



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERIA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**TEMA
“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE
CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL
DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO
PORTÁTIL PARA INGENIERÍA”**

**AUTOR
PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA**

GUAYAQUIL, JULIO 2020



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:			
Análisis y diseño de un módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integre al desarrollo de un laboratorio educativo portátil para ingeniería			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Proaño Villacis Andrew Josué	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Ing. Comp. Plaza Vargas Ángel Marcel, MSC / Ing. Elec. Andrade Greco Plinio, MBA	
INSTITUCIÓN:		Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:		Facultad Ingeniería Industrial	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:		Ingeniero en Teleinformática	
FECHA DE PUBLICACIÓN:		23 de Octubre del 2020	No. DE PÁGINAS: 98
ÁREAS TEMÁTICAS:		Tecnología Electrónica	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:		Microcontrolador, Capacitores, Resistencias, Divisor de voltaje/ Microcontroller, Capacitors, Resistors, Voltage divide.	

RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):

El presente trabajo de investigación realiza el análisis y diseño de un módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integrarán a un laboratorio educativo portátil para ingeniería, con un rango de medición de valores capacitivos de 3pf a 2600uf y con un rango de medición de valores óhmicos de 10Ω a 1M; rango suficiente para poder realizar prácticas de las materias de electrónica en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Teleinformática/Telemática.

Los componentes que se utilizan tienen la característica principal de ser de bajo costo, como lo son los microcontroladores, pantalla LCD, entre otros. El proceso que efectúa para hallar los valores de los componentes es mediante microcontroladores que están previamente programados con tablas de valores correspondientes a los niveles de voltaje del divisor de voltaje en los puntos de medición de resistencias; para la medición de los valores capacitivos se aplica el proceso de carga y descarga de un capacitor para hallar su valor, ambos resultados son representados en una pantalla LCD por facilidad en la implementación, con la posibilidad de entregar estos datos a un programa de centralización de la información.

The present research work performs the analysis and design of a capacitance and resistance measuring module that will be integrated into a portable educational engineering

laboratory, with a measurement range of capacitive values from 3pf to 2600uf and with a measurement range of ohmic values. from 10Ω to 1M; range enough to be able to accomplish electronic practices of subjects in the laboratory of the Teleinformatics / Telematics Engineering Career.

All used components have the main characteristic of being low cost, such as microcontrollers, LCD screen, among others. The process carried out to find the values of the components is through microcontrollers that are previously programmed with a tables of values corresponding to the voltage levels of the voltage divider at the resistance measurement points; For the measurement of capacitive values, the process of charging and discharging a capacitor is applied to find its value, both results are displayed on an LCD screen for ease of implementation, with the possibility of delivering these data to a centralization information software.

ADJUNTO PDF:	SI	X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0983197028		E-mail: andrew.proanov@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola		
	Teléfono: 593-2658128		
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec		



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE**, con C.C. No. **0951933084**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO PORTÁTIL PARA INGENIERÍA**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE
C.C. No. 0951933084



**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE, C.C.: 0951933084, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO PORTÁTIL PARA INGENIERÍA”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 7% de coincidencia.

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, document details are shown: 'Documento: Proaño Villacis Andrew Josué - Urkund.docx (D80561987)', 'Presentado: 2020-10-02 14:53 (-05:00)', 'Presentado por: andrew.proanov@ug.edu.ec', 'Recibido: plinio.andradeg.ug@analysis.urkund.com', and 'Mensaje: Revisión de tesis. 7% de estas 26 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.' On the right, a table lists sources under 'Lista de fuentes' and 'Bloques'. The table has columns 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. Sources include 'Murillo Macias Jaime Mauricio - Final Tesis.docx', 'Urkund Garcia Hurtado.docx', and 'Maldonado Triviño - Tesis Laboratorio Educativo P...'. At the bottom, a detailed similarity report for 'Causas y Consecuencias del Problema 1.3.1' is visible, listing causes like 'Recursos insuficientes para adquirir más dispositivos modular NI ELVIS' and 'Falta de componentes y módulos necesarios para ejercer las prácticas correspondientes'.


ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA
C.C. 0907921951

FECHA: 01 DE OCTUBRE DEL 2020



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 01 de octubre del 2020.

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:


Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO PORTÁTIL PARA INGENIERÍA”** del estudiante **PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



ING. ELEC. ANDRADE GRECO PLINIO, MBA.
C.C.: 0907921951
FECHA: 01 DE OCTUBRE DEL 2020



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, 14 de Octubre del 2020.

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO PORTÁTIL PARA INGENIERÍA”** del estudiante, **PROAÑO VILLACIS ANDREW JOSUE**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 23 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

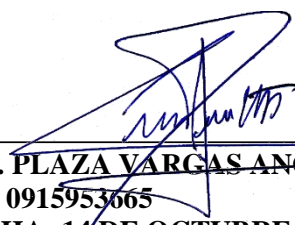
El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,


ING. PLAZA VARGAS ANGEL MARCEL, MSC.
C.C. 0915953665
FECHA: 14 DE OCTUBRE DEL 2020.

Dedicatoria

Este proyecto va dirigido a Dios en primer lugar por permitirme llegar a estas instancias de mi vida, de darme y salud para continuar estudiando y así poder cumplir otro objetivo, a mi familia por apoyarme en cada nuevo propósito, tanto económicamente como moralmente ya que ellos son mi mayor inspiración para superarme día a día.

Agradecimiento

Quiero agradecer a mis padres Eduardo y Judith por ser el motor principal para cumplir esta meta, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

A mis hermanos Eduardo, Anggie y Steven por apoyarme y darme fuerza para cumplir este objetivo, a mis abuelos por los consejos que me han brindado para no rendirme en este largo camino.

A mi novia Noemi Mendoza por siempre estar y no dejarme claudicar durante estos 5 años de carrera, a mis amigos y compañeros de aula Jaime, Danilo, Erwing, Joel, Kevin y Katerin por brindarme su amistad y apoyo incondicional ya que siempre nos hemos caracterizado por ser un gran equipo y ayudarnos mutuamente durante estos años.

A mi tutor el Al Ing. Elec. Andrade Greco Plinio y al Ing. Comp. Ángel Plaza Vargas por brindarme su ayuda incondicional con sus conocimientos en este proceso de titulación.

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

Planteamiento del problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Ubicación del problema en un contexto	2
1.2	Situación conflicto nudos críticos	2
1.3	Causas y Consecuencias del Problema	2
1.3.1	Causa	2
1.3.2	Consecuencias	3
1.4	Delimitación del Problema	3
1.5	Formulación del problema	3
1.5	Sistematización del problema	3
1.7	Evaluación del Problema	4
1.5	Objetivos generales	5
1.6	Objetivos específicos	5
1.7	Justificación e importancia	5

Capítulo II

Marco teórico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes del estudio	7
2.2	Fundamentación teórica	9
2.2.1	Importancia	9
2.2.2	Tipos de Capacímetro y Óhmetro	9
2.3	Comparativa de los equipos de medición	11
2.3.1	Capacitores	11
2.3.2	Resistencias	12
2.4	Definiciones Conceptuales	12
2.4.1	Resistencias	12
2.4.2	Capacitancias	19
2.4.3	Microcontroladores	25

2.4.4	Métodos de medición para resistencias	30
2.4.5	Método de medición para capacitores	33
2.5	Fundamentación Legal	36
2.6	Encuesta	37

Capítulo III

Propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1	Metodología del proyecto	44
	Parámetros de diseño y operación del medidor de capacitancia y	
3.1.1	resistencia.	44
3.2	Esquema del proyecto	46
3.2.1	Medidor de capacitancia	46
3.2.1	Medidor de resistencia	47
3.3	Procedimiento	47
3.3.1	Medidor de capacitancia	47
3.3.2	Medidor de resistencia	48
3.4	Diseño y construcción	49
3.4.1	Medidor de Capacitor	48
3.4.2	Diagrama de flujo del circuito	58
3.4.3	Valores de porcentaje de error	59
3.4.4	Tabla de costos	59
3.5	Medidor de resistencia	61
3.5.1	Pruebas de funcionalidad	62
3.5.2	Diagrama de flujo del circuito	67
3.5.3	Margen de error	68
3.5.4	Tabla de costos	68
3.6	Conclusiones	69
3.7	Recomendaciones	70
	Anexo	71
	Bibliografía	80

Índice de Tablas

N°	Descripción	Pág.
1	Marcas comerciales de capacitores	11
2	Marcas comerciales de equipos medidores de resistencias	12
3	Ejemplo de codificación alfanumérica en resistencias	14
4	Coefficiente de temperatura	23
5	Corriente de fuga	23
6	Tensión en los condensadores	24
7	Características del PIC 16f628A	27
8	Tabla de pines del microcontrolador	28
9	Asignaturas que imparten los docentes.	37
10	Laboratorio en la Carrera de Ingeniería en Teleinformática/ Telemática	38
11	Modulo Educativo Portátil.	39
12	Medidor de Capacitancia	40
13	Implementación de equipos de medición de alta precisión.	42
14	Medidor de capacitancia y resistencia elaborado por los estudiantes.	43
15	Costo de elaboración del medidor de capacitancia.	59
16	Tabla de costos de los componentes del medidor de resistencia.	68

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1	Capacímetro Analógico	9
2	Capacímetro Digital	10
3	Óhmetro Analógico	10
4	Óhmetro Digital	11
5	Código de colores	13
6	Ejemplo de código de colore	13
7	Ejemplo de código de colores	14
8	Resistores de película	15
9	Tipos de resistencias	15
10	Resistencia de carbón su composición	16
11	Resistencia de carbón su apariencia física	16
12	Resistencias de óxido de metal fijos de diferentes potencias	16
13	Símbolo del potenciómetro y de reóstato	16
14	Potenciómetro moldeado	17
15	Símbolo de las resistencias variables	18
16	Partes de un condensador	19
17	Código de colores del capacitor	20
18	Ejemplo de código alfanumérico	20
19	Capacitor electrolítico	21
20	Capacitor electrolítico de tántalo o “de gota”	21
21	Capacitor cerámico, el más corriente	22
22	Capacitor de Mica	22
23	Diagrama de periféricos	26
24	Esquema de bloque general de un microcontrolador	26
25	Arquitecturas (a) von Neuman y (b) Harvard	27
26	Diagrama de bloques del Pic16f628a	30
27	Diagrama de un puente de Wheatstone	31
28	Diagrama del puente de kelvin	32
29	Diagrama carga y descarga de un capacitor.	33
30	Laboratorio de Electrónica	38

31	Módulos educativos portátiles	39
32	Medidor de Capacitancia rango de medición	40
33	Medidor de Resistencia	41
34	Medidor de Resistencia rango de medición	41
35	Implementación de equipos de medición de alta precisión	42
36	Elaboración de equipos de medición	43
37	Esquema del equipo medidor de capacitancia	46
38	Esquema del medidor de resistencia	47
39	Diagrama de bloques del funcionamiento del medidor de capacitancia	47
40	Diagrama de bloques del medidor de resistencia	48
41	Microcontrolador del medidor de capacitancia	49
42	Transistores NPN	49
43	Pantalla LCD	50
44	Prueba 1 del equipo medidor de capacitancia	51
45	Prueba 2 del equipo medidor de capacitancia	52
46	Prueba 3 del equipo medidor de capacitancia	53
47	Prueba 4 del equipo medidor de capacitancia	54
48	Prueba 5 del equipo medidor de capacitancia	55
49	Prueba 6 del equipo medidor de capacitancia	56
50	Prueba 7 comparación de valores cercanos al rango de medición	57
51	Comparativa de los capacitores en forma física y virtual	59
52	Pic 16f8778A	61
53	Componentes del medidor de resistencia	61
54	Pantalla LCD del medidor de resistencia	62
55	Prueba 1 del medidor de resistencia	63
56	Prueba 2 del medidor de resistencia	63
57	Prueba 3 del medidor de resistencia	64
58	Prueba 4 del medidor de resistencia	65
59	Prueba 5 del medidor de resistencia	65
60	Prueba 6 del medidor de resistencia	66
61	Prueba 7 del medidor de resistencia	67
62	Tabla comparativa del medidor de capacitancia	68

Índice de Anexos

N°	Descripción	Pág.
1	Modelo de Encuesta para docentes	73
2	Código del medidor de capacitancia.	75
3	Código del medidor de Resistencia	77
4	Implementación del medidor de capacitancia en Arduino.	78
5	Implementación del medidor de Resistencia en Arduino	79
6	Interfaz principal del laboratorio educativo portátil	79
7	Interfaz del módulo medidor de Capacitancia	80
8	Interfaz del módulo medidor de Resistencia.	80



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN MÓDULO MEDIDOR DE CAPACITANCIA Y RESISTENCIA QUE SE INTEGRE AL DESARROLLO DE UN LABORATORIO EDUCATIVO PORTÁTIL PARA INGENIERÍA”.

Autor: Proaño Villacís Andrew Josué.

Tutor: Andrade Greco Plinio

Resumen

El presente trabajo de investigación realiza el análisis y diseño de un módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integrarán a un laboratorio educativo portátil para ingeniería, con un rango de medición de valores capacitivos de 3pf a 2600uf y con un rango de medición de valores óhmicos de 10Ω a 1M; rango suficiente para poder realizar prácticas de las materias de electrónica en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería de Teleinformática/Telemática.

Los componentes que se utilizan tienen la característica principal de ser de bajo costo, como lo son los microcontroladores, pantalla LCD, entre otros. El proceso que efectúa para hallar los valores de los componentes es mediante microcontroladores que están previamente programados con tablas de valores correspondientes a los niveles de voltaje del divisor de voltaje en los puntos de medición de resistencias; para la medición de los valores capacitivos se aplica el proceso de carga y descarga de un capacitor para hallar su valor, ambos resultados son representados en una pantalla LCD por facilidad en la implementación, con la posibilidad de entregar estos datos a un programa de centralización de la información.

Palabras Claves: Microcontrolador, Capacitores, Resistencias, Divisor de voltaje.



ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



“ANALYSIS AND DESIGN OF A CAPACITANCE AND RESISTANCE MEASURING MODULE THAT IS INTEGRATED TO THE DEVELOPMENT OF A PORTABLE EDUCATIONAL LABORATORY FOR ENGINEERING”

Author: Proaño Villacís Andrew Josué.

Advisor: Andrade Greco Plinio

Abstract

The present research work performs the analysis and design of a capacitance and resistance measuring module that will be integrated into a portable educational engineering laboratory, with a measurement range of capacitive values from 3pf to 2600uf and with a measurement range of ohmic values. from 10Ω to 1M; Sufficient range to be able to accomplish practices of electronics subjects in the laboratory of the Teleinformatics / Telematics Engineering Career.

All used components have the main characteristic of being low cost, such as microcontrollers, LCD screen, among others. The process carried out to find the values of the components is through microcontrollers that are previously programmed with a tables of values corresponding to the voltage levels of the voltage divider at the resistance measurement points; For the measurement of capacitive values, the process of charging and discharging a capacitor is applied to find its value, both results are displayed on an LCD screen for ease of implementation, with the possibility of delivering these data to a centralization information software.

Keywords: Microcontroller, Capacitors, Resistors, Voltage divider.

Introducción

La pandemia del coronavirus (COVID-19) y como afecta a los estudiantes, maestros en el momento del aprendizaje, se están adaptando a la "nueva realidad " del futuro inmediato. Muchas escuelas están implementando sus planes de contingencia de aprendizaje a distancia y conectando a estudiantes y maestros mediante plataformas y herramientas en línea. (Lieberman, 2020)

El presente tema de investigación aborda sobre las necesidades de que en la Facultad de Ingeniería Industrial en la Carrera de Teleinformática/ Telemática se implemente equipos de medición que sirven de apoyo al estudiante al momento de realizar prácticas de laboratorio en las diferentes materia afines a la electrónica, por motivo de la pandemia que se está viviendo a nivel mundial, se buscaron alternativas para realizar el proyecto, una de ellas fue utilizar software de simulación como lo es Proteus para desarrollar el circuito y comprobar su funcionamiento, para que sirva de guía para que los estudiantes de la carrera desarrollen sus propios módulos medidores de capacitancia y resistencia. Y está estructurada de la siguiente forma:

Capítulo 1, Se tiene en cuenta la problemática que motiva a realizar el análisis y diseño de estos equipos medidores de capacitancia y resistencia, también se delimita el alcance que tendrá y se declaran los objetivos que se esperan cumplir.

Capítulo 2, Se recopila la información que valida este tema de investigación, las características de los componentes que se utilizan, las fórmulas que serán requeridas para calcular los valores.

Capítulo 3, Se realiza el diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia, analizando las partes del circuito para entender el funcionamiento general, donde se realizan las pruebas de funcionalidad para validar el correcto funcionamiento de los circuitos mediante la simulación, también se describe el código para una mejor comprensión del proceso que realiza para calcular los valores y presentarlo en la pantalla LCD, finalmente se describen las conclusiones del tema de investigación y se especifican recomendaciones que se pueden realizar en temas de titulación futuras.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Ubicación del problema en un contexto

Este trabajo se adapta a las necesidades de la facultad de ingeniería industrial en la carrera de teleinformática / telemática, por la falta de equipos de medición que se requieren al momento de efectuar las prácticas que se contemplan en el silabo, existe una variedad de equipos de medición que son utilizados para medir los diferentes valores de los componentes, que pueden ofrecer una medición con exactitud y precisión del componente que se requiere, dichos instrumentos de medición son utilizados en instituciones públicas como privadas.

En diversas instituciones educativas de tercer nivel con escasos recursos económicos no se pueden adquirir este tipo de herramientas tecnológicas que ayuden a realizar las diferentes prácticas de laboratorio, lo que conlleva a tener poco conocimiento por parte de los estudiantes ya que no saben el manejo y uso de estos equipos.

Se realizan trabajos o proyectos en las aulas de clase, pero todo queda en forma teórica ya que no cuentan con un laboratorio equipado para poder realizar mediciones y probar las diferentes variables que puede generarse al cambiarse algún componente en el circuito como serían los capacitores, inductores, resistencia entre otros, y todo esto a causa de que no existe el equipo adecuado o por motivo de que no se cuenta con los permisos necesarios para utilizarlos.

1.2 Situación conflicto nudos críticos

Por eso se plantea un diseño y análisis de bajo costo, para ser utilizado en las mediciones que se requieren en conjunto con los proyectos que complementan al correcto funcionamiento del laboratorio educativo portátil para ingeniería, por lo tanto, para entregar un instrumento de medición que guíe a diferentes estudiantes por el proceso de aprendizaje se complementara con placas entrenadoras donde podrán realizar diferentes circuitos y prototipos de proyectos ya estandarizados, donde lograr obtener los resultados que concuerdan con los cálculos matemáticos en papel.

1.3 Causas y Consecuencias del Problema

1.3.1 Causa

- Recursos insuficientes para adquirir más dispositivos modular NI ELVIS.
- Falta de componentes y módulos necesarios para ejercer las prácticas correspondientes.

- Falta de capacitación para el uso correcto del dispositivo modular.
- Medición incorrecta de los componentes electrónicos al momento de efectuar las prácticas de laboratorio.

1.3.2 Consecuencias

- Faltas de equipo para la realización de prácticas electrónicas
- Provoca que se pierda la oportunidad de potenciar conocimientos, habilidades y técnicas.
- Dispositivo modular presentado imperfectos por el incorrecto funcionamiento.
- Valores erróneos y daños de los componentes electrónicos al momento de implementar.

1.4 Delimitación del Problema

Este proyecto cumplirá con el análisis y diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integrará al laboratorio educativo portátil para ingeniería en la facultad de ingeniería industrial en la carrera de teleinformática/telemática.

Se efectuará en los siguientes aspectos:

Campo: Electrónica

Área: Tecnológica Electrónica

Aspecto: Análisis y diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia

Tema: Análisis y diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integre al desarrollo de un laboratorio educativo portátil de ingeniería.

1.5 Formulación del problema

El presente trabajo de titulación trata de ayudar a la facultad de ingeniería industrial en la carrera de teleinformática/telemática ya que no cuenta con equipos de medición en los laboratorios, y eso ocasiona que los estudiantes no logren realizar las prácticas correctas y afianzar los conocimientos, con la comparativa que puede generarse en los cálculos matemáticos y el equipo de medición.

1.5 Sistematización del problema

- ¿Cómo se demostrará la validez y el correcto funcionamiento de la propuesta?
- ¿De qué manera se podrá evidenciar la falta de equipos tecnológicos para los laboratorios?
- ¿Cuál es el propósito de efectuar el presentar el proyecto?
- ¿Cuáles son los componentes que se implementaran en la medición?

1.7 Evaluación del Problema

Delimitado: Análisis y diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integrara al laboratorio educativo portátil para ingeniería, que será utilizado en la facultad de ingeniería industrial en la carrera de teleinformática / telemática para que puedan realizar las prácticas para potenciar conocimientos, habilidades de los estudiantes que cursan materias donde está inmersa la electrónica.

Evidente: El laboratorio de la carrera no tiene los equipos suficientes para poder realizar pruebas de circuitos, lo cual genera que no se realicen las practicas necesarias para preparar al estudiante a la vida profesional con estos componentes, generando una brecha de conocimientos adquiridos en toda su carrera estudiantil.

Concreto: Se plantea el tema de investigación que tarta de realizar un análisis y un diseño de equipos medidores de valores óhmicos y valores resistivos, donde se especifica el rango de operación que tendrán.

Relevante: El presente proyecto presenta el análisis del módulo medidor de capacitancia y resistencia de diferentes componentes que se encuentren en el rango preestablecido que facilite la comprensión de diversas teorías referentes a la electrónica que son utilizadas al momento de realizar talleres en clases.

Original: Actualmente el mercado cuenta con una amplia variedad de equipos capaces de calcular o medir los valores de los componentes que se mencionan en el tema de titulación, por lo general dichos equipos son utilizados y complementan el entorno de laboratorios al momento de realizar el análisis de componentes electrónicos, aplicados a diversas prácticas. Sin embargo, la mayor limitante que se logra detectar es que por tener un precio considerable no se lo adquiere por la falta de recursos, por lo tanto, la finalidad de este tema de investigación es que se analice y diseño dichos equipos capaces de medir valores capacitivos y valores óhmicos.

Factible: El presente proyecto se encarga de recopilar información para que se pueda analizar y diseñar el esquemático que se utilizara en futuras practicas donde se pueda implementar estos equipos de medición, para que se logre integrar al laboratorio y sirva de complemento para el aprendizaje de los estudiantes.

Alcance

Se presentará un análisis y diseño del módulo medidor capacitancia y resistencia, que logre medir 3pf a 2600uf capacitancias y resistencias de 10 ohm a 1Mohm, con la finalidad que sirva de guía y practica al momento de efectuar los talleres prácticos de las materias afines a la electrónica.

1.5 Objetivos generales

Ayudar a la facultad de Ingeniería Industrial en la Carrera de Teleinformática en el desarrollo de dispositivos de bajo costo, que permita la construcción interna de equipos de medición a utilizarse en los laboratorios.

1.6 Objetivos específicos

- Recopilar información bibliográfica sobre el estudio del arte.
- Analizar el módulo medidor de capacitancia y resistencia, para establecer los componentes a utilizar.
- Establecer los elementos electrónicos requeridos para el diseño del módulo medidor de capacitancia y resistencia.
- Diseñar el módulo medidor de capacitancia y resistencia para el laboratorio educativo portátil para ingeniería.

1.7 Justificación e importancia

El presente proyecto se desarrolla en base a la investigación y consultas realizadas a diferentes docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática, de la Facultad de Ingeniería Industrial, que denotan que se deben realizar prácticas, para afianzar los conocimientos en los estudiantes, porque se conoce que lograr hacer el paso de la teoría a la práctica es el desafíos más importantes que se presenta en la vida profesional a la hora todos los conocimientos que se adquieren en el desarrollo de su educación superior. Y una de las limitaciones al momento de realizar las prácticas que se plantean a los estudiantes, es que la institución no cuenta con los recursos suficientes para adquirir los equipos necesarios de medición.

Un factor importante a realizar las diferentes prácticas de circuitos que se plantean a lo largo de las diferentes materias que utilizan la electrónica como eje principal en las carreras de ingenierías, se presenta que la obtención de los valores se han realizado de forma matemática en papel, pero no se comprueba en forma física los resultados a falta de los materiales necesarios, como es de saber común un circuito físico presenta el problema más común que es el ruido, y los diferentes componentes electrónicos que sirven como bobinas,

varían dependiendo del dieléctrico que es utilizado, se lograría adquirir un mejor conocimiento si se realiza pruebas en físico para observar las variables que se muestran al cambiar una resistencia, capacitancia, en la placa entrenadora.

Debido a los problemas que se manifiestan al momento de adquirir los equipos de medición por su elevado costo, se establece como una solución brindar el análisis y diseño del equipo modular capaz de medir resistencias y capacitancias, que su objetivo final es lograr que se integre a un equipo medidor de mayor características, como principal característica ser de bajo costo la implementación, a su vez que permita la oportunidad de un mejor desarrollo del aprendizaje a los estudiantes, con la finalidad de apoyar y gestionar la accesibilidad y manipulación a todos aquellos sistemas electrónicos y tecnológicos que se plantean en las diferentes prácticas que se realizaran en el aula.

Capítulo II

Marco teórico

2.1 Antecedentes del estudio

En el presente capítulo se realizará una revisión de los factores de discrepancia, como las características que tienen los componentes que serán utilizados en el análisis y diseño del módulo medidor de resistencia y capacitancia que se integre al laboratorio educativo portátil para ingeniería, también se escogerá además el método a ser utilizado dependiendo de las características funcionales del mismo, así como también de la facilidad del uso e implementación.

- En el repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana en la Carrera de Ingeniería Eléctrica los autores (Iza R. y Murillo J., 2018) con su tema de tesis, “Análisis y simulación matemática de compensación reactiva para el mejoramiento del factor de potencia en redes de distribución”, realizó un análisis de las ecuaciones diferenciales que componen la simulación matemática sobre las variables y constantes de los voltajes de línea, voltajes de fase tanto de entrada como de salida entre otros factores.
- En el artículo de tecnología en marcha Edición Especial movilidad Estudiantil los autores (Herrera L. y Carrasquilla A., 2014) con su investigación sobre, “Modelado y simulación del comportamiento real de los componentes pasivos en el dominio de la frecuencia”, menciona que los elementos pueden ser modelados por ecuaciones matemáticas no complejas, por medio del análisis de circuitos en el espectro senoidal permanente; por lo tanto, en la práctica, es claro que los dispositivos presentan un comportamiento no ideal, debido a las no linealidades de los materiales empleados para su fabricación.
- En el repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica en la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento los autores (Figuerola & Uvijindia, 2014) con su tema de tesis, “Desarrollo e implementación de una estación de medición y análisis de parámetros de señales senoidales utilizando elementos de instrumentación electrónica para la facultad de mecánica”, menciona que se realizó una investigación de campo aplicada a los docentes de

las asignaturas de Electrónica y Electricidad de la Facultad de Mecánica para conocer la importancia de la implementación de su trabajo de titulación obteniendo resultados óptimos debido a que sirve como un instrumento de medición al momento de efectuarse prácticas en los laboratorios.

- En el repositorio Tecnológico Nacional de México, Instituto de Tecnología de Ciudad Madero, el autor (Retana, 2016) con su tema de tesis, “Diseño y construcción de un probador de resistencia de aislamiento” , menciona que sus principales características es su portabilidad y desplegado digital de valores de medición en pantalla LCD con la lectura en ohm, por lo tanto la investigación se divide en 3 etapas cruciales que son las siguientes; La etapa 1, reducción en el voltaje de alimentación de 6v a 2.5v, la etapa 2, elevación de los 2.5v que logra generar 1000v en la salida mediante, la etapa 3, usando el ATmega328P realizar los cálculos interno y presentar los valores en la pantalla Lcd.
- En el repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas del Departamento de Eléctrica y Electrónica, Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación, el autor (Pastuña, 2018) con su tema de tesis, “Diseño y construcción del módulo didáctico de bajo costo, basado en instrumentación virtual para la realización de prácticas en electrónica general en el colegio técnico de bachillerato DR. Trajano Naranjo L.” realizo un análisis y diseño de módulos de prácticas orientado a la electrónica basado en Arduino que su principal característica es open source y de bajo costo.
- En el repositorio Universidad de Cuenca de la Facultad de Ingeniería en la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, los autores (Armijos & Pesántez, 2016) con su tema de tesis, “Diseño de un medidor inteligente con funciones de respuesta a la demanda en infraestructuras de medición avanzada” menciona que su unidad central de procesamiento está basada en el circuito integrado dedicado ADE7753 que se lo utiliza para realizar el cálculo del consumo energético, el prototipo de medidor inteligente se integra a una simulación de un sistema de distribución.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Importancia

La necesidad de realizar este proyecto es primordial ya que contar con un equipo de medición de capacitancia y resistencia en el laboratorio de la carrera se vuelve una tarea complicada por falta de recursos por parte de la institución, ya que adquirir estos equipos tiene un elevado costo, así que, se ofrece una alternativa donde se realiza análisis y diseño en los equipos de medición para que en un futuro se pueda implementar con la característica principal que serán de bajo costo y se integran al laboratorio educativo portátil para ingeniería, que Facultad de Ingeniería Industrial, para ser más específicos en la carrera de Ingeniería en Teleinformática / Telemática.

2.2.2 Tipos de Capacímetro y Óhmetro

2.2.2.1 Capacímetro

Capacímetro Analógico:

Mide la capacitancia eléctrica del capacitor/condensador mediante una aguja para indicar el valor expresando en las magnitudes eléctricas del condensador.



Figura 1. Capacímetro Analógico. Información tomada de sitio web “Materiales de Laboratorio / Capacímetro”.

Óhmetro digital:

Efectúa la misma función que el Óhmetro analógico, medir la resistencia eléctrica, pero su diferencia radica en que este cuenta con una pantalla LCD para mostrar los valores de capacitancia, en la actualidad es el que se utiliza con más frecuencia.



Figura 4. Óhmetro Digital, Información tomada del sitio web “Ecured”, elaborado por Palacios

2.3 Comparativa de los equipos de medición

2.3.1 Capacitores

Tabla 1. Marcas comerciables de capacitores

Marca	Modelo	Rango de medición	Costo
Proskit	MT-2018		\$20
UNIT	UT58D	20nF/200nF/2μF/100μF ±(2.5%+5)	\$28
UNIT	UT58E	2nF/20nF/2μF/20μF ±(3%+40)	\$25

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

2.3.2 Resistencias

Tabla 2. Marcas comerciabl es de equipos medidores de resistencias

Marca	Modelo	Rango de medición	Costo
UNI-T	UT136C	400 Ω / /4M	\$13
MAS830L	MAS830L	200 Ω a 2M	\$5
OEM y ODM	F287	0 a 200M	\$60
AstroAI	ASIMT5000A	200 Ω a 3M	\$18
UNIT	UT58D	200 Ω / a 20M $\Omega \pm(0.8\%+1)$	\$25
UNIT	UT58E	200 Ω a 200M $\Omega \pm(0.5\%+10)$	\$29

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

2.4 Definiciones Conceptuales

2.4.1 Resistencias

La resistencia eléctrica es la que se opone al paso de la corriente eléctrica, la simbología que está definida en el Sistema Internacional de Unidades es el ohmio (Ω). Su cantidad recíproca es la conductancia, cuya unidad viene dada en Siemens.

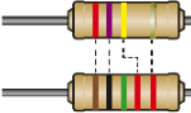
Para la mayoría de materiales y condiciones, la resistencia eléctrica depende de la corriente que pasa a través de un material y del voltaje en los terminales.

2.4.1.1 El valor óhmico

Es el valor o identidad de cada resistencia sea en ohm, Kohm, entre sus otros múltiplos que son representativos, el valor de dicho componente puede estar codificado, sea por códigos de colores o código alfanumérico, a continuación, se aborda sobre la definición de sus códigos y la forma en la que son utilizados para calcular el valor óhmico de las resistencias y la tolerancia de la misma.

2.4.1.2 Identificación por código de colores

Consiste en codificar el valor de la resistencia mediante un código de colores estandarizado. Dichos colores se aplican mediante bandas en el propio cuerpo de las resistencias. Así, es posible encontrar resistencias de cuatro, cinco e, incluso, seis bandas, siendo las dos primeras las más utilizadas. (Castillo, 2017)



Color	1.º dígito	2.º dígito	3.º dígito	Multiplicador		Tolerancia
Negro	—	—	0	$\times 10^0$	$\times 1$	—
Marrón	1	1	1	$\times 10^1$	$\times 10$	$\pm 1\%$
Rojo	2	2	2	$\times 10^2$	$\times 100$	$\pm 2\%$
Naranja	3	3	3	$\times 10^3$	$\times 1000$	
Amarillo	4	4	4	$\times 10^4$	$\times 10000$	
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\times 100000$	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\times 1000000$	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\times 10000000$	$\pm 0,10\%$
Gris	8	8	8	$\times 10^8$	$\times 100000000$	$\pm 0,05\%$
Blanco	9	9	9	$\times 10^9$	$\times 1000000000$	
Oro	—	—	—	$\times 10^{-1}$	$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Plata	—	—	—	$\times 10^{-2}$	$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Nada	—	—	—	—	—	$\pm 20\%$

Figura 5. Código de colores obtenida del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

En el caso de las resistencias de cuatro bandas, el código de colores se debe interpretar de la siguiente forma: la primera banda que se visualiza de izquierda a derecha corresponde al primer dígito, la segunda banda respectivamente corresponde al segundo dígito, la tercera banda es el valor que se multiplicara y por último la cuarta es la tolerancia.

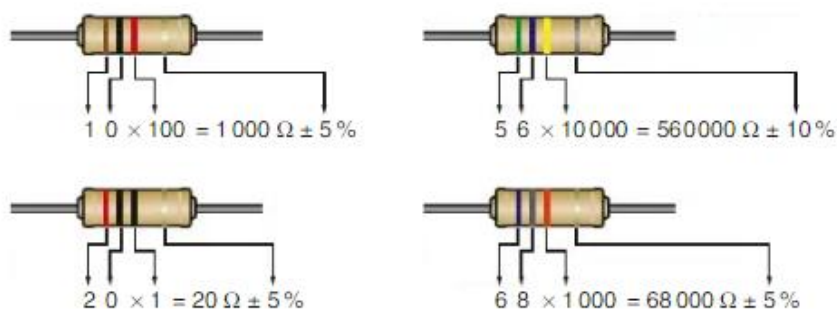


Figura 6. Ejemplo de código de colores, obtenida del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

Por lo general es fácil saber el orden de lavandas en una resistencia partiendo desde que la cuarta siempre está separada de las otras bandas, para así evitar confusiones al momento de realizar la lectura de las bandas. El valor se expresa en porcentaje (%) y cuenta con un valor positivo y negativo, como se observa en el ejemplo de la figura 2 se puede deducir que por el código de colores la resistencia tiene un valor de $1\,000\,\Omega$ y una tolerancia de $\pm 5\%$, la tolerancia obtenida sugiere indica que el valor de la resistencia puede estar en el rango de $950\,\Omega$. y $1\,050\,\Omega$.

A continuación, se presenta un ejemplo con cinco bandas, el valor que se obtiene código de colores se puede interpretar de igual forma al ejemplo de 4 bandas, de forma que la primera, segunda y tercera banda corresponden al dígito del código, la cuarta banda respectivamente es el multiplicador y la quinta banda sería el valor de tolerancia que soporta.

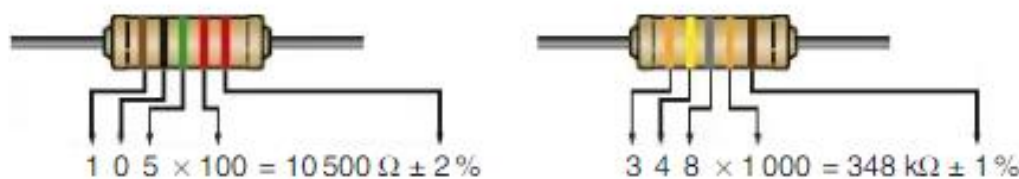


Figura 7. Ejemplo de código de colores obtenida del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

2.4.1.3 Identificación por código alfanumérico.

El valor óhmico se encuentra descrito por el código alfanumérico. En este caso, se utilizan los siguientes símbolos literales para los múltiplos de ohmios que son R para unidades de ohmio, K para kiloohmios, M para megaohmio, para valores enteros, el símbolo se pone al final de la cantidad. Para valores con decimales, el símbolo se utiliza a modo de separador entre la parte entera y la parte decimal.

Tabla 3. Ejemplo de codificación alfanumérica en resistencias

Código	Valor de ohmios
0R47	0,47 Ω
0R01	0,01 Ω
0K38	380 Ω
1K2	1200 Ω
1M	1000000 Ω
4R7	4,7 Ω
10R	10 Ω
1K	1 000 Ω
100K	100 000 Ω
4M7	4 700 000 Ω

Información obtenida del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

2.4.1.4 Tipos de resistencias

2.4.1.5 Resistencias fijas

2.4.1.5.1 Resistencia de película

Se construye depositando una capa delgada de material resistivo (típicamente carbón, metal u óxido metálico) sobre una barra de cerámica. La resistencia deseada se obtiene entonces recortando parte del material resistivo de manera helicoidal para establecer una banda larga y continua de material de alta resistencia de un extremo del resistor al otro. (Brihuega, 2014)

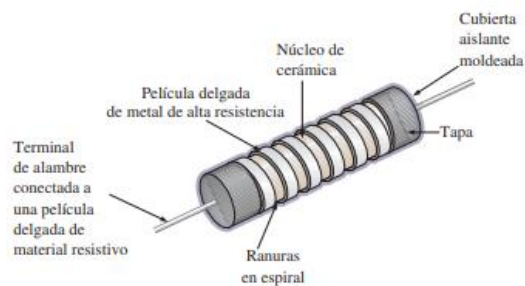


Figura 8. Resistores de película obtenido del libro de electricidad Básica, Elaborado por Brihuega David.

Otra manera de distinguir las resistencias de película de carbón, metálica y óxido metálico es por los colores en las que se diseñan, la primera por lo general tiene un color beige y no cuenta con mucha potencia y la segunda suele ser de color rojo o verde y tiene una mayor potencia, la tercera resistencia tiene un color pastel pálido y es la que tiene mayor potencia de las anteriores mencionadas.



Figura 9. Tipos de resistencias obtenido del libro de electricidad básica, elaborado por Brihuega David.

- Resistencias de carbón

Era las que se utilizaban con mayor frecuencia, pero cada vez su producción fue disminuyendo y sus especificaciones se redujeron a situaciones en que las altas temperaturas y los efectos inductivos pueden ser un problema.

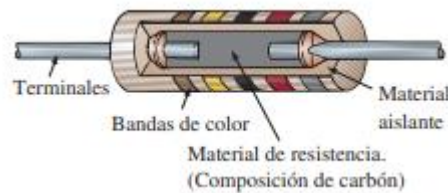


Figura 10. Resistencia de carbono su composición obtenido del libro de Electricidad Básica, elaborado por Brihuega David.



Figura 11. Resistencia de carbono su apariencia física obtenido del libro de Electricidad Básica, elaborado por Brihuega David.

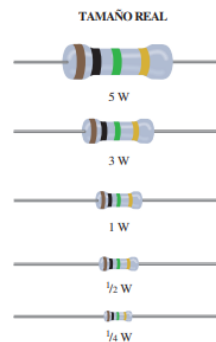


Figura 12. Resistencias de óxido de metal fijas de diferentes potencias obtenido del libro de Electricidad Básica, elaborado por Brihuega David.

2.4.1.6 Resistencias variables

Las resistencias variables o como normalmente se lo conoce como potenciómetro, son la que tienen una resistencia terminal que varía al momento que se gira una perilla, constan de dos o tres terminales, si se lo utiliza como resistor variable se lo conoce como “reóstato”, si se utiliza el de tres terminales para controlar niveles de potencia se lo conoce como “potenciómetro”.

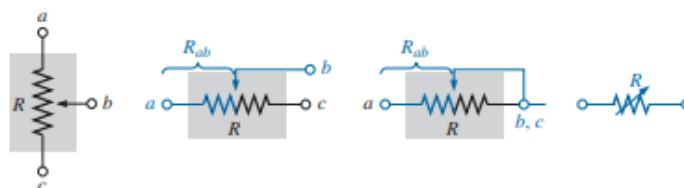


Figura 13. Símbolo del potenciómetro y de reóstato obtenido del libro de Electricidad Básica, elaborado por Brihuega David.

La mayoría de los potenciómetros tienen tres terminales en las posiciones relativas que se muestran en la figura 14. La perilla que se encuentra ubicada al centro de componente es la encargada de manipular el valor resistivo del potenciómetro.

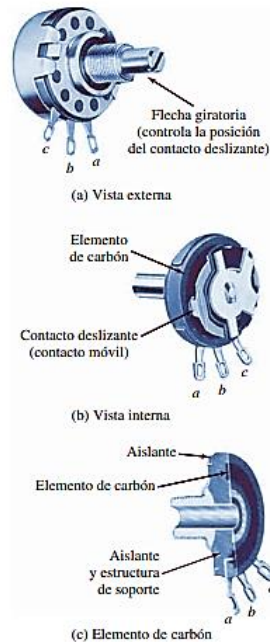


Figura 14. Potenciómetro moldeado obtenido del libro de *Electricidad Básica*, elaborado por Brihuega David.

2.4.1.7 Resistencias ajustables:

Son resistencias variables cuyo funcionamiento es similar al de los potenciómetros, con la diferencia que el ajuste se hace mediante una herramienta externa al componente electrónico, existe una variedad de diseños de este tipo de resistencias ajustables por lo general se utilizan cuando se quiere montar un circuito en una placa impresa.

2.4.1.8 Resistencias dependientes de la luz:

Fotorresistencias, o por su abreviatura LDR (del inglés light dependent resistor), se mencionan que son resistencias que dependen de la cantidad de luz que se le otorga, por ejemplo, mientras mayor sea la exposición hacia la luz disminuye el valor de la resistencia, caso contrario a menor exposición de luz el valor resistivo aumenta.

2.4.1.9 Resistencias dependientes de la tensión:

Son resistencias que cambian su valor si se sobrepasa un valor de tensión de umbral. (Castillo, 2017) afirma. “En condiciones normales, dichas resistencias tienen un valor óhmico muy elevado, permitiendo así el paso de la corriente, pero cuando se someten a los valores de tensión de umbral, se cortocircuitan, impidiendo la alimentación del circuito”.

2.4.1.10 Resistencias dependientes de la temperatura:

Termistores, son resistencias que cambian su valor óhmico dependiendo de la temperatura que la rodea. Y se clasifican en 2:

- NTC: la función que cumple es de disminuir su valor óhmico cuando la temperatura se eleva. Se dice que tiene coeficiente térmico negativo.
- PCT: en este caso el valor óhmico aumenta cuando la temperatura se eleva, con la diferencia que este componente electrónico cuenta con un coeficiente térmico positivo.

A continuación, se adjunta los símbolos de las resistencias que se mencionan previamente para tener logar visualizar las diferencias físicas que las diferencian.

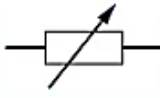

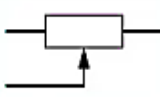
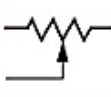
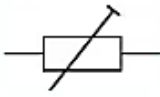
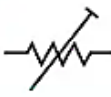
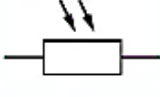
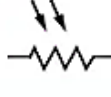
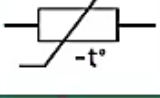
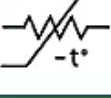
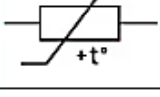
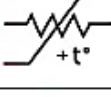
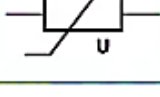
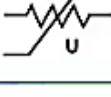
Denominación	Símbolo IEC	Símbolo ANSI	Identificador
Potenciómetro (dos formas)			R
			
Resistencia ajustable			R
Resistencia dependiente de la luz (LDR)			R
Resistencia NTC (coeficiente negativo)			R
Resistencia PTC (coeficiente positivo)			R
Varistor			R

Figura 15. Símbolo de las resistencias variables obtenido del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

2.4.2 Capacitancias

Son componentes pasivos que tienen la propiedad de almacenar energía. Por lo tanto, se aprovecha su carga y su descarga, su uso es muy frecuente ya que se lo puede utilizar para circuitos electrónicos para filtrar señales, acoplar circuitos, construir osciladores, etc. Los

condensadores están formados por dos láminas metálicas (armaduras), se encuentran separados por un elemento dieléctrico.

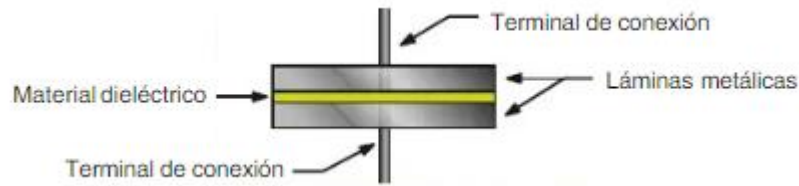


Figura 16. Partes de un condensador obtenido del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

Los capacitores son definidos mediante el tipo de dieléctrico con el cual son fabricados, como detallo anteriormente existen los capacitores electrolíticos, cerámicos, entre otros. El valor de la constante dieléctrica rige a partir del dieléctrico fabricado y la permitividad del mismo, a mayor permitividad, mayor es la capacidad del condensador y está definido por la siguiente formula.

$$C = \epsilon_T * \frac{A}{d}$$

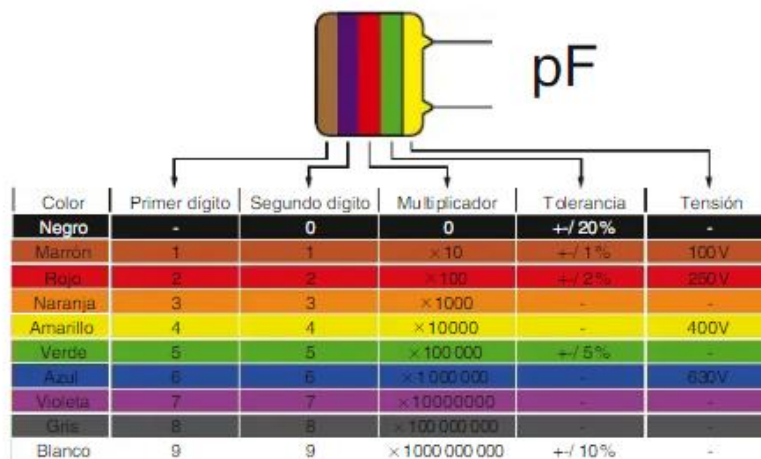
Donde, C es la capacitancia, ϵ_T equivale a la permitividad, A es el área entre las láminas y d es la distancia de separación entre las láminas.

2.4.2.1 El valor de los condensadores

Un condensador se mide en faradios (F), pero faradios en una unidad de medición muy grande por lo que conlleva que el valor obtenido del condensador sea representado por sus múltiplos como el microfaradio (μF), el nanofaradio (nF) y el picofaradio (pF). Por lo general el valor del condensador se lo plasma en la cubierta del componente electrónico.

2.4.2.2 Identificación por código de colores

Se utilizan en condensadores con cinco bandas. Las tres primeras tienen la misma función que en las resistencias. Los dos primeros colores son los dos primeros dígitos, y el tercer color es el multiplicador. El valor de los condensadores se obtiene en picofaradios (pF), La cuarta banda de color corresponde a la tolerancia, y la quinta, y la última a la tensión de trabajo del condensador. (Castillo, 2017)



The diagram shows a capacitor with five color bands: Brown, Red, Yellow, Green, and Yellow. Arrows point from these bands to a table below. The table defines the color code for capacitors, mapping colors to digits, multipliers, tolerances, and voltage ratings.

Color	Primer dígito	Segundo dígito	Multiplicador	Tolerancia	Tensión
Negro	-	0	0	+/- 20 %	-
Marrón	1	1	$\times 10$	+/- 1 %	100V
Rojo	2	2	$\times 100$	+/- 2 %	250V
Naranja	3	3	$\times 1000$	-	-
Amarillo	4	4	$\times 10000$	-	400V
Verde	5	5	$\times 100\,000$	+/- 5 %	-
Azul	6	6	$\times 1\,000\,000$	-	630V
Violeta	7	7	$\times 10\,000\,000$	-	-
Gris	8	8	$\times 100\,000\,000$	-	-
Blanco	9	9	$\times 1\,000\,000\,000$	+/- 10 %	-

Figura 17. Código de colores del capacitor obtenido del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

2.4.2.3 Identificación por código alfanumérico

En este caso, el valor del condensador, expresado en picofaradios, se muestra mediante tres cifras y una letra. Las dos primeras corresponden a las unidades y las decenas, el tercer número indica la cantidad de ceros que hay detrás de las dos primeras unidades, y la letra es la tolerancia.

- 473F = 47 000 pF +/- 1 %
- 224J = 220 000 pF +/- 5 %
- 101K = 100 pF +/- 10 %
- 102M = 1 000 pF +/- 20 %

Figura 18. Ejemplo de código alfanumérico obtenido del libro de Electricidad y Electrónica, elaborado por Castillo Juan Carlos.

2.4.2.4 Características de los Condensadores/Capacitores

- **Capacitancia:** La unidad de medida de los capacitores está dada en faradios (F) y sus equivalentes son microfaradios (μ F), nanofaradios(nF) y picofaradios(pF).
- **Tensión de Trabajo:** Es la que puede tolerar un condensador acuerdo a sus especificaciones.
- **Tolerancia:** Margen de error que se puede presentar en un condensador.
- **Polaridad:** Esta definida por el fabricante y por lo general suelen estar estampada en los condensadores.

2.4.2.5 Tipos de Condensadores/Capacitores

- **Capacitores Electrolíticos:** Su composición general es de un dieléctrico de papel, que cuenta con polaridad positiva y negativa con valor mayores a 1uf.



Figura 19. Capacitor electrolítico. Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

- **Capacitores Electrolíticos de Tántalo:** Tienen un aislamiento de mayor tolerancia, en sus especificaciones se puede notar que cuenta con polaridad y un valor capacitivo mayor de 1uf.



Figura 20. Capacitor electrolítico de tántalo o “de gota”. Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

- **Capacitores Cerámicos “de lenteja”**: sus valores de capacidad constan en el rango entre 0.5pF y 47nF. (Aladro Prieto, 2005).

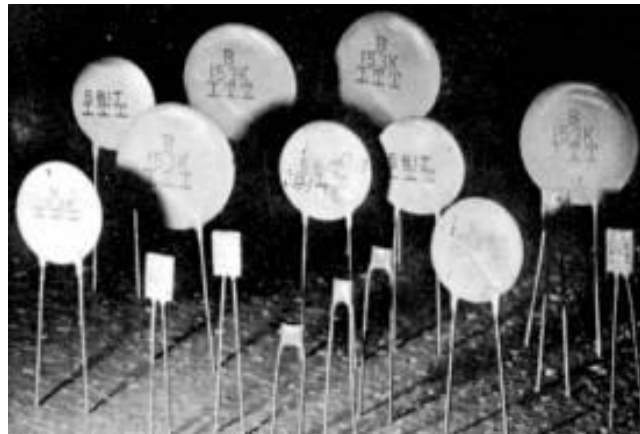


Figura 21. Capacitor cerámico, el más corriente. Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

- **Mica**: Formado por un apilado de láminas de mica y hojas de cobre, latón, estaño o aluminio. Empleados en circuitos de filtrado, sintonía y paso de radiofrecuencia.

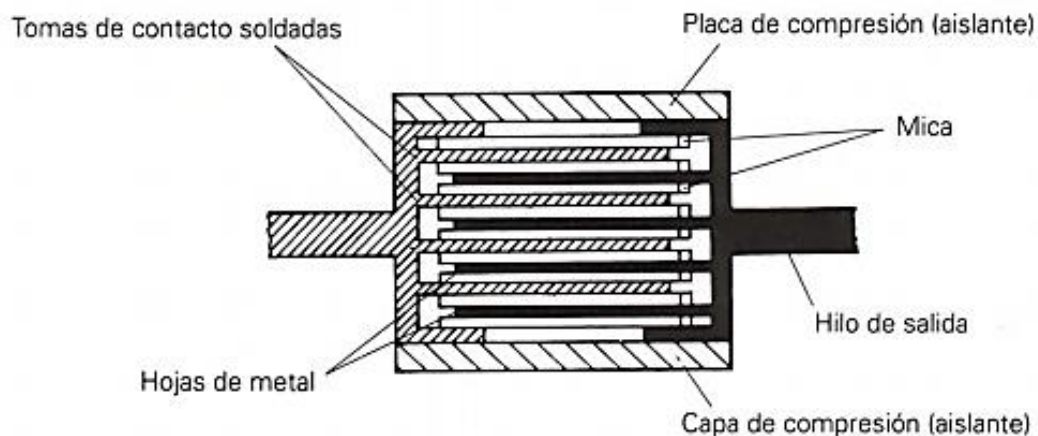


Figura 22. Capacitor de Mica Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

2.4.2.6 Coeficiente de la temperatura

Como todos los componentes electrónicos, son afectados por la temperatura, y al aumentar esta, disminuye su capacidad.

Tabla 4. Coeficiente de temperatura

TIPO DE CONDESADOR	COEFICIENTE DE TEMPERATURA (tanto por mil °C)
Mica	+0,1
Papel	+ 0,5
Plástico	-0,15
Película de poliéster	+0,3
Poliéster metalizado	+0,3
Policarbonato metalizado	+0,3
Electrolítico de aluminio	+ 1 o +5
Electrolítico de tántalo	+1

Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

2.4.2.7 Corriente de fuga

Si un condensador se lo carga durante un periodo de tiempo, a través del dieléctrico hay un paso de electrones llamado corriente de fuga, disminuyendo así la capacidad del condensador. Por ello, el dieléctrico debe tener gran resistencia de aislamiento, que disminuye con el aumento de la humedad y de la temperatura.

Tabla 5. Corriente de fuga

MATERIAL	CONSTANTE DIELÉCTRICA	RIGIDEZ DIELÉCTRICA
Aire	1	1,00 059
Papel	2 a 2,8	40 a 100
Presspan	3,2 a 3,8	100 a 400
Mica	4,5 a 5,5	600 a 700
Macanita	2,3 a 2,5	200 a 400
Madera	2,5 a 4,8	30 a 60
Porcelana	4,5 a 6,5	200 a 300
Vidrio	5 a 12	60 a 120
Baquelita	5,5 a 8,2	230

Ebonia

2,5 a 3,2

230

Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

Tabla 6. Tensión en los condensadores

TIPO DE CONDESADOR	VALORES	TENSIONES MÁXIMOS DE TRABAJO	TOLERANCIAS
Mica	2 pF a 22 nF	250 a 4.000 V	0,5 a 20 %
Papel	1 nF a 10 uF	250 a 1.000 V	5 - 10 - 20 %
Poliestireno	10 pF a 4,7 nF	25 a 63 V	+/- 1pH
	4,7 pF a 22 nF	160 a 630 V	(<50pF)
			2,5 - 5 - 10 %
Poliéster	4,7 nF a 1,5 uF	100 a 160 V	5 - 10 - 20 %
	1 nF a 470 nF	400 a 1.000 V	
Poliéster metalizado	47 nF a 10 uF	63 a 100 V	5 - 10 - 20 %
	10 nF a 2,2 uF	250 a 400 V	
	10 nF a 470 nF	630 a 1.000 V	
	47 nF a 10 uF	63 a 100 V	5 - 10 - 20 %
Policarbonato metalizado	10 nF a 2,2 uF	250 a 400 V	
	10 nF a 470 nF	630 a 1.000 V	
	47 nF a 10 uF	63 a 100 V	5 - 10 - 20 %
Cerámico (I)	10 nF a 470 nF	630 a 1.000 V	
	0,56 pF a 560 pF	63 a 100 V	2 - 5 - 10 %
	0,47 pF a 330 pF	250 a 500 V	
Cerámico (II)	4,7 nF a 470 nF	15 a 50 V	(-20 + 50 %)
	220 pF a 22 nF	63 a 100 V	(-20 + 80 %)
	100 pF a 10 nF	250 a 500 V	+/- 20 %
	470 pF a 10 nF	1.000 V	(-20 + 50 %)
Electrolítico de aluminio	100 a 10.000 uF	4 a 10 V	(-10 +50 %)
	2,2 a 4.700 uF	16 a 40 V	(-10 +100 %)
	0,47 a 2.200 uF	63 a 160 V	(-20 + 30 %)
	2,2 a 220 uF	200 a 450 V	(-10 + 50 %)

Electrolítico de	2,2 a 100 uF	3 a 10 V	+/- 20 %
tántalo	220 nF a 22uF	16 a 40 V	(-20 + 50 %)

Información tomada de sitio web “Resistencias y Condensadores” de Aladro Prieto José. Elaborado por el autor.

2.4.3 Microcontroladores

Un microcontrolador prácticamente se puede considerar un computador, por las características de su composición y están diseñados para realizar tareas. (Condori, 2019) afirma. “Para que el microcontrolador realice las operaciones que deseamos es necesario grabar en su memoria de programa un conjunto de instrucciones que constituyen el programa de aplicación”, por lo tanto, se debe definir las especificaciones de la tarea que debe desarrollar y evitar generar bloques o excesos de funciones que llenen la memoria del microcontrolador innecesariamente.

2.4.3.1 Los puertos del PIC

Los puertos del PIC son un conjunto de pines, que forman un puerto, el pin es una parte del puerto, entonces un conjunto de pines forma un puerto, por ejemplo, el puerto B posee un total de 8 pines, que se pueden configurar que sea de entrada o de salida, lo que permite que los datos ingresen o salgan dependiendo la configuración al PIC.

Los pines de entrada pueden adquirir un valor lógico 0 o 1, si el voltaje a la entrada es de 0 v el PIC lo interpreta como un 0 lógico, si el voltaje a la entrada es de 5 voltios el PIC lo interpreta como un 1 lógico, debemos indicar que el voltaje a la entrada no tiene que ser exacto, existe un rango de valores que son aceptados por el PIC, este rango de valores lo determina el fabricante en su datasheet.

Los pines de salida pueden adquirir 5 voltios, lo que corresponde a un 1 lógico como salida, esta señal puede activar cualquier otro sistema, activar un motor, o simplemente prender un led y pone sus pines a 0 voltios cuando la salida es un 0 lógico, esto apaga cualquier sistema, motor o led. Por lo general los puertos de datos son bidireccionales.

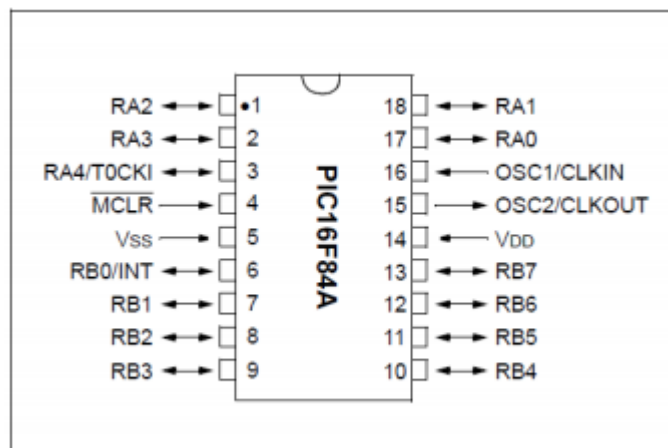


Figura 23. Diagrama de periféricos información obtenida de Microcontroladores Pic, elaborado por Condori A.

2.4.3.2 Componentes de un microcontrolador

Combina los recursos fundamentales, disponibles en un microcomputador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada y salida, en un único circuito integrado. (Valdes, F. y Pallás, R., 2007)

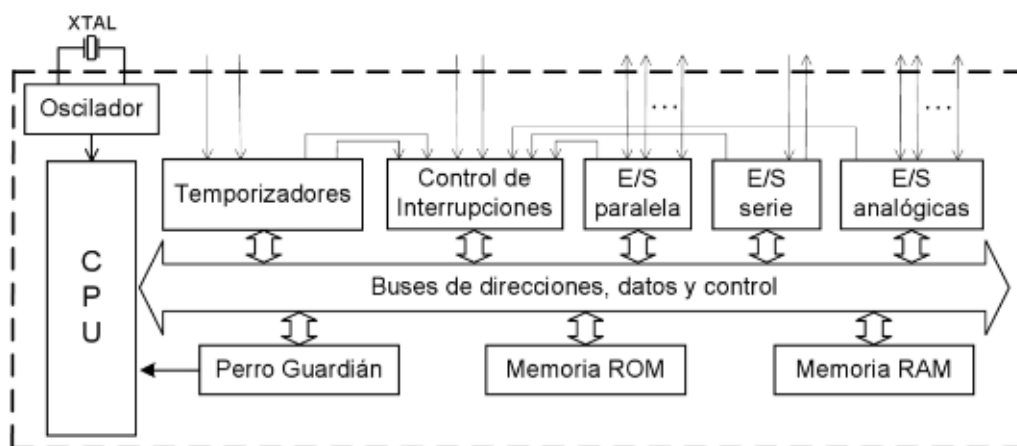


Figura 24. Esquema de bloque general de un microcontrolador información obtenida Microcontroladores fundamentales y Aplicacion con Pic, elaborador por Valdes. F. y Pallás, R.

Los microcontroladores disponen de un oscilador que genera los pulsos que sincronizan todas las operaciones internas. El oscilador puede ser del tipo RC, aunque generalmente se prefiere que esté controlado por un Cristal de cuarzo (XTAL) debido a su gran estabilidad de frecuencia.

La memoria del microcontrolador es el lugar donde se almacenan las instrucciones del programa y los datos. Las memorias del microcontrolador se definen en dos que son:

- La memoria RAM es una memoria de lectura y escritura, que además es volátil, es decir, pierde la información almacenada cuando falta la energía que alimenta la memoria.
- La memoria ROM es una memoria de solo lectura y no volátil.

2.4.3.3 Arquitecturas von Neumann y Harvard

Un microcomputador o un microcontrolador, almacena instrucciones y datos. Las instrucciones deben pasar secuencialmente a la CPU para su decodificación y ejecución, en tanto que algunos datos en memoria son leídos por la CPU y otros son escritos en la memoria desde la CPU.

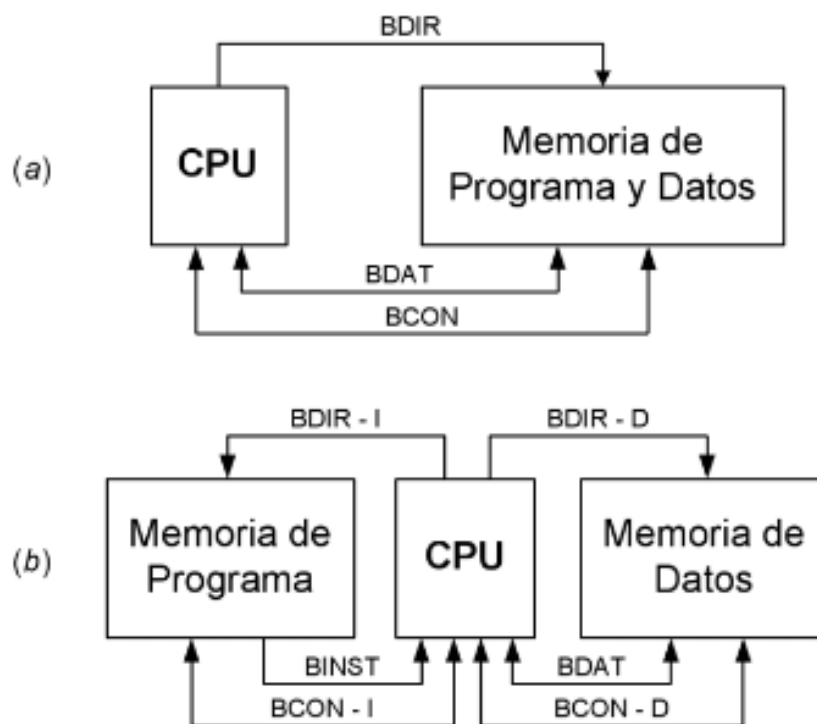


Figura 25. Arquitecturas (a) von Neuman y (b) Harvard, información obtenida Microcontroladores fundamentos y Aplicacion con Pic, elaborador por Valdes. F. y Pallás, R.

2.4.3.4 PIC 16F628A

Es un microcontrolador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada, así como un juego reducido de 35 instrucciones.

2.4.3.5 Características

Tabla 7. Características del PIC 16f628A

PIC 16F628A	Propiedad
Memoria de programa	1 kbytes
Memoria SRAM	224 bytes
Memoria EEPROM	128 bytes
Pines de E/S	16
Entradas analógicas	No
Salidas PWM	2
SPI	No
I2C	No
USART	Si
Temporizadores de 8 Bits	2
Temporizadores de 16 Bits	1
Comparadores	2
Oscilador	Frecuencia max. 20Mhz, Oscilador interno de 4 MHz
Numero de pines	18
Encapsulado	Pdip, Soic, Ssop, Ofn

Información tomada del sitio web (Rey, 2011)

2.4.3.6 Diagrama de pines del PIC 16F628A

Tabla 8. Tabla de pines del microcontrolador

Nombre	Función	Tipo de entrada	Tipo de salida	Descripción
RA0 / AN0	RA0	S T	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	AN0	UN	-	Entrada de comparador analógico
RA1 / AN1	RA1	S T	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	AN1	UN	-	Entrada de comparador analógico
RA2 / AN2 / V REF	RA2	S T	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	AN2	UN	-	Entrada de comparador analógico
	V REF	-	UN	Salida VREF
RA5 / MCLR / V PP	RA5	ST	-	Puerto de entrada
	MCLR	ST	-	Maestro claro. Cuando se configura como MCLR, este pin es un Reset activo bajo en el dispositivo.
	V PP	-	-	El voltaje en MCLR / V PP no debe exceder V DD

				durante el funcionamiento normal del dispositivo
RA6 / OSC2 / CLKOUT	RA6	ST	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	OSC2	-	XTAL	Salida de cristal oscilador. Se conecta al cristal o resonador en modo Crystal Oscillator
	CLKOUT	-	CMOS	En modo RC / INTOSC, el pin OSC2 puede emitir CLKOUT, que tiene 1/4 de la frecuencia de OSC1.
RA7 / OSC1 / CLKIN	RA7	ST	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	OSC1	XTAL	-	Entrada de cristal oscilador
	CLKIN	ST	-	Entrada de fuente de reloj externa. Pin de polarización
RB0 / INT	RB0	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	INT	ST	-	Interrupción externa
RB1 / RX / DT	RB1	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional. Puede
	RX	ST	-	Pin de recepción de USART
	DT	ST	CMOS	E / S de datos síncronos
RB3 / CCP1	RB3	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional
	CCP1	ST	CMOS	Capturar / Comparar / E / S PWM
RB4 / PGM	RB4	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional. Cambio de
	PGM	ST	-	interrupción en el pin. Pin de entrada de programación de bajo voltaje.
RB5	RB5	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional. Cambio de interrupción en el pin.
RB6 / T1OSO / T1CKI / PGC	RB6	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional. Cambio de interrupción en el pin.
	T1OSO	-	XTAL	Salida de oscilador Timer1
	T1CKI	ST	-	Entrada de reloj Timer1
RB7 / T1OSI / PGD	PGC	ST	-	Reloj de programación ICSP™
	RB7	TTL	CMOS	Puerto de E / S bidireccional. Cambio de interrupción en el pin.
	T1OSI	XTAL	-	Entrada de oscilador Timer1
	PGD	ST	CMOS	E / S de datos ICSP

2.4.3.7 Diagrama de Bloques

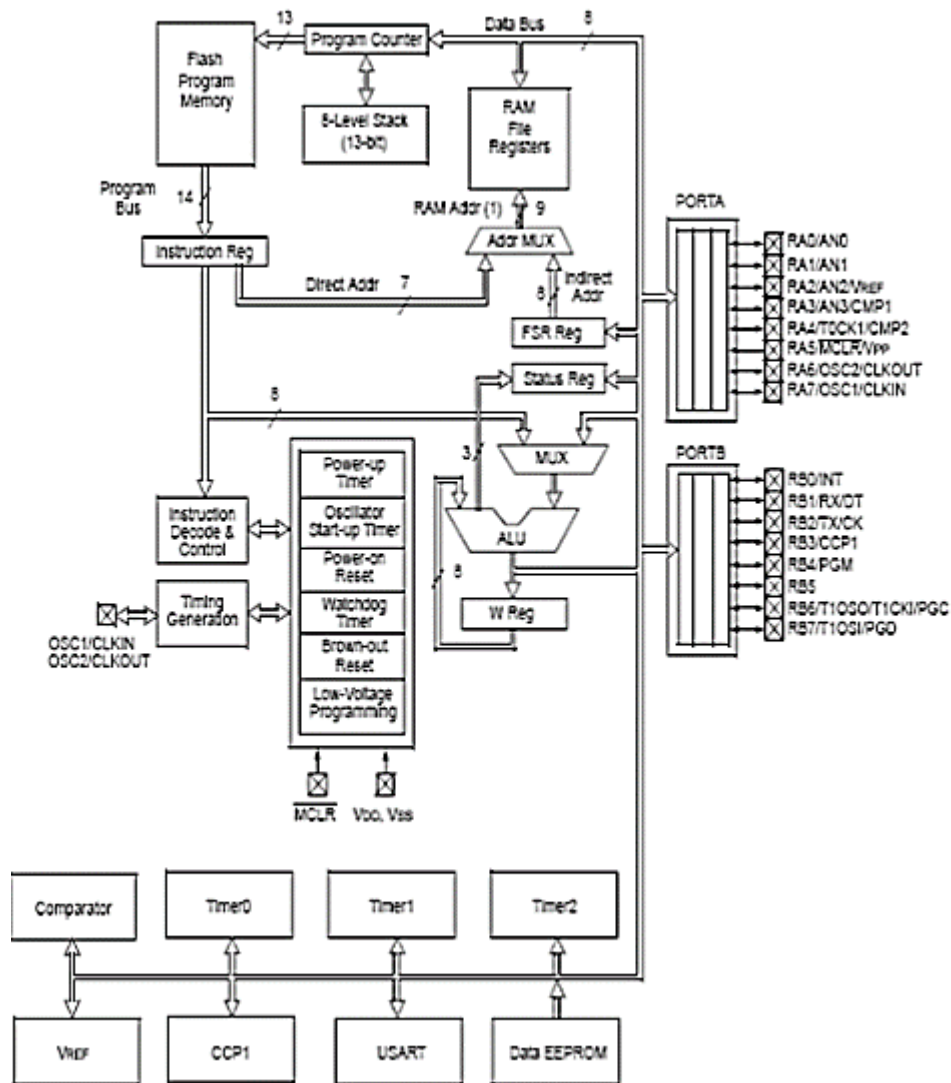


Figura 26. Diagrama de bloques del Pic16f628a información obtenida del sitio web de Rey 2011

2.4.4 Métodos de medición para resistencias

2.4.4.1 Puente de Wheatstone

En un circuito puente, la disposición de las resistencias que lo caracterizan, permiten de manera sencilla medir con gran precisión la magnitud de resistencias desconocidas, cuando el puente es llevado a la condición de equilibrio, el registro se determina con un galvanómetro de alta sensibilidad, el cual actúa como dispositivo indicador.

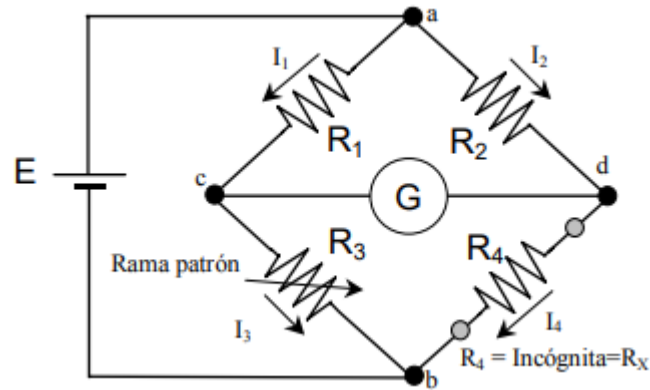


Figura 27. Diagrama de un puente de Wheatstone

Como se puede visualizar en la figura 32, se trata sobre el diagrama de un Puente de Wheatstone, que se caracteriza por estar construido por 4 resistencias (3 conocidas y 1 desconocida), una fuente de energía y un galvanómetro.

Funcionamiento

La corriente que circula por el galvanómetro depende de la diferencia de potencial de los puntos c y d. Se dice que el puente está en equilibrio o que la corriente en el galvanómetro es cero cuando el potencial del punto c al a es igual al del punto d al a. O bien, tomando como referencia el terminal negativo de la batería, cuando la tensión entre los nodos b y c es igual a la de los nodos b y d. Por lo tanto, el puente está en equilibrio cuando:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad (1)$$

Como la corriente en el galvanómetro es cero entonces:

$$I_1 = I_3 = \frac{E}{R_1 + R_3} \quad (2)$$

$$I_2 = I_4 = \frac{E}{R_2 + R_4} \quad (3)$$

Combinando las ecuaciones (1), (2) y (3) y simplificando se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_2}{R_2 + R_4} \quad (4)$$

Esto significa que:

$$R_1 R_4 = R_2 R_3 \quad (5)$$

El resultado que da esta secuencia de ecuaciones es lo que se conoce como equilibrio del puente de Wheatstone, por lo tanto, si se conoce 3 valores de resistencias despejando la

ecuación se puede hallar el valor de la resistencia faltante que en este caso sería la incógnita, y se expresaría de la siguiente manera:

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1} \quad (6)$$

2.4.4.2 Puente de Kelvin

Es una variación del puente de Wheatstone y proporciona un gran incremento en la exactitud de las mediciones de resistencias de bajo valor, generalmente a 1Ω .

Funcionamiento

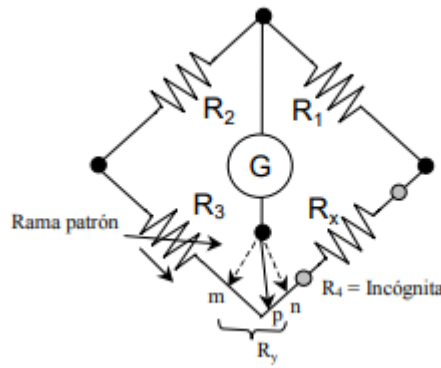


Figura 28. diagrama del puente de kelvin

Se aborda con la explicación del Puente de Kelvin, como se puede visualizar en la figura 33. La variable R_y es utilizada como la representación de la resistencia del alambre de conexión de R_3 a R_x . Recordando que R_x es la incógnita que se desea hallar su valor. El galvanómetro se puede conectar en el punto m o en el n. Si el galvanómetro se conecta en el punto p entre los puntos m y n, de manera que la razón de la resistencia de n a p y de m a p iguale la razón de los resistores R_3 y R_x , entonces:

$$\frac{R_{np}}{R_{mp}} = \frac{R_1}{R_2} \quad (7)$$

Por lo tanto, la ecuación equilibrio se representa como:

$$R_x + R_{np} = \frac{R_1}{R_2} (R_3 + R_{mp}) \quad (8)$$

Si se sustituye los valores:

$$R_x + \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) R_y = \frac{R_1}{R_2} \left[R_3 + \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) R_y \right] \quad (9)$$

Se despeja la ecuación obteniendo la siguiente ecuación final.

$$R_x + \frac{R_1}{R_1} R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y = \frac{R_1}{R_2} \left[R_3 + \frac{R_2}{R_1} R_y + \frac{R_2}{R_2} R_y \right] \quad (10)$$

$$R_x + R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y = \frac{R_1}{R_2} [R_3 + \frac{R_2}{R_1} R_y + R_y] \quad (11)$$

$$R_x + R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y = \frac{R_1}{R_2} R_3 + \frac{R_1}{R_2} * \frac{R_2}{R_1} R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y \quad (12)$$

$$R_x + R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y = \frac{R_1}{R_2} R_3 + R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y \quad (13)$$

$$R_x = -R_y - \frac{R_1}{R_2} R_y + \frac{R_1}{R_2} R_3 + R_y + \frac{R_1}{R_2} R_y \quad (14)$$

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3 \quad (15)$$

2.4.5 Método de medición para capacitores

2.4.5.1 Constante de tiempo

Un condensador es un dispositivo formado por dos conductores cercanos y aislados entre sí denominados placas o armaduras del condensador. Al conectar el dispositivo se establece una corriente eléctrica que transporta electrones desde una de las placas a la otra, hasta que se estabiliza en un valor que depende de la capacidad del condensador. Cuando ha terminado la transferencia de electrones ambas armaduras poseen la misma carga, aunque de signo contrario. Y esta carga permite que en la descarga alimente el sistema al que está conectado.

Funcionamiento

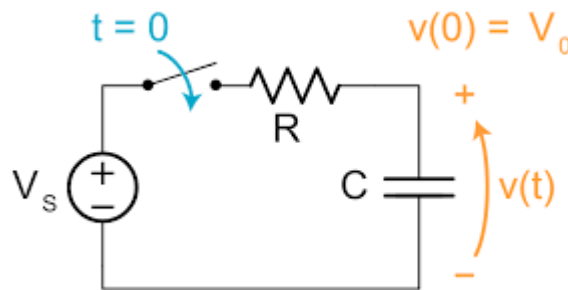


Figura 29. Diagrama carga y descarga de un capacitor.

En el circuito que se observa a continuación, tomaremos como primicia que el condensador está inicialmente descargado. Si cerramos el interruptor se observará un paso de corriente y empezará a cargarse el condensador, de forma que, una vez alcanzada la carga

máxima, la corriente en el circuito es cero. Aplicando la ley de mallas de Kirchhoff obtenemos:

$$V_s - V_r - V_c = 0 \quad (16)$$

$$V_r = RI \quad (17)$$

$$q = CV_c \quad (18)$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dvc}{dt} \quad (19)$$

$$V_s - RC \frac{dvc}{dt} - Vc = 0 \quad (20)$$

$$\frac{dvc}{dt} + \frac{1}{RC} Vc = \frac{1}{RC} V_s \quad (21)$$

Para el método de factor integrante.

$$u = e^{\int \frac{1}{RC} dt} \quad (22)$$

$$u = e^{\frac{1}{RC} t} \quad (23)$$

Procedemos a multiplicar la ecuación por el factor integrante obteniendo la siguiente ecuación como resultado:

$$e^{\frac{1}{RC} t} * \frac{dvc}{dt} + e^{\frac{1}{RC} t} * \frac{1}{RC} Vc = e^{\frac{1}{RC} t} * \frac{1}{RC} V_s \quad (24)$$

$$\frac{d}{dt} \left(e^{\frac{1}{RC} t} * Vc \right) = \frac{e^{\frac{1}{RC} t}}{RC} V_s \quad (25)$$

Se integra ambos lados y obtenemos la siguiente ecuación:

$$e^{\frac{1}{RC}t} * V_C = \int V_S * e^{\frac{1}{RC}t} \quad (26)$$

$$e^{\frac{1}{RC}t} * V_C = \frac{V_S}{RC} \int e^{\frac{1}{RC}t} dt \quad (27)$$

$$e^{\frac{1}{RC}t} * V_C = \frac{V_S}{RC} [RC * e^{\frac{1}{RC}t} + k] \quad (28)$$

$$V_C = V_S + k e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (29)$$

Tomando como valor inicial para $t = 0$

$$V_C(0) = 0 \quad (30)$$

$$0 = V_S + k e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (31)$$

$$k = -V_S \quad (32)$$

Reemplazamos la constante k por el valor que despejamos.

$$V_C(t) = V_S - V_S * e^{-\frac{1}{RC}t} \quad (33)$$

$$V_C(t) = V_S(1 - e^{-\frac{1}{RC}t}) \quad (34)$$

En la ecuación 34 podemos observar la fórmula que se encontró despejando la ecuación principal para hallar el valor del voltaje del capacitor.

2.5 Fundamentación Legal

De acuerdo a la (CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR , 2008) en los artículos siguientes menciona que:

- Art. 342.- El Estado asignará, de manera prioritaria y equitativa, los recursos suficientes, oportunos y permanentes para el funcionamiento y gestión del sistema.
- Art. 343.- El sistema nacional de educación tendrá como finalidad el desarrollo de capacidades y potencialidades individuales y colectivas de la población, que posibiliten el aprendizaje, y la generación y utilización de conocimientos, técnicas, saberes, artes y cultura. El sistema tendrá como centro al sujeto que aprende, y funcionará de manera flexible y dinámica, incluyente, eficaz y eficiente.
- Art. 347.- Será responsabilidad del Estado:
 - 1.- Fortalecer la educación pública y la coeducación; asegurar el mejoramiento permanente de la calidad, la ampliación de la cobertura, la infraestructura física y el equipamiento necesario de las instituciones educativas públicas.
- Art 350.- El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo.

De acuerdo a la (LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, 2018) en los artículos siguientes menciona que:

- Art 13.- Funciones del Sistema de Educación Superior. - Son funciones del Sistema de Educación Superior:
 - 1.- Garantizar el derecho a la educación superior mediante la docencia, la investigación y su vinculación con la sociedad, y asegurar crecientes niveles de calidad, excelencia académica y pertinencia
 - 2.- Fortalecer el ejercicio y desarrollo de la docencia y la investigación científica en todos los niveles y modalidades del sistema.

2.6 Encuesta

La presente encuesta se realizó a los docentes afines a la rama de electrónica que imparten sus clases en la Carrera de Ingeniería en Teleinformática/ Telemática perteneciente a la Facultad de Ingeniería Industrial. Se le realizó una serie de preguntas para obtener el punto de vista del docente referente a los módulos medidor de capacitancia y resistencias que se integraran al laboratorio educativo portátil de ingeniería.

1. ¿Qué asignatura usted imparte en la carrera de ingeniería en Teleinformática/ Telemática?

Tabla 9. Asignaturas que imparten los docentes.

Asignaturas	
Electrónica Analógica	Ing Plinio Greco
Fundamente de Ordenadores	Ing Ingrid García
Telefonía	Ing Jairo Veintimilla
Sistemas y Circuito	Ing Rodolfo Parra
Física	Ing Diana Gallegos
Electrónica Digital	Ing Neiser Ortiz
Organización y Arquitectura de Computadoras	Ing Angel Plaza
Administración Tecnológica de la Información	Ing Miguel Veintimilla

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

Los docentes respondieron a la primera pregunta con cada materia que ellos imparten en la carrera de ingeniería en Teleinformática/ Telemática, lo cual nos servaría para evaluar si efectivamente este análisis y diseño que se está investigando en este tema de titulación causara un impacto en las prácticas de laboratorio.

2. ¿Para realizar las prácticas de su asignatura es necesario contar con un laboratorio?

Tabla 10. Laboratorio en la Carrera de Ingeniería en Teleinformática/ Telemática

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	6	75%
No	1	12,5%
Tal vez	1	12,5%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

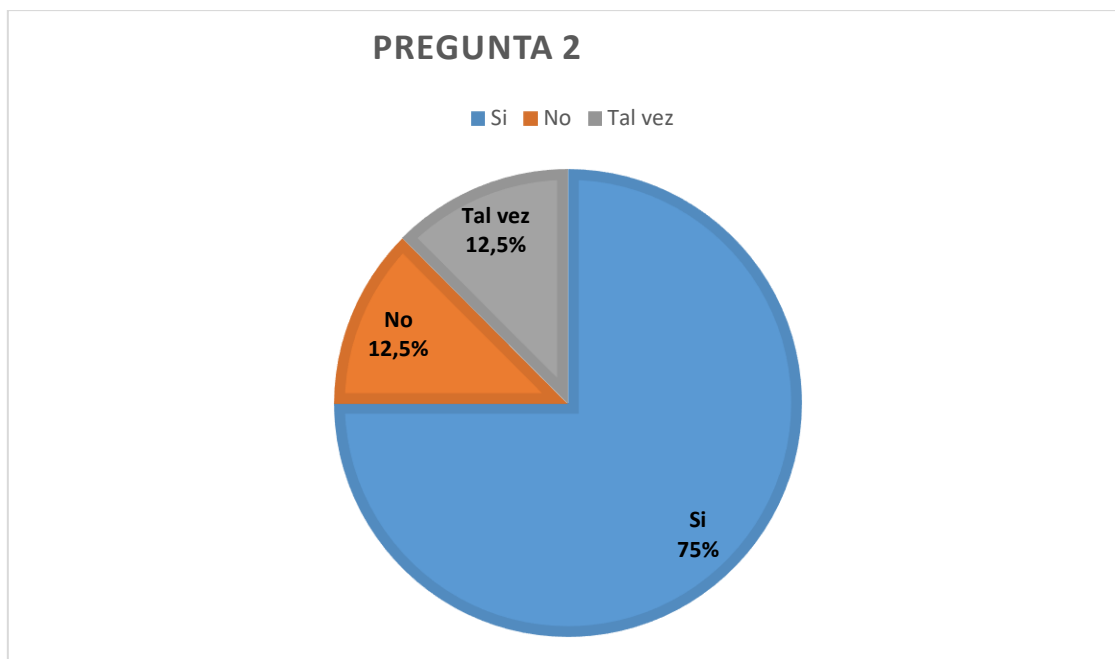


Figura 30. Laboratorio de Electrónica, Elaborado por el autor.

Los docentes respondieron a la segunda pregunta obteniendo como resultado que el 75% de los encuestados está de acuerdo que es necesario tener un laboratorio donde se pueden desarrollar prácticas y un 25% restante no están seguros si lo necesitan o no están de acuerdo con ello.

3. ¿Tienen usted conocimiento sobre lo que es un módulo educativo portátil?

Tabla 11. Modulo Educativo Portátil.

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	7	87,5%
No	1	12,5%
Tal vez	0	0%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

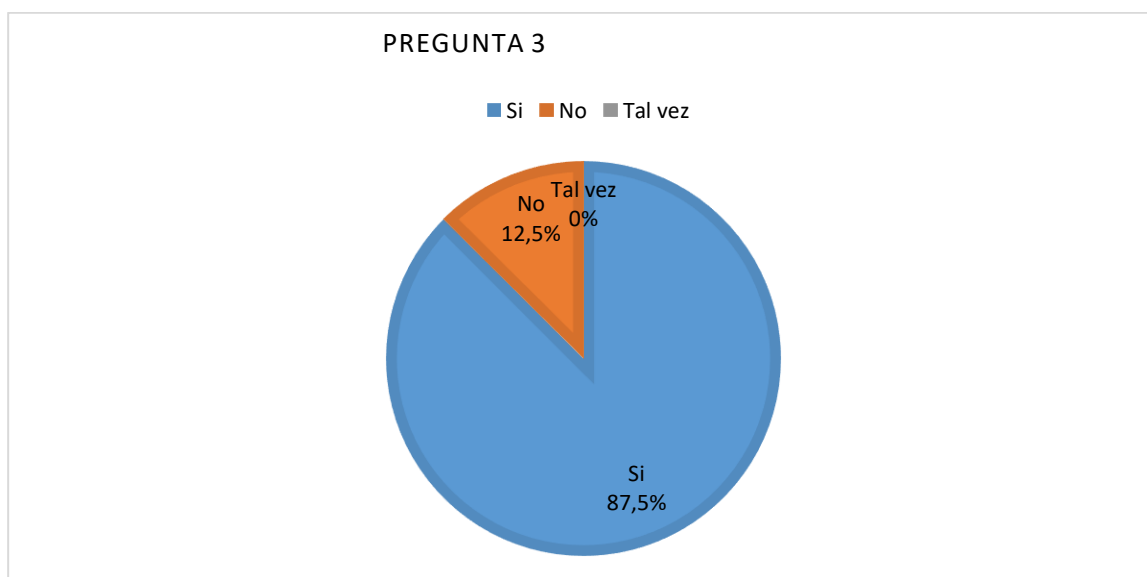


Figura 31. Módulos educativos portátiles, Elaborado por el autor

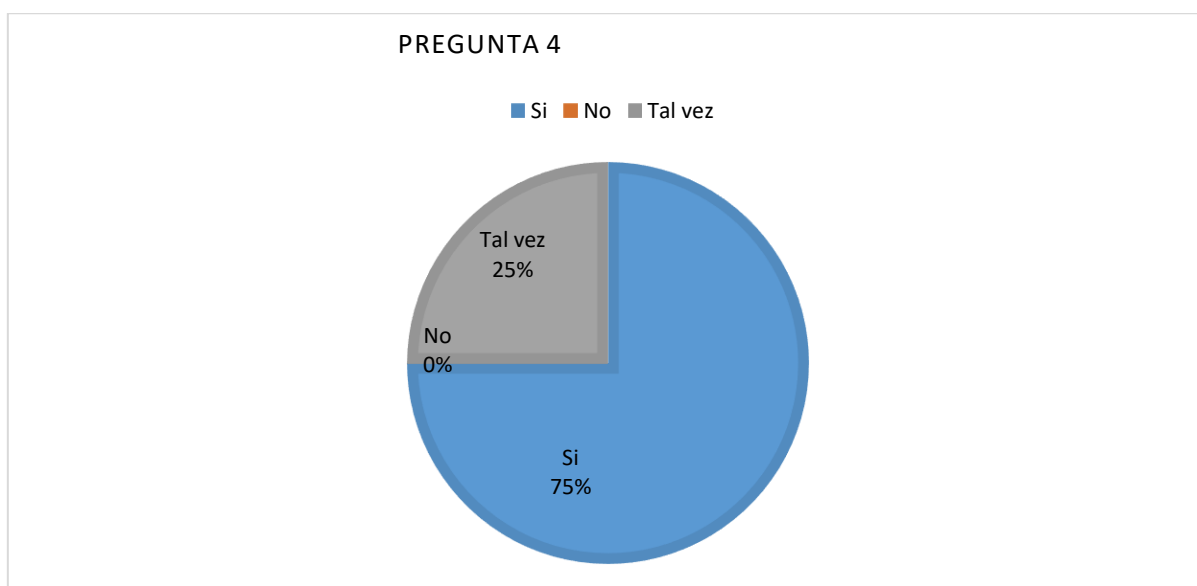
Los docentes respondieron a la tercera pregunta obteniendo como resultado que el 87,5% tiene conocimientos de lo que es un módulo educativo portátil y el 12.5% desconoce estos equipos.

4. ¿En el análisis y diseño de un medidor de capacitancia que mide en un rango de 3pf a2600 uf, considera que el rango de medición es suficiente para los trabajos prácticos en las materias que se imparte en la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática?

Tabla 12.Medidor de Capacitancia

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	6	75%
No	0	0%
Tal vez	2	25%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

**Figura 32.**Medidor de Capacitancia rango de medición, Elaborado por el autor

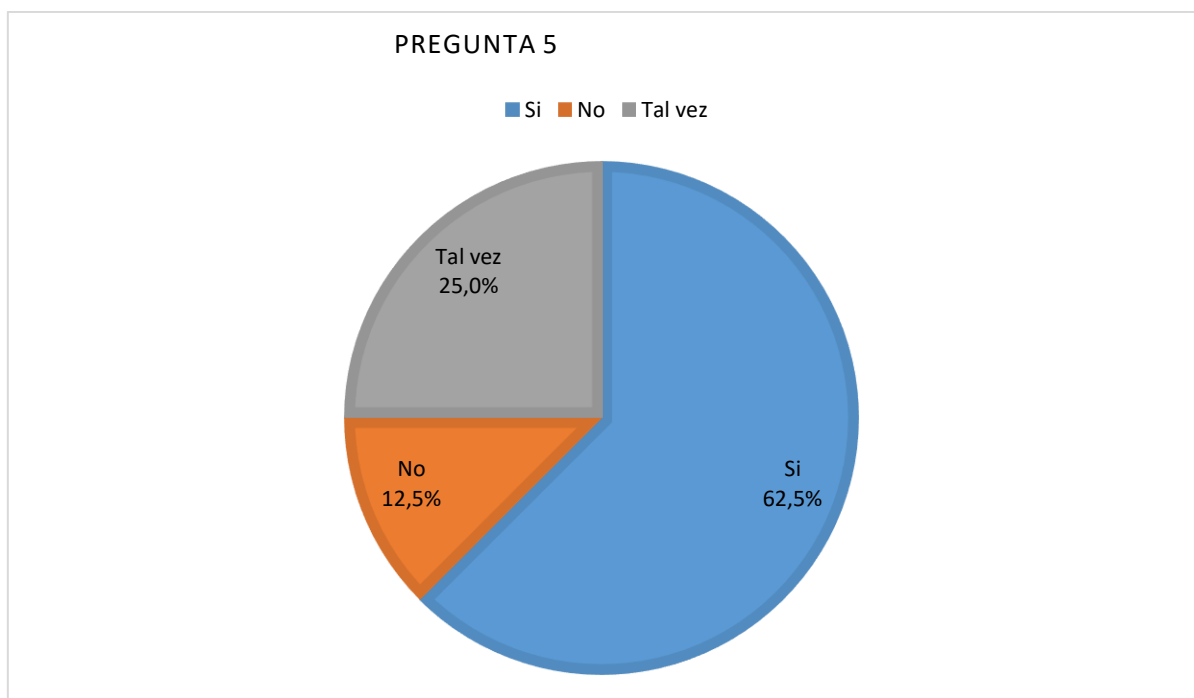
Los docentes respondieron a la cuarta pregunta obteniendo como resultado que el 75% de ellos opinan que el rango de medición es adecuado e idóneo para trabajar en las prácticas de laboratorio, y el otro 25% respondieron que talvez, por motivos que el rango de medición no es el adecuado para sus materias o prácticas que desarrollan.

- 5. ¿En el análisis y diseño de un medidor de resistencia que mide en un rango de 100ohm a1Mohm, considera que el rango de medición es suficiente para los trabajos prácticos en las materias que se imparte en la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática?**

Figura 33. Medidor de Resistencia

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	5	62,5%
No	1	12,5%
Tal vez	2	25%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

**Figura 34.** Medidor de Resistencia rango de medición, Elaborado por el autor.

Los docentes respondieron a la quinta pregunta obteniendo como resultado que el 62.5% está de acuerdo con el rango de medición que tiene el óhmetro, el 25 % dice que talvez y el 12,5 no está de acuerdo con el rango de medición puede ser que se requiera más medición en sus prácticas de laboratorio.

6. ¿Considera usted necesario que se implemente un medidor de capacitancia y resistencia en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática?

Tabla 13. Implementación de equipos de medición de alta precisión.

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	7	87,5%
No	0	0%
Tal vez	1	12,5%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

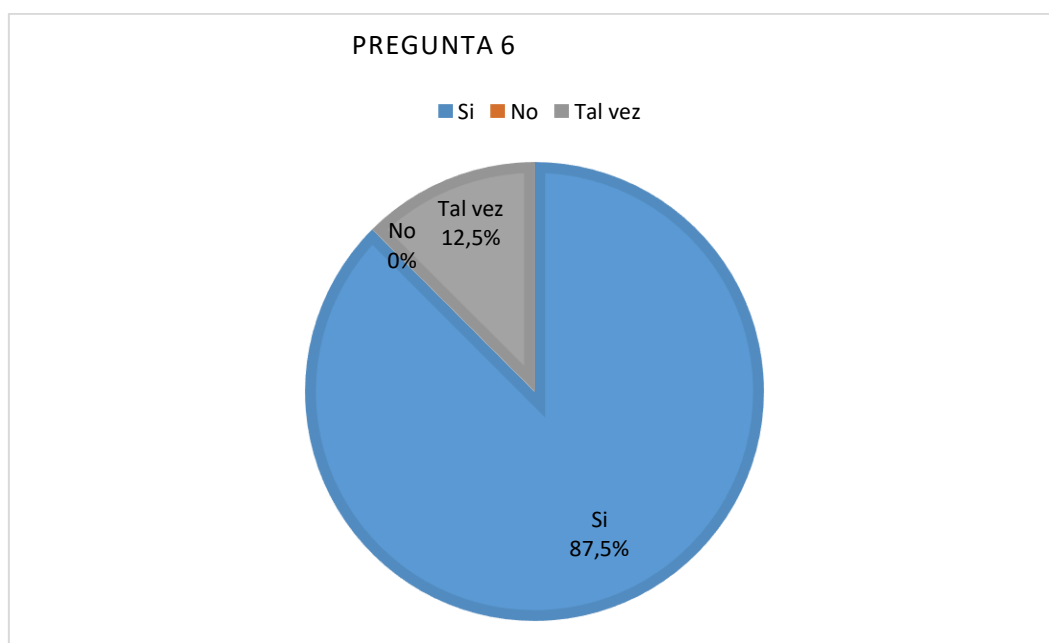


Figura 35. Implementación de equipos de medición de alta precisión, Elaborado por el autor.

Los docentes respondieron a la sexta pregunta obteniendo como resultado que el 87,5% de los encuestados están de acuerdo que se deben implementar equipos de medición en los laboratorios en la Carrera de Ingeniería en Teleinformática/ Telemática y el 12,5% esta indeciso si se debe o no implementar estos equipos.

7. ¿Cree usted que contar con un medidor de capacitancia y resistencia, realizado por los mismos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Teleinformática, sería una solución alterna al no contar con los recursos para poder adquirir equipos de alta precisión?

Tabla 14. Medidor de capacitancia y resistencia elaborado por los estudiantes.

Opciones	Respuesta	Porcentaje
Si	7	87,5%
No	0	0%
Tal vez	1	12,5%
Total	8	100%

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

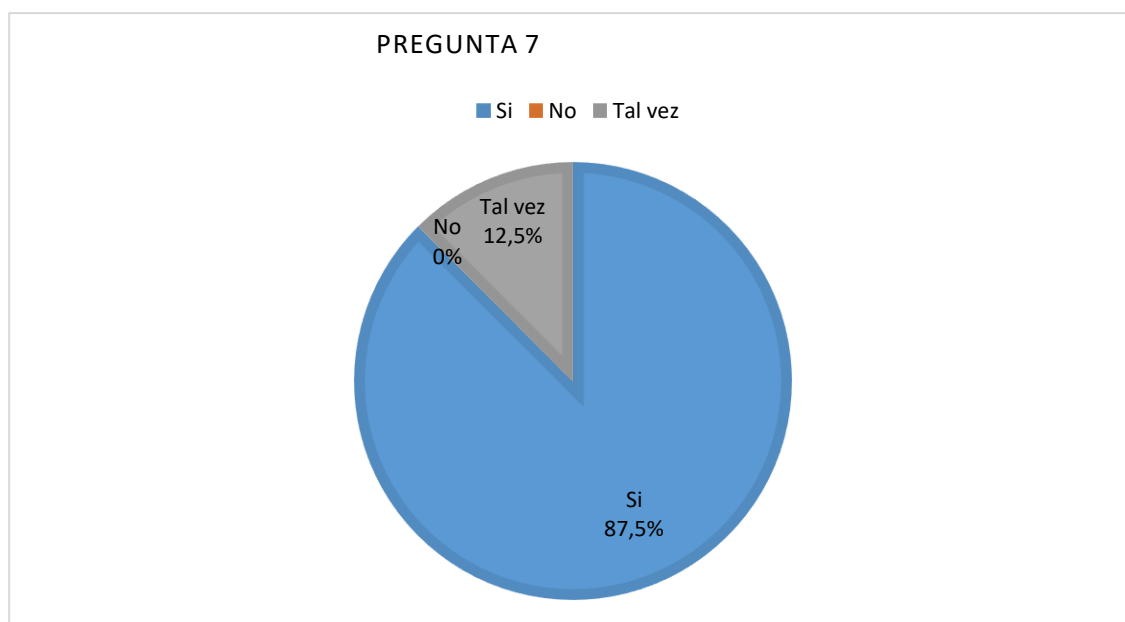


Figura 36. elaboración de equipos de medición por los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Teleinformática/ Telemática.

Los docentes respondieron a la séptima pregunta obteniendo como resultado que el 87,5% de los encuestados opina que es muy importante contar con los equipos de medición y más si los mismos estudiantes realizan la práctica y lo crean ellos mismos, y el 12,5 % opina que podría ser una alternativa para la problemática.

Capítulo III

Propuesta

3.1 Metodología del proyecto

Se presenta el diseño y análisis de un módulo medidor de capacitancia y resistencia que se integrara a un laboratorio portátil, con la principal característica que es diseñado con componentes electrónicos de bajos costo que se pueden adquirir a nivel nacional, para demostrar su funcionalidad se utilizara el software conocido como Proteus ya que cuenta con las características necesarias para que soporte la simulación del medidor de capacitancia y resistencia, con la finalidad que en un futuro se pueda implementar para ser utilizado por los alumnos en las prácticas de laboratorio.

- **Factibilidad legal**

Esta investigación se delimita a las leyes que se describen previamente en el capítulo II, en la Ley Orgánica de Educación Superior y Constitución de la República del Ecuador, donde se indica la importancia del uso de las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) en las instituciones educativas en el proceso de formación académica en los estudiantes.

- **Factibilidad Técnica**

En el desarrollo del tema de investigación se tomó en consideración la parte del hardware que está comprendida por todos los componentes físicos que se integran para desarrollar el medidor de capacitancia y resistencia, y con la primicia que sean comerciables y de bajo costo para que no exista impedimentos al momento de implementar el proyecto.

3.1.1 Parámetros de diseño y operación del medidor de capacitancia y resistencia.

Se empezará con la explicación del funcionamiento del medidor de capacitancia para posteriormente continuar con el medidor de resistencia.

3.1.1.1 Modulo capacimetro

El medidor de capacitancia permitirá evaluar capacitores electrolíticos y cerámicos, el rango de medición es de 3pf a 2600uf, el proyecto se alimenta de una fuente de alimentación de 5v que es lo que tolera el pic16f628a y la pantalla LCD, que serán utilizadas en este proyecto. Explicando previamente un poco del rango de medición que alcanzara a tener el medidor de capacitancia, podemos explicar su funcionamiento, por lo tanto, el medidor de

capacitor mide valores en pf y uf, para los valores de pf utilizara el valor de muestreo bajo que pasa por la configuración del pic16f628a saliendo del pin 7, una vez conectado el capacitor Cx que es el capacitor que se necesita hallar su valor, el circuito comienza a cargar ese capacitor, como se mencionó previamente en el capII , el capacitor se carga en el valor de 63.2% que es el tiempo establecido en el circuito para el proceso de carga y descarga de un capacitor, por lo tanto ese proceso entrega un voltaje que se utilizara para hallar el valor del capacitor, que se conoce como voltaje Vref , internamente el PIC tiene un Timer que es el encargado de calcular el tiempo que se demora en cargar el capacitor y obteniendo el T(tao) podemos despejar y hallar el valor con la siguiente ecuación (35), donde Vcal es el valor de la calibración que nos muestra el circuito.

$$\left(\frac{T}{2} - Vcal\right) \quad (35)$$

Para valores de uf se utilizará el valor de muestreo alto que se alimenta del pin 7 del pic16f628a, una vez conectado el capacitor Cx que es el capacitor que se requiere hallar el valor, el voltaje que alimenta el circuito empezara a cargar y el voltaje resultante de este proceso es el Vref que ingresa al PIC y como se mencionó previamente el Timer interno del microcontrolador calcula el tiempo que se demora en cargar el capacitor y para hallar dicho valor se utiliza la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{T}{25}\right) \quad (36)$$

3.1.1.2 Modulo óhmetro

El medidor de resistencia permitirá evaluar resistencias en el rango de Ω a Mega Ω , el proyecto se alimenta de una fuente de alimentación de 5v que es lo que tolera el pic16f877A y la pantalla LCD, que serán utilizadas en este proyecto. El funcionamiento del módulo se describe a continuación, se conecta la resistencia que se evaluara (Rx), la resistencia va conectada al divisor de voltaje que entregara un voltaje de salida (Vo), que ingresara al PIC por el pin 2, internamente el microcontrolador calculara los valores de forma automática y mostrara en la pantalla LCD el resultado, dando así el valor de Rx. Las ecuaciones que se utilizara para el cálculo son:

Hallar el voltaje de salida Vo

$$V_o = V_i \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (37)$$

Halla el valor de Rx

$$R_x = - \left(\frac{V_o R_1}{V_0 - V_1} \right) \quad (38)$$

3.2 Esquema del proyecto

3.2.1 Medidor de capacitancia

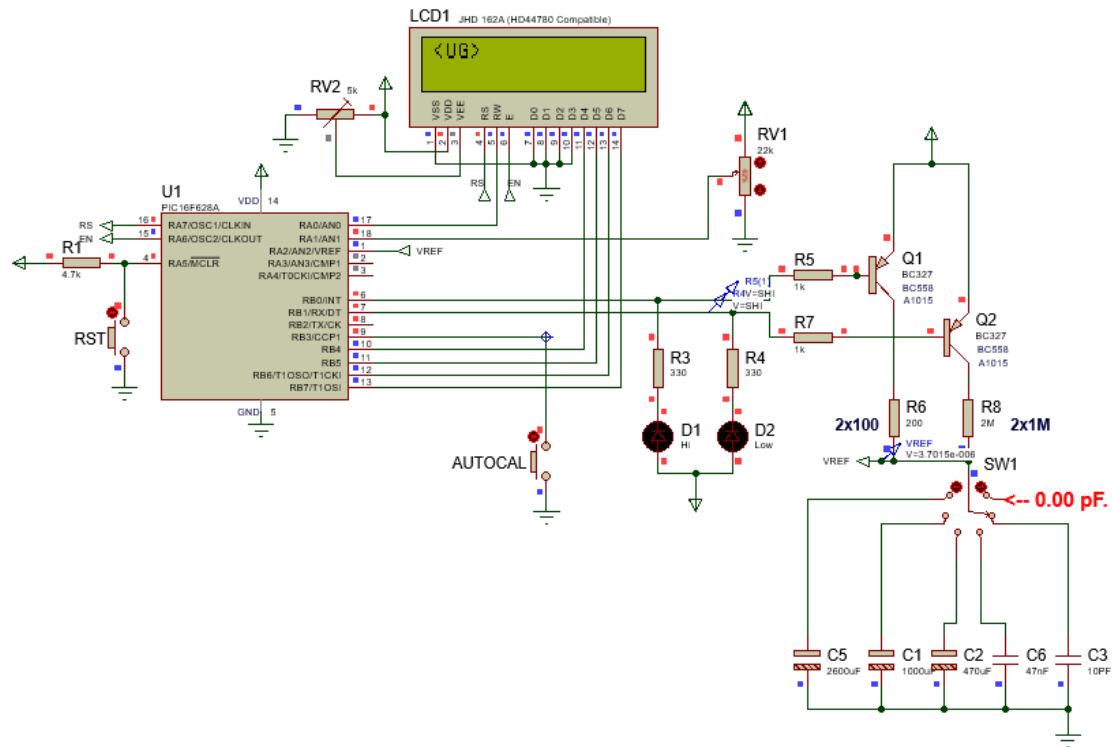


Figura 37. Esquema del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

3.2.1 Medidor de resistencia

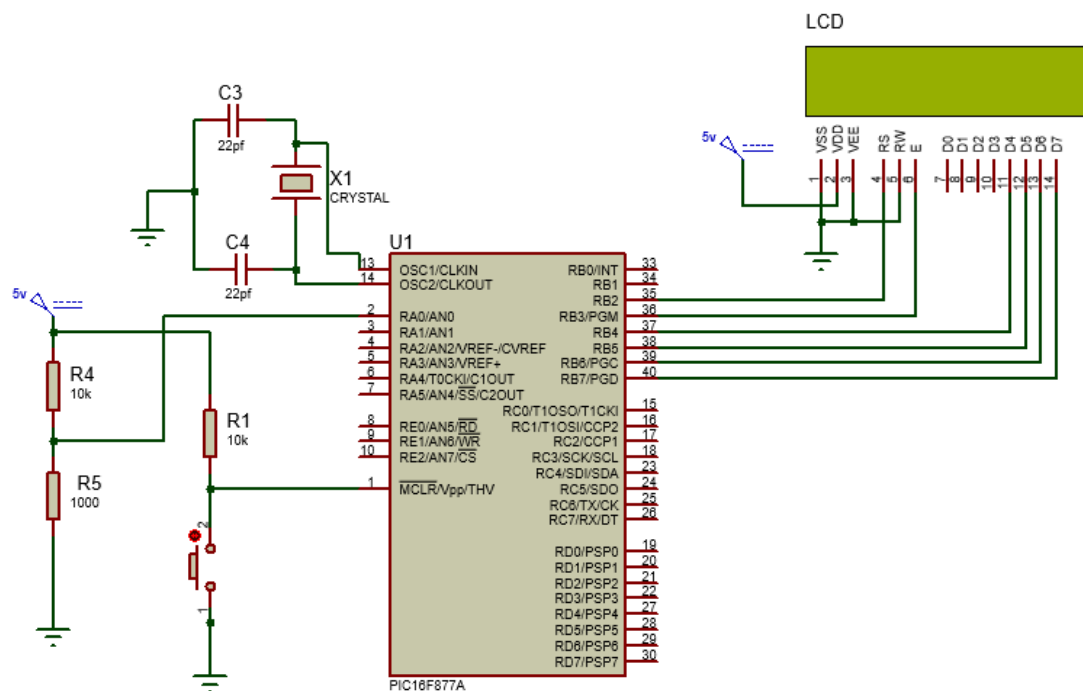


Figura 38. Esquema del medidor de resistencia, elaborado por el autor.

3.3 Procedimiento

3.3.1 Medidor de capacitancia

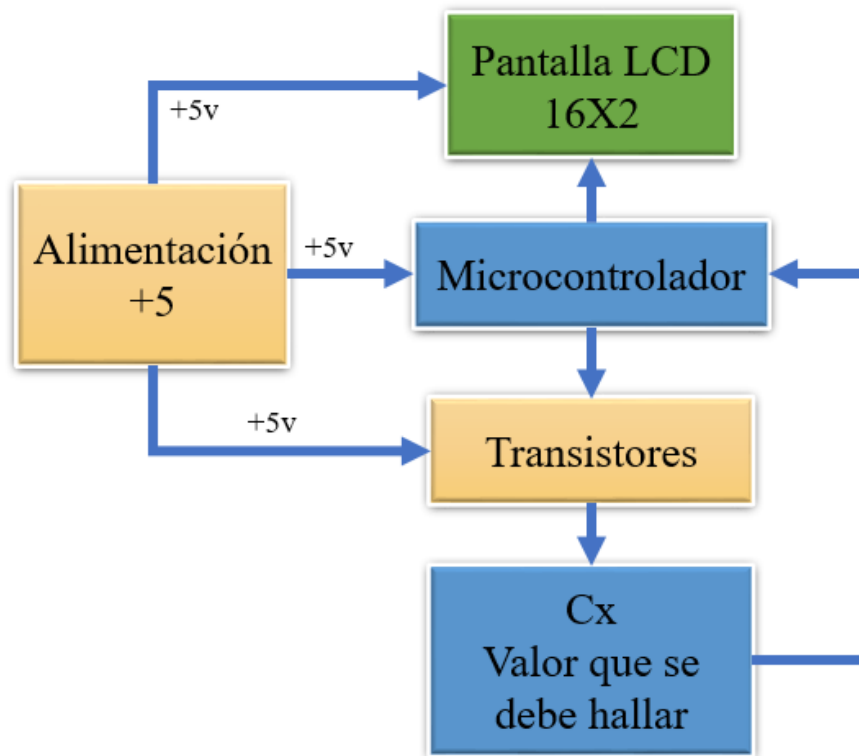


Figura 39. Diagrama de bloques del funcionamiento del medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

3.3.2 Medidor de resistencia

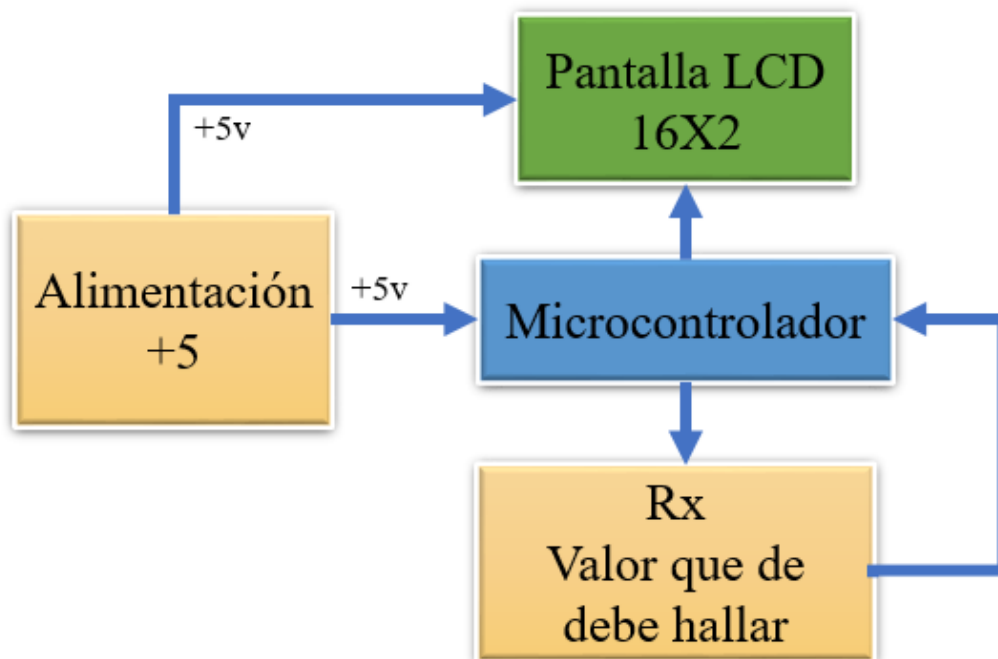


Figura 40. Diagrama de bloques del medidor de resistencia, elaborado por el autor.

3.4 Diseño y construcción

Para el análisis y diseño de un módulo medidor de capacitancia y resistencia, se utiliza el software conocido como Proteus para su construcción y para corroborar su funcionalidad. A continuación, se explicará cómo fue construido el equipo medidor tanto para capacitores como para resistencia.

3.4.1 Medidor de Capacitor

El componente principal del medidor es un microcontrolador que pertenece a la familia de los PIC, específicamente el PIC 16F628A, se lo utiliza por la accesibilidad y características que este componente posee.

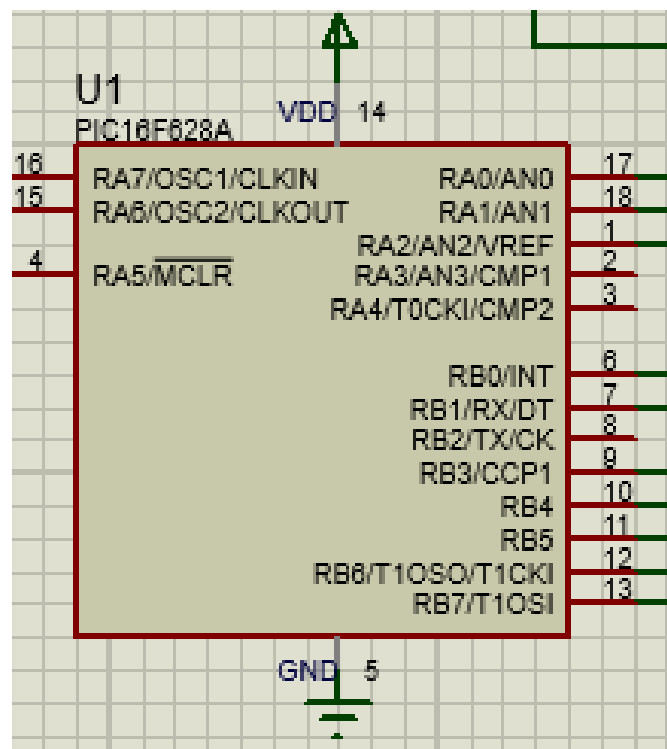


Figura 41. Microcontrolador del medidor de capacitancia, elaborado por el autor

Se utilizo transistores NPN, con la finalidad de que el valor que le ingresa en el colector que viene del pin6 y pin7 respectivamente, de acuerdo al funcionamiento de los transistores Q1 y Q2 se activara un valor de muestreo alto o bajo respectivamente.

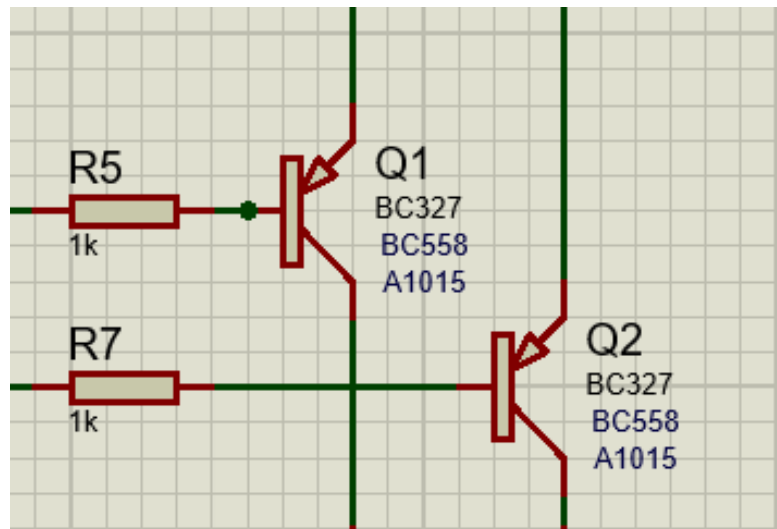


Figura 42. Transistores NPN. elaborado por el autor.

Para poder observar los valores que se calculan y comprobar que el circuito funciona efectivamente se utilizara una pantalla LCD que muestre los valores obtenidos del cálculo interno del PIC16f628A

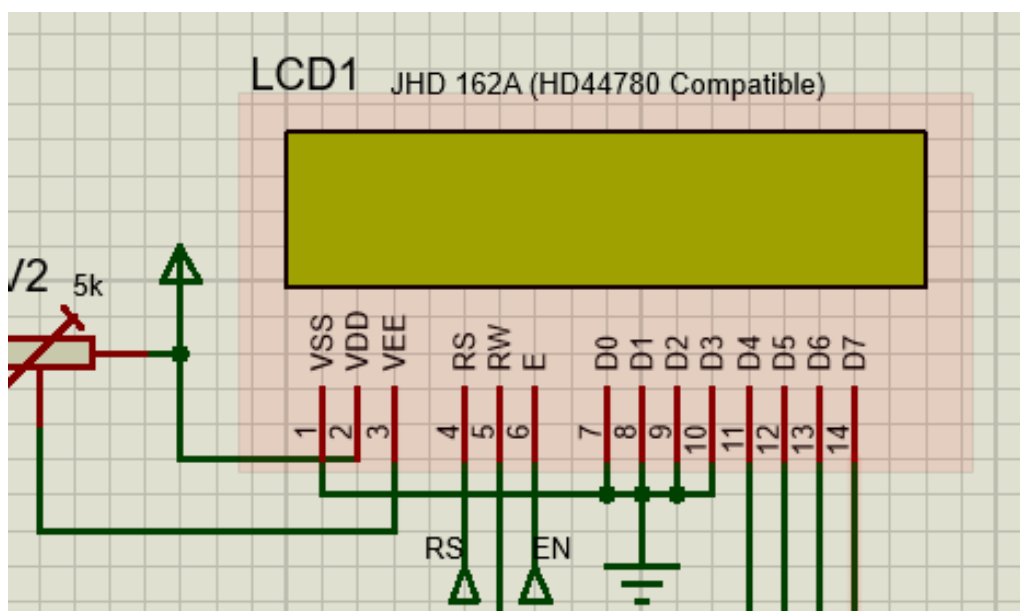


Figura 43. Pantalla LCD, elaborado por el autor.

3.4.1.1 Prueba de funcionalidad

En esta sección se describirán las pruebas de funcionalidad, las limitantes del proyecto.

Se decidió poner un switch por comodidad al momento de realizar las pruebas de los capacitores.

Prueba 1.

El valor del capacitor que se evaluara es de 10pf, una vez conectado el capacitor se ejecuta la simulación y como previamente se describe empieza a cargarse el capacitor y se calcula el tiempo de carga, para calcular el valor del capacitor se aplica la ecuación (35). Por lo tanto, como se observa en la pantalla led el valor del capacitor es de 10pf, lo que demuestra la funcionalidad del circuito.

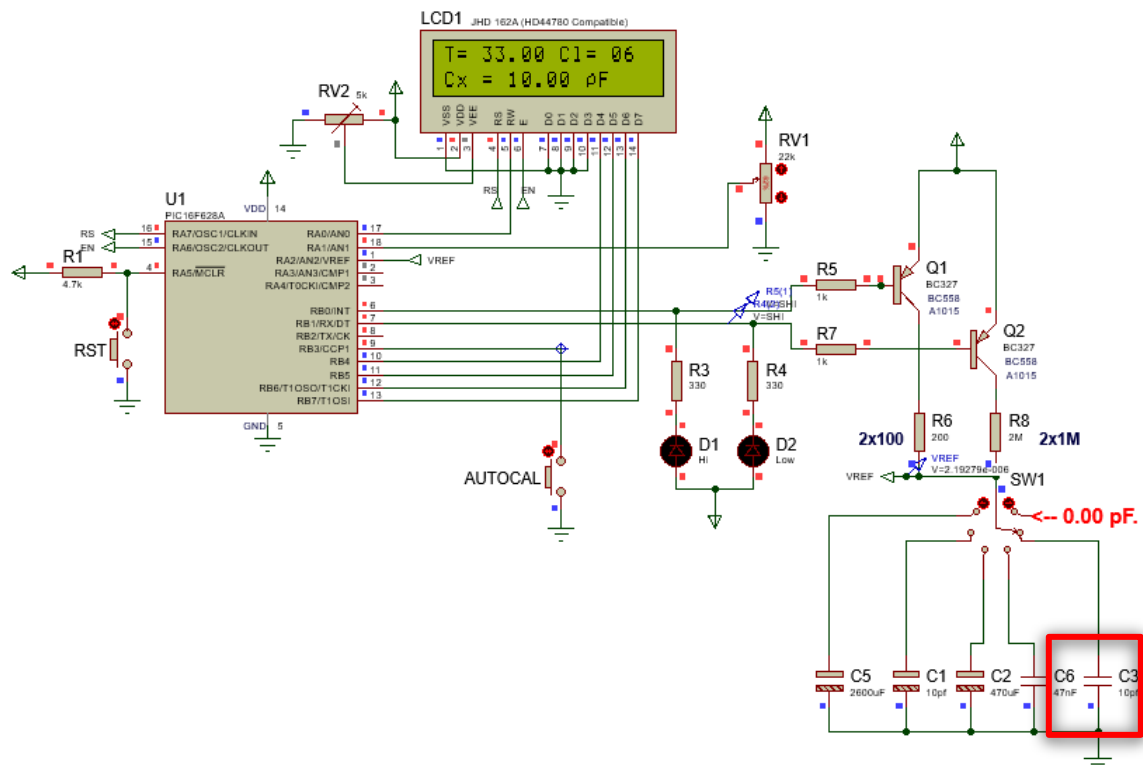


Figura 44. Prueba 1 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 2.

El valor del capacitor que se evaluara es de 47nf, una vez conectado el capacitor se ejecuta la simulación y como previamente se describe empieza a cargarse el capacitor y se calcula el tiempo de carga, para calcular el valor del capacitor se aplica la ecuación (36). Por lo tanto, como se observa en la pantalla led el valor del capacitor es de 0.04uf, lo que demuestra la funcionalidad del circuito.

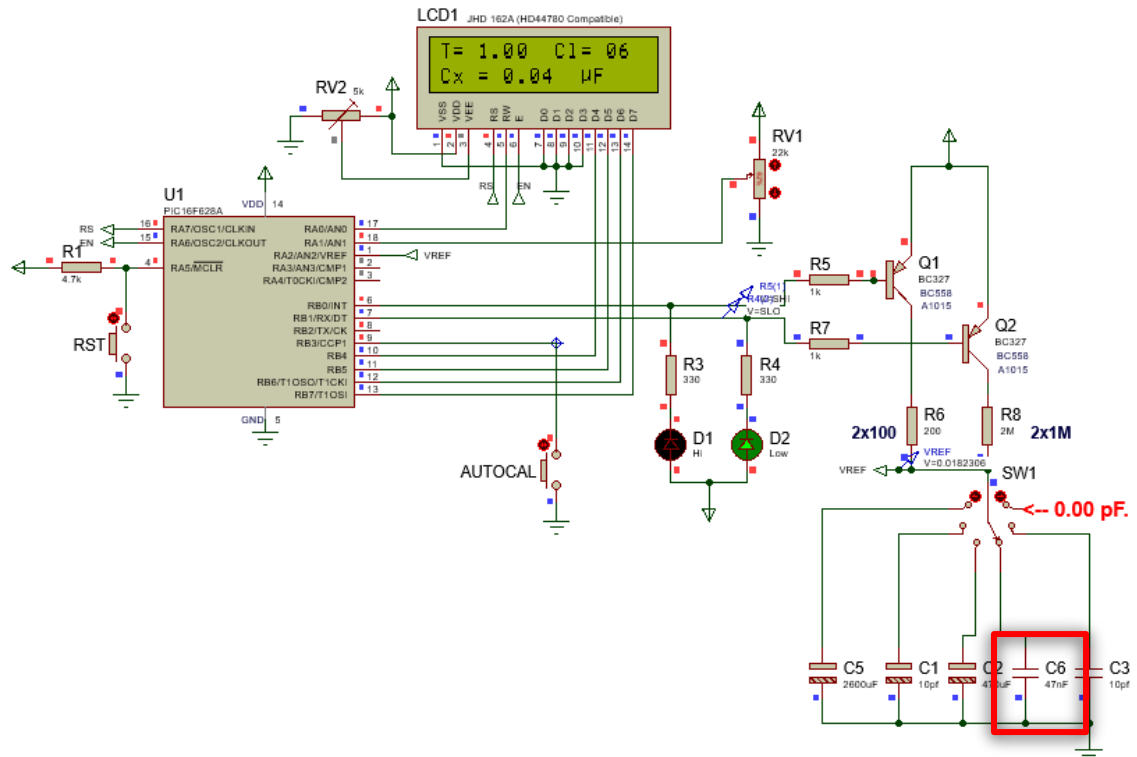


Figura 45. Prueba 2 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 3

El valor del capacitor que se evaluara es de 470uf, una vez conectado el capacitor se ejecuta la simulación y como previamente se describe empieza a cargarse el capacitor y se calcula el tiempo de carga, para calcular el valor del capacitor se aplica la ecuación (36). Por lo tanto, como se observa en la pantalla led el valor del capacitor es de 470.04uf, lo que demuestra la funcionalidad del circuito.

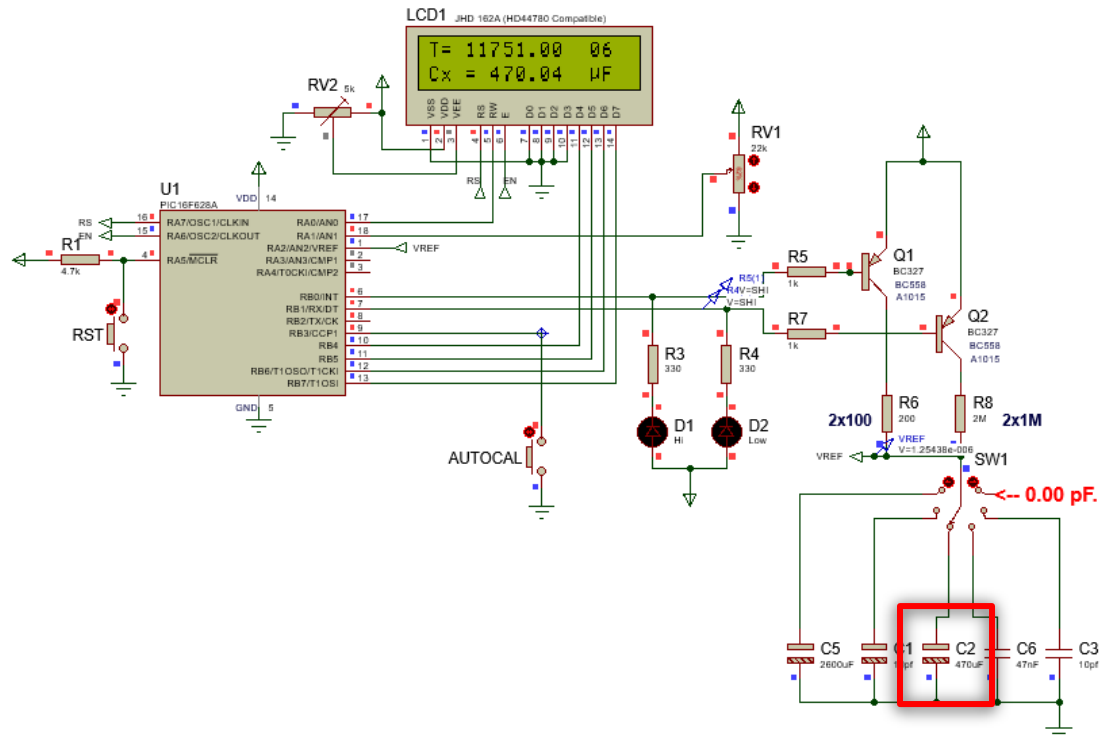


Figura 46. Prueba 3 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 4

El valor del capacitor que se evaluara es de 2200uf, una vez conectado el capacitor se ejecuta la simulación y como previamente se describe empieza a cargarse el capacitor y se calcula el tiempo de carga, para calcular el valor del capacitor se aplica la ecuación (36). Por lo tanto, como se observa en la pantalla led el valor del capacitor es de 2202.84uf, lo que demuestra la funcionalidad del circuito.

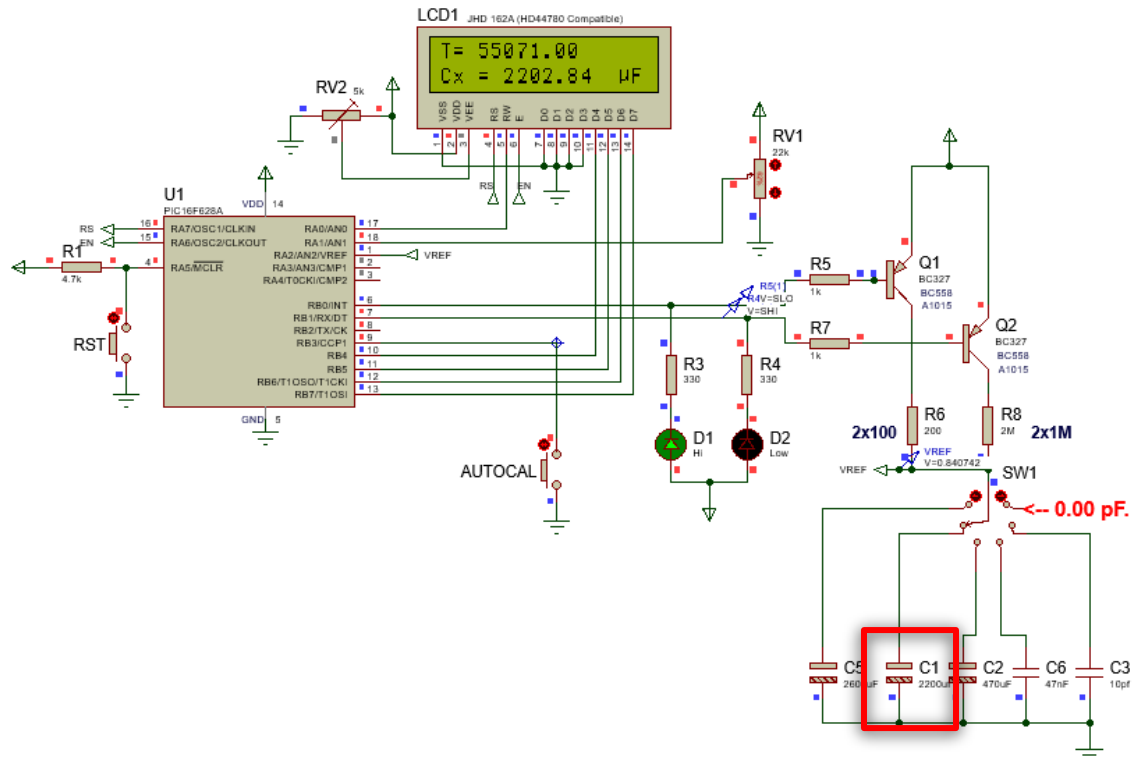


Figura 47. Prueba 4 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 5

El valor del capacitor que se evaluara es de 2600uf, una vez conectado el capacitor se ejecuta la simulación y como previamente se describe empieza a cargarse el capacitor y se calcula el tiempo de carga, para calcular el valor del capacitor se aplica la ecuación (36). Por lo tanto, como se observa en la pantalla lcd el valor del capacitor es de 2603.28uf, lo que demuestra la funcionalidad del circuito.

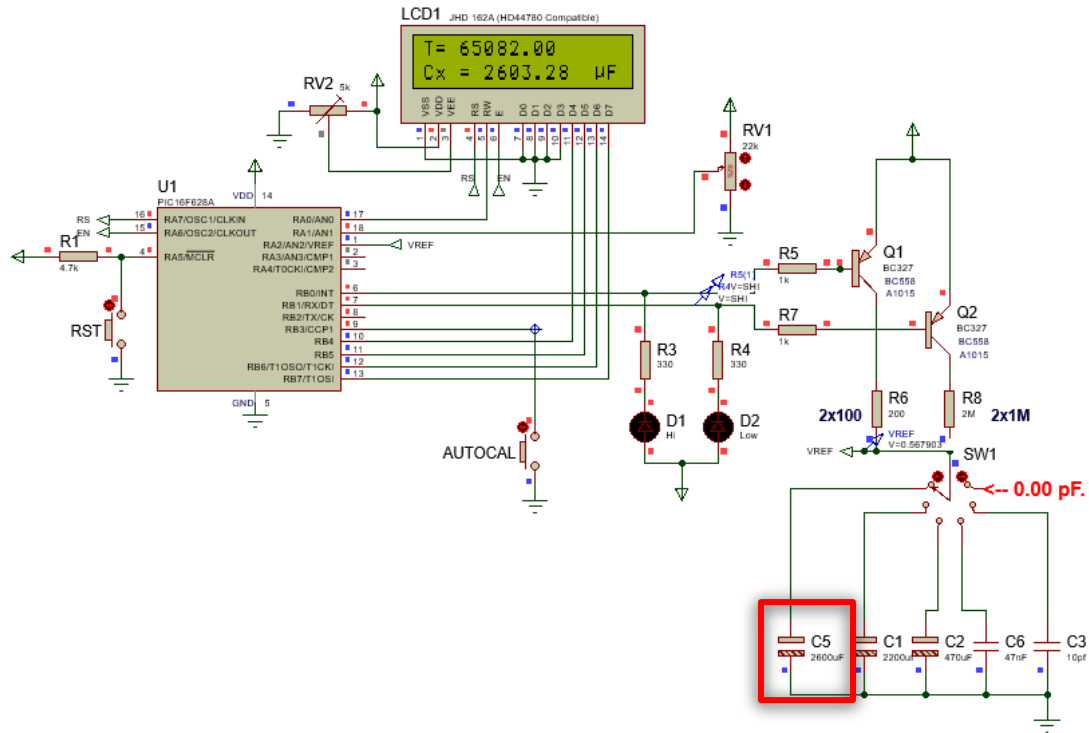


Figura 48. Prueba 5 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 6

En esta prueba de funcionalidad del circuito se trató de medir el valor del capacitor de 3300uf , como se describe previamente el rango de medición del circuito es de 3pf a 2600 uf, por lo tanto el valor de 3300uf excede su rango de medición, como se observa en la pantalla muestra el mensaje fuera de rango.

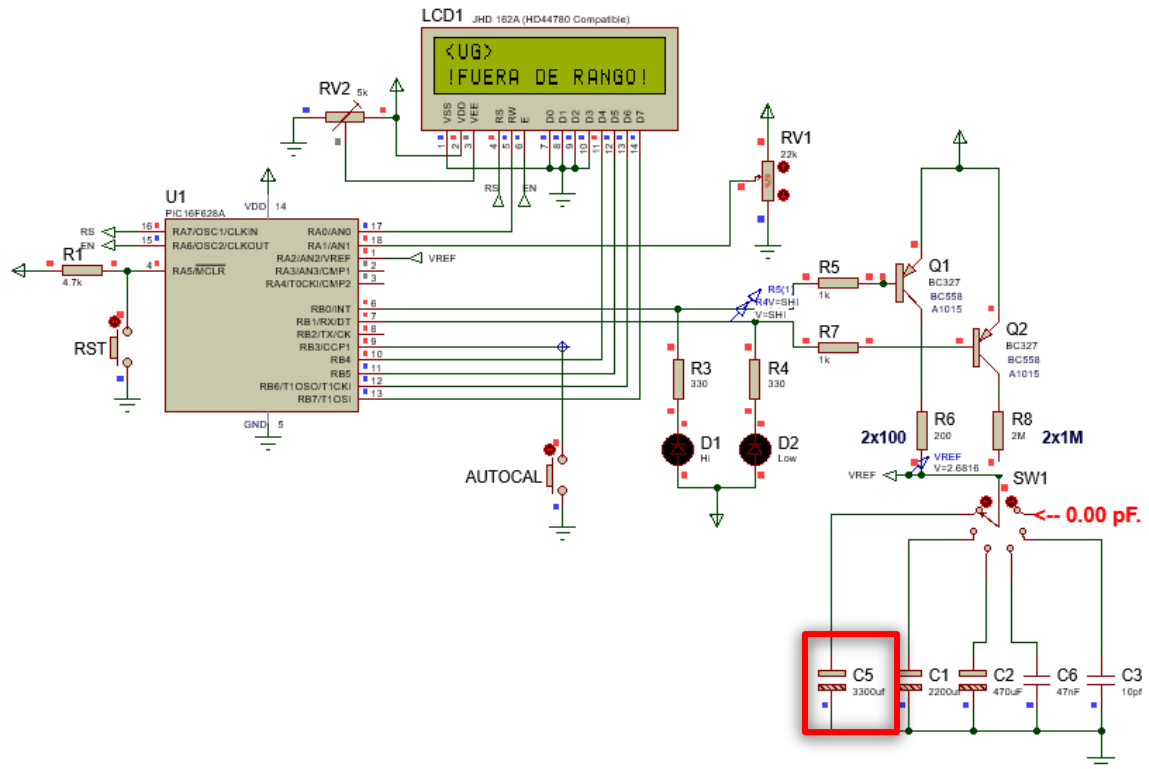


Figura 49. Prueba 6 del equipo medidor de capacitancia, elaborado por el autor.

Prueba 7

En esta prueba se puede observar las limitantes del circuito al momento de medir valores de pf tan cercanos, por ejemplo, los valores de los capacitores que se están midiendo son de 9pf, 10pf, 11pf, 12pf, pero en la pantalla led que es donde se muestra el valor del capacitor medido nos muestra el valor de 10pf, se puede deducir que ha capacidades tan cercanas se confunde y muestra el valor promedio en pf.

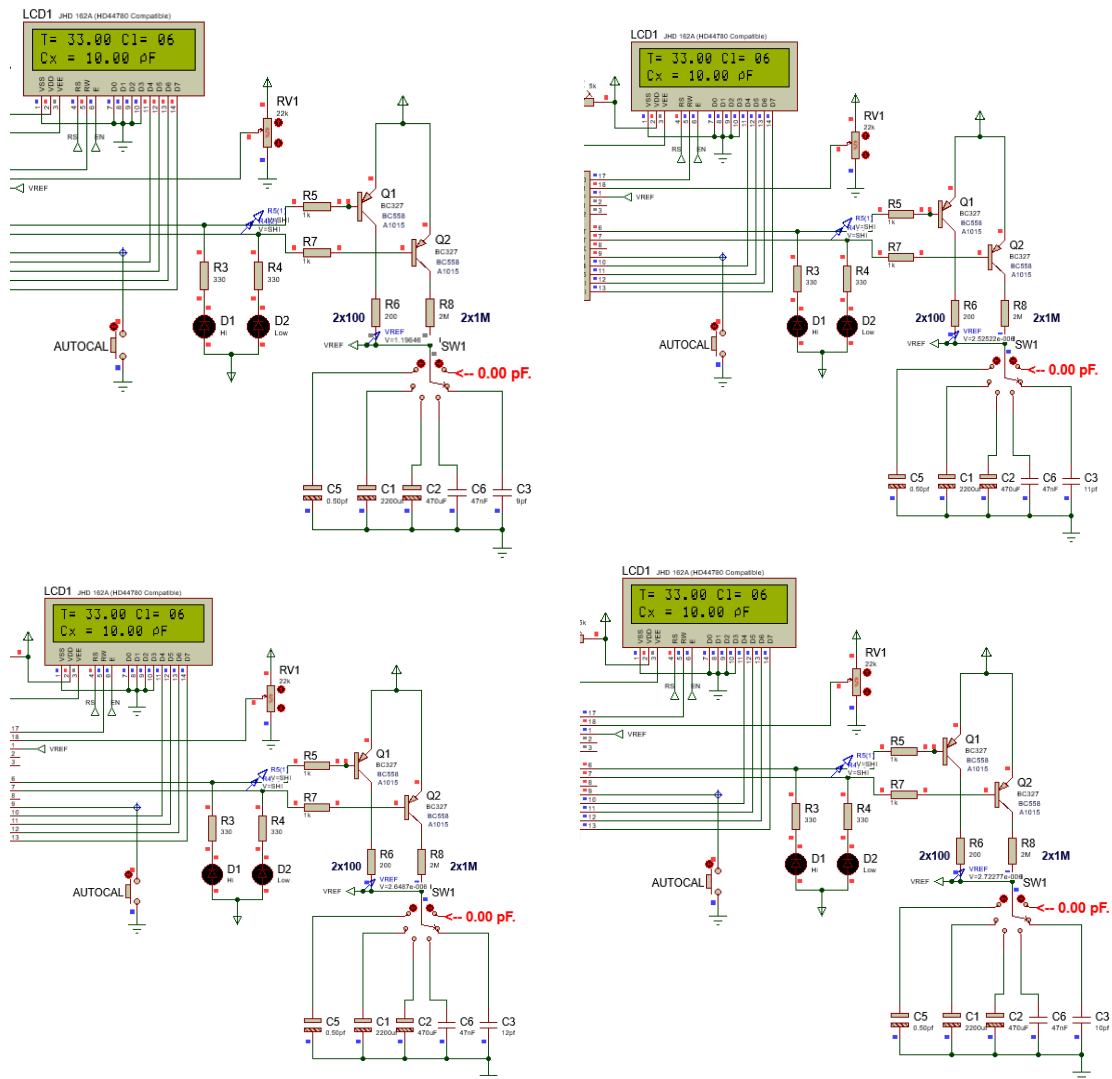
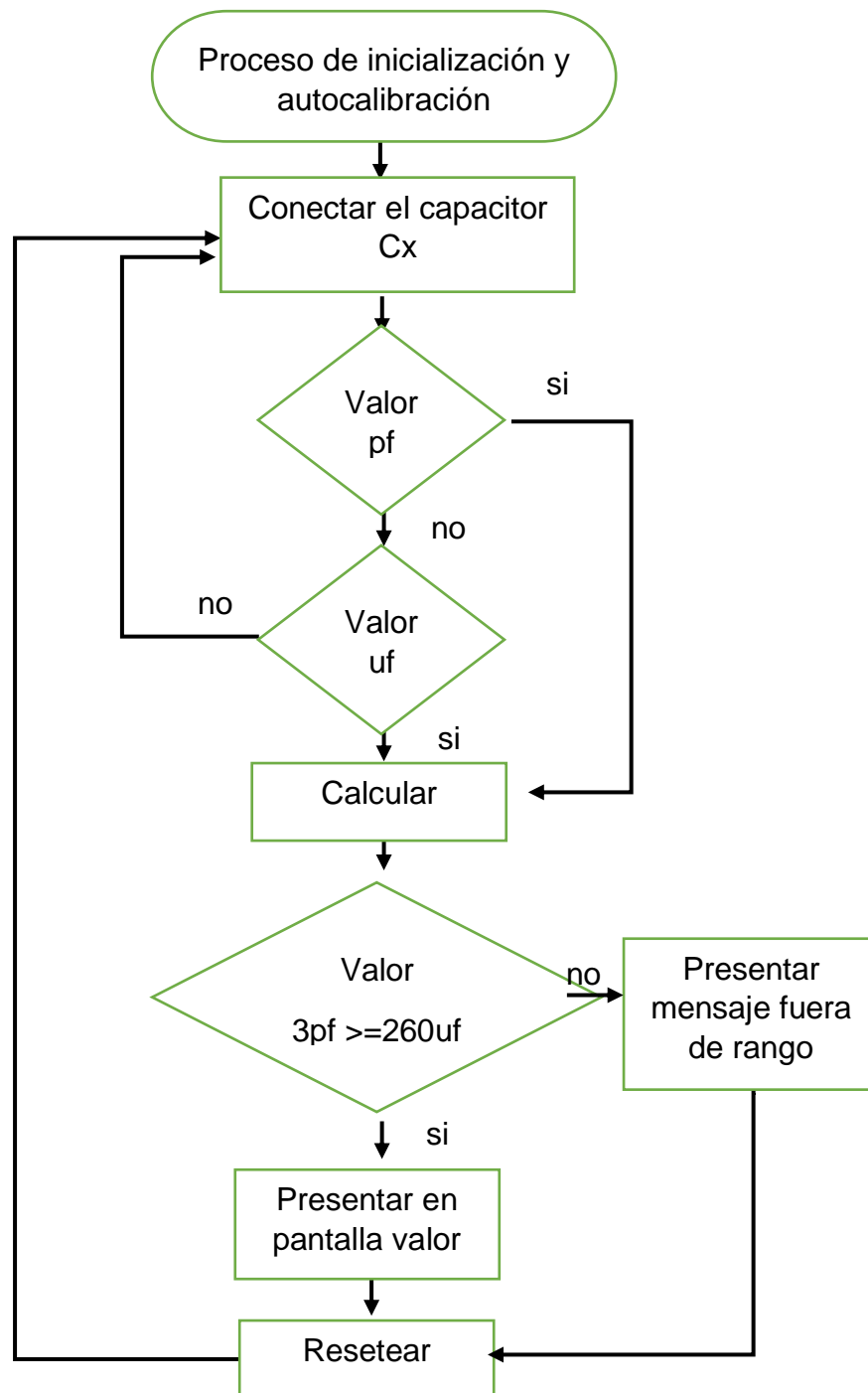


Figura 50. Prueba 7 comparación de valores cercanos al rango de medición. Elaborado por el autor.

3.4.2 Diagrama de flujo del circuito



3.4.3 Valores de porcentaje de error

Se realiza las pruebas de funcionalidad con los valores capacitivos que son comerciables a nivel nacional. Se puede observar en la figura 55, el valor real del capacitor y el valor que se obtiene en el circuito que se diseñó para calcular dicho valor, se puede apreciar que el margen de error está por debajo de $\pm 2\%$ en los valores capacitivos que se encuentran en el rango de 3pf y 2600uf, que es la capacidad de medición.

CX	T	VALOR CX	VALOR PANTALLA LED	MARGEN DE ERROR
9pf	33,00	9pf	10pf	1pf
10pf	33,00	10pf	10pf	0
11pf	33,00	11pf	10pf	1Ppf
12pf	33,00	12pf	10pf	2pf
13pf	40,00	13pf	14pf	1pf
22uf	548,00	22uf	21,92uf	0,08uf
220uf	590,00	220uf	219,6uf	0,4uf
330uf	82,47	330uf	329,88uf	0,12uf
33uf	822,00	33uf	32,88uf	0,12uf
1000uf	25022	1000uf	1000,88uf	-0,88
2600uf	65081	2600uf	2603,24uf	-3,24

Figura 51. Comparativa de los capacitores en forma física y virtual, elaborado por el autor.

3.4.4 Tabla de costos

A continuación, se especifica los valores que se requieren para poder diseñar el equipo medidor de capacitancia, teniendo en cuenta que el objetivo principal de este tema de investigación es realizar un equipo que tenga una medición de alta calidad que sea de bajo costo.

Tabla 15. Costo de elaboración del medidor de capacitancia.

Cantidad	Componente electrónico	Valor	Precio unidad	Precio total
2	Botón	-	0,10	0,20
1	Capacitor	10pf	0,50	0,50
1	Capacitor	47nf	0,50	0,50
1	Capacitor	2200uf	0,50	0,50
1	Capacitor	10uf	0,50	0,50
1	Capacitor	330uf	0,50	0,50
1	Resistencia	4.7k	0,04	0,04
2	Resistencia	330k	0,04	0,08
2	Resistencia	1	0,04	0,08
1	Resistencia	2M	0,04	0,08
1	Resistencia	200 Ω	0,04	0,04
1	Resistencia	600 Ω	0,04	0,04
1	Potenciómetro	22k	0,10	0,10
2	Led	-	0,05	0,05
2	Transistores	BC327	0,50	0,50
1	Microcontrolador PIC 16F877A	-	5,20	5,20
1	LCD 16x2	-	5,50	5,50
1	Software Proteus			
Total				14.41

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

3.5 Medidor de resistencia

El componente principal del medidor es un microcontrolador que pertenece a la familia de los PIC, específicamente el PIC 16f877A, se lo utiliza por la accesibilidad y características que este componente posee.

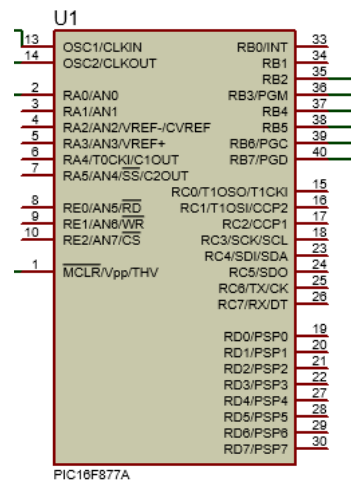


Figura 52. Pic 16f8778A, elaborado por el autor.

En esta parte del circuito es donde se evaluará el valor de la resistencia que se necesita hallar, se compone de un divisor de voltaje (R4 y R5) donde R4 es una resistencia con valor fijo del divisor de voltaje y R5 es la resistencia de la que se desea hallar el valor, que ingresa al PIC donde se procede a realizar cálculos en la programación para obtener dicho valor que fue descrito previamente, mientras tanto, R1 y button, cumple la funcionalidad de resetear la pantalla led, para que vuelva a leer los valores de la resistencia.

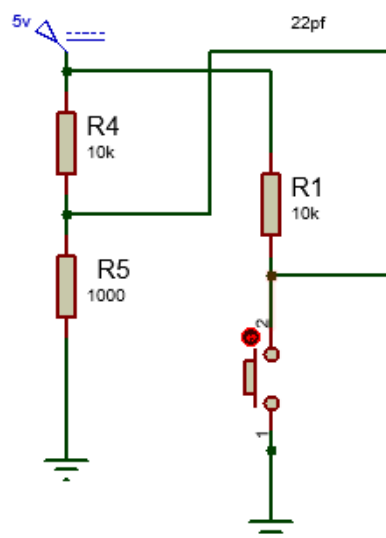


Figura 53. Componentes del medidor de resistencia, elaborado por el autor.

Para poder observar los valores que se calculan y comprobar que el circuito funciona efectivamente se utilizara una pantalla LCD que muestre los valores obtenidos del cálculo interno del PIC.

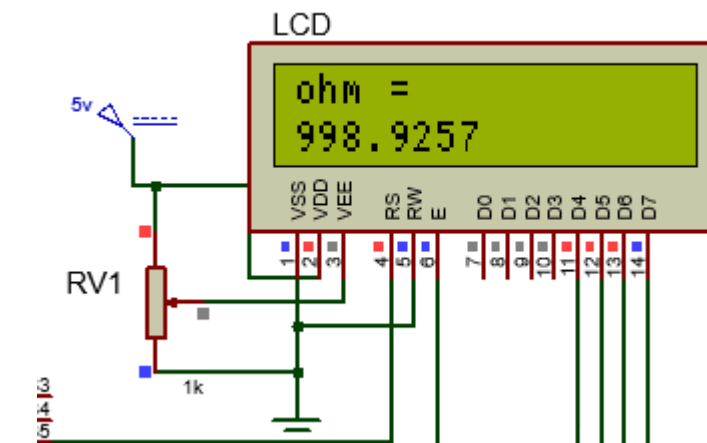


Figura 54. Pantalla LCD del medidor de resistencia, Elaborado por el autor.

3.5.1 Pruebas de funcionalidad

En esta sección se describirán las pruebas de funcionalidad, las limitantes del proyecto.

Se decidió poner un switch por comodidad al momento de realizar las pruebas de las resistencias.

Prueba 1

El valor de la resistencia que se evaluara es de 1k, una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 998.92 Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

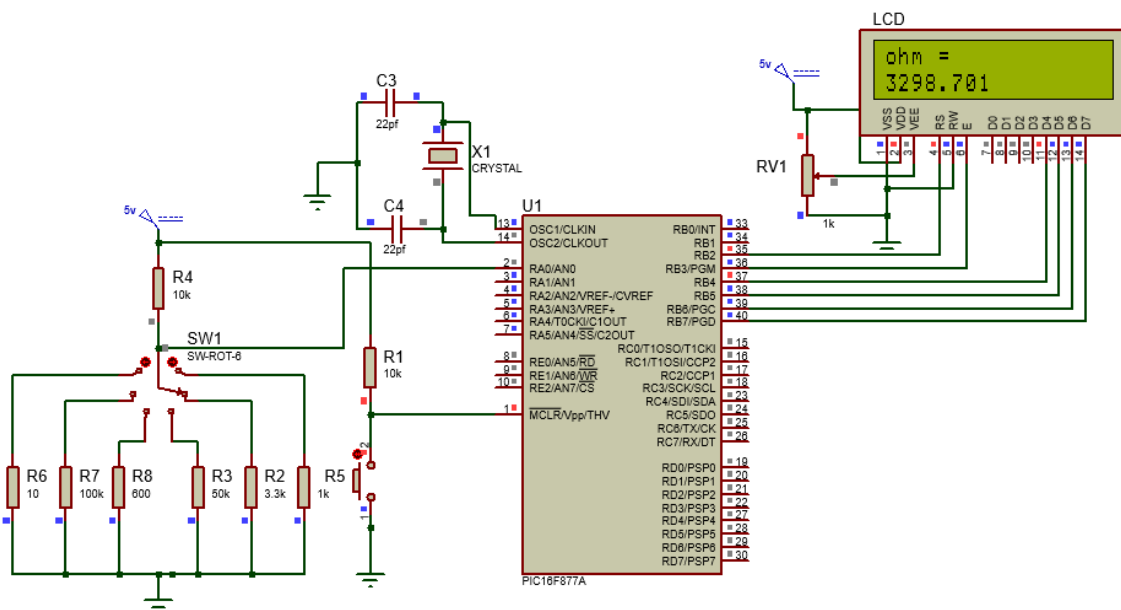


Figura 56. Prueba 2 del medidor de resistencia, elaborado por el autor

Prueba 3

El valor de la resistencia que se evaluara es de 50k, una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 49534.87 Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

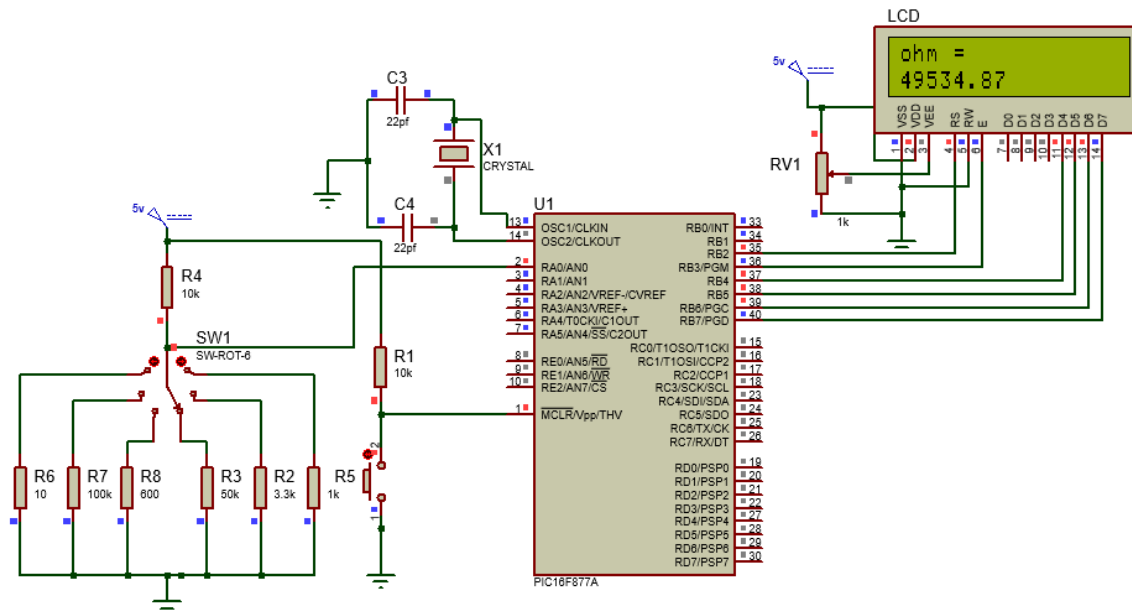


Figura 57. Prueba 3 del medidor de resistencia, elaborado por el autor

Prueba 4

El valor de la resistencia que se evaluara es de 600 Ω , una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 600.414 Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

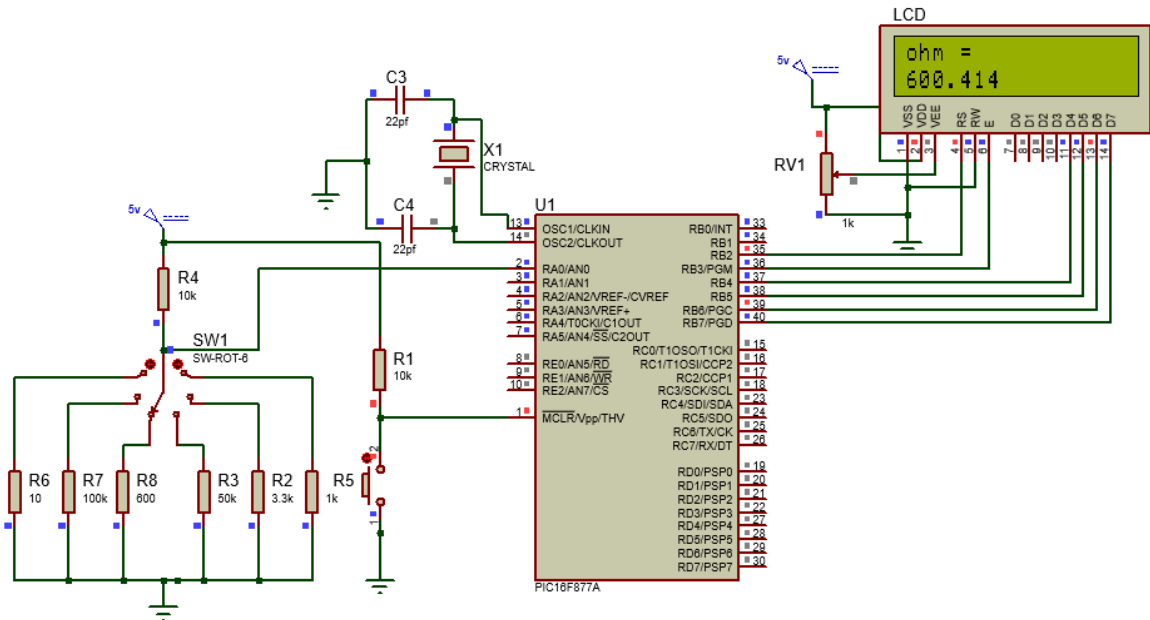


Figura 58. Prueba 4 del medidor de resistencia, elaborado por el autor

Prueba 5

El valor de la resistencia que se evaluara es de 100k, una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 97789.45 Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

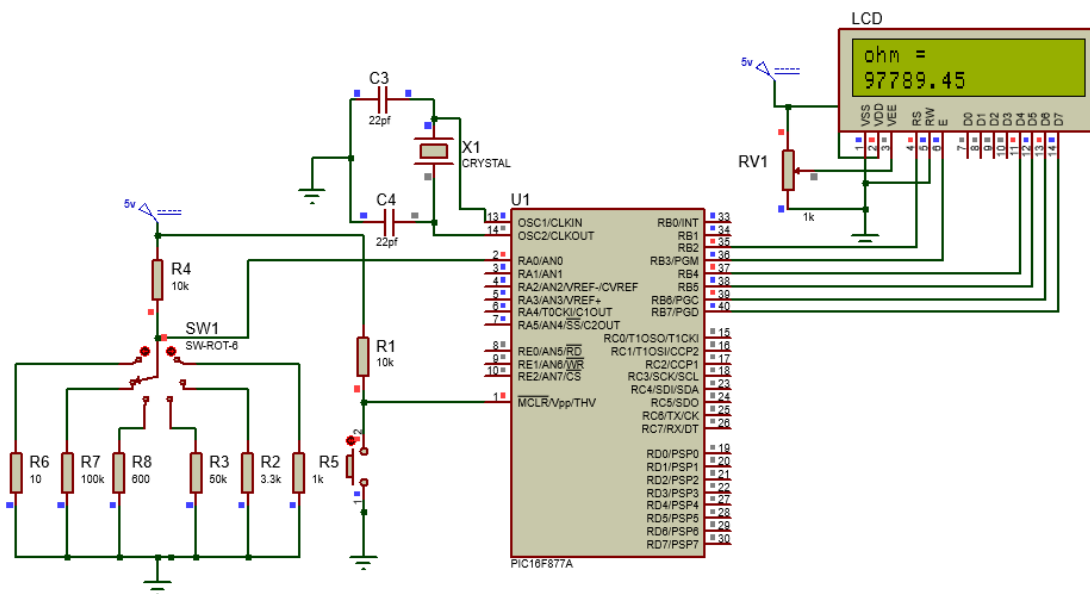


Figura 59. Prueba 5 del medidor de resistencia, elaborado por el autor.

Prueba 6

El valor de la resistencia que se evaluara es de 10Ω , una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 9.775175Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

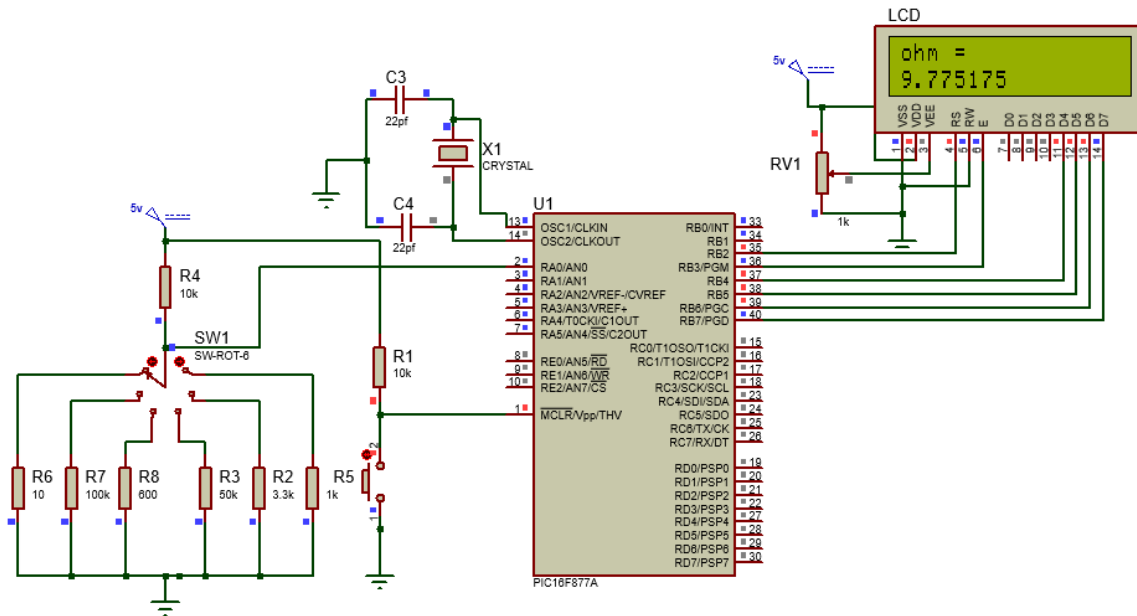


Figura 60. Prueba 6 del medidor de resistencia, elaborado por el autor

Prueba 7

El valor de la resistencia que se evaluara es de $1M$, una vez conectada la resistencia al divisor de voltaje se ejecuta la simulación y como previamente se describió se utilizara la ecuación (36) para hallar el voltaje de salida V_o y la ecuación (37) para hallar el valor de la resistencia. Por lo tanto, como se en la pantalla LCD el valor de la resistencia es de 920908.9Ω , lo que demuestra su funcionamiento.

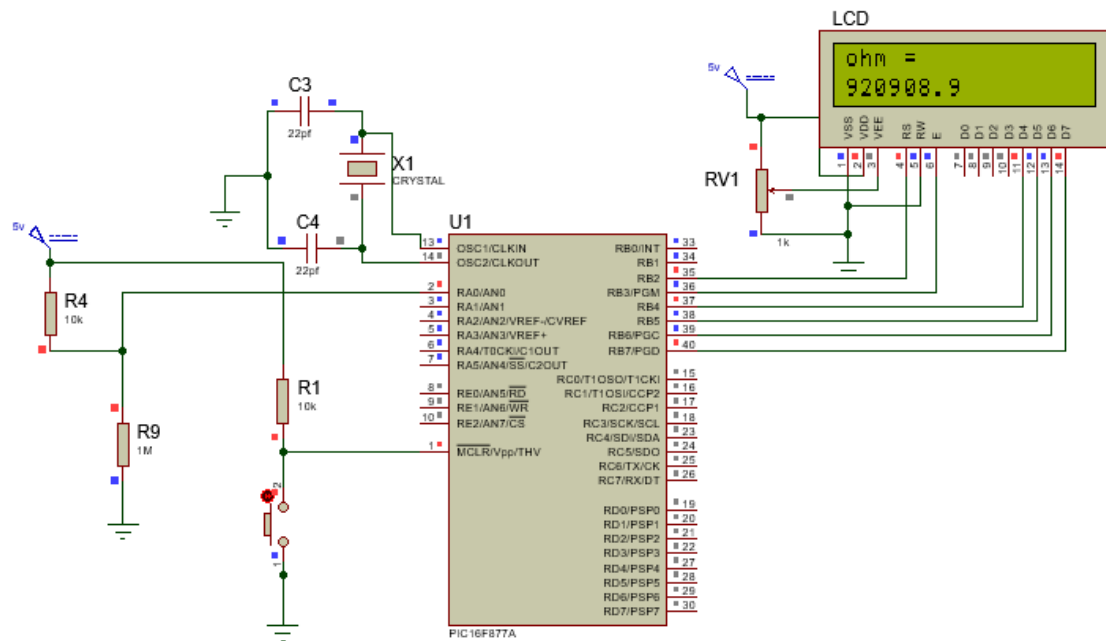
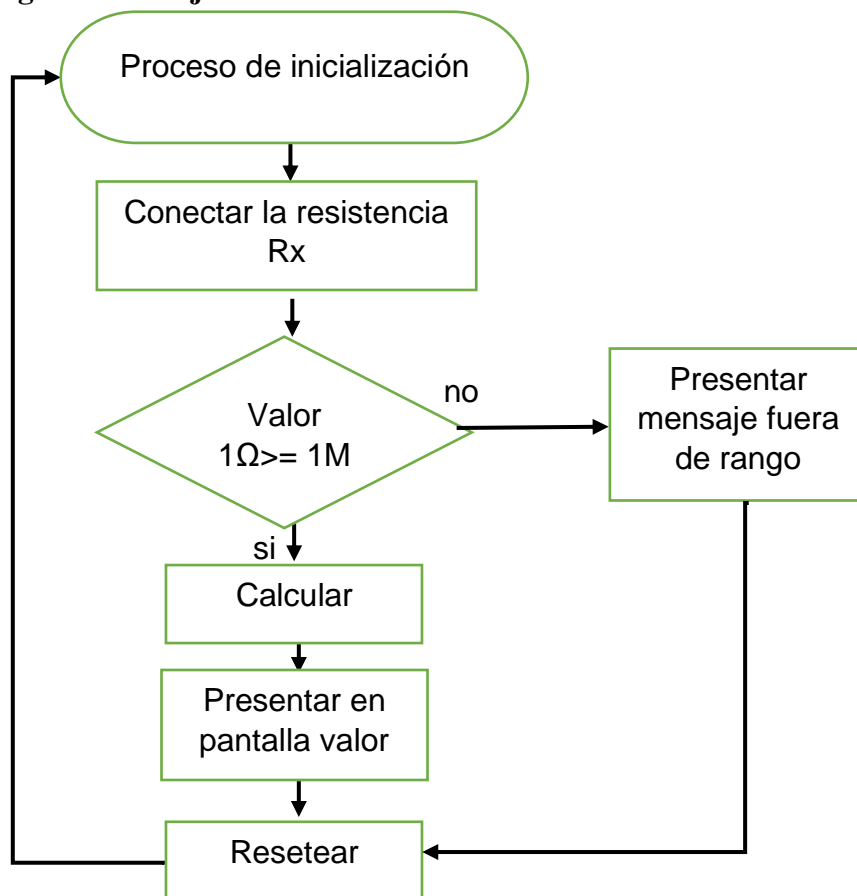


Figura 61. Prueba 7 del medidor de resistencia, elaborado por el autor.

3.5.2 Diagrama de flujo del circuito



3.5.3 Margen de error

Aplicando el divisor de voltaje para hallar el valor de Rx, tanto de forma analítica y con el microcontrolador se puede observar el margen de error que muestra el módulo óhmetro, al momento de medir resistencias.

R1	Rx	Vo	VALOR RX	VALOR LCD	MARGEN DE ERROR
10000	10	0,0050	10	9,775175	0,2248
10000	100	0,0495	100	98,61931	1,3807
10000	1000	0,4545	1000	998,9257	1,0743
10000	10000	2,5000	10000	9961,011	38,9890
10000	2200	0,9016	2200	2190,475	9,5250
10000	22	0,0110	22	19,56947	2,4305
10000	220	0,1076	220	219,5608	0,4392
10000	330	0,1597	330	332,9969	-2,9969
10000	4700	1,5986	4700	4691,534	8,4660
10000	3300	1,2406	3300	3298,701	1,2990
10000	68000	4,3590	68000	66992,46	1007,5400
10000	50000	4,1667	50000	49534,87	465,1300
10000	100000	4,5455	100000	97789,45	2210,5500
10000	600	0,2830	600	600,4145	-0,4145

Figura 62. Tabla comparativa del medidor de capacitancia. Elaborado por el autor.

3.5.4 Tabla de costos

A continuación, se describen los valores de los componentes utilizados en el módulo medidor de resistencia y su costo.

Tabla 16. Tabla de costos de los componentes del medidor de resistencia.

Cantidad	Componente electrónico	Valor	Precio unidad	Precio total
1	Botón	-	0,10	0,10
2	Capacitor	22pf	0,50	1,00
1	Oscilador de cristal	8Mhz	0,80	0,80
1	Resistencia	1k	0,04	0,04
2	Resistencia	10k	0,04	0,08
1	Resistencia	3.3k	0,04	0,04
1	Resistencia	1M	0,04	0,04
1	Resistencia	600Ω	0,04	0,04
1	Potenciómetro	1k	0,10	0,10
1	Microcontrolador PIC 16f877A	-	5,20	5,20
1	Pantalla LCD 16x2	-	5,50	5,50
1	Licencia Software Proteus			
	Total			12,94

Información tomada de la presente investigación elaborado por el autor

3.6 Conclusiones

- Después de revisar la información que sustenta este tema de investigación, se logró analizar las ecuaciones que se pueden aplicar para encontrar los valores de los diferentes componentes electrónicos (Capacitores y Resistencias), en el capítulo II se explicaba sobre las maneras en que se puedan aplicar la formulas del puente de Wheatstone, puente de kelvin, divisores de voltaje, y carga y descarga d ellos capacitores.
- Con el análisis y diseño de estos equipos medidores se busca solucionar la problemática inicial lo cual impulsa este tema de investigación, que es la falta de equipos de medición en la facultad de ingeniería industrial en la carrera de Teleinformática/ Telemática, lo cual se logró definir los rangos de medición de los equipos y se podría considerar que los rangos de medición son excelentes para las prácticas de laboratorio que se pueden desarrollar en las aulas de clases.
- Al momento de realizar las pruebas de funcionalidad en el medidor de capacitancia se logró observar que cuando el valor del componente medido era cercano se confundía y redondeaba el tiempo lo que ocasionaba que el valor medido tengo $\pm 2\%$ de error en la medida, esto se describe en la prueba 7 con el ejemplo de 10pf.
- Se utilizo el software de Proteus para diseñar los circuitos medidores de capacitancia y resistencia, por su amplia gama de componentes y por tener una interfaz amigable con el usuario, sin dejar atrás al software donde se codifico el código del PIC que es "PIC c compiler".

3.7 Recomendaciones

- Se sugiere que en futuros trabajos de titulación se continúe con el proyecto para aumentar el rango de medición del módulo óhmetro y capacímetro, para que tenga un amplio rango de medición que puede evaluar y comprobar en los componentes electrónicos que se utilizan en las prácticas de laboratorio.
- Que en un futuro se pueda implementar el circuito y ver el funcionamiento en la vida real, ya que en la simulación se logra llegar a los valores, en la vida real puedan que diversos factores permitan obtener otros resultados, del valor y sería muy interesante compararlos.
- Agregar protección de voltaje y sobre corriente para proteger el circuito cuando se lo implemente para evitar daños en los componentes y las lecturas no sean erróneas.
- Se sugiere que en futuros trabajo de titulación se logre diseñar un medidor de frecuencia, medidor de inductancia y hacer que funciones los circuitos en un mismo componente, para lograr contar con una variedad de equipos de medición que se pueden integrar al laboratorio educativo portátil de ingeniería, que se diseña para laboratorio de la faculta de ingeniería industrial en la carrera de teleinformática/ Telemática.
- Lograr hacer que los equipos de medición se integren en un mismo sistema, para reducir espacio y costo de construcción, y pueda ser integrado al laboratorio educativo portátil de manera óptima.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de Encuesta para docentes

Encuesta - Análisis y Diseños de Módulos Electrónicos

Somos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Teleinformática actualmente en el proceso de titulación, con los temas de análisis y diseño de módulos electrónicos que se mencionaran a continuación: "Fuente de Alimentación", "Capacímetro y Óhmetro" y "Generador de Señales".

Solicitamos a usted de favor responder las siguientes preguntas que tiene como finalidad delimitar el alcance del desarrollo de nuestros temas de titulación, de antemano le agradecemos por su tiempo y dedicación.

***Obligatorio**

1. ¿Qué asignatura usted imparte en la Carrera de Ingeniería en Teleinformática?

*

Tu respuesta _____

2. ¿Para realizar las prácticas de su asignatura es necesario contar con un laboratorio? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

3. ¿Tiene usted conocimiento sobre lo que es un módulo educativo portátil? *

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

8. En el análisis y diseño de un medidor de capacitancia que mide en un rango de 3pf a 2600 uf, ^{*} considera que el rango de medición es suficiente para los trabajos prácticos en las materias que se imparte en la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

9. En el análisis y diseño de un medidor de resistencia que mide en un rango de 100ohm a 1Mohm, ^{*} considera que el rango de medición es suficiente para los trabajos prácticos en las materias que se imparte en la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática.

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

...

10. Considera usted necesario que se implemente un medidor de capacitancia y resistencia en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Industrial específicamente en la Carrera de Teleinformática. ^{*}

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

11. Cree usted que contar con un medidor de capacitancia y resistencia, realizado por los mismos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Teleinformática, sería una solución alternativa al no contar con los recursos para poder adquirir equipos de alta precisión. ^{*}

- ☐ Sí
- ☐ No
- ☐ Tal vez

Anexo 2. Código del medidor de capacitancia.

```

#include <16f628a.h>
#fuses NOBROWNOUT, PROTECT
#use delay(internal = 4MHz)// Configuración de pines para la pantalla
#define LCD_ENABLE_PIN PIN_A6
#define LCD_RS_PIN PIN_A7
#define LCD_RW_PIN PIN_A0
#include <lcd.c>
#byte PIR1 = getenv("SFR:PIR1") // Referencia hacia el registro PIR1
#bit TMR1IF = PIR1.0 // Referencia hacia el bit TMR1IF// Declaración de
variables globales
int1 SIMULACION = 1; // Indica si estamos en simulación o no
unsigned int32 _fixed(2) Valor_Cap;
unsigned int32 _fixed(2) Get_Valor_Cap;
int8 Valor_Calib;
int16 Tiempo_Descarga;// Declaración de funciones.
void Descargar_Cap (void);
void Muestreo_Bajo (void);
void Pinta_Logo (void);
void main (void) {
    setup_comparator(NC_NC_A1_A2); // Activar un comparador independiente.
    port_b_pullups(true); // Activar resistencias pull-up en puerto B
    output_high(pin_b0); // Q1 y
    output_high(pin_b1); // Q2 en corte.
    lcd_init(); // Inicializar la pantalla.
    Pinta_Logo();
    if(!SIMULACION){
        lcd_gotoxy(3,2);
        lcd_putc("UG");
        delay_ms(2000);
    }
    Valor_Calib = read_eeprom(1); // Leer el valor de calibración.
    Tiempo_Descarga = 250; // Iniciar el muestreo de Cx en períodos de 250 ms.
    Descargar_Cap(); // Descargar Cx
    while (true) { // Bucle principal.
        if (!input(pin_b3)) { // Si está pulsado el botón de calibrar...
            Tiempo_Descarga = 1; // Disminuir el tiempo de descarga.
            if (Valor_Cap != 0) {
                while (Valor_Cap != 0) { // Si Valor_Cap != 0...
                    Valor_Calib++; // Incrementar el valor de calibración.
                    Muestreo_Bajo();
                    lcd_gotoxy(1,1); // Mostrar el valor de calibración
                    printf(lcd_putc, "CALIBRANDO: 0x%02X", Valor_Calib);
                } // Guardar el valor de calibración
                write_eeprom(1, Valor_Calib);
            }
        }
    }
}

```

```

    Pinta_Logo();
    lcd_gotoxy(1,2);          // Mostrar que se ha calibrado el equipo
    lcd_putc("CALIBRACION OK*");
    delay_ms(1000);
    Tiempo_Descarga = 250;    // Reestablecer el tiempo de descarga a 250 ms
}
Muestreo_Bajo();
}
}
void Muestreo_Bajo (void) {
    // Muestreo_Bajo:
    Descargar_Cap();          // Descargar Cx
    clear_interrupt(INT_TIMER1); // Limpiar la bandera de interrupción del TMR1
    (TMR1IF)
    setup_timer_1(T1_DISABLED); // Prescaler 1:1, TMR1 = OFF
    set_timer1(0x00);          // Limpiar valores de TMR1H y TMR1L
    output_low(pin_b1);        // RB1 en 0 para cargar Cx. (Q2 en saturación)
    setup_timer_1(T1_INTERNAL,T1_DIV_BY_1); // Habilitar el Timer1 para iniciar
    muestreo.
    while (!TMR1IF) { // Mientras no desborde...
        if (C2OUT) { // Cx cargado
            setup_timer_1(T1_DISABLED); // Deshabilitar el Timer1 para medir el tiempo de
            carga de Cx
            output_high(pin_b1); // Detener la carga de Cx. (Q2 en corte)
            // Cálculo Bajo.
            // Dividir el tiempo medido por 2
            // y realizar la corrección para la calibración.
            Valor_Cap = ((get_timer1() / 2) - Valor_Calib);
            Get_Valor_Cap = get_timer1();
            lcd_gotoxy(1,1); // Mostrar el valor del TIEMPO.
            printf(lcd_putc,"T= %w Cl= %02X",Get_Valor_Cap,Valor_Calib );
            lcd_gotoxy(1,2); // Mostrar el valor del capacitor en pF.
            printf(lcd_putc,"Cx = %w %cF  ", Valor_Cap, 0xE6);
            return;
        }
    }
    clear_interrupt(INT_TIMER1); // Limpiar la bandera de interrupción del TMR1
    output_high(pin_b1);        // Detener la carga de Cx
    // Muestreo Alto.
    Descargar_Cap(); // Descargar Cx
    setup_timer_1(T1_DISABLED); // Deshabilitar TMR1
    clear_interrupt(INT_TIMER1); // Limpiar la bandera de interrupción del TMR1
    set_timer1(0x00); // Limpiar valores de TMR1
    output_low(pin_b0); // RB0 en 0 para cargar Cx
    setup_timer_1(T1_INTERNAL,T1_DIV_BY_8); // Habilitar el Timer1 para medir el
    tiempo de carga de Cx
    while (!TMR1IF) { // Mientras no desborde...
        if (C2OUT) { // Cx cargado
            setup_timer_1(T1_DISABLED); // Detener TMR1 para obtener el tiempo leído.

```

```

    output_high(pin_b0);    // Detener la carga de Cx
    // Cálculo Alto.
    // Dividir el tiempo medido por 25 (8 us / 200 Ohms = 1/25)
    Valor_Cap = get_timer1();
    Get_Valor_Cap = get_timer1();
    Valor_Cap /= 25;
    lcd_gotoxy(1,1); // Mostrar el valor del TIEMPO.
    printf(lcd_putc,"T= %w ",Get_Valor_Cap);
    lcd_gotoxy(1,2); // Mostrar el valor del capacitor en uF.
    printf(lcd_putc,"Cx = %w %cF ", Valor_Cap, 0xE4);
    return;
}
}
setup_timer_1(T1_DISABLED); // Deshabilitar TMR1
clear_interrupt(INT_TIMER1); // Sí, limpiar la bandera de interrupción del TMR1
output_high(pin_b0); // Detener la carga de Cx
lcd_gotoxy(1,2); // Mostrar el mensaje de error
lcd_putc("!FUERA DE RANGO!");
delay_ms(1000); // Esperar 1 segundo
return;
}
void Descargar_Cap (void) {
    output_low(pin_a2);    // RA2 en 0 para descargar Cx
    delay_us(10); // 10 us de retardo para tiempo de restablecimiento
    delay_ms(Tiempo_Descarga); // Retardo para descargar Cx completamente (250 ms)
    output_float(pin_a2);    // RA2 como entrada
    delay_us(10); // 10 us de retardo para tiempo de restablecimiento
}
void Pinta_Logo () {
    lcd_putc("\f<UG> ");

```

Anexo 3. Código del medidor de Resistencia

```

sbit LCD_RS at RB2_bit;
sbit LCD_EN at RB3_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit;
sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
float voltage1,voltage2,voltage3;
char volt[4];

```

```

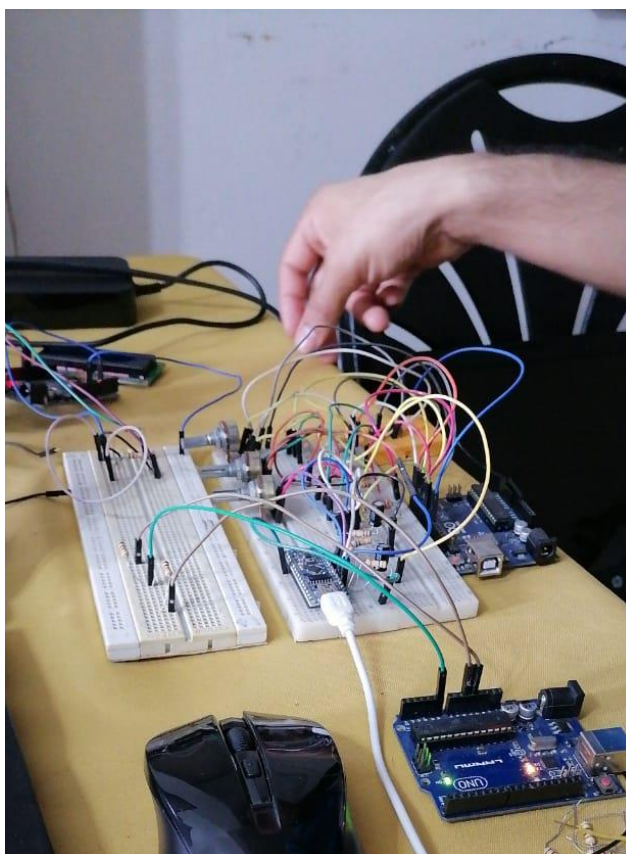
void main() {
  PORTA = 0;
  TRISA = 1;
  PORTB = 0;
  TRISB = 0;
  LCD_Init();
  ADC_Init();
  LCD_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
  LCD_Cmd(_LCD_CLEAR);
  LCD_Out(1, 1, "ohm = %w ",voltage1);
  delay_ms(1000);
  while (1)
  {
    voltage1 = ADC_Read(0);
    LCD_Out(2,1,"V1 = %w ",voltage1);
    voltage2 = (voltage1 * 5) / (1024);
    voltage3 = (voltage2*10000)/(5-voltage2);
    floattostr(voltage3,volt);
    //LCD_Out(2,1, "V = ");
    delay_ms(100);
  }
}

```

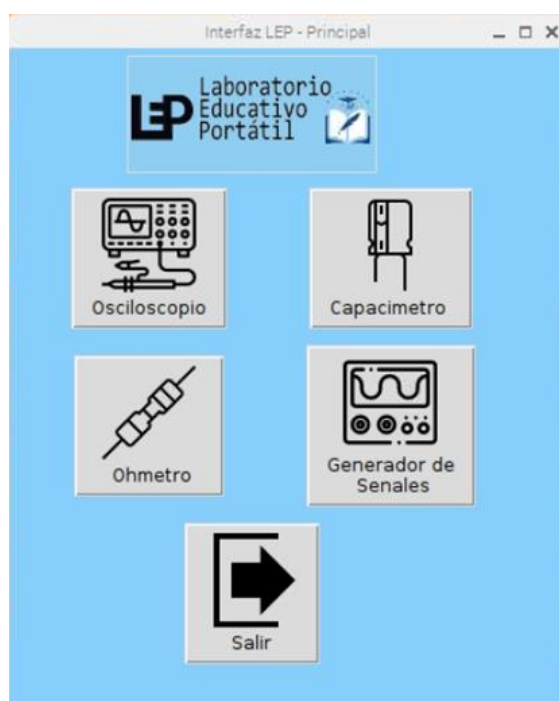
Anexo 4. Implementación del medidor de capacitancia en Arduino.



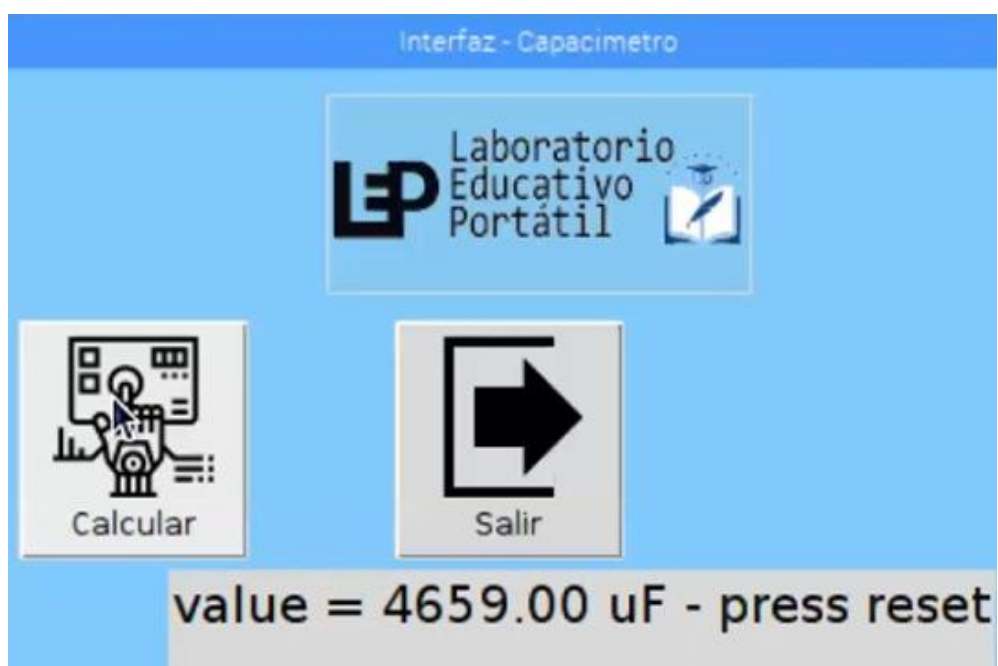
Anexo 5. Implementación del medidor de Resistencia en Arduino



Anexo 6. Interfaz principal del laboratorio educativo portátil



Anexo 7. Interfaz del módulo medidor de Capacitancia



Anexo 8. Interfaz del módulo medidor de Resistencia.



Bibliografía

- Aladro Prieto, J. (5 de Diciembre de 2005). *Resistencias y Condensadores*. Obtenido de http://electronica.ugr.es/~amroldan/asignaturas/curso03-04/cce/practicas/resistencias/codigos_colores.htm
- Alomía López, R., & Benítez Baldassari, R. (2012). *Diseño e Implementación de un instrumento prototipo para la medición de impedancias (R, L, C, G) con la presentación de resultados en un display LCD*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Brihuega, D. A. (2014). *Electricidad Básica*. España: RA-MA. S.A.
- Castillo, J. C. (2017). *ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA*. Marid: Editex, S. A.
- Circelli, G. (14 de febrero de 2015). *Panamahitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/microcontroladores-o-arduino-no-es-lo-mismo/>
- Condori, D. A. (19 de febreo de 2019). *Microcontroladores Pic*. Obtenido de <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/87/1/LibroPICFinal.pdf>
- ECUADOR, C. D. (01 de agosto de 2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Hernandez, V. (2020). *Arduino: 2020 Guía para principiantes de programación en Arduino paso a paso*. Independently Published.
- Herrera L. y Carrasquilla A. (3 de abril de 2014). *Modelado y simulación del comportamiento real de los componentes pasivos en el dominio de la frecuencia*. Costa rica.
- Iza R. y Murillo J. (2018). *Analisis y simulacion matematica de compesacion reactiva para el mejoramiento del factor de potencia en redes de distribucion*. Guayaquil.
- Liberman, J. (27 de Abril de 2020). *Education for Global Development*. Obtenido de <https://blogs.worldbank.org/es/education/siguen-aprendiendo-los-estudiantes-durante-el-covid-19-la-respuesta-podria-obtenerse>
- Milahual, C. P. (2020). *Descubriendo Arduino*. Buenos Aires: Six Ediciones.
- NACIONAL, R. D. (25 de JUNIO de 2013). *LEY ORGÁNICA DE COMUNICACIÓN*. Obtenido de https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/ley_organica_comunicacion.pdf
- Palacios, S. (4 de junio de 2016). *Ecured*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/index.php?title=%C3%93hmetro&action=history>
- Rey, A. (26 de abril de 2011). *"FUNCIONAMIENTO DEL PIC 16F628A"*. Obtenido de <http://proyecto-aula-pic16f628a.blogspot.com/2011/04/pic16f628a.html>

- Rodríguez, L. (20 de octubre de 2019). *Materiales de Laboratorio*. Obtenido de <https://materialeslaboratorio.com/capacimetro/>
- SUPERIOR, L. O. (02 de agosto de 2018). *LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR*. Obtenido de <https://www.ces.gob.ec/documentos/Normativa/LOES.pdf>
- Valdes, F. y Pallás, R. (2007). *Microcontroladores fundamentos y Aplicacion con Pic*. Madrid: Marcombo, S.A.
- Veloso, C. (20 de abril de 2016). *Etools*. Obtenido de <https://www.electrontools.com/Home/WP/que-es-y-para-que-sirve-arduino/>

Proyecto FCI

Código: FCI-039-2018

**Título: Plataforma electrónica para el
desarrollo de talleres prácticos de
electrónica básica**