

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación**

MEDIDOR LC UTILIZANDO PANTALLA LCD 2X16 PARA VISUALIZACIÓN CON PROGRAMA EMBEBIDO EN UN MICROCONTROLADOR

**TESINA DE SEMINARIO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA ESPECIALIZACIÓN TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**Adrián Eduardo Arroyo Zambrano**

**Héctor Felipe Cabrera Ulloa**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2010

**A G R A D E C I M I E N T O**

Primero que nada a Dios por poner los eventos en su lugar al momento preciso y por darme siempre no lo que pido sino lo que verdaderamente he necesitado.

A mi esposa Jacqueline Brito Funes quien siempre ha sido el motor de mi superación por todo el apoyo que recibí durante el proceso de la obtención de mi título.

A mis padres Hugo e Inés y a mis hermanos por ser parte importante en mi vida e inculcarme los valores que aplicaré en mi vida profesional.

A los compañeros y profesores que nos dieron la oportunidad y los conocimientos para estar hoy aquí.

*Adrián Arroyo Zambrano*

**A G R A D E C I M I E N T O**

A Dios sobre todo, quien guía nuestras vidas y nos da fortaleza y sabiduría para seguir día a día; a mi esposa, mis padres y hermanos, quienes con su apoyo espiritual supieron guiarme al final de esta carrera politécnica.

A mis maestros, por el conocimiento, soporte y amistad impartidos a lo largo de todos estos años de estudio.

A mis amigos y compañeros tanto de la ESPOL como de afuera, quienes fueron un soporte con su ayuda y conocimientos a lo largo de esta carrera.

*Héctor Cabrera Ulloa*

**DEDICATORIA**

A mi esposa Jacqueline sin la cual no finalizaría mi carrera por todas las noches en vela y por todo el amor y apoyo.

A mis padres Hugo e Inés quienes con sus lecciones me ensenaron todo lo que debía saber para llevar hasta el final mi esfuerzo y ser un buen profesional.

A mi abuelo Adriano (+) por ensenarme del trabajo duro y constante que hace al hombre respetable.

*Adrián Arroyo Zambrano*

**DEDICATORIA**

A mi esposa Andrea, a mis padres Héctor y Rebeca, quienes han sido mi apoyo constante.

A mis hermanos Ivo e Isabel, a mi sobrino David, quienes con su apoyo y alegría fueron inspiración para la finalización de la carrera.

*Héctor Cabrera Ulloa*

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

ING. CARLOS VALDIVIESO A.

**PROF. DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

ING. HUGO VILLAVICENCIO V.

**DELEGADO DEL DECANO**

**DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

 Adrián Arroyo Zambrano Héctor Cabrera Ulloa

**RESUMEN**

La finalidad del proyecto es desarrollar un medidor de capacitancia e inductancia de rango comercial capaz de tener una precisión igual o menor al 10% que es la precisión de la mayoría de los medidores actuales del mercado.

Se debe presentar el valor medido en la escala correspondiente al valor y presentarla a través de una pantalla gráfica LCD de 16 caracteres por 2 líneas y hacer esto de modo automático sin ajustar el rango de forma manual, el único ajuste manual se realizará para conmutar entre los modos de medición de capacitancia e inductancia.

La principal aplicación del proyecto es la medición de componentes electrónicos pasivos (capacitores e inductores), y aunque es cierto que estos medidores existen en la actualidad su falta de disponibilidad y costo, en algunos casos elevado, lo aleja del poder adquisitivo de gran parte de los radiotécnicos y estudiantes de ingeniería.

En orden de poder realizar nuestro proyecto vamos a servirnos de los siguientes componentes: primero del corazón del proyecto el microcontrolador de la serie 18F de Microchip el 18F4520 que será el encargado de realizar las mediciones, cálculos y presentación de resultado de las mismas, el comparador LM311 de National Semiconductors y el oscilador NE555 de Fairchild, así como de las herramientas de simulación Proteus Isis y Ares de Labcenter Electronics y PICC de CCS el compilador del proyecto, y de la herramienta de programación Pickit 3 y su software MPLAB ambas pertenecientes a Microchip.

El programa del microcontrolador se encargará de calcular la frecuencia de oscilación del circuito tanque, el período del circuito astable y de los cálculos de punto flotante y presentación de los mismos así como del proceso de autocalibración del circuito.

Se realizarán las correspondientes simulaciones de cada una de las partes así como del circuito ensamblado dentro del ambiente de simulación de Proteus ISIS para compararlas con los resultados teóricos.

Se realizarán las pruebas del circuito armado para determinar la precisión del mismo y se lo comparará contra modelos comerciales para verificar su precisión contra estos y contra los valores marcados en el capacitor; para tal efecto se utilizarán capacitores de precisión de 1%, también se medirá su respuesta con los capacitores electrolíticos más imprecisos.

**ÍNDICE GENERAL**

**AGRADECIMIENTO . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . II**

**DEDICATORIA . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . IV**

**RESUMEN . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . VIII**

**INTRODUCCIÓN . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . XIV**

**CAPÍTULO 1 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1**

**1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1**

1.1 Antecedentes . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .1

1.2 Justificación . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .2

1.3 Descripción del proyecto . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2

1.4 Aplicaciones . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6

1.5 Funcionamiento . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7

**CAPÍTULO 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 9**

**2. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE RECURSOS UTILIZADOS .. . . .9**

2.1 Hardware . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .10

2.1.1 Microcontrolador PIC 18F4520 de Microchip . . . . 10

2.1.2 Pantalla de cristal líquido 16x2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12

2.1.3 Temporizador 7555 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .16

2.1.4 Comparador LM311 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .18

2.2 Software . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .19

 2.2.1 Programador en lenguaje C PCW CCS . . . . . . . . . . . .19

 2.2.2 Simulador de circuitos PROTEUS . . . . . . . . . . . . . . . . 24

**CAPÍTULO 3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .29**

**3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . 29**

 3.1 Diagrama de bloques . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .29

 3.2 Funcionamiento del proyecto . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 30

 3.3 Diagrama de flujo del algoritmo . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 31

 3.4 Código de programación PCW CCS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .32

 3.4.1 Funciones usadas y dinámica del programa . . . . . .47

 3.4.1.1 Manejo de interrupción externa . . . . . . . . . .47

 3.4.1.2 La función Obtener Frecuencia . . . . . . . . . . .48

 3.4.1.3 La función Calibrando . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 49

 3.4.1.4 La función Calibrando 2 . . . . . . . . . . . . . . . . . .50

 3.5 El programa principal . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .50

 3.6 Operación del instrumento . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .54

**CAPÍTULO 4 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .56**

**4. SIMULACIÓN, PRUEBAS Y DATOS EXPERIMENTALES . . . . . . . .56**

 4.1 Implementación y mediciones, cálculo de error . . . . . . . . . .56

 4.2 Simulación con Proteus . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 57

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**ANEXOS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 69**

**BIBLIOGRAFIA . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 78**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Microcontrolador PIC 18F4520 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 11

Figura 2 Pantalla de cristal líquido 16x2 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .14

Figura 3 Temporizador 7555 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 16

Figura 4 Comparador LM311 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 18

Figura 5 Ambiente del programador PCW CCS . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .20

Figura 6 Ambiente del simulador Proteus . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 27

Figura 7 Diagrama de bloques . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 29

Figura 8 Interruptores de selección del circuito . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 55

Figura 9 Obtención de frecuencia mostrada en osciloscopio . . . . . . . 58

Figura 10 Frecuencia visualizada en osciloscopio y digital . . . . . . . . .58

Figura 11: Frecuencia de calibración del circuito . . . . . . . . . . . . . . . . . . 59

Figura 12: Frecuencia de 1 Khz emitida por el PIC . . . . . . . . . . . . . . . . . 60

Figura 13: Frecuencia de 1 Khz emitida por el PIC . . . . . . . . . . . . . . . . . 60

Figura 14: Finalización de calibración inicial del circuito . . . . . . . . . . 61

Figura 15: Circuito calibrado y listo para realizar mediciones . . . . . .61

Figura 16: Cálculo de capacitancia de 10 pF (modo LM311) . . . . . . . .62

Figura 17: Cálculo de capacitancia de 200 nF (modo 7555 en modo oscilador astable) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .63

Figura 18: Cálculo de capacitancia de 1.1 uF (modo 7555 en modo contador de tiempo en alto de pulso) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .64

# INTRODUCCIÓN

El presente proyecto forma parte del seminario de graduación de “Microcontroladores Avanzados” y consiste en el diseño de un “Medidor LC utilizando pantalla LCD 2x16 para visualización con programa embebido en un microcontrolador” cuya fuente de alimentación es una batería de 9V.

El principal objetivo del proyecto presentado es la medición de la capacitancia de capacitores de todos los tipos polarizados y no polarizados desde 1 pf hasta 3300 uF y de inductancia en inductores, choques y bobinas desde 0,01 uH hasta 20 mH.

 Esta es una solución económica y práctica para aparatos de medición que en el mercado pueden llegar a costar cientos de dólares con relativamente pocos componentes, buenas prestaciones y precisión.

El capítulo 1 plantea el problema basado en sus antecedentes y lo que perseguimos al diseñar dicho dispositivo, su funcionamiento y aplicaciones y finalmente se enumeran las distintas técnicas y dispositivos similares al construido.

El capítulo 2 describe todas las herramientas utilizadas en el diseño de nuestro dispositivo, describe también los componentes utilizados, sus características y limitaciones.

Describe también el ambiente de trabajo de los programas utilizados para el desarrollo de las aplicaciones embebidas de nuestro controlador y consideraciones adicionales que se deben tomar en cuenta para un mejor uso de éstas.

El capítulo 3 nos da una detallada descripción funcional del circuito, consideración de construcción, así como la interpretación del código embebido y el funcionamiento de cada uno de los bloques del mismo, se explica el proceso de medición, cálculo y calibración del sistema.

El capítulo 4 nos presenta las simulaciones realizadas en el ambiente ISIS, así como las pruebas realizadas en el circuito real, nos presenta los cálculos y comparación de resultados con otros modelos BK Precision y Fluke para determinar el grado de precisión de nuestro aparato.

Finalmente, se muestran los resultados, conclusiones y recomendaciones finales del proyecto.