpie la caja con un paño húmedo. NO use químicos, solventes para limpieza o detergentes.
5. **SI SE VA A ALMACENAR EL MEDIDOR DURANTE UN LARGO PERIODO DE TIEMPO,** deberá retirar la batería para prevenir daños a la unidad.

ADVERTENCIA: Para evitar una descarga eléctrica, desconecte los cables de prueba de cualquier fuente de voltaje antes de quitar la tapa de la batería

INSTALACIÓN DE LA BATERÍA

1. Apague el medidor y desconecte los cables de prueba.
2. Quite los dos tornillos de la tapa posterior (B) con un destornillador Phillips.
3. Inserte la batería en su compartimiento, observando la polaridad correcta.
4. Coloque la tapa de la batería en su lugar. Asegure con el tornillo.

No tire las pilas usadas o pilas recargables en la basura doméstica.



Como consumidores, los usuarios están obligados por ley a llevar las pilas usadas a los sitios adecuados de recogida, la tienda minorista donde las baterías se compraron, o dondequiera que las baterías se venden.

Eliminación: No se deshaga de este instrumento en la basura doméstica. El usuario está obligado a tomar al final de su vida útil dispositivos a un punto de recogida designado para el desecho de equipos eléctricos y electrónicos.

Otros Recordatorios seguridad de la batería

- Nunca tire las pilas al fuego. Las baterías pueden explotar o tener fugas.

ADVERTENCIA: Para evitar una descarga eléctrica, no opere el medidor a menos que la tapa posterior y la tapa de la batería y fusibles estén colocadas y aseguradas.

- Nunca mezcle tipos de pilas. Instale siempre las pilas nuevas del mismo tipo

NOTA: Si su medidor no funciona apropiadamente, revise los fusibles y la batería para asegurar que están en buenas condiciones y que están correctamente instalados.