



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones”

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN OSCILADOR DE 3.6 A 4.04 Y DE 4.3  
A 5.4 GHz, PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.”

Autor: César Paúl Parra Sánchez

Director: Ing. Fabián Gunsha

Riobamba, 2016

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN OSCILADOR DE 3.6 A 4.04 Y DE 4.3 A 5.4 GHz, PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**, presentado por: **César Paul Parra Sánchez** y dirigida por el: **Ingeniero Fabián Gunsha**.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

**Ing. Carlos Peñafiel**

**Presidente del Tribunal**

**Ing. Fabián Gunsha**

**Director del Proyecto**

**Ing. Deysi Inca**

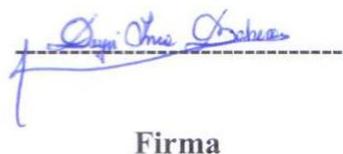
**Miembro del Tribunal**



Firma



Firma



Firma

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente a: **César Paul Parra Sánchez** e **Ing. Fabián Gunsha**; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.

  
**César Paul Parra Sánchez**

**0603603879**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios y a mi familia por darme y facilitarme todo lo necesario para poder alcanzar el objetivo que me trace al momento de empezar esta carrera que ahora ya es una meta cumplida, quienes también fueron un apoyo fundamental, para en los momentos de dificultad ayudarme a sobreponer. También a la Universidad Nacional de Chimborazo y a sus docentes que supieron impartir los conocimientos de la mejor manera. Un especial agradecimiento al Ing. Fabián Gunsha, por ayudarme en la realización de este proyecto. A mis amigos y compañeros de la universidad que día a día nos esforzábamos por alcanzar el objetivo de llegar a ser ingenieros.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mis padres, Marcí Sánchez y Cesar Parra, a mi esposa Carmita Rosero, mi hijo Samuel Efraín Parra, a mis hermanos Daniel, Carolina Parra, por confiar y creer siempre en mí, porque ellos han sido quienes me han dado y brindado su ayuda, atención y sobre todo su apoyo día a día en saber, que lo más valioso que puede tener una persona es su educación y valores. A la familia que siempre estuvo con migo, mis Abuelitos Jorge Parra, Rosario Beltrán, Flor Bahamonde, mis tíos Marco, Olga y Jorge Parra, Boris Bahamonde.

**César Paul Parra Sánchez.**

# ÍNDICE GENERAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN .....	1
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	1
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
DEDICATORIA .....	4
ÍNDICE GENERAL .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11

## CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
1.1. TECNOLOGÍA MMIC. ....	13
1.1.1. Fabricación de la Tecnología MMIC.....	13
1.1.2. Encapsulado.....	14
1.1.2.1. Encapsulado FLIP-CHIP. ....	15
1.1.2.2. Encapsulado PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier).....	15
1.1.2.3. Encapsulado LQFP (Low-Profile Quad Flat Package).....	16
1.1.3. Aplicaciones MMIC. ....	16
1.2. OSCILADORES.....	16
1.2.1. Osciladores de alta frecuencia. ....	16
1.2.2. Oscilador controlado por voltaje .....	17
1.2.3. Estudio de oscilador de 3.6 a 4.04 y de 4.3 a 5.4 GHz.....	18
1.2.3.1. Maneras de reducir el ruido. ....	18
1.2.4. Oscilador controlado por voltaje ZX95-4040+. ....	18
1.2.5. Oscilador controlado por voltaje ZX95-5400+. ....	21
1.3. FRECUENCIA DE PUSHING. ....	24
1.4. FRECUENCIA DE PULLING.....	24
1.5. MEZCLADORES.....	25
1.5.1. Estudio de mezclador de alta frecuencias.....	25
1.5.1.1. Especificaciones del mezclador ZX05-73L+. ....	25
1.6. POTENCIÓMETROS DIGITALES. ....	27
1.6.1. Arquitectura. ....	27
1.6.2. SPI. (Serial Peripheral Interface).....	28
1.6.3. Especificaciones del bus .....	28
1.6.4. Potenciómetro digital MCP 41050 .....	29
1.7. MICROPROCESADOR ATMEGA 328P. ....	31
1.8. LCD NOKIA 5110. ....	32
1.8.1. Hardware. ....	32
1.8.2. Funcionamiento a 3,3 V.....	32
1.8.3. Funcionamiento a 5V.....	33
1.8.4. El uso de las líneas de control .....	33
1.8.5. Circuito de rearme automático .....	34

CAPITULO II	
2.	METODOLOGÍA.....35
2.1.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....35
2.2.	HIPÓTESIS: .....35
2.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....35
2.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....36
2.5.	PROCEDIMIENTOS.....36
2.5.1.	Diseño de una fuente variable de 0 a 20 v.....37
2.5.1.1.	Diseño de la etapa de rectificación.....37
2.5.1.2.	Diseño de la etapa reguladora de voltaje.....39
2.5.1.3.	Diseño de la placa PCB.....40
2.5.2.	Diseño de la fuente de 5 y 8 voltios.....42
2.5.2.1.	Diseño de la placa PCB.....43
2.5.3.	Diseño del circuito de control.....44
2.5.3.1.	Diseño del circuito de reles.....44
2.5.3.2.	Diseño del circuito de control de los osciladores.....45
2.5.3.3.	Diseño de un circuito no inversor.....46
2.5.3.4.	Diseño del circuito de conexión del LCD.....47
2.5.3.5.	Diseño del circuito total de control.....47
2.5.3.6.	Diseño de la placa PCB.....48
2.5.3.7.	Diagrama de flujo del programa de control.....50
2.6.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....52
2.6.1.	Análisis.....53
CAPÍTULO III	
3.	RESULTADOS.....56
3.1.	ENCUESTA.....56
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....56
3.3.	PARÁMETROS DE ESTUDIO.....57
3.4.	TABULACIÓN DE RESULTADOS.....57
3.5.	RESULTADOS OBTENIDOS.....61
CAPITULO IV	
4.	DISCUSIÓN.....63
CAPITULO V	
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....64
5.1.	CONCLUSIONES.....64
5.2.	RECOMENDACIONES.....64
CAPÍTULO VI	
6.	PROPUESTA.....65
6.1.	TÍTULO DE LA PROPUESTA.....65
6.2.	INTRODUCCIÓN.....65
6.3.	OBJETIVOS.....66
6.3.1.	Objetivo General.....66
6.3.2.	Objetivos Específicos.....66
6.4.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA.....66

6.5.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA .....	66
6.6.	DISEÑO ORGANIZACIONAL.....	67
CAPÍTULO VII		
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS .....		69

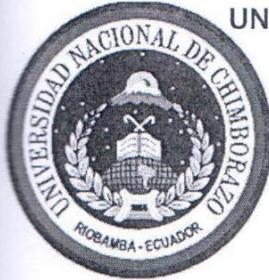
## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Oscilador controlado por volteje ZX95-4040+ .....	19
Figura 1. 2 Esquema de un oscilador ZX95-4040 .....	20
Figura 1. 3 Oscilador controlado por volteje ZX95-5400+ .....	22
Figura 1. 4 Esquema de un oscilador ZX95-5400 .....	23
Figura 1. 5 Mezclador ZX05-73L+.....	26
Figura 1. 6 Esquema eléctrico de un Mezclador.....	27
Figura 1. 7 Potenciómetro digital .....	27
Figura 1. 8 Especificaciones del bus.....	29
Figura 1. 9 Esquema del potenciómetro digital MCP-41050 .....	30
Figura 1. 10 Microprocesador ATMEGA 328P .....	31
Figura 1. 11 Pines microprocesador ATMEGA 328p .....	32
Figura 1. 12 Nokia 5110 Módulo LCD 84X48 con retroiluminación .....	32
Figura 1. 13 Conexión de pines de LCD .....	33
Figura 1. 14 PCD8544 corriente de alimentación frente a la tensión de alimentación.....	33
Figura 2. 1 Circuito rectificador .....	37
Figura 2. 2 Encapsulado de rectificación .....	38
Figura 2. 3 Simulación de medición voltaje mínimo del regulador de voltaje .....	39
Figura 2. 4 Simulación de medición de voltaje medio del regulador de voltajeFuente: Autor .....	39
Figura 2. 5 Simulación de medición de la corriente máxima que entrega el regulador de voltaje.....	40
Figura 2. 6 Circuito Impreso completo de la fuente de voltaje variable.....	41
Figura 2. 7 Fuente de voltaje armada.....	41
Figura 2. 8 Configuración del regulador de voltaje LM317 .....	42
Figura 2. 9 Circuito regulado de voltaje. ....	42
Figura 2. 10 Diseño completo de la fuente de 5 y 8 voltios .....	43
Figura 2. 11 Circuito impreso de la fuente de 5 y 8 voltios.....	43
Figura 2. 12 Fuente de 5 y 8 voltios armada.....	44
Figura 2. 13 Circuito de control de relés para la fuente de 5 y 8 voltios .....	45
Figura 2. 14 Circuito de control del potenciómetro digital.....	46
Figura 2. 15 Configuración amplificador no inversor. ....	46
Figura 2. 16 Circuito amplificación del potenciómetro digital.....	47
Figura 2. 17 Conexión pines LCD y el microprocesador. ....	47
Figura 2. 18 Circuito Total de control .....	48
Figura 2. 19 Circuito impreso del circuito de control.....	49
Figura 2. 20 Control de voltaje armado .....	49
Figura 2. 21 Diagrama de Flujo .....	50
Figura 2. 22 Diagrama de bloques .....	52
Figura 2. 23 Medición del proyecto en el analizador de espectros, funcionamiento del primer oscilador.....	54
Figura 24 Medición del proyecto en el analizador de espectros, funcionamiento del segundo oscilador. ....	54
Figura 2. 25 Medición del proyecto en el analizador de espectros.....	55

Figura 3. 1 Gráfico de correlación del oscilador 1 .....	60
Figura 3. 2 Gráfico de correlación del oscilador 1 .....	61
Figura 6. 1 Orden jerárquico del proyecto.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Rangos máximos de operación .....	19
Tabla 1. 2 Especificaciones eléctricas del oscilador ZX95-4040. ....	20
Tabla 1. 3 Armónicos del oscilador ZX95-4040. ....	21
Tabla 1. 4 Rangos máximos de operación ZX95-5400. ....	22
Tabla 1. 5 Especificaciones eléctricas del oscilador ZX95-5400. ....	23
Tabla 1. 6 Armónicos del oscilador ZX95-5400 .....	24
Tabla 1. 7 Pines MCP-41050.....	30
Tabla 2. 1 Variables independientes .....	36
Tabla 2. 2 Variables dependientes .....	36
Tabla 2. 3 Valores medidos en el laboratorio .....	53
Tabla 3. 1 Frecuencias medidas de los osciladores. ....	58
Tabla 3. 2 Cálculos para llegar a la correlación oscilador 1. ....	59
Tabla 3. 3 Cálculos para llegar a la correlación oscilador 2. ....	60



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CENTRO DE IDIOMAS



Lic. Luis Guadalupe

25 de Febrero de 2016

### SUMMARY

The design and implementation of an oscillator from 3.6 to 4.04 and 4.3 to 5.4 GHz. Microwave was performed in the laboratories of the Electronic Engineering and Telecommunications career at the National University of Chimborazo. Starting with the study of the integrated MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) from 3.6 to 4.04 GHz (ZX95-4040 +), 4.3 to 5.4 GHz ZX95-5400 + and mixer 2-7 GHz (ZX05-731 +) which allowed to know the characteristics for the design of 2 variable voltage sources of 0-20 volts, plus sources 8 and 5 volt regulators LM317 integrated circuits to polarize.

Furthermore a circuit with microcontroller ATMEGA 328P, to control the oscillators through digital potentiometers MCP41050 implemented via a serial peripheral interface SPI, which allowed the two variables to control voltage sources with one analog potentiometer, frequency oscillators are displayed on an LCD Nokia 5110, these values were obtained from the manufacturer's technical data.

The tests were performed in the spectrum analyzer with the values obtained were compared with the manufacturer's technical data obtaining favorable results.

x

CENTRO DE IDIOMAS



## **INTRODUCCIÓN**

En vista de los cambios, avances tecnológicos y la urgencia de profesionales totalmente capaces y competitivos en las telecomunicaciones específicamente en el área de microondas, se requiere de equipos e instrumentos para realizar estudios y pruebas en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, surge la necesidad de un oscilador de alta frecuencia de 3.6 a 5.4 GHz, desarrollado con tecnología MMIC, con dos osciladores controlados por voltaje y un mixer.

Las pruebas realizadas darán datos de una sola salida mezclada, los cuales se los va a comparar con los datos de cada oscilador.

## CAPITULO I

### 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

#### 1.1. TECNOLOGÍA MMIC.

En el principio de las transmisiones de microondas se hacía utilizando guía de ondas y resonadores, el cual resultaba muy pesado al momento del diseño y del ensamblaje de todo el sistema. Es así que al pasar el tiempo los sistemas de microondas han cambiado a ser sistemas compactos; es decir que se utiliza circuitos integrados para todo el sistema.

La primera evolución hacia la integración de los circuitos de microondas, fue elaborada por transistores MOSFET que son creados por arsénico de galio (GaAs), y la tecnología MIC (Circuito Integrado Monolíticos), Después de la fabricación de los MIC, en los años 70 se creó la tecnología MMIC (Circuito Integrado Monolíticos de Microondas) que traducido significa circuitos integrados de microondas monolíticos.

Los dispositivos MMIC trabajan con una impedancia de  $50\Omega$ , en la entrada y salida de los integrados, la mayoría de equipos de microondas están diseñados para trabajar en una impedancia de  $50\Omega$ , por los que se pueden eliminar las redes de adaptación, así disminuye el espacio y se tiene un ahorro de energía. Estos circuitos operan en la banda de microondas es decir entre 300 MHz y 300 GHz. (Sweet, 1990)

##### 1.1.1. Fabricación de la Tecnología MMIC.

Existen diferentes condiciones, propiedades, tamaño y modos de funcionamiento del dispositivo, los más utilizados son:

GaAs (Arsénico de Galio): Es un importante semiconductor y se usa para fabricar dispositivos como circuitos integrados a frecuencias de microondas, diodos de emisión infrarroja, diodos láser y células fotovoltaicas, es de menor tamaño de todos

InP (Fosforo de Indio): Es un semiconductor igual que el GaAs, la diferencia es que da mayor velocidad, menor ruido, mayor ancho de banda, pero es de mayor tamaño.

SiGe (Silicio de Germanio): semiconductor más rápido que los demás.

La masa efectiva de la carga eléctrica del GaAs tipo N dopado es menor que en el silicio del mismo tipo, los electrones se aceleran a mayores velocidades, tardando menos en cruzar el canal del transistor. Esto es muy útil en altas frecuencias, ya que se alcanzará una frecuencia máxima de operación mayor.

Esta posibilidad y necesidad de trabajar con circuitos que permitan actuar a mayores frecuencias tiene su origen en las industrias de defensa y espacial, en el uso de radares, comunicaciones seguras y sensores. Pronto el GaAs se extendió a los nuevos mercados comerciales, como redes de área local inalámbricas (WLAN), sistemas de comunicación personal (PCS), transmisión en directo por satélite (DBS), transmisión y recepción por el consumidor, sistemas de posicionamiento global (GPS) y comunicaciones móviles. Todos estos mercados requerían trabajar a frecuencias altas y poco ocupadas que no podían alcanzarse con silicio ni germanio.

Además, esto ha afectado a la filosofía de fabricación de semiconductores, empleándose ahora métodos estadísticos para controlar la uniformidad y asegurar la mejor calidad posible sin afectar al coste. Todo esto permitió también la creación de nuevas técnicas de transmisión digital a mayor potencia de radiofrecuencia y amplificadores de baja tensión para maximizar el tiempo de operación y de espera en dispositivos alimentados por baterías. (Sweet, 1990)

### **1.1.2. Encapsulado.**

La técnica básica para esta conexión es el bonding (unión), esto une con hilos de oro las partes internas del integrado con los pads (almohadilla) después se conectara con el exterior.

En algunas ocasiones se deja sin encartulado es decir en modo “die attach”, es decir directamente desde el interior del chip al resto del circuito. Caso de contar con el

encapsulado, el circuito integrado puede ser procesado como un componente más en un sistema de soldadura refusión estándar.

Evidentemente los encapsulados estándares en frecuencias más bajas no son válidos, debido a sus malas características, esto lleva a diseños específicos, incluso propietarios de los fabricantes de componentes. Aun así, estos encapsulados de baja frecuencia también han mejorado su comportamiento a través de una técnica más moderna, denominada “flip-chip”, que evita el engorroso y caro proceso del bonding, invirtiendo la posición del chip y ensamblándolo directamente al sustrato.

Todas estas tendencias mejoran los procesos que también sirven para intentar encapsular circuitos integrados en frecuencias de microondas, en el rango de 30, 40 GHz. Veamos algunos tipos de encapsulado utilizados en los circuitos integrados de estas frecuencias. (José-María Zamanillo Sainz de la Maza, 2006)

#### **1.1.2.1. Encapsulado FLIP-CHIP.**

Es una tecnología de ensamble para circuitos integrados además de una forma de empaque y montaje para chips de silicio. Como método de ensamble, elimina la necesidad de máquinas de soldadura de precisión y permite el ensamblaje de muchas piezas a la vez. Como método de empaque para chips, reduce el tamaño del circuito integrado a la mínima expresión, convirtiéndolo en una pequeña pieza de silicio con diminutas conexiones eléctricas.

Convencionalmente se soldaban pequeños alambres a unos puntos de conexión en el perímetro del chip, permitiendo el flujo de corriente entre los pines y los circuitos eléctricos en el silicio. El chip se pegaba con sus componentes activos boca arriba de manera que es posible ver el arreglo de componentes de silicio y los alambres que lo conectan. (Sweet, 1990).

#### **1.1.2.2. Encapsulado PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier).**

Un dispositivo PLCC puede utilizarse tanto para montaje superficial como para instalarlo en un zócalo PLCC. A su vez los zócalos PLCC pueden montarse en la superficie o mediante tecnología through-hole (perforaciones en la placa con borde

metalizado). La causa de usar un zócalo montado en superficie puede ser que el chip no soporte el calor generado durante el proceso, o para facilitar su reemplazo. También puede ser necesario cuando el chip requiere programación independiente, como flash ROM. (Sweet, 1990).

### **1.1.2.3. Encapsulado LQFP (Low-Profile Quad Flat Package).**

El encapsulado LQFP (cuadrado plano de perfil bajo) es un encapsulado de circuito integrado para montaje superficial cuadrado donde los conectores y componentes se extienden por toda el perímetro, los pines se numeran en sentido contrario a las agujas del reloj a partir del punto guía, el espacio entre pines puede variar; los intervalos más comunes son 0,4; 0,5; 0,65 y 0,80mm. (Sweet, 1990)

### **1.1.3. Aplicaciones MMIC.**

La tecnología MMIC, fue realizada para la industria militar como aeroespacial, aun que hoy se puede encontrar en industrias civiles.

Militar: Radares, Phased-array, guerra electrónica, detección remota, radares de apertura satelital, instrumentación, medidores de altitud.

Aeroespacial: satélites de comunicación, teledetección, astronomía, IRIDIUM, antenas Phased-array.

Civiles: LANs, Wireless, terminales, VSAT (terminal de apertura muy pequeña), telefonía móvil, GPS, sistemas médicos, radares anticolidión, sistemas de fibra óptica, transpondedores de búsqueda y rescate. (Sweet, 1990).

## **1.2. OSCILADORES.**

### **1.2.1. Osciladores de alta frecuencia.**

Es un sistema electrónico autónomo que genera una señal periódica en su salida sin necesidad de aplicar una señal de excitación alterna de entrada. La señal alterna de salida se obtiene a partir de una energía continua de alimentación por polarización. Esta señal de salida puede ser estudiada en el dominio del tiempo o en el dominio de

la frecuencia. La selección de la topología del circuito está dado por diferentes factores como: Frecuencia de oscilación, estabilidad de rango, elección del transmisor y tipo de resonador. Existen diferentes tipos de osciladores dependiendo de la aplicación que se vaya a implementar estos pueden ser de montaje superficial, elementos para conexión coaxial, de enganche, como estos elementos trabajan a altas frecuencias se dividen de acuerdo a su frecuencia de operación. (Telmo Javier Velasco Romero, 2007)

### **1.2.2. Oscilador controlado por voltaje**

Es un dispositivo particular dentro de los principios de la técnica de modulación en frecuencia. En el sentido estricto no son moduladores de frecuencia de una onda portadora central, a veces también se les considera como convertidores de voltaje a frecuencia. En principio se espera es tener una onda de salida en proporción a algún parámetro de voltaje de control.

Las redes RC pasivas o desfasadoras y determinantes de frecuencia, apropiadas para osciladores de cambio de fase y con puente de Wien modificado, son muy usuales en realización de osciladores controlados directa o indirectamente por voltaje.

El diseño de estos circuitos es relativamente fácil para algunos casos sencillos, sin embargo el diseño se complica en mayor o menor grado según la alternativa seleccionada y el rigorismo deseado en: distorsión, rango dinámico, estabilidad, amplitud, etc. Para algunas opciones conocidas se puede lograr el control de frecuencias de manera directa bajo los siguientes principios:

- Conectando un circuito con resistencia o capacitancias variables con el voltaje. Esta variación puede ser bajo control manual o electrónico, en base a diodos y transistores de efecto de campo.
- Variado resistencias o capacitancias en los brazos de un circuito puente. Esto puede ser bajo consecuencia directa de una aplicación que involucre extensómetro, o bien capacitores variables simples o diferenciales. En estas circunstancias la variable primaria no será voltaje sino alguna cantidad física como fuerza, presión, esfuerzo, etc. sin embargo ello generará un voltaje de

desbalance del puente que vendrá a desviar proporcionalmente la frecuencia central de oscilación de un circuito.

- Generando variación de las ganancias de una o más etapas amplificadoras; donde la frecuencia de oscilación es una función de esta ganancia, dependiente de una capacitancia por efecto Miller.

Cuando el control de frecuencia se realiza por medio de las componentes mencionadas, ante el control por primario de variaciones de voltaje o ganancia, se dice que el entonado de la frecuencia de salida es electrónico y se les llama entonador electrónico.

La mayoría de los circuitos con cierto control presenta a su salida ondas cuadradas y triangulares, que no corresponde directamente a los llamados osciladores sinusoidales. (Rosa, 2002)

### **1.2.3. Estudio de oscilador de 3.6 a 4.04 y de 4.3 a 5.4 GHz.**

#### **1.2.3.1. Maneras de reducir el ruido.**

Estos son pasos para reducir el ruido de los osciladores de tecnología MMIC hechos por MINI CIRCUIT.

- Las tierras del voltaje de la fuente de alimentación ( $V_{cc}$ ), como la fuente de afinación ( $V_{tune}$ ) deben estar en el zócalo de tierra del circuito.
- Se debe usar fuentes de alimentación de bajo ruido tanto como para la alimentación como la afinación.
- Las conexiones para el puerto de afinación deben ser lo más cortas posibles, desconectadas, para impedir que el VCO varíe por fuentes externas. Un sistema de alimentación de ruido bajo debe ser usado para afinar la alimentación de voltaje. (Telmo Javier Velasco Romero, 2007).

### **1.2.4. Oscilador controlado por voltaje ZX95-4040+.**

Existen diferentes tipos de osciladores dependido de la aplicación que se vaya a implementar, estos pueden ser de montaje superficial, elementos para conexión coaxial, de enganche.

El oscilador controlado por voltaje ZX95-4040+, corresponde a la serie de dispositivos de conexión coaxial que opera a 50 ohmios, este tipo de oscilador trabaja con un voltaje de alimentación de 9 voltios y un voltaje de afinación de 0 a 20 voltios y opera en una frecuencia de 3.6 a 4.04 GHz, posee un case tipo GB956. Anexo 1.



Figura 1. 1 Oscilador controlado por voltaje ZX95-4040+.  
Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-4040+.pdf>

El oscilador tiene las siguientes características:

- Bajo ruido de fase
- Bajo pushing
- Bajo pulling.

Aplicaciones del oscilador ZX95-4040+.

- Instrumentación.
- Comunicación Wireless.
- Wimax
- Laboratorio.

Tabla 1. 1 Rangos máximos de operación

Temperatura de operación	-55°C a 85°C
Temperatura de almacenamiento	-55°C a 100°C
Voltaje de alimentación	+9 V
Voltaje de afinación (Vtune)	20

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-4040+.pdf>

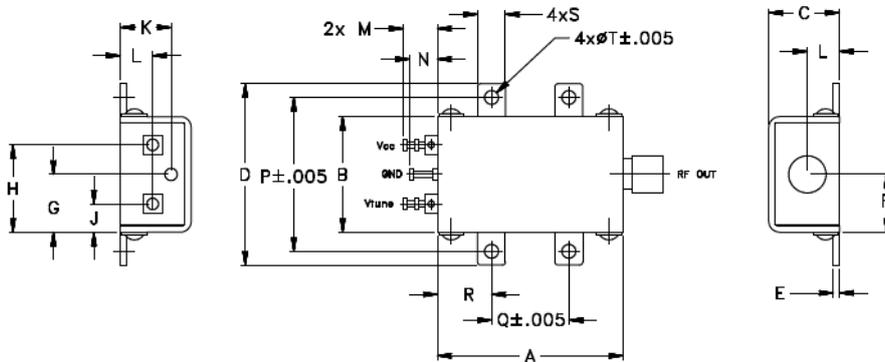


Figura 1. 2 Esquema de un oscilador ZX95-4040

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-4040+.pdf>

La temperatura de operación máxima y el voltaje máxima a la que funciona el oscilador está en la tabla 1.1

Las especificaciones eléctricas del oscilador ZX95-4040+ están en la tabla 1.2.

Tabla 1. 2 Especificaciones eléctricas del oscilador ZX95-4040.

Modelo	Zx95-4040+
Frecuencia	Mínima 3.6 GHZ
	Máxima 4.04 GHZ
Potencia de salida	+6 dBm
Ruido de fase en compensación de la frecuencia	1 KHz -70 dBc/Hz SSb
	10 KHz -96 dBc/Hz SSb
	100 KHz -117 dBc/Hz SSb
	1000 KHz -138 dBc/Hz SSb
Afinación	Rango de voltaje 1 a 18 V
	Sensibilidad 39-54 MHz/v
	Port cap 20 pF
	Ancho de banda (3 dB) 170 MHz
Spurious no Harmónico	-90 dBc
Harmónico	Típico -20 dBc
	Máximo -10 dBc
Empuje (pushing)	0.5 MHz/V
Arrastre (pulling)pk-pk 12dB	5 MHz
Fuente de alimentación	Vcc 8 v
	Corriente 43 máximo

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-4040+.pdf>.

El oscilador posee armónicos por cada voltaje al momento de variar el mismo, por lo que se realiza la tabla 1.3 según el voltaje variable

Tabla 1. 3 Armónicos del oscilador ZX95-4040.

Voltaje de tune	ARMONICOS (dBc)		
	F2	F3	F4
0.00	-22.1	-13.5	-40.5
0.50	-22.1	-13.7	-39.7
1.00	-22.1	-14.1	-39.2
2.00	-22.1	-15.1	-40.0
3.00	-21.5	-15.8	-41.3
4.00	-20.8	-14.8	-42.4
5.00	-21.6	-15.8	-44.8
6.00	-23.3	-15.7	-48.1
7.00	-24.0	-17.9	-51.5
8.00	-24.6	-18.4	-57.5
9.00	-27.2	-21.1	-53.0
10.00	-28.5	-21.7	-46.3
11.00	-30.6	-24.4	-47.3
12.00	-31.4	-26.0	-54.2
13.00	-28.1	-30.5	-56.5
14.00	-26.2	-29.6	-58.7
15.00	-24.4	-29.0	-59.3
16.00	-22.1	-26.3	-56.6
17.00	-20.4	-25.2	-56.9
18.00	-20.1	-24.2	-56.4

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-4040+.pdf>.

### 1.2.5. Oscilador controlado por voltaje ZX95-5400+.

El oscilador controlado por voltaje ZX95-5400+, corresponde a la serie de dispositivos de conexión coaxial que opera a 50 ohmios, este tipo de oscilador trabaja con un voltaje de alimentación de 6 voltios y un voltaje de afinación de 0 a 21 voltios y opera en una frecuencia de 4.3 a 5.4 GHz, posee un case tipo GB956.

Anexo2



Figura 1. 3 Oscilador controlado por voltaje ZX95-5400+.  
Fuente de: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-5400+.pdf>

El oscilador tiene las siguientes características:

- Bajo harmónicos -30 dBc
- Bajo pushing
- Bajo pulling.

Aplicaciones del oscilador ZX95-4040+.

- Instrumentación.
- Comunicación Wireless.
- Wimax
- Laboratorio.
- Transmisión punto a punto

La temperatura de operación máxima y el voltaje máximo a la que funciona el oscilador está en la tabla 1.4

Tabla 1. 4 Rangos máximos de operación ZX95-5400.

Temperatura de operación	-55°C a 85°C
Temperatura de almacenamiento	-55°C a 100°C
Voltaje de alimentación	+6.5 V
Voltaje de afinación (Vtune)	21 V

Fuente de: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-5400+.pdf>

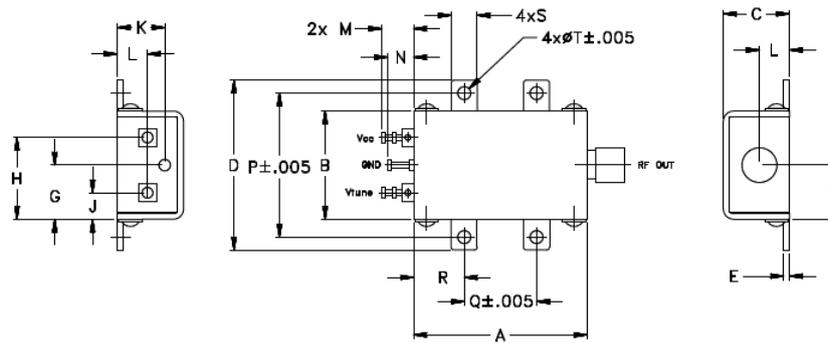


Figura 1. 4 Esquema de un oscilador ZX95-5400  
Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-5400+.pdf>

Tabla 1. 5 Especificaciones eléctricas del oscilador ZX95-5400.

Modelo	Zx95-4040+
Frecuencia	Mínima 4.3 GHZ
	Máxima 5.4 GHZ
Potencia de salida	-1.3dBm
Ruido de fase en compensación de la frecuencia	1 KHz -58dBc/Hz SSb
	10 KHz -83dBc/Hz SSb
	100 KHz -105dBc/Hz SSb
	1000 KHz -126dBc/Hz SSb
Afinación	Rango de voltaje 0.5 a 19 V
	Sensibilidad 95-135 MHz/v
	Port cap 20 pF
	Ancho de banda (3 dB) 95 MHz
Spurious no Harmónico	-90 dBc
Harmónico	Típico -30 dBc
	Máximo -15dBc
Empuje (pushing)	10 MHz/V
Arrastre (pulling) pk-pk 12dBr	7 MHz
Fuente de alimentacion	Vcc 5 v
	Coriente 30mA maximo

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-5400+.pdf>

Las especificaciones del oscilador están en la tabla 1.5.

El oscilador posee armónicos por cada voltaje al momento de variar el mismo, por lo que se realiza la tabla 1.6 según el voltaje variable.

Tabla 1. 6 Armónicos del oscilador ZX95-5400

Voltaje de tune	ARMONICOS (dBc)		
	F2	F3	F4
0.00	-23.2	-35.8	-38.0
0.50	-23.4	-34.7	-39.7
1.00	-23.8	-35.1	-38.1
2.50	-24.6	-40.7	-41.6
3.00	-24.9	-38.5	-42.9
4.00	-26.7	-35.8	-46.1
5.00	-29.5	-43.9	-55.5
6.00	-30.6	-40.2	-54.0
7.00	-32.4	-36.7	-52.1
7.50	-33.7	-33.8	-54.0
8.00	-33.6	-34.1	-55.5
9.00	-33.8	-47.1	-54.6
10.00	-33.4	-40.0	-54.7
12.00	-36.4	-29.1	-44.8
13.00	-40.5	-34.8	-51.6
13.50	-42.7	-37.0	-53.2
15.00	-43.7	-38.8	-54.7
16.00	-39.5	-42.6	-53.7
18.00	-34.2	-46.6	-53.6
19.00	-33.1	-50.1	-52.8

Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX95-5400+.pdf>

### 1.3. FRECUENCIA DE PUSHING.

Es el cambio de frecuencia de salida que corresponde a un cambio dado en la tensión de alimentación a una tensión de sintonización fija (expresada en MHz por voltio).

### 1.4. FRECUENCIA DE PULLING.

La variación de frecuencia causada por los cambios en la impedancia de la carga de salida. Por lo general se especifica en una pérdida de retorno de carga de 12 dB y todas las fases posibles, y se expresa en MHz pico a pico.

## **1.5. MEZCLADORES.**

El mezclador lleva a cabo la función de desplazar la frecuencia de entrada al receptor superheterodino,  $f_{RF}$ , en una cantidad igual a la marcada por el oscilador local,  $f_o$ , obteniendo así una frecuencia menor denominada frecuencia intermedia la misma que está dada por:

$$IF = f_{RF} - f_o$$

Existen varios tipos de mezcladores de frecuencia MMIC los mismos que pueden ser utilizados de acuerdo a los requerimientos de la aplicación que se vaya a implementar entre los cuales tenemos, mezcladores de montaje superficial, de enganche, tamaño normal, miniatura cerámica y conexión coaxial.

Los mezcladores se dividen por el nivel de frecuencia de operación:

### **1.5.1. Estudio de mezclador de alta frecuencias.**

El mezclador tiene la función de desplazar la frecuencia de entrada al receptor  $f_{RF}$ , en una cantidad igual a la marcada por el oscilador local  $f_o$ , obteniendo así una frecuencia menor denominada de frecuencia intermedia:  $f_{IF} = f_{RF} - f_o$

Los mezcladores pueden usar diodos BJT y FET o aun reactores saturables, las elecciones de diseño giran sobre consideraciones de ganancia o pérdida, cifra de ruido, estabilidad, rango dinámico y la posible generación de frecuencias indeseables que produzcan intermodulación. (Telmo Javier Velasco Romero, 2007).

#### **1.5.1.1. Especificaciones del mezclador ZX05-73L+.**

Para el proyecto es necesario utilizar un mezclador de un ancho de banda bien grande, por lo que se utiliza un mezclador de tecnología MMIC, el mezclador es ZX05-73L+ que tiene las siguientes características. Anexo 3



Figura 1. 5 Mezclador ZX05-73L+  
Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX05-73L+.pdf>

### **Características:**

- Amplio ancho de banda, 2400 a 7000 MHz
- Baja pérdida de conversión, 6.2 dB.}
- Alto aislamiento, 30 dB.
- Construcción robusta.
- Utilizable como arriba y abajo del convertidor.

### **Aplicaciones:**

- Subida y bajada satelital.
- Radars de defensa y comunicaciones.
- Enlaces de microondas.
- WIFI.
- Bluetooth.
- VSAT (Very Small Aperture Terminal).
- Banda ISM (Industrial, Scientific and Medical).

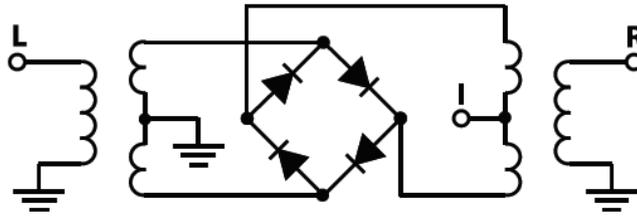


Figura 1. 6 Esquema eléctrico de un Mezclador  
 Fuente: <http://www.minicircuits.com/pdfs/ZX05-73L+.pdf>

## 1.6. POTENCIÓMETROS DIGITALES.

### 1.6.1. Arquitectura.

Es un dispositivo de señal mixta diseñado como un sustituto electrónico para potenciómetros mecánicos. La función de la sección de potenciómetro digital, es la misma que la versión mecánica. En ambos casos, el potenciómetro es de 3 terminales.

Entre dos de las terminales hay un elemento de resistencia. La tercera terminal llamado el ajuste (wiper) se conecta a varios puntos a lo largo de este elemento de resistencia. (Hernández, 2011)

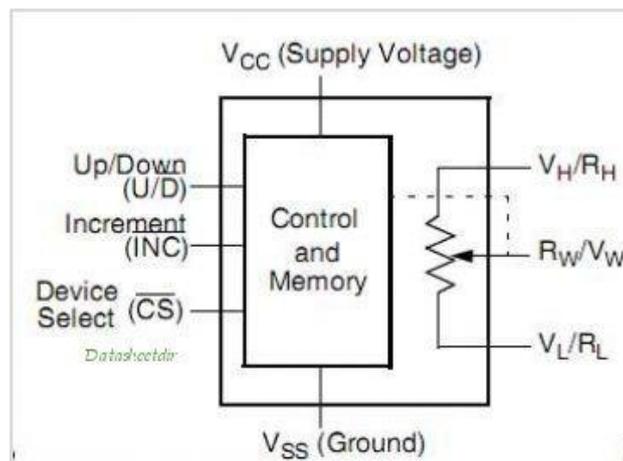


Figura 1. 7 Potenciómetro digital  
 Fuente: [http://mlm-s2-p.mlstatic.com/x9c103p-potenciometro-digital-10k-7815-MLM5283680464\\_102013-O.jpg](http://mlm-s2-p.mlstatic.com/x9c103p-potenciometro-digital-10k-7815-MLM5283680464_102013-O.jpg)

### **1.6.2. SPI. (Serial Peripheral Interface)**

SPI es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es full duplex. Dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercer línea es la del reloj.

Algunos dispositivos solo pueden ser transmisores y otros solo receptores, generalmente un dispositivo que tramite datos también puede recibir. Un ejemplo podría ser una memoria EEPROM, el cual es un dispositivo que puede transmitir y recibir información.

Los dispositivos conectados al bus son definidos como maestros y esclavos. Un maestro es aquel que inicia la transferencia de información sobre el bus y genera las señales de reloj y control.

Un esclavo es un dispositivo controlado por el maestro. Cada esclavo es controlado sobre el bus a través de una línea selectora llamada esclavo, por lo tanto el esclavo es activado solo cuando esta línea es seleccionada. Generalmente una línea de selección es dedicada para cada esclavo.

En un tiempo determinado  $T_1$ , solo podrá existir un maestro sobre el bus. Cualquier dispositivo esclavo que no esté seleccionado, debe deshabilitarse (ponerlo en alta impedancia) a través de la línea selectora.

El bus SPI emplea un simple registro de desplazamiento para transmitir la información. (wikipedia, Serial Peripheral Interface, 2015)

### **1.6.3. Especificaciones del bus**

Todas las líneas del bus transmiten la información sobre una sola dirección.

La señal sobre la línea de reloj (SCLK) es generada por el maestro y sincroniza la transferencia de datos, la línea MOSI (Master Out Slave In) transporta los datos del maestro hacia el esclavo, la línea MISO (Master In Slave Out) transporta los datos del esclavo hacia el maestro.

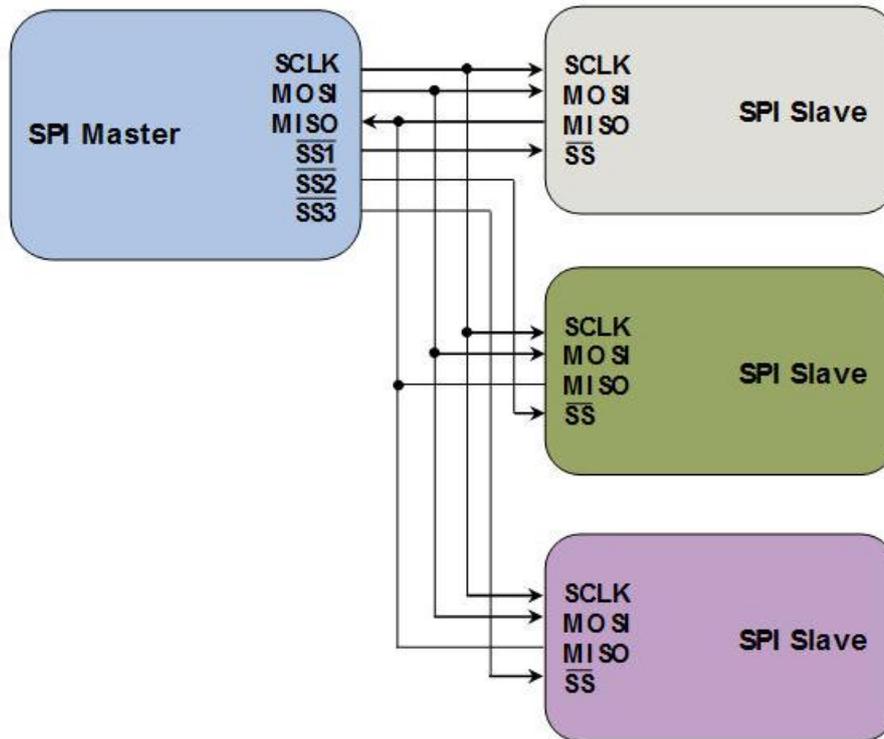


Figura 1. 8 Especificaciones del bus

Fuente: <http://www.byteparadigm.com/applications/introduction-to-i2c-and-spi-protocols/>

Cada esclavo es seleccionado por un nivel lógico bajo (0) a través de la línea (CS = Chip Select o SS Slave Select). Los datos sobre este bus pueden ser transmitidos a una razón de casi cero bits /segundo hasta 1 Mbits / segundo. Los datos son transferidos en bloques de 8 bits, en donde el bit más significativo (MSB) se transmite primero. (Pérez, 2003)

#### 1.6.4. Potenciómetro digital MCP 41050

El potenciómetro digital MCP41050 posee una resistencia de 50 K $\Omega$ , tiene una resolución de 8bits, puede comunicarse mediante comunicación UP/DOWN, SPI e

I2C, tiene una memoria no volátil, tiene una tecnología WiperLock (bloqueo del pin variable).

Estos potenciómetros tienen dos estados muy utilizados, normal y ShutDown, en este caso utilizaremos el modo ShutDown por hardware.

La fuerza a la resistencia a un estado definido, donde la resistencia se desconecta del terminal A, y el valor del cursor (Wiper), se fuerza al valor 00h, el registro wiper tiene un valor original, el cual después de salir del estado desconectado, volver a coger el estado que tenía inicialmente. Anexo 4.

Tabla 1. 7 Pines MCP-41050

Pin	Nombre	Función
1	CS	Chip Select
2	SCK	Serial Clock
3	SI	Serial Data Input
4	Vss	Ground
5	PA0	Terminal A
6	PW0	Terminal wiper
7	PB0	Terminal B
8	VDD	Power

Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/12247.pdf>

Los nombres de los pines del potenciómetro MCP-41050 están en la tabla 1.7

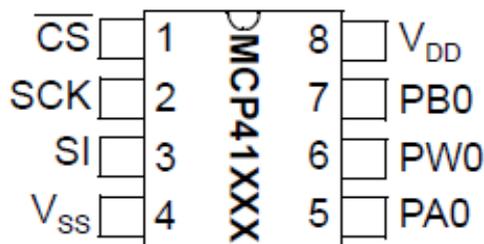


Figura 1. 9 Esquema del potenciómetro digital MCP-41050

Fuente: <http://www.farnell.com/datasheets/12247.pdf>

## 1.7. MICROPROCESADOR ATMEGA 328P.

El Atmega 328P es un micro controlador de alto rendimiento que está basado un micro controlador RISC, combinando 32 KB ISP flash una memoria con la capacidad de leer-mientras-escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, los parámetros están en la tabla 1.8. (Corporation, 2015)



Figura 1. 10 Microprocesador ATMEGA 328P

Fuente: <http://www.protostack.com/microcontrollers/atmega328p-pu-atmel-8-bit-32k-avr-microcontroller>.

Tabla 1. 8 Parámetros técnicos ATMEGA 328p

PARAMETROS	VALORES
Flash	32 Kbytes
RAM	2 Kbytes
Cantidad Pines	28
Frecuencia máxima de operación	20 MHz
CPU	8-bit
Número de canales variables	16
Pines máximos de E/S	26
Interrupciones externas	24

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Atmega328>

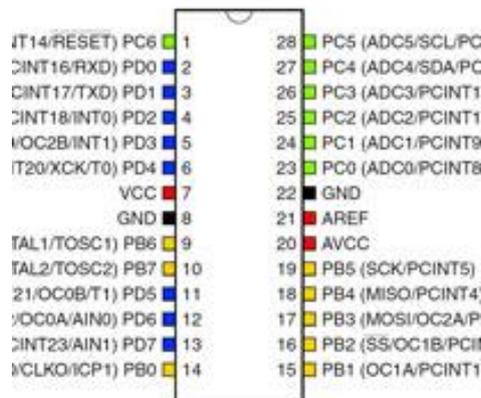


Figura 1. 11 Pines microprocesador ATMEGA 328p

Fuente: <http://www.protostack.com/microcontrollers/atmega328p-pu-atmel-8-bit-32k-avr-microcontroller>

## 1.8. LCD NOKIA 5110.

### 1.8.1. Hardware.

El módulo LCD Nokia 5110 utiliza un controlador Philips PCD8544 LCD, que está diseñado para los teléfonos móviles.



Figura 1. 12 Nokia 5110 Módulo LCD 84X48 con retroiluminación

Fuente: <http://www.avdweb.nl/arduino/hardware-interfacing/nokia-5110-lcd.html>

### 1.8.2. Funcionamiento a 3,3 V

Gracias a la abrazadera interna del PCD8544 podemos usar un simple cambiador de nivel. Cuatro resistencias limitadoras de corriente de 10k pueden hacer el trabajo. Cuando una línea de control LCD es alta, la corriente a través de la resistencia de 10k es sólo 40uA, así que esto es inofensivo. Tenga en cuenta que no podemos leer detrás de la pantalla LCD con este circuito.

### 1.8.3. Funcionamiento a 5V

Debido a  $V_{DD\ max} = 7V$ , el controlador PCD8544 puede manejar 5V, pero el Nokia 5110 LCD funciona mejor en 3.3V. Los cuatro resistencias de 10k evitar rayas en la pantalla LCD.

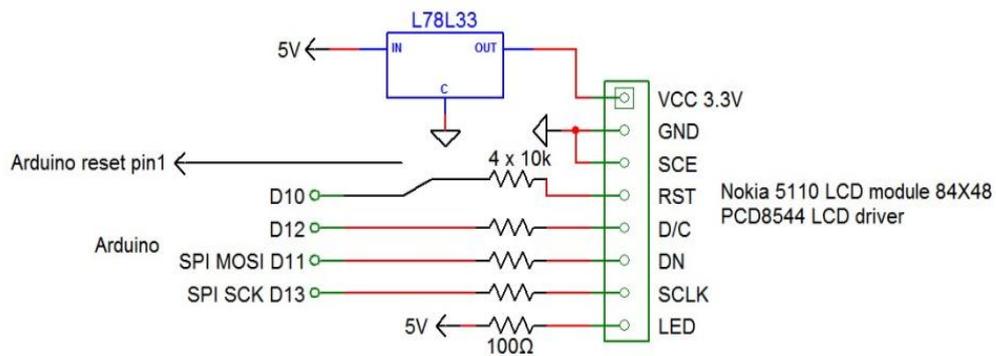


Figura 1. 13 Conexión de pines de LCD

Fuente: <http://www.avdweb.nl/arduino/hardware-interfacing/nokia-5110lcd.html>

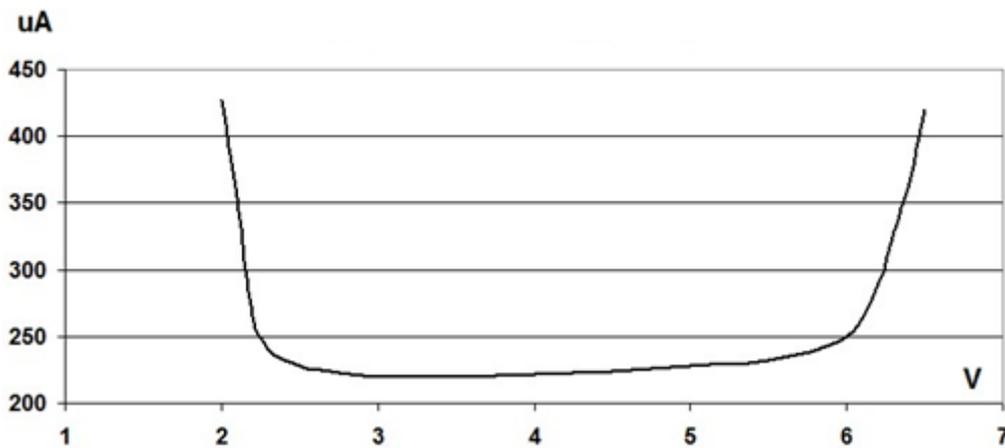


Figura 1. 14 PCD8544 corriente de alimentación frente a la tensión de alimentación

Fuente: <http://www.avdweb.nl/arduino/hardware-interfacing/nokia-5110-lcd.html>

### 1.8.4. El uso de las líneas de control

El Nokia 5110 LCD tiene 5 líneas de control; la interfaz es del tipo SPI. Sobre todo, cuando no se utilizan otros dispositivos SPI, la selección de chip se puede conectar a

GND, para 4 líneas de control se mantienen por encima. Para guardar pines, hay una opción para utilizar sólo 3 líneas de control, mientras que el pin de reset.

#### **1.8.5. Circuito de rearme automático**

Una opción es generar un impulso de reposición en el encendido de forma automática, con una combinación RC. Sin embargo, esta solución es poco reproducible; el buen funcionamiento depende, por ejemplo, en el condensador a través del suministro de 3.3V.

No todos los Nokia 5110 LCDs son los mismos. Aunque parecen idénticos, el cableado del conector puede ser completamente diferente. Anexo 6 (avdweb, 2015)

## **CAPITULO II**

### **2. METODOLOGÍA.**

#### **2.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.**

- INVESTIGATIVA.

Es necesario investigar, obtener la información necesaria y tener los conocimientos acerca del proyecto para poder realizar el diseño y la implementación del mismo.

- ANALÍTICA

Se analizara las etapas necesarias para la implementación del proyecto, al mismo tiempo se verificara el buen funcionamiento de cada etapa.

- DE CAMPO.

Por medio de esta investigación se podrá comprobar el funcionamiento del oscilador en cualquier laboratorio de microondas, que tenga los equipos necesarios como es un osciloscopio de hasta 6GHz o un analizador de espectros del mismo rango de frecuencia.

- COMPARATIVA

Se comparara los datos obtenidos en el laboratorio del oscilador con los datos que da el fabricante en la hoja técnica de cada oscilador.

#### **2.2. HIPÓTESIS:**

**HIPÓTESIS GENERAL:** El diseño e implementación de un oscilador de 3.6 a 4.04 y de 4.3 a 5.4ghz, para el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, brindara un soporte para la elaboración de prácticas de los estudiantes.

#### **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

**POBLACIÓN:** será el número de frecuencias dadas por el voltaje.

MUESTRA: se tomara un número de frecuencias, según el voltaje, los datos se tomaran de las pruebas hechas en el laboratorio.

#### 2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

La variable dependiente e independiente se observa en la tabla 2.1 y 2.2 respectivamente, estas nos ayudaran en la resolución de la hipótesis.

Tabla N° 2. 1 Variables independientes

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE: Los osciladores	Tipos de circuitos que se van a utilizar.	Medición en el osciloscopio. Medición en analizador de espectros.	Por medio de equipos se podrá observar la sensibilidad del oscilador

Fuente: Autor

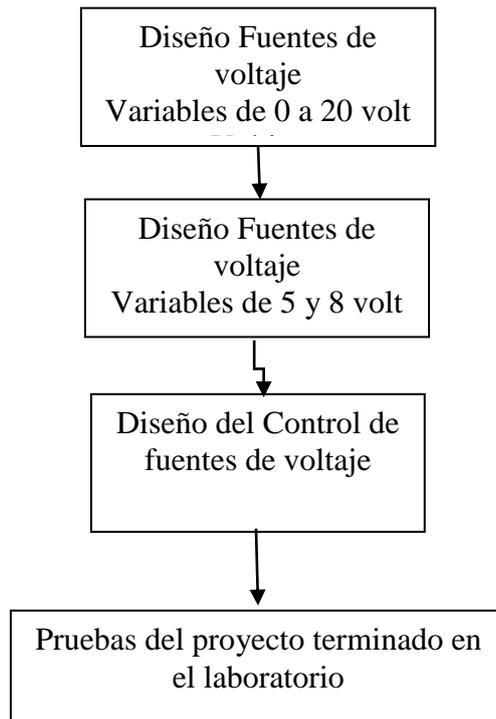
Tabla N° 2. 2 Variables dependientes

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Dependiente: Será las frecuencias que se introducen en el mezclador para obtener una sola salida	Según los requerimientos de las practicas que se realizará con el proyecto	Es el número de prácticas realizadas con el oscilador

Fuente: Autor

#### 2.5. PROCEDIMIENTOS.

Para la realización del proyecto se tomara en cuenta algunos parámetros para frecuencias de ese tipo, para dar solución a la necesidad de herramientas para el estudio de microondas para el laboratorio de la carrera de Ingeniera de Electrónica y telecomunicaciones. Se realiza un diagrama de bloques, el mismo que nos indicara la cronología de la realización del proyecto



## 2.5.1. Diseño de una fuente variable de 0 a 20 v.

### 2.5.1.1. Diseño de la etapa de rectificación.

Para poder tener una rectificación de onda completa usaremos diodos en puente y un capacitor que se usara como filtro.

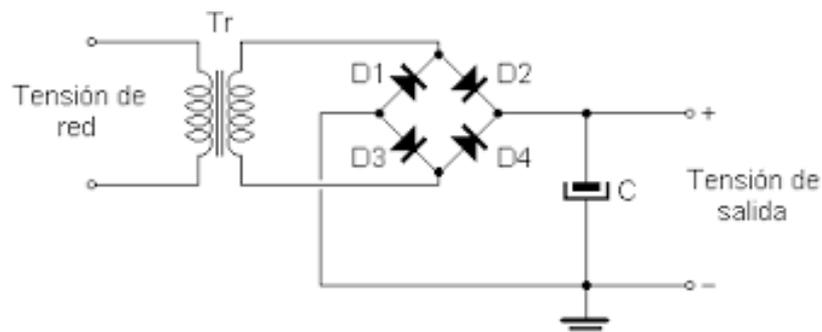


Figura 2. 1 Circuito rectificador  
Fuente: Autor

En este caso se utilizara el modulo rectificador 2W10 y un capacitor dieléctrico de 3300 uf de 50V.



Figura 2. 2 Encapsulado de rectificación  
Fuente: <https://www.miki.tienda/puentes-rectificadores.html>

A la salida del rectificador tendremos un voltaje máximo dado por la ecuación:

$$V_{max} = V_t * 1.4142 * D$$

Donde  $V_t$  es el voltaje que entrega el transformador y  $D$  son los diodos que se utiliza en la rectificación:

$$V_{max} = 24 * 1.4142 * 2 = 32 \text{ Voltios.}$$

Dará luego de la etapa de regulada un voltaje de 32 voltios, para calcular el filtro tenemos la ecuación:

$$C = \frac{5 * I}{F * V_{max}} * 1.4$$

Donde  $C$  es el valor del capacitor en faradios,  $f$  será la frecuencia,  $I$  la corriente, esto será al 7%.

$$C = \frac{5 * 1}{60 * 32} * 1.4 = 3.64 * 10^{-3}$$

Se usara un capacitor de 3600 uf, este habrá en el mercado.

### 2.5.1.2. Diseño de la etapa reguladora de voltaje.

Este paso utilizará transistores en configuración darlington con protección de corriente, para tener una variación de 0 a 20 voltios

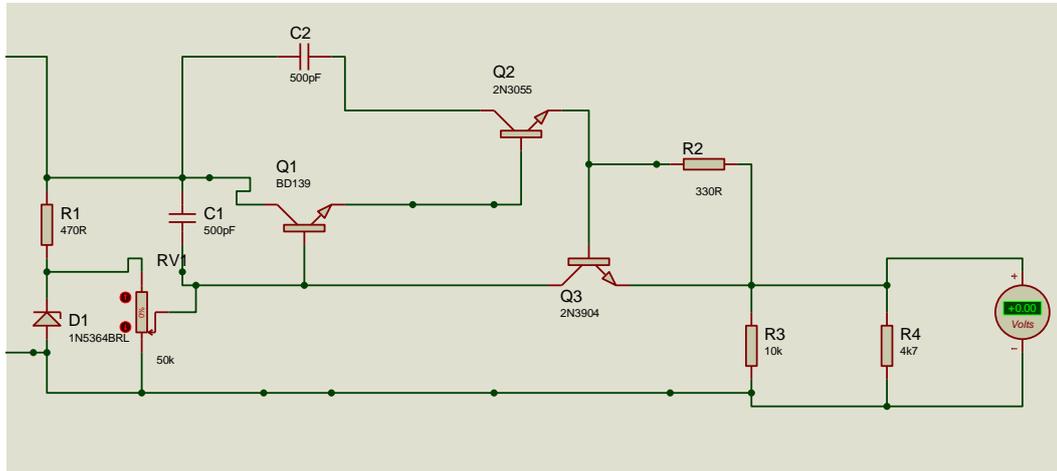


Figura 2. 3 Simulación de medición voltaje mínimo del regulador de voltaje  
Fuente: Autor

Se utiliza para la simulación del circuito un potenciómetro de 50K, ya que los potenciómetros digitales a utilizar tienen ese valor.

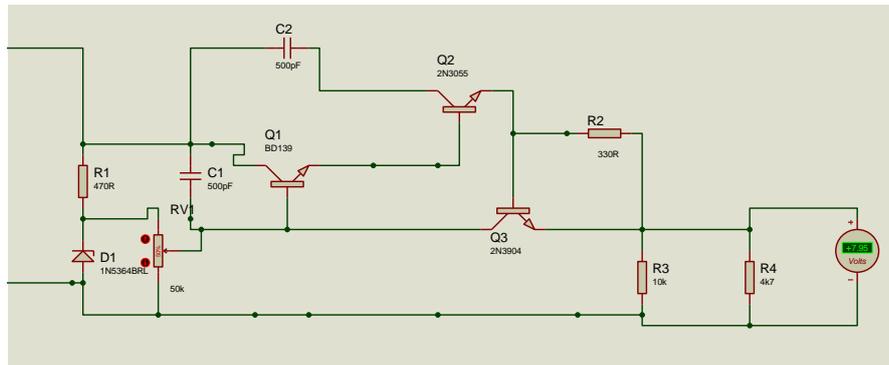


Figura 2. 4 Simulación de medición de voltaje medio del regulador de voltaje  
Fuente: Autor

En la configuración Darlington tendríamos las siguientes ecuaciones.

$$I_{E1} = \beta_1 * I_{B1}$$

$$I_{E2} = \beta_2 * I_{B2}$$

$$IE1 = IB2$$

$$IE2 = \beta2 * IB2 = \beta2 * IE1$$

$$IE2 = \beta2 * \beta1 * IB1$$

Ya que tendremos una mayor ganancia de corriente como vemos en la ecuación, utilizaremos un limitador de corriente, con Q3 y la resistencia de 330ohm.

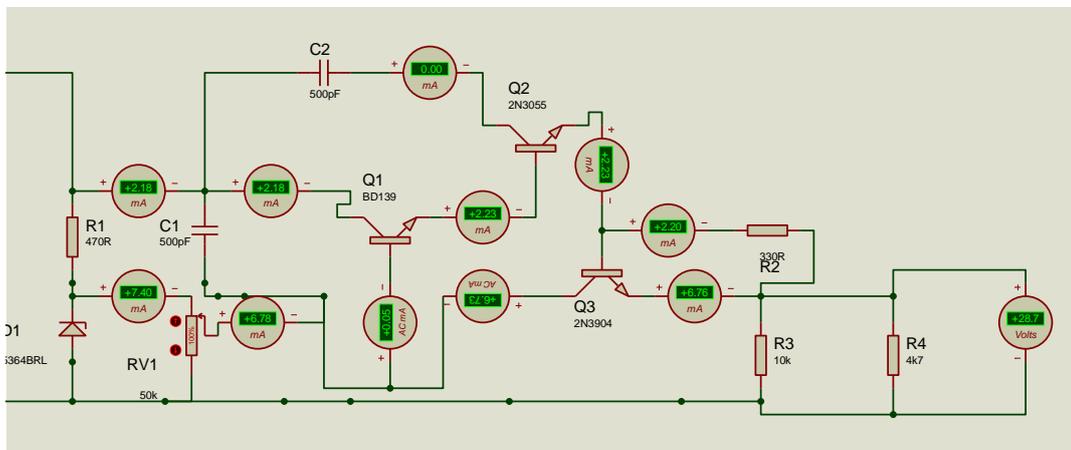


Figura 2. 5 Simulación de medición de la corriente máxima que entrega el regulador de voltaje.

Fuente: Autor

### 2.5.1.3. Diseño de la placa PCB.

El diseño del circuito total se realizó en el programa Proteus, este nos permite realizar simulaciones y comprobar el funcionamiento a la vez nos da la función de realizar el modelamiento de la placa en el ARES para armar el circuito, el cual se lo implemento con un numero de pista 30 (grid), está puesto con tierra para evitar ruido, además en la figura 2.8 está el producto terminado ya físicamente

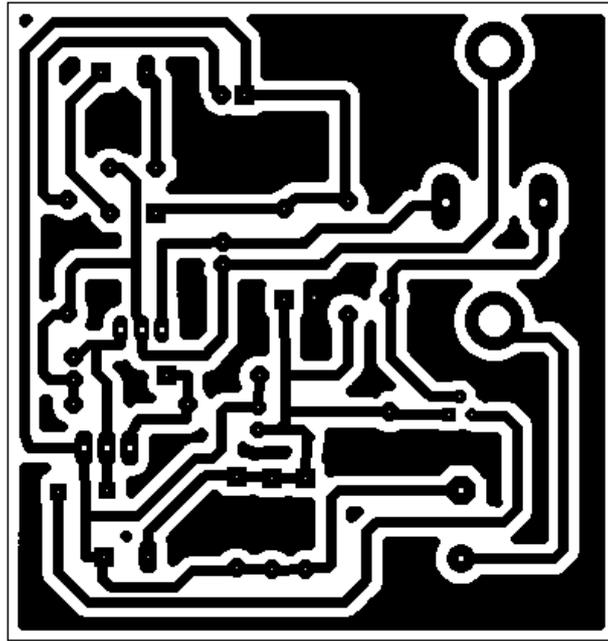


Figura 2. 6 Circuito Impreso completo de la fuente de voltaje variable.  
Fuente: Autor



Figura 2. 7 Fuente de voltaje armada  
Fuente: Autor

### 2.5.2. Diseño de la fuente de 5 y 8 voltios.

Los osciladores se polarizan con 5 y 8 voltios, se los alimentara con una pequeña fuente de voltaje, para cada oscilador, se utilizara el regulador LM317.

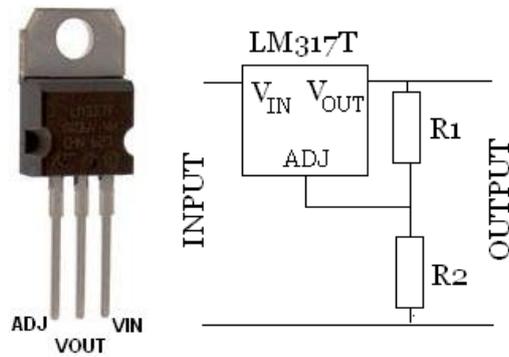


Figura 2. 8 Configuración del regulador de voltaje LM317  
Fuente: [www.electronica-electronics.com/Tecnica/LM317-calculo.html](http://www.electronica-electronics.com/Tecnica/LM317-calculo.html)

Con la siguiente ecuación se podrá calcular el valor de R2, o en tal caso podríamos variar un potenciómetro hasta que dé el voltaje requerido y poder medir la resistencia que tenemos en dicho potenciómetro.

$$R2 = \left( \frac{R1}{Vref} \right) * (Vsalida - Vref)$$

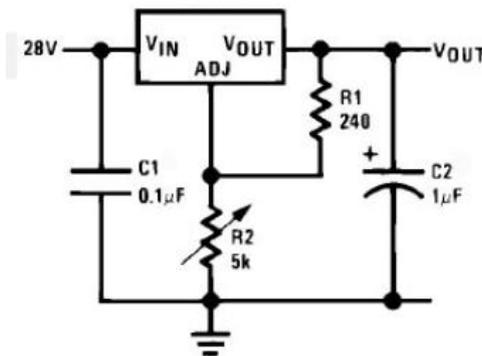


Figura 2. 9 Circuito regulado de voltaje.  
Obtenido de: [www.electronica-electronics.com/Tecnica/LM317-calculo.html](http://www.electronica-electronics.com/Tecnica/LM317-calculo.html)

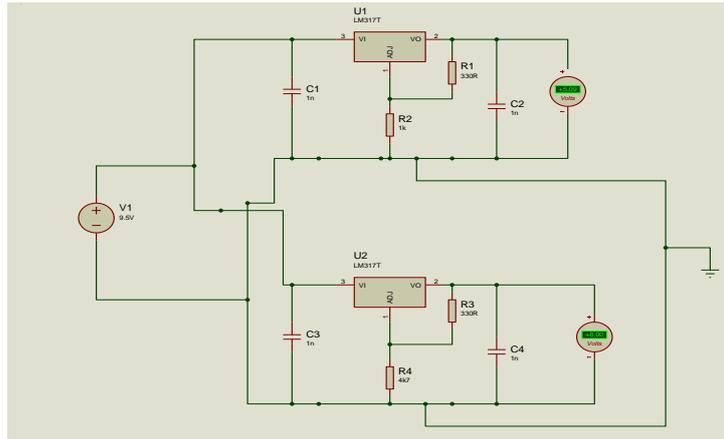


Figura 2. 10 Diseño completo de la fuente de 5 y 8 voltios  
Fuente: Autor

### 2.5.2.1. Diseño de la placa PCB

Se utilizó el programa ARES de Proteus para realizar la placa PCC después de la simulación respectiva, esta se lo hizo con un número de placa 30 (grid), tiene tierra para evitar ruido, en la figura 2.14

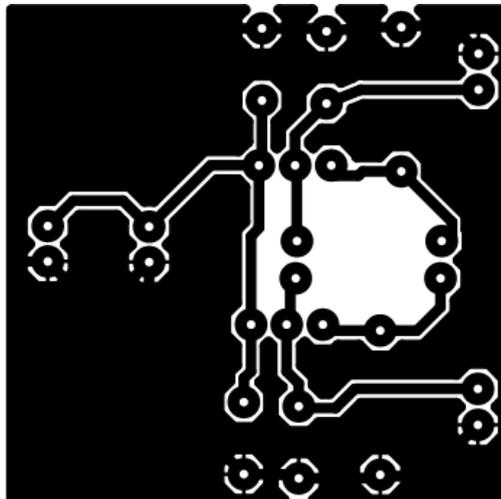


Figura 2. 11 Circuito impreso de la fuente de 5 y 8 voltios  
Fuente: Autor

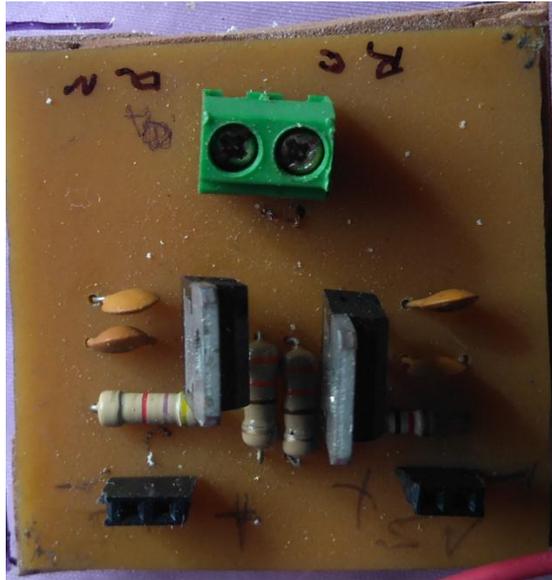


Figura 2. 12 Fuente de 5 y 8 voltios armada.  
Fuente: Autor

### **2.5.3. Diseño del circuito de control.**

El circuito se lo diseño para controlar las dos fuentes al mismo tiempo, se tendrá un voltaje variable para cada oscilador controlado desde un solo potenciómetro analógico, los voltajes de polarización, este circuito controlara la frecuencia variable de los osciladores

#### **2.5.3.1. Diseño del circuito de reles**

El circuito de reles controlara el voltaje de polarización de los osciladores que viene dada por el circuito de 8 y 5 voltios, esto garantizara que cuando trabaje un oscilador el otro estar totalmente desconectado

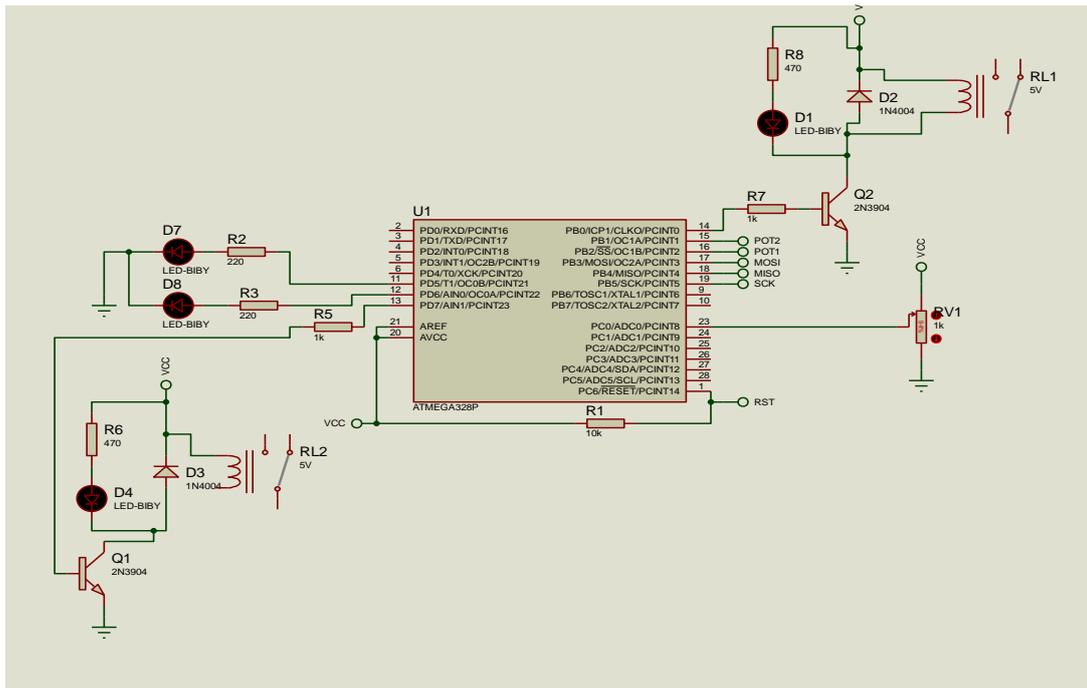


Figura 2. 13 Circuito de control de relés para la fuente de 5 y 8 voltios  
Fuente: Autor

### 2.5.3.2. Diseño del circuito de control de los osciladores.

Para variar la frecuencia de los dos osciladores se debe controlar a las dos fuentes de voltaje, se diseñó un circuito para el control de los mismos con 2 potenciómetros digitales MCP41050 y el microprocesador Atmega 328P, estos tendrán una comunicación serial (SPI) entre el microprocesador y los potenciómetros.

Mientras el primer potenciómetro varía de 0 a 20, el segundo deberá estar apagado, el primer potenciómetro llega a la máxima variación en este caso 20 voltios, este se desconectará pero deberá tener guardado este valor; el segundo potenciómetro cuando este operativo variará de 0 a 20 y de 20 a 0 este se apagará cuando el potenciómetro tenga un valor de 0, el primer oscilador entrará en operación, en el máximo valor guardado, ósea en 20 voltios.

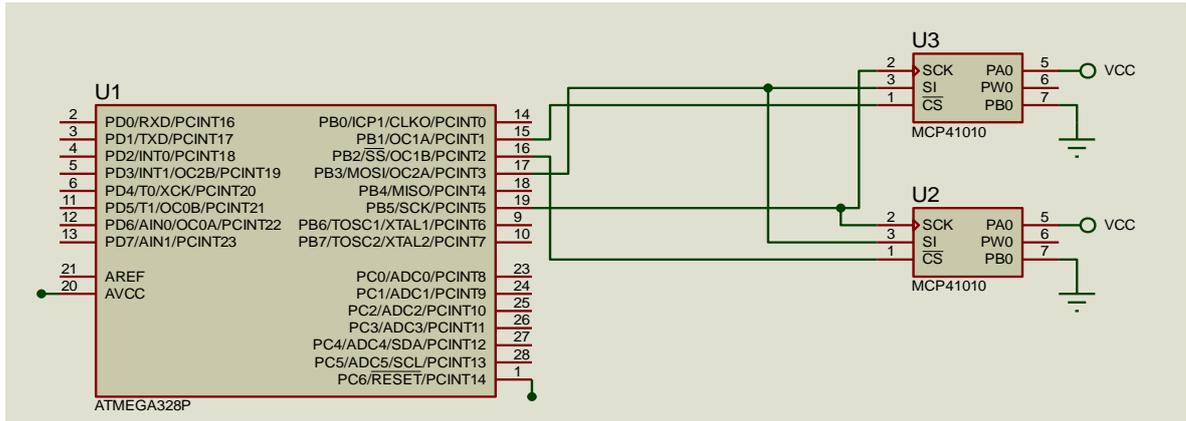


Figura 2. 14 Circuito de control del potenciómetro digital.  
Fuente: Autor

### 2.5.3.3. Diseño de un circuito no inversor.

Los potenciómetros digitales, se polarizan y funcionan con 5V, pero la fuente necesita variar de 0 a 20 V por esa razón se incorpora un amplificador no inversor, en la entrada tiene de 0 a 5V y a la salida amplificada de 0 a 20V en base al siguiente calculo.

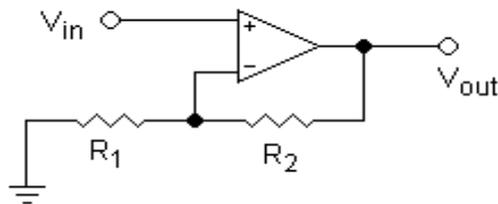


Figura N° 2. 15 Configuración amplificador no inversor.  
Fuente: Autor

$$V_{out} = V_{in} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$V_{out} = 5V \left( 1 + \frac{30K\Omega}{10K\Omega} \right)$$

$$V_{out} = 5V (1 + 3)$$

$$V_{out} = 20V$$

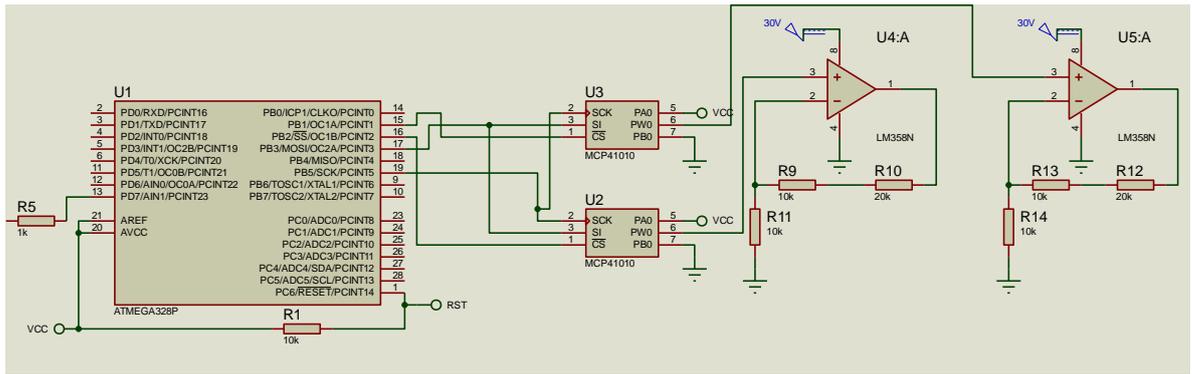


Figura 2. 16 Circuito amplificación del potenciómetro digital.  
Fuente: Autor

#### 2.5.3.4. Diseño del circuito de conexión del LCD

Se usara el LCD nokia 5110 el mismo que va hacer utilizado para la visualización de la frecuencia.

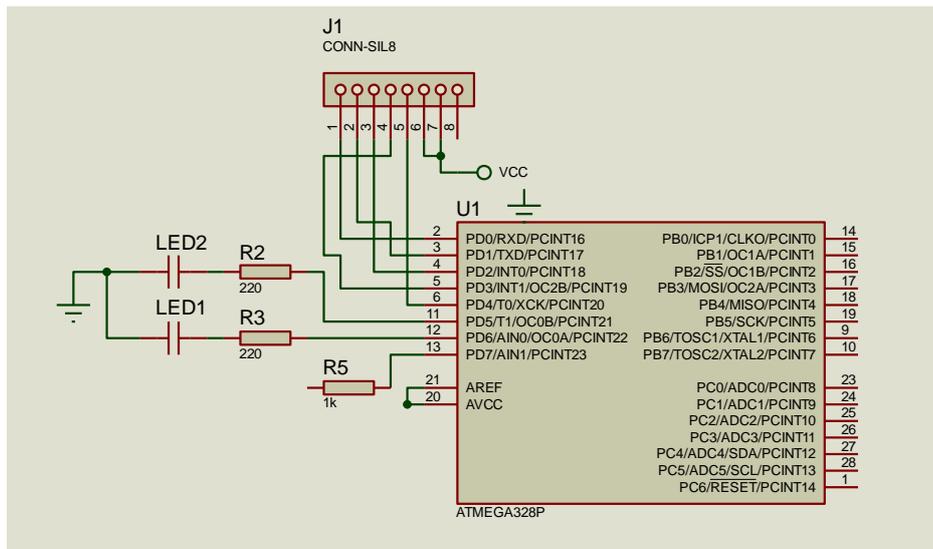


Figura 2. 17 Conexión pines LCD y el microprocesador.  
Fuente: Autor

#### 2.5.3.5. Diseño del circuito total de control.

Las diferentes etapas diseñadas para tener un solo circuito de control se la muestra en la figura 2.20, el circuito controlara las 3 fuentes de voltaje desde un solo potenciómetro analógico.

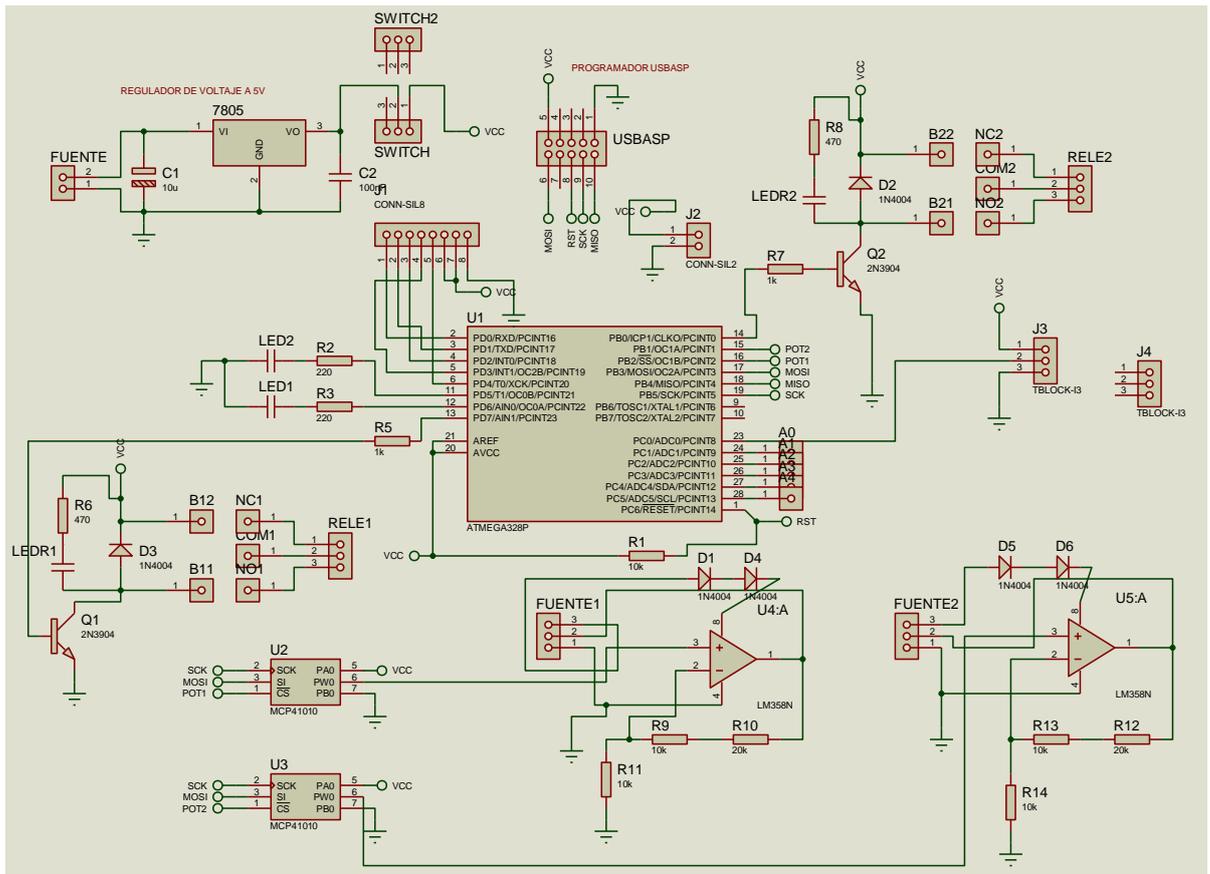


Figura 2. 18 Circuito Total de control  
Fuente:

### 2.5.3.6. Diseño de la placa PCB

Después de tener todas las etapas del sistema de control, se usa el programa Proteus ARES para el diseño de la placa impresa PBC, para poder implementar el circuito esto se hizo en auto ruteo tiene un número de placa 25 (grid), tiene tierra para no tener ruido, en la figura 2.22 se observa el circuito real ya terminado.

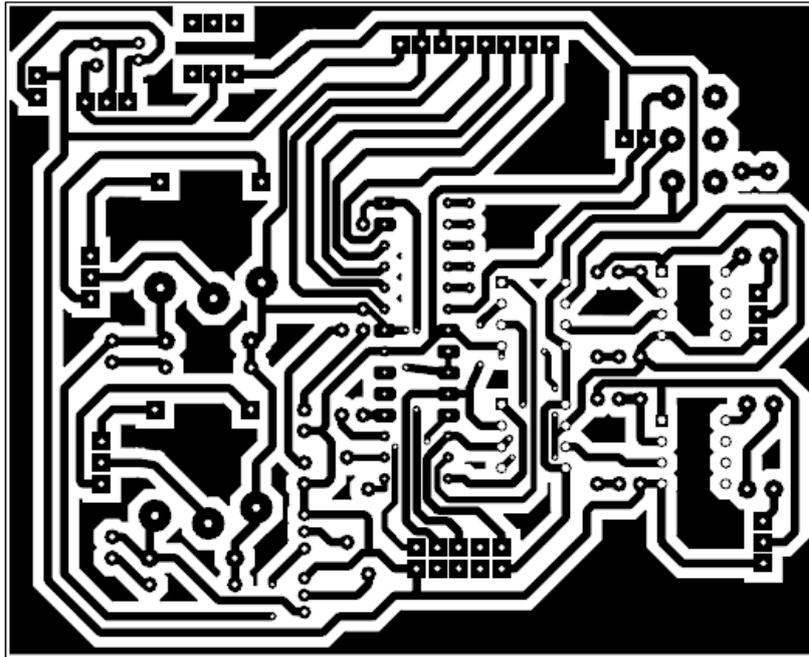


Figura 2. 19 Circuito impreso del circuito de control  
Fuente: Autor

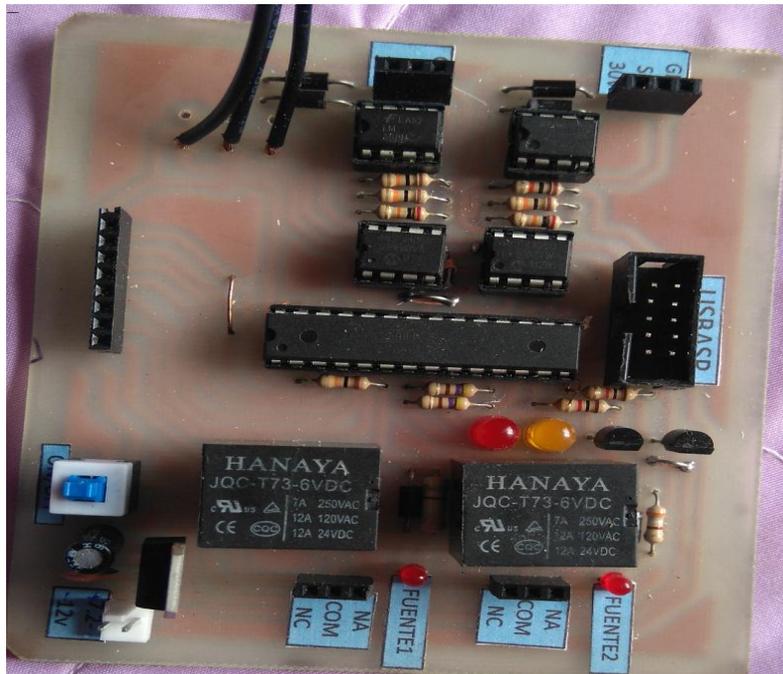


Figura2. 20 Control de voltaje armado  
Fuente: Autor

### 2.5.3.7. Diagrama de flujo del programa de control.

Este diagrama explica paso por paso, lo que hace el programa de control, para los potenciómetros digitales, y el potenciómetro analógico.

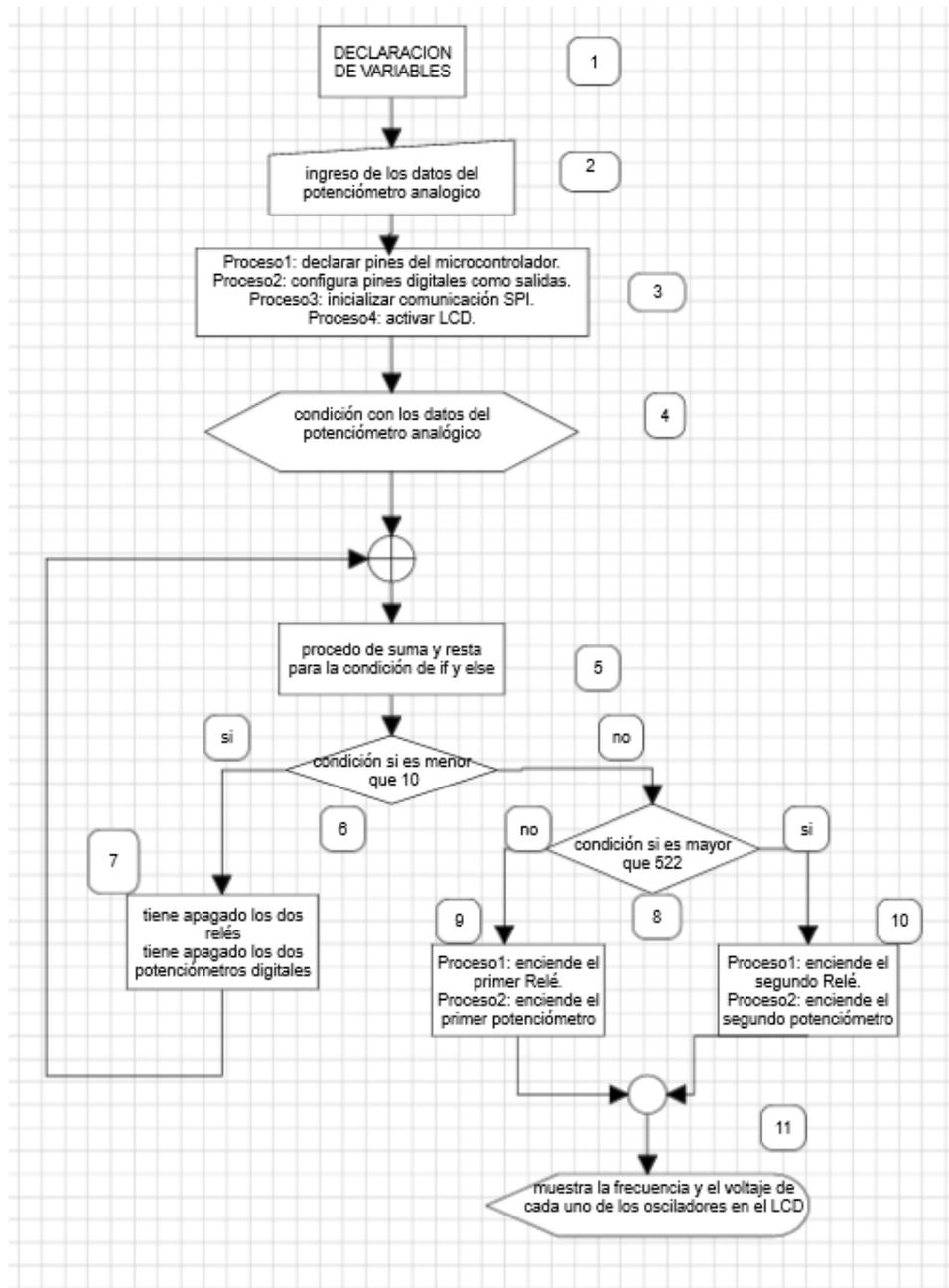


Figura 2. 21 Diagrama de Flujo  
Fuente:

1. Declara las variables que se van a utilizar en programa, se activa librería del LCD, se activa la comunicación serial SPI
2. Declara el pin 23 para que sea el ingreso analógico del potenciómetro analógico de 50k

define POT\_PIN 0

3. Declaran los pines del microprocesador

```
void spi_init_master ( vacío ) inicia comunicación SPI
DDRB = (1 << 10) | (1 << 9); declara pines
SPCR = (1 << SPE) | (1 << MSTR) | (1 << SPR0) pone como maestro a los pines
include "library/glcd/glcd.h" activa librería del NOKIA 5110
DDRD &= ~(1 << DDD10); activa como salida para escritura en potenciómetros
digitales
Const nume=10
DDRD &= ~(1 << DDD9);
DDRB|=(1<<DDB0); entrada analógica del potenciómetro
DDRD &= ~(1 << DDD7); salida de reles
DDRD &= ~(1 << DDD8);
DDRD &= ~(1 << DDD5); salida de led
DDRD &= ~(1 << DDD6);
Float a[] = {3562.9, 3572.6, 3580.3, 3589.5, 3610.7, 3620.1, 3661.3, 3690.5, 3710.6,
3758, 3806.8, 3870.6, 3920.8, 3956.6, 4015.4, 4067.2, 4110.9, 4148.6}
float b[] = {4102.6, 4163.5, 4223.8, 4335.7, 4457.8, 4590.2, 4716.5, 4832.3, 4945,
5054.9, 5164.5, 5267.8, 5375.1, 5421.1, 5560.8, 5651.5, 5752.7, 5808.2, 5876.9}
```

4. Es un operador por el cual nos indica que habrá un bucle, ya que el potenciómetro analógico tiene un valor de 10, tendremos un bucle con este valor.
5. Indica un valor de 1023 para poder tener 522 valores para cada potenciómetro.
6. Para el primer valor se preguntara si el valor es mayor que 10, para que estén apagados los dos potenciómetros, al iniciar el programa
7. Cuando sobre pase los 10, el primer potenciómetro se encenderá y el relé, seguirá en funcionamiento hasta que el valor sea mayor que 522, si sobre pasa este valor se apagaran el primer potenciómetro y el relé 1, en el primer potenciómetro, se enviara un valor en alto, para que el pin SC del potenciómetro lo desactive, y guarde el valor en el que estaba, el segundo

potenciómetro se encenderá enviando un valor en bajo para que le pin SC pueda activar el potenciómetro y el relé 2 también se encenderá.

- Los valores del LCD tendrán el primer oscilador de 0 a 18, con los valores de frecuencia que están la hoja de funcionamiento del oscilador, de 0 a 19 será visualizado para el segundo potenciómetro, el vector de frecuencia será visualizado según los contadores de 0 a 18 y de 0 a 19.

## 2.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

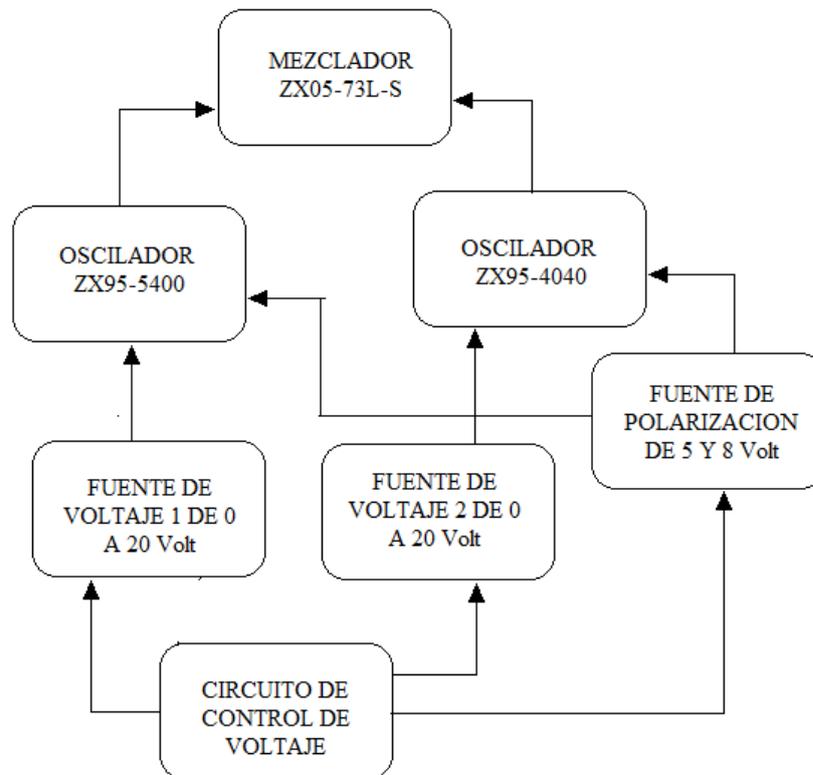


Figura 2. 22 Diagrama de bloques  
Fuente: Autor

El diagrama de la figura 2.22 muestra el funcionamiento del proyecto, los dos osciladores están polarizados por una fuente de 5 y 8 voltios, las otras dos fuentes varían la frecuencia de cada oscilador mediante la variación de voltaje, el circuito de control será el que controle la variación del voltaje de cada fuente, activara y desactivara la fuente de 5 y 8 voltios. El propósito es que el primer oscilador esté en

funcionamiento y el segundo este apagado y viceversa de acuerdo con el circuito de control, esto nos dará una salida y un solo ancho de banda.

### 2.6.1. Análisis

El análisis del proyecto ya implementado con todas sus etapas, se las realizó en un analizador de espectros, obteniendo valores de frecuencia de cada oscilador según el voltaje de las fuentes variables, estos valores están en la tabla 2.3

Tabla 2. 3 Valores medidos en el laboratorio

OSCILADOR 1		OSCILADOR 2	
VOLTAJE1	FRECUENCIA1	VOLTAJE2	FRECUENCIA2
1	3562,9	1	4102,6
2	3572,6	2	4163,5
3	3580,3	3	4223,8
4	3589,5	4	4335,7
5	3610,7	5	4457,8
6	3620,1	6	4590,2
7	3661,3	7	4716,5
8	3690,5	8	4832,3
9	3710,6	9	4945
10	3758	10	5054,9
11	3806,8	11	5164,5
12	3870,6	12	5267,8
13	3920,8	13	5375,1
14	3956,6	14	5421,1
15	4015,4	15	5560,8
16	4067,2	16	5651,5
17	4110,9	17	5752,7
18	4148,6	18	5808,2
		19	5876,9

Fuente: Autor

El análisis que se realizó en analizador de espectros de marca ANRITSU en un ancho de banda de 3 a 6GHz como referencia, se observó la señal mezclada de los dos osciladores la misma que nos da un solo ancho de banda que va desde los 3562,9 MGz hasta los 5876.9 MGz,

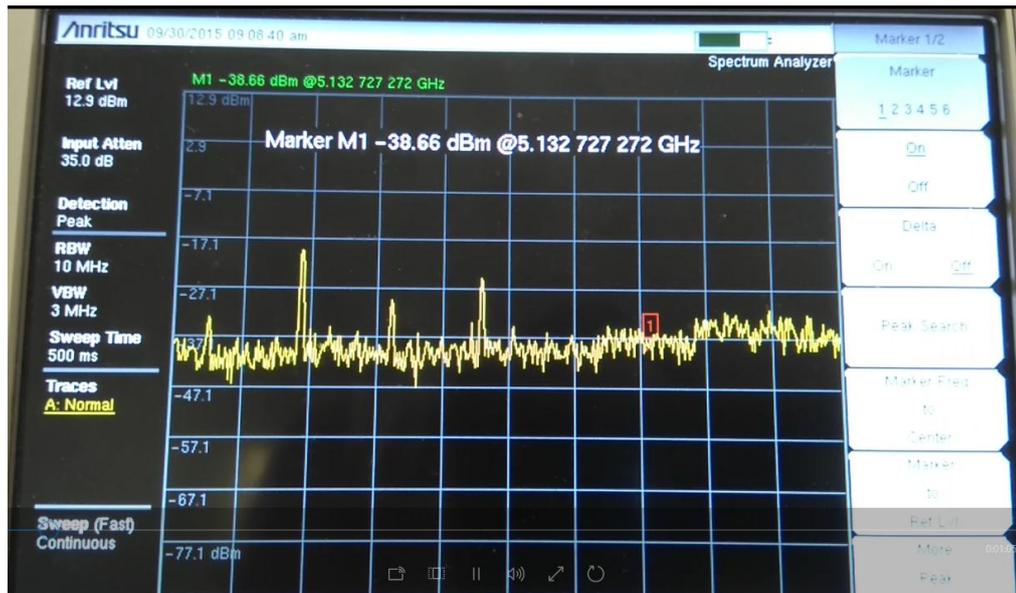


Figura 2. 23 Medición del proyecto en el analizador de espectros, funcionamiento del primer oscilador.  
Fuente: Autor.

Con el análisis realizado se advirtió que el proyecto no tiene ningún desfase como se pensaba, la frecuencia medidas son 3562.9 a 4148.6 MGz en el primer oscilador y de 40102 a 5876.9 MGz.

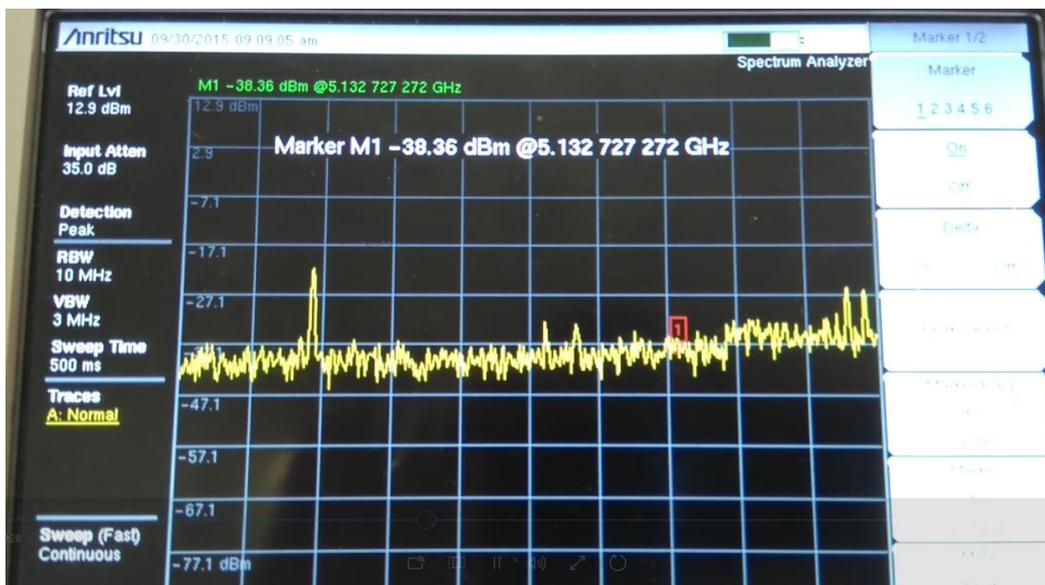


Figura 2. 24 Medición del proyecto en el analizador de espectros, funcionamiento del segundo oscilador.  
Fuente: Autor.

Estos valores analizados se los comparo con los valores del fabricante, observando que no existe tanta mucha diferencia con los datos medidos, esto indica que en el sistema no existe ruido.

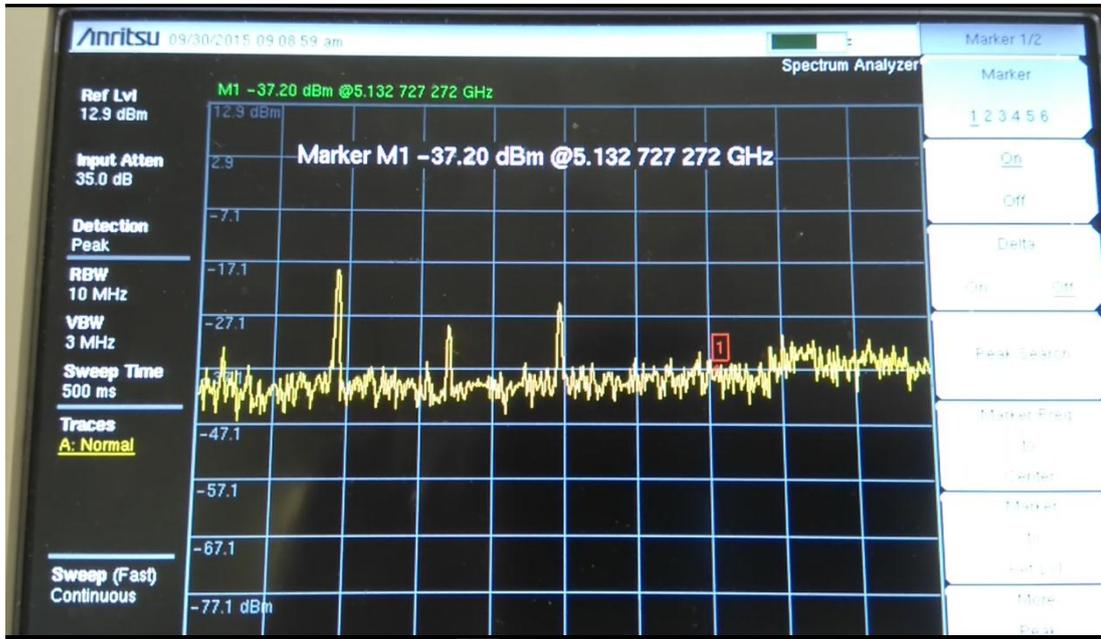


Figura 2. 25 Medición del proyecto en el analizador de espectros.  
Fuente: Autor.

En las imágenes se observan los armónicos que el fabricante da en los datos técnicos de cada oscilador.

## **CAPÍTULO III**

### **3. RESULTADOS.**

El resultado del proyecto fue óptimo, se pudo constatar que todos los circuitos de cada uno de los osciladores como fuentes y control contribuyeron en el buen funcionamiento al momento de variar la frecuencia de los osciladores, esto se observó en las pruebas que se realizaron.

Las pruebas se las realizo, en un analizador de espectros de marca ANRITSU, para realizar las pruebas se puso un ancho de banda de 3 a 6 GHz, al mover el potenciómetro analógico en el circuito de control, se observó cómo se mueve el espectro de frecuencia en los parámetros de cada oscilador, estos datos se los tomo midiendo el voltaje en cada fuente variable, es decir que al momento de ubicar un valor de 1 voltio en la fuente en el analizador tendremos la frecuencia, esto se hizo para valores de 0 a 18 y de 0 a 19 voltios para cada uno de los osciladores.

Con los valores medidos se realizó 2 tablas por cada oscilador, estas van hacer usadas para la resolución de la hipótesis, se verificara si existe relación con los valores medidos en el laboratorio con los valores dados por el fabricante.

#### **3.1. ENCUESTA.**

La población es el número de frecuencias según el voltaje, se tomara un número de muestras en el laboratorio, estas muestras se las relacionara con los parámetros de frecuencia que da el fabricante de los osciladores. Los datos se relacionaran con una ecuación de correlación, esta nos ayudara para resolver la hipótesis.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

**POBLACIÓN:** será el número de frecuencias dadas por el voltaje.

**MUESTRA:** se tomara el número de frecuencias, según el voltaje, los datos se tomaran de las pruebas hechas en el laboratorio.

### 3.3. PARÁMETROS DE ESTUDIO.

Para la elaboración de la hipótesis, nos concentraremos en el coeficiente de correlación, este coeficiente nos ayudara a comparar los valores del fabricante con los datos medidos en el laboratorio, referente a la frecuencia según el voltaje, en el primer oscilador son datos de 0 a 18 y en el segundo se tendrán datos de 0 a 19.

La ecuación que utilizaremos será la siguiente.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Dónde:

El coeficiente de correlación es r

F1 es la frecuencia según el voltaje dada por el fabricante

F2 es la frecuencia según el voltaje medida en el laboratorio.

$x = F1 - \text{media de } F1$

$y = F2 - \text{media de } F2$

Con estos datos tendremos la relación de  $-1 \leq r \leq 1$ , donde si  $r = 0$  no existiría ninguna correlación, pero si  $r = 1$  o  $-1$  tendremos una correlación perfecta entre ambas mediciones.

### 3.4. TABULACIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 3.1 se observa los valores medidos en el laboratorio de los osciladores (F2), y los datos dados por el fabricante (F1).

Tabla 3. 1 Frecuencias medidas de los osciladores.

OSCILADOR 1		OSCILADOR 2	
F1	F2	F1	F2
3562,8	3562,9	4098,0	4102,6
3569,8	3572,6	4160,3	4163,5
3578,4	3580,3	4234,1	4223,8
3590,1	3589,5	4334,2	4335,7
3605,5	3610,7	4456,5	4457,8
3625,9	3620,1	4589,4	4590,2
3652,8	3661,3	4715,3	4716,5
3683,6	3690,5	4834,1	4832,3
3720,8	3710,6	4947,7	4945,0
3764,0	3758,0	5055,5	5054,9
3810,6	3806,8	5166,5	5164,5
3862,4	3870,6	5268,9	5267,8
3913,8	3920,8	5371,0	5375,1
3966,6	3956,6	5422,1	5421,1
4015,4	4015,4	5562,3	5560,8
4065,1	4067,2	5649,8	5651,5
4108,0	4110,9	5750,6	5752,7
4148,6	4148,6	5805,1	5808,2
		5872,7	5876,9

Fuente: Autor

Con estos valores medidos podremos comparar los dos datos, con las cuales crearemos una tabla para cada oscilador.

Los datos para resolver la ecuación de correlación para el oscilador 1 están en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Cálculos para llegar a la correlación oscilador 1.

OSCILADOR 1						
F1	F2	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
3562,8	3562,9	3562,8	3562,9	12693900,1	12693543,8	12694256,4
3569,8	3572,6	3569,8	3572,6	12753467,5	12743472	12763470,8
3578,4	3580,3	3578,4	3580,3	12811745,5	12804946,6	12818548,1
3590,1	3589,5	3590,1	3589,5	12886664	12888818	12884510,3
3605,5	3610,7	3605,5	3610,7	13018378,9	12999630,3	13037154,5
3625,9	3620,1	3625,9	3620,1	13126120,6	13147150,8	13105124
3652,8	3661,3	3652,8	3661,3	13373996,6	13342947,8	13405117,7
3683,6	3690,5	3683,6	3690,5	13594325,8	13568909	13619790,3
3720,8	3710,6	3720,8	3710,6	13806400,5	13844352,6	13768552,4
3764,0	3758,0	3764	3758	14145112	14167696	14122564
3810,6	3806,8	3810,6	3806,8	14506192,1	14520672,4	14491726,2
3862,4	3870,6	3862,4	3870,6	14949805,4	14918133,8	14981544,4
3913,8	3920,8	3913,8	3920,8	15345227	15317830,4	15372672,6
3966,6	3956,6	3966,6	3956,6	15694249,6	15733915,6	15654683,6
4015,4	4015,4	4015,4	4015,4	16123437,2	16123437,2	16123437,2
4065,1	4067,2	4065,1	4067,2	16533574,7	16525038	16542115,8
4108,0	4110,9	4108	4110,9	16887577,2	16875664	16899498,8
4148,6	4148,6	4148,6	4148,6	17210882	17210882	17210882
3791,34444	3791,85556			29904782,1	29904425,8	29905138,4
	r=	0,99950942				

Fuente: Autor

Los datos que obtenemos son:

Media de F1= 3791,34444.

Media de F2= 3791,85556.

Con lo cual en la tabla se obtiene x, y, xy, y, estos valores tenemos el resultado de r = 0,99950942.

Con estos valores tendremos una gráfica la cual nos indicara la correlación que existe entre las dos mediciones.

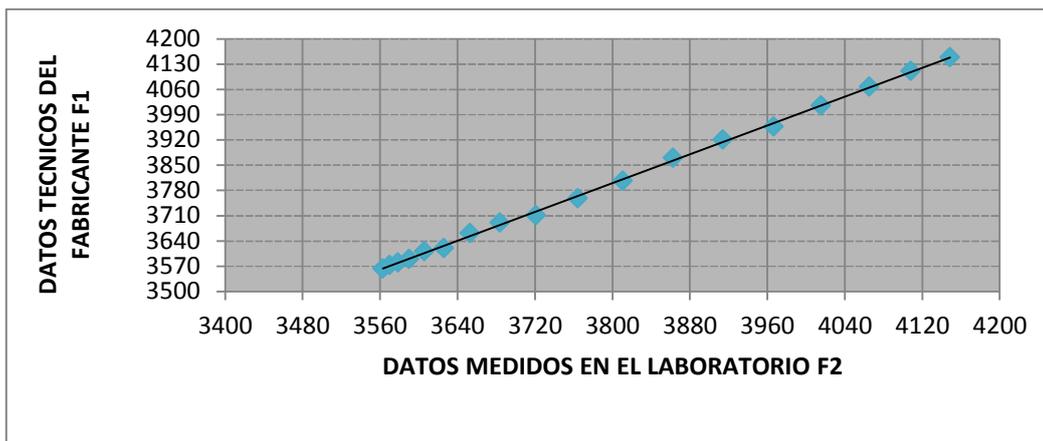


Figura 3. 1 Gráfico de correlación del oscilador 1  
Fuente: Autor

Tabla 3. 3 Cálculos para llegar a la correlación oscilador 2.

OSCILADOR 2						
F1	F2	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
4098	4102,6	-917,5	-558	511987,05	841767,62	311405,12
4160,3	4163,5	-855,2	-852,3	728900,52	731331,03	726478,09
4234,1	4223,8	-781,4	-792	618880,91	610553,06	627322,36
4334,2	4335,7	-681,3	-680,1	463362,91	464141	462586,12
4456,5	4457,8	-559	-558	311930,85	312457,46	311405,12
4589,4	4590,2	-426,1	-425,6	181354,9	181543,27	181166,72
4715,3	4716,5	-300,2	-299,3	89854,618	90107,4	89602,545
4834,1	4832,3	-181,4	-183,5	33289,719	32898,323	33685,772
4947,7	4945	-67,8	-70,8	4801,2466	4593,9857	5017,8582
5055,5	5054,9	40	39,1	1563,3487	1601,6847	1525,9303
5166,5	5164,5	151	148,7	22451,267	22807,358	22100,735
5268,9	5267,8	253,4	252	63852,769	64222,23	63485,433
5371	5375,1	355,5	359,3	127725,62	126395,22	129070,02
5422,1	5421,1	406,6	405,3	164788,53	165340,68	164238,23
5562,3	5560,8	546,8	545	297997,33	299013,26	296984,84
5649,8	5651,5	634,3	635,7	403214,52	402363,2	404067,65
5750,6	5752,7	735,1	736,9	541683,62	540402,96	542967,31
5805,1	5808,2	789,6	792,4	625666,63	623501,41	627839,37
5872,7	5876,9	857,2	861,1	738121,47	734827,93	741429,76
5015,5	5015,8368			1250108,5	1576595,6	1052834,9
	r=	0,9999838				

Fuente: Autor

En la tabla 3.3 se observa los valores de las variables para la resolución de la ecuación de correlación del oscilador 2

Los datos que obtenemos son:

Media de F1= 5015,5

Media de F2= 5015,83684

Con lo cual en la tabla se obtiene x, y, xy, y así obtenemos el resultado de  $r = 0,99998381$

Con estos valores tendremos una gráfica la cual nos indicara la correlación que existe entre las dos mediciones.

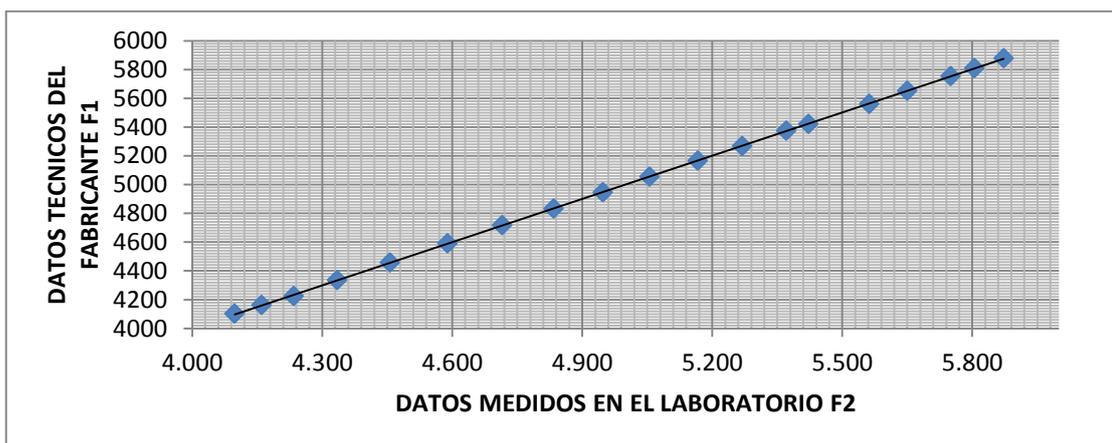


Figura 3. 2 Gráfico de correlación del oscilador 1  
Fuente: Autor

### 3.5. RESULTADOS OBTENIDOS

Con los resultados obtenidos en el proceso de pruebas y mediciones del proyecto nos damos cuenta que el sistema es estable ya que el factor de correlación de los dos osciladores está en el rango deseado cercano a 1

La hipótesis planteada es positiva porque sabemos que los estudiantes de los semestres superiores que estén cruzando materias de, microondas, antenas, satelital, celular, comunicaciones digitales, comunicación Wi-Fi, WiMax; podrán utilizar el

proyecto, y hacer prácticas con las diferentes frecuencias que nos da el proyecto, cabe indicar que las frecuencias están desde 3562 a 4148 MHz y desde 4098 a 5872 MHz, con los cual vemos que no habrá un desfase de frecuencia entre los dos osciladores como se pensaba al principio.

## CAPITULO IV

### 4. DISCUSIÓN

El diseño e implementación de un oscilador de 3.6 a 5.4 GHz es para la Carrera de la de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, para el estudio practico en la cátedra de microondas, se realizó un estudio de los integrados necesarios para el proyecto, dos osciladores y un mezclador, nos proporciona la capacidad de diseñar dos fuentes de voltaje variable para el control de frecuencia de los osciladores, una fuente estática para la polarización de los mismos y un control para las fuentes de voltaje.

Al implementar las fuentes de voltaje se deseaba que sean de 0 a 20 voltios para el control de la frecuencia de los osciladores, la fuentes de voltaje de polarización se las hizo de 5 y 8 voltios para cada uno de los mismos y el circuito de control se armó para que controle a las dos fuentes de voltaje variable y a la fuente de 5 y 8 voltios, se observó los valores de la frecuencia de la hoja de datos del fabricante en un LCD NOKIA 5110.

Las pruebas se las realizo en un analizador de espectros, dieron valores positivos, se obtuvo una señal mezclada de los dos osciladores, se adquirió un solo oscilador de 3.6 a 5.4 GHz, los valores vistos en la pruebas se las comparo con los datos de la hoja técnica del fabricante.

Con los valores medidos y los valores del fabricante, en este caso la frecuencia según la variación del voltaje, se los comparo entre si cada valor obteniendo un valor cercano a 1 en los dos osciladores, esto nos indicó que los datos medidos están relacionados con los del fabricante.

## **CAPITULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- ❖ Concluimos que el sistema es estable, por lo que podrá brindar un soporte técnico a los estudiantes que ocupen este equipo.
- ❖ Las frecuencias medidas están en relación con el voltaje, así como se muestra en los datos técnicos de los osciladores.
- ❖ Con el rango de frecuencia que trabajara el oscilador, el usuario podrá hacer prácticas en las tecnologías, WIMAX, transmisiones de microondas, transmisión satelital, tecnología entre 3,5 y 5.8 GHz.

#### **5.2. RECOMENDACIONES**

- ❖ Recomendamos que se tenga mucho cuidado con los armónicos que se van encuentra en el oscilador cuando se vaya a trabajar con el mismo.
- ❖ Recomendamos tener mucho cuidado al momento de variar la frecuencia con el potenciómetro, ya que el mismo es muy sensible al tacto.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. PROPUESTA**

#### **6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN OSCILADOR DE 3.6 A 4.04 Y DE 4.3 A 5.4Ghz, PARA EL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.”

#### **6.2. INTRODUCCIÓN**

En vista de los cambios, avances tecnológicos y la urgencia de profesionales totalmente capaces y competitivos en el área de las telecomunicaciones hemos observado la necesidad de complementar los conocimientos teóricos, así como también se ha palpado las limitaciones que tiene nuestra escuela (en lo referente a laboratorios de altas frecuencias), es necesario cambiar este déficit con instrumentos que nos permitan realizar prácticas en lo que se refiere al estudio de las altas frecuencias.

En el área de microondas, tenemos una variedad muy extensa de aplicaciones, esto se observa en la vida diaria, con dispositivos que son una necesidad, como profesionales en el área de las telecomunicaciones, es obligación tener conocimiento de esta área, como la tecnología sigue en desarrollo, principalmente en la transmisión de datos, redes de móviles, celulares, transmisión satelital, y todo referente a transmisión en frecuencias altas.

Para dar un soporte técnico adecuado en el laboratorio de microondas, a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, se pone a disposición el diseño e implementación de un oscilador de 3.6 a 4.04 y de 4.3 a 5.4 GHz.

### **6.3. OBJETIVOS**

#### **6.3.1. Objetivo General**

Diseño e implementación de un oscilador de 3.6 a 4.04 y de 4.3 a 5.4 GHz, para el laboratorio de la escuela de ingeniería electrónica y telecomunicaciones.

#### **6.3.2. Objetivos Específicos**

Para cumplir con el objetivo general del proyecto se deben cumplir también con los siguientes objetivos:

- ❖ Determinar los componentes necesarios para el diseño del oscilador.
- ❖ Determinar las características de los circuitos integrados para alta frecuencia.
- ❖ Determinar qué tipos de fuentes de voltaje se van a utilizar.
- ❖ Determinar el equipo que se va a utilizar para las pruebas.

### **6.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA**

Este proyecto se fundamentara en el estudio de microondas, se utilizara circuitos integrados MMIC, para cumplir con el objetivo de diseñar un oscilador.

Para poder controlar los osciladores se tendrá que implementar circuitos de voltaje y control para el funcionamiento del proyecto, la idea del diseño en si es poder controlar a dos osciladores con dos fuentes de voltaje, estas deben ser controladas por 1 solo potenciómetro analógico.

### **6.5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

La propuesta del proyecto viene dada por la falta de instrumentos y material existente en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, para el estudio practico de microondas, se dispuso la implementación de un instrumento para el estudio de las mismas, un oscilador de 3.5 a 5.8 GHz.

## 6.6. DISEÑO ORGANIZACIONAL

El diseño jerárquico que va a tener el presente proyecto, se lo detalla en la figura 52 de la siguiente manera:

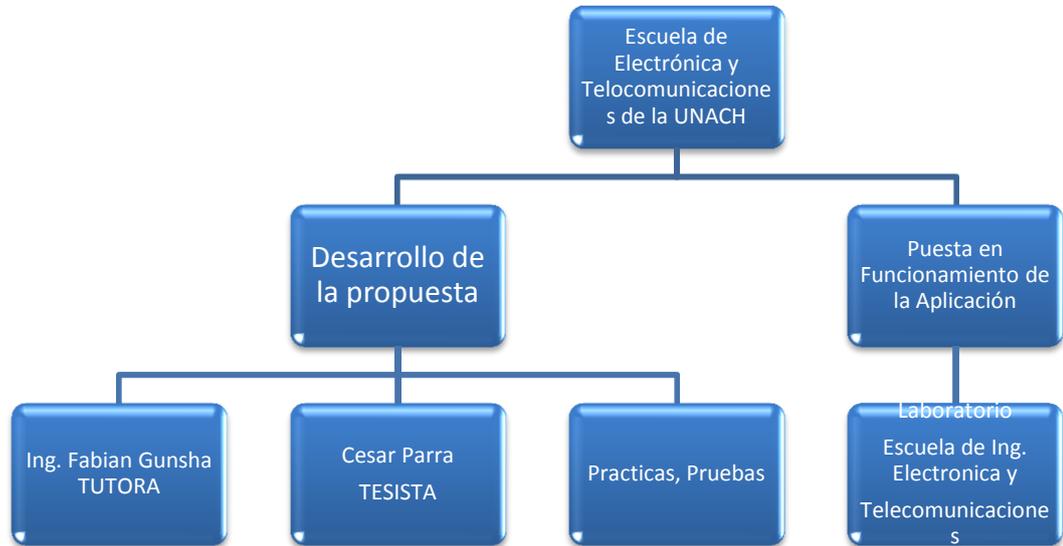


Figura 6. 1 Orden jerárquico del proyecto.

## CAPÍTULO VII

### 7. BIBLIOGRAFÍA

- avdweb. (2015). *How to use the Nokia 5110 LCD Module at Arduino*. Obtenido de <http://www.avdweb.nl/arduino/hardware-interfacing/nokia-5110-lcd.html#top>
- Corporation, A. (2015). *Atmel-8271J-AVR-ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA/328/328P*.
- Hernández, J. (6 de 10 de 2011). *Entendiendo los Potenciómetros digitales*. Obtenido de <http://smdelectronicayalgomas.blogspot.com/2011/10/entendiendo-los-potenciometros.html#.VpMb4FR95dj>
- José-María Zamanillo Sainz de la Maza, C. P.-V. (2006). *Método de extracción de modelos circuitales de dispositivos encapsulados de microondas*. Obtenido de <http://bucserver01.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/3339/M%E9todo%20de%20extracci%F3n.pdf?sequence=1>
- Pérez, E. L. (2003). *INGENIERIA EN MICROCONTROLADORES Protocolo SPI( Serial Peripheral Interface)*. Obtenido de <http://www.i-micro.com/pdf/articulos/spi.pdf>
- Rosa, A. P. (s.f.). *Tecnología VCO - Monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos4/vco/vco.shtml>
- Sweet, A. (1990). *MIC & MMIC amplifier and oscillator circuit design*. Artech House.
- Telmo Javier Velasco Romero, G. V. (2007). *Diseño e Implementacion de un laboratorio de microondas con tecnologia MMIC*. Riobamba.

# ANEXOS

## ANEXO1

### Coaxial Voltage Controlled Oscillator

ZX95-4040+

Linear Tuning 3685 to 4040 MHz

#### Features

- low phase noise
- low pushing
- low pulling
- protected by US patent 6,790,049

#### Applications

- r & d
- lab
- instrumentation
- wireless communication
- WiMAX



CASE STYLE: GB956

Connectors	Model	Price	Qty.
SMA	ZX95-4040-S+	\$40.95 ea.	(1-9)

**+RoHS Compliant**  
The +Suffix identifies RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodologies and qualifications

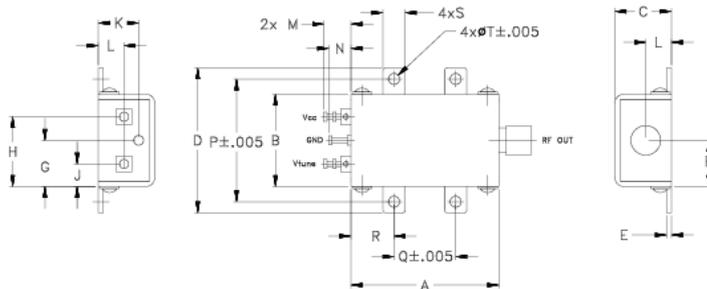
#### Electrical Specifications

MODEL NO.	FREQ. (MHz)		POWER OUTPUT (dBm)	PHASE NOISE dBc/Hz SSB at offset frequencies, kHz				TUNING				NON HARMONIC SPURIOUS (dBc)	HARMONICS (dBc)		PULLING pk-pk @12 dB (MHz)	PUSHING (MHz/V)	DC OPERATING POWER		
	Min.	Max.		Typ.	1	10	100	1000	VOLTAGE RANGE (V)	SENSITIVITY (MHz/V)	PORT CAP (pF)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	Typ.			Typ.	Typ.	Vcc (volts)
ZX95-4040+	3685	4040	+6	-70	-96	-117	-138	1	18	39-54	20	170	-90	-20	-10	5	0.5	8	43

#### Maximum Ratings

Operating Temperature -55°C to 85°C  
 Storage Temperature -55°C to 100°C  
 Absolute Max. Supply Voltage (Vcc) 9V  
 Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune) 20V  
 All specifications 50 ohm system  
 Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

#### Outline Drawing



#### Outline Dimensions (Inch/mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	wt.
1.20	.75	.46	1.18	.04	.38	.38	.57	.18	.33	.21	.22	.18	1.00	.50	.35	.18	.106	grams
30.48	19.05	11.68	29.97	1.02	9.65	9.65	14.48	4.57	8.38	5.33	5.59	4.57	25.40	12.70	8.89	4.57	2.69	35.0



P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4661 *The Design Engineers Search Engine* Provides ACTUAL Data Instantly at [minicircuits.com](http://minicircuits.com)

Notes: 1. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification sheet are intended to be excluded and do not form a part of this specification sheet. 2. Electrical specifications and performance data contained herein are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions. 3. The parts covered by this specification sheet are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp](http://www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp).

For detailed performance specs & shipping online see web site

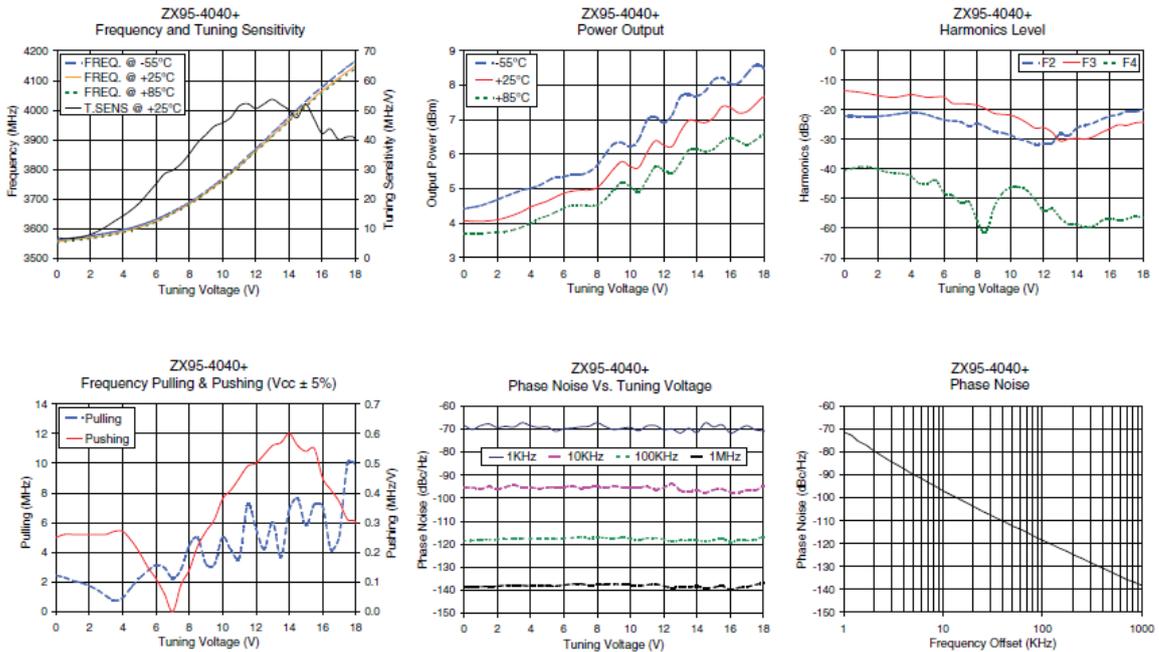
REV. OR  
M11 9372  
EDR-7633/1P2  
ZX95-4040+  
RAV  
120906  
Page 1 of 2

# Performance Data & Curves\*

# ZX95-4040+

V TUNE	TUNE SENS (MHz/V)	FREQUENCY (MHz)			POWER OUTPUT (dBm)			Icc (mA)	HARMONICS (dBc)			FREQ. PUSH (MHz/V)	FREQ. PULL (MHz)	PHASE NOISE (dBc/Hz) at offsets				FREQ OFFSET (KHz)	PHASE NOISE at 3910MHz (dBc/Hz)
		-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C		F2	F3	F4			1kHz	10kHz	100kHz	1MHz		
0.00	7.01	3562.2	3556.0	3553.0	4.42	4.07	3.69	37.49	-22.1	-13.5	-40.5	0.25	2.43	-68.4	-95.5	-118.6	-138.5	1.0	-71.29
0.50	6.63	3565.6	3559.5	3556.5	4.46	4.06	3.71	37.49	-22.1	-13.7	-39.7	0.26	2.29	-70.1	-95.4	-118.4	-138.6	2.0	-79.42
1.00	6.77	3568.8	3562.8	3559.8	4.51	4.06	3.71	37.48	-22.1	-14.1	-39.2	0.26	2.08	-68.5	-96.0	-118.0	-138.5	3.5	-85.80
2.00	8.03	3575.7	3569.8	3566.9	4.68	4.10	3.73	37.47	-22.1	-15.1	-40.0	0.26	1.73	-69.3	-96.0	-117.9	-138.4	6.0	-91.40
3.00	10.80	3584.5	3578.4	3575.4	4.87	4.24	3.81	37.44	-21.5	-15.8	-41.3	0.26	1.05	-69.1	-94.4	-117.5	-138.0	8.5	-95.10
4.00	14.39	3596.2	3590.1	3587.0	5.02	4.47	4.00	37.41	-20.8	-14.8	-42.4	0.27	0.93	-68.5	-95.3	-117.6	-138.3	10.0	-96.98
5.00	18.82	3611.3	3605.5	3602.6	5.22	4.64	4.21	37.37	-21.6	-15.8	-44.8	0.20	2.23	-68.9	-95.4	-117.7	-138.1	20.8	-104.04
6.00	25.24	3631.9	3625.9	3623.2	5.35	4.87	4.44	37.31	-23.3	-15.7	-47.3	0.11	3.13	-69.8	-95.2	-117.5	-137.9	35.5	-109.10
7.00	29.74	3658.3	3652.8	3650.2	5.41	4.96	4.52	37.22	-24.0	-17.9	-51.5	0.00	2.24	-69.0	-95.7	-117.0	-137.3	60.7	-113.76
8.00	35.31	3688.7	3683.6	3681.8	5.68	5.03	4.52	37.13	-24.6	-18.4	-57.5	0.14	4.45	-67.3	-95.0	-117.1	-137.6	86.7	-117.32
9.00	41.79	3726.0	3720.8	3719.0	6.30	5.58	4.97	37.00	-27.2	-21.1	-53.0	0.27	3.20	-70.2	-94.7	-117.6	-137.2	100.0	-118.49
10.00	45.75	3768.8	3764.0	3762.6	6.22	5.64	5.05	36.88	-28.5	-21.7	-46.3	0.38	5.02	-69.3	-95.5	-117.6	-137.8	148.1	-121.98
11.00	51.35	3816.8	3810.6	3808.7	6.99	6.06	5.27	36.76	-30.6	-24.4	-47.3	0.45	3.60	-68.6	-95.0	-117.4	-137.8	177.0	-123.37
12.00	50.62	3869.5	3862.4	3860.1	6.91	6.26	5.54	36.67	-31.4	-26.0	-54.2	0.50	5.59	-70.3	-95.5	-118.0	-138.2	211.6	-125.14
13.00	53.66	3922.7	3913.8	3910.0	7.67	6.66	5.76	36.58	-28.1	-30.5	-56.5	0.56	6.02	-71.7	-96.6	-118.4	-138.6	302.4	-128.22
14.00	50.14	3976.7	3966.6	3961.7	7.69	6.95	6.15	36.53	-26.2	-29.6	-58.7	0.60	6.87	-71.4	-96.6	-118.3	-138.4	361.5	-129.75
15.00	52.05	4028.4	4015.4	4009.8	8.16	7.07	6.15	36.47	-24.4	-29.0	-59.3	0.54	5.79	-69.0	-96.4	-118.2	-138.9	507.5	-132.67
16.00	42.21	4077.0	4065.1	4058.7	8.05	7.35	6.48	36.45	-22.1	-26.3	-56.6	0.45	7.09	-71.7	-97.5	-119.1	-139.8	606.7	-134.27
17.00	40.11	4122.1	4108.0	4100.2	8.34	7.24	6.28	36.41	-20.4	-25.2	-56.9	0.37	5.07	-68.6	-96.5	-118.4	-138.6	851.6	-136.92
18.00	40.39	4165.1	4148.6	4140.0	8.51	7.67	6.58	36.38	-20.1	-24.2	-56.4	0.30	9.79	-70.8	-95.0	-116.8	-137.1	1000.0	-138.20

\*at 25°C unless mentioned otherwise



ISO 9001 ISO 14001 AS 9100 CERTIFIED

P.O. Box 350166, Brooklyn, New York 11235-0003 (718) 934-4500 Fax (718) 332-4881 The Design Engineers Search Engine Provides ACTUAL Data Instantly at [minicircuits.com](http://minicircuits.com)

IF/RF MICROWAVE COMPONENTS

For detailed performance specs & shopping online see web site

Notes: 1. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification sheet are intended to be excluded and do not form a part of this specification sheet. 2. Electrical specifications and performance data contained herein are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions. 3. The parts covered by this specification sheet are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp](http://www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp).

## ANEXO 2.

Coaxial

# Voltage Controlled Oscillator

ZX95-5400+

Linear Tuning 4300 to 5400 MHz

### Features

- linear tuning characteristics
- low harmonics, -30 dBc typ.
- low pulling
- low pushing
- protected by US patent 6,790,049

### Applications

- r & d
- lab
- instrumentation
- wireless communications
- point-to-point



CASE STYLE: G8956

Connectors	Model
SMA	ZX95-5400-S+

### +RoHS Compliant

The +RoHS identifies RoHS Compliance. See our website for RoHS Compliance methodologies and qualifications.

### Electrical Specifications

MODEL NO.	FREQ. (MHz)		POWER OUTPUT (dBm)	PHASE NOISE dBc/Hz SSB at offset frequencies, kHz				TUNING				NON HARMONIC SPURIOUS (dBc)	HARMONICS (dBc)			PULLING pk-pk @ 12 dB (MHz)	PUSHING (MHz/V)	DC OPERATING POWER	
	Min.	Max.		Typ.	1	10	100	1000	VOLTAGE RANGE (V)	SENSITIVITY (MHz/V)	PORT CAP (pF)		3 dB MODULATION BANDWIDTH (MHz)	Typ.	Typ.			Max.	Typ.
ZX95-5400+	4300	5400	-0.5	-56	-83	-104	-124	0.5	19	70-130	20	150	-90	-30	-15	9	14	5	30

### Maximum Ratings

Operating Temperature -55°C to 85°C

Storage Temperature -55°C to 100°C

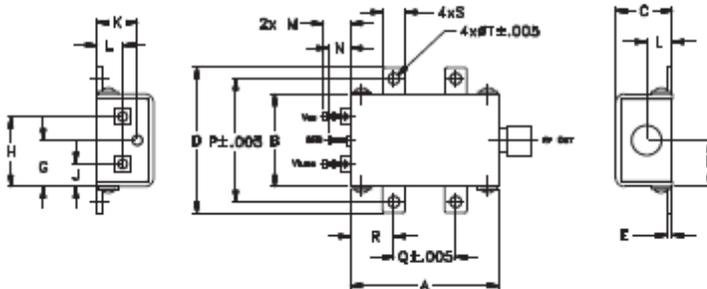
Absolute Max. Supply Voltage (Vcc) 6.5V

Absolute Max. Tuning Voltage (Vtune) 21.0V

All specifications 50 ohm system

Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

### Outline Drawing



### Outline Dimensions (inch/mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	Wt.
1.20	.75	.46	1.18	.04	.38	.38	.57	.18	.33	.21	.22	.18	1.00	.50	.35	.18	.106	grams
30.48	19.05	11.68	29.97	1.02	9.65	9.65	14.48	4.57	8.38	5.33	5.59	4.57	25.40	12.70	8.89	4.57	2.69	35.0

### Notes

- Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.
- Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions.
- The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits' standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"). Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/NCI/Store/termsupp](http://www.minicircuits.com/NCI/Store/termsupp)

**Mini-Circuits**

[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

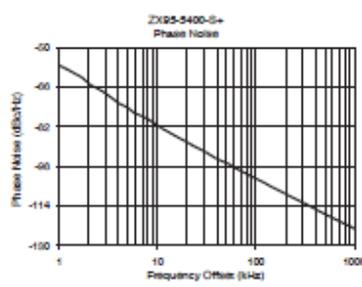
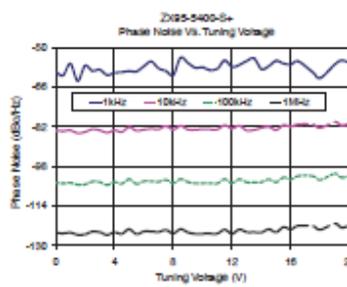
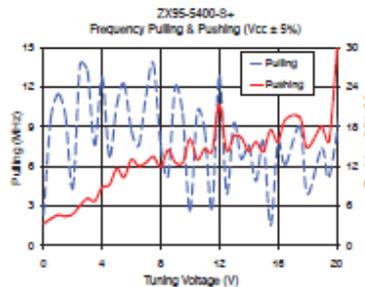
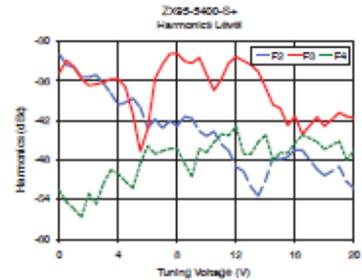
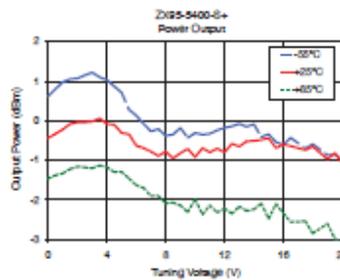
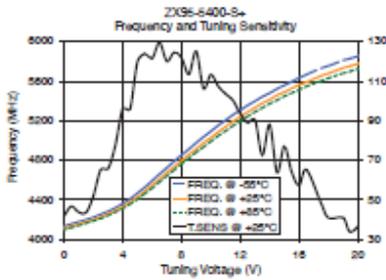
REV. A  
MH02101  
EDN-11004  
ZX95-5400+  
SMA  
110715  
Page 1 of 2

# Performance Data & Curves\*

# ZX95-5400+

V TUNE	TUNE SENS (MHz/V)	FREQUENCY (MHz)			POWER OUTPUT (dBm)			Icc (mA)	HARMONICS (dBc)			FREQ. PUSH (MHz/V)	FREQ. PULL (MHz)	PHASE NOISE (dBc/Hz) at offsets				FREQ OFFSET (kHz)	PHASE NOISE at 4850 MHz (dBc/Hz)
		-55°C	+25°C	+85°C	-55°C	+25°C	+85°C		F2	F3	F4			1kHz	10kHz	100kHz	1MHz		
0.00	41.82	4132.5	4111.6	4098.6	0.62	-0.44	-1.46	22.74	-32.0	-34.8	-52.6	3.36	2.33	-59.74	-83.5	-104.5	-124.8	1.0	-57.22
0.50	46.65	4156.1	4132.6	4119.6	0.80	-0.33	-1.38	22.76	-33.6	-32.9	-54.4	4.08	9.62	-61.21	-83.7	-104.9	-125.0	2.5	-66.68
1.00	43.78	4177.3	4155.9	4140.4	0.98	-0.22	-1.33	22.77	-34.0	-33.9	-55.4	4.65	11.48	-56.48	-83.4	-104.6	-124.7	4.1	-72.67
2.50	65.26	4252.9	4225.5	4211.1	1.15	-0.04	-1.18	22.80	-35.1	-36.5	-54.7	6.09	13.75	-59.40	-82.9	-104.1	-124.2	6.9	-77.65
3.00	65.80	4283.1	4258.1	4240.8	1.22	-0.02	-1.20	22.76	-36.4	-36.2	-51.5	7.14	13.22	-58.87	-83.4	-104.3	-124.5	10.0	-81.47
4.00	96.08	4362.9	4329.8	4311.5	1.03	-0.08	-1.17	22.69	-39.6	-35.7	-50.1	8.83	12.74	-60.21	-83.4	-104.3	-124.6	11.3	-82.82
5.00	119.84	4467.2	4425.8	4405.3	0.71	-0.31	-1.29	22.55	-38.6	-41.1	-52.3	11.65	10.63	-59.45	-82.1	-103.1	-123.3	22.3	-89.35
6.00	121.58	4592.3	4547.7	4518.1	0.13	-0.63	-1.63	22.36	-43.2	-43.3	-45.9	13.00	8.72	-57.53	-83.1	-103.9	-124.2	37.5	-94.28
7.00	120.19	4723.2	4673.2	4640.8	-0.27	-0.78	-1.90	22.26	-42.2	-33.5	-46.6	12.57	11.31	-58.35	-83.0	-104.2	-124.4	61.8	-98.65
7.50	124.51	4788.8	4733.3	4701.3	-0.21	-0.89	-1.90	22.20	-43.1	-31.9	-46.3	13.45	13.76	-59.42	-81.7	-103.3	-123.6	86.7	-101.75
8.00	121.82	4852.9	4795.6	4762.6	-0.38	-0.78	-2.09	22.18	-42.8	-31.8	-46.3	11.97	7.56	-61.02	-83.1	-104.7	-125.0	100.0	-102.84
9.00	125.03	4977.2	4913.3	4880.8	-0.18	-0.82	-2.14	22.11	-41.7	-33.3	-50.5	12.57	12.05	-56.18	-83.1	-104.3	-124.6	145.5	-106.33
10.00	113.24	5093.3	5028.9	4991.7	-0.31	-0.92	-1.99	22.03	-44.4	-35.0	-46.8	16.16	2.62	-57.96	-82.9	-104.7	-125.1	170.8	-107.65
12.00	93.68	5307.0	5241.2	5197.5	-0.18	-0.80	-2.22	21.97	-49.1	-32.4	-42.9	21.33	12.85	-57.76	-82.6	-104.7	-125.2	204.2	-109.26
13.00	90.49	5398.7	5332.6	5289.7	-0.08	-0.65	-2.17	21.96	-52.0	-33.5	-47.1	16.57	9.30	-55.34	-83.5	-104.4	-124.5	286.7	-112.25
13.50	72.63	5443.5	5377.8	5330.6	-0.15	-0.52	-2.28	21.97	-53.5	-34.6	-45.3	16.33	6.55	-54.34	-83.2	-104.4	-124.5	336.6	-113.56
15.00	77.16	5559.5	5490.1	5448.4	-0.34	-0.44	-2.48	21.92	-47.9	-40.2	-46.9	14.24	7.93	-55.31	-83.3	-104.4	-124.5	472.5	-116.66
16.00	57.42	5633.0	5560.7	5511.3	-0.61	-0.60	-2.34	21.89	-46.5	-41.4	-45.4	15.68	7.79	-56.79	-81.9	-103.2	-123.3	564.9	-118.19
18.00	40.89	5754.9	5678.9	5630.4	-0.59	-0.65	-2.85	21.84	-50.4	-42.9	-46.4	14.83	3.93	-62.27	-82.4	-103.4	-123.5	931.1	-122.43
19.00	40.89	5811.1	5734.1	5680.8	-0.87	-0.97	-2.60	21.80	-49.0	-40.8	-45.1	18.05	7.37	-56.77	-80.0	-100.9	-121.0	1000.0	-123.12

\*at 25°C unless mentioned otherwise



Notes:  
 A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.  
 B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions.  
 C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits' standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"). Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MCQ/Store/terms.jsp](http://www.minicircuits.com/MCQ/Store/terms.jsp)



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350186, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

# ANEXO 3.

## Coaxial Frequency Mixer WIDE BAND

### ZX05-73L+

Level 4 (LO Power +4 dBm) 2400 to 7000 MHz



#### Maximum Ratings

Operating Temperature	-40°C to 85°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
RF Power	50mW
Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.	

#### Coaxial Connections

LO	2
RF	3
IF	1

#### Features

- wide bandwidth, 2400 to 7000 MHz
- low conversion loss, 6.2 dB typ.
- high L-R Isolation, 30 dB typ.
- excellent IF BW, DC to 3000 MHz
- rugged construction
- small size
- useable as up and down converter
- protected by US patents, 6,790,049 and 7,027,795

#### Applications

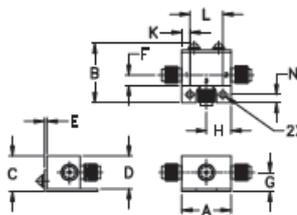
- satellite up and down converters
- defense radar and communications
- line of sight links
- WIFI
- blue tooth
- VSAT
- ISM

CASE STYLE: FL906

Connectors	Model	Price	Qty.
SMA	ZX05-73L-S+	\$48.95	(1-24)

**+RoHS Compliant**  
The +Suffix identifies RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodologies and qualifications.

#### Outline Drawing



#### Outline Dimensions (inch/mm)

A	B	C	D	E	F	G
.74	.90	.54	.50	.04	.16	.29
18.80	22.86	13.72	12.70	1.02	4.06	7.37
H	J	K	L	M	N	wt
.37	--	.122	.496	.105	.122	grams
0.40	--	3.10	12.60	2.69	3.10	20.0

#### Electrical Specifications

FREQUENCY (MHz)	CONVERSION LOSS* (dB)	LO-RF ISOLATION (dB)		LO-IF ISOLATION (dB)		IP3 at center band (dBm)
		Typ.	Min.	Typ.	Min.	
2400-7000	DC-9000					
2400-3200		6.6	0.1	8.3	33	27
3200-4200		6.1	0.1	8.2	30	26
4200-7000		6.0	0.2	8.3	23	16

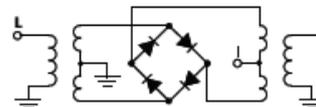
1 dB COMPR: +1 dBm typ.

\* Conversion loss at 90 MHz IF. σ is a measure of repeatability from unit to unit.

#### Typical Performance Data

Frequency (MHz)	Conversion Loss (dB)	Isolation L-R (dB)	Isolation L-I (dB)	VSWR RF Port (-1)		VSWR LO Port (-1)	
				LO +4dBm	LO +4dBm	LO +4dBm	LO +4dBm
2400.10	2430.10	7.09	36.72	18.75	2.01	2.80	
2700.10	2730.10	6.93	39.49	21.40	3.11	1.79	
3000.10	3030.10	6.76	30.70	23.16	3.15	1.87	
3300.10	3330.10	6.81	30.48	25.44	3.28	1.91	
3600.10	3630.10	6.84	30.61	26.57	3.95	2.00	
3900.10	3930.10	6.84	30.53	28.14	2.76	2.24	
4200.10	4230.10	6.41	31.12	31.02	2.57	1.94	
4500.10	4530.10	6.50	28.90	28.74	3.00	1.84	
4800.10	4830.10	6.14	26.88	19.45	2.82	1.93	
5100.10	5130.10	6.82	26.76	14.66	2.81	2.09	
5400.10	5430.10	6.67	25.23	14.59	3.00	2.38	
5700.10	5730.10	6.25	23.60	15.75	2.60	2.75	
6000.10	6030.10	6.35	22.89	17.88	2.39	2.95	
6300.10	6330.10	6.21	21.59	20.51	2.28	2.76	
6600.10	6630.10	6.12	20.54	24.64	2.21	2.18	
6900.10	6930.10	6.18	19.39	26.49	2.25	1.54	
7000.10	7030.10	6.22	19.20	26.64	2.17	1.37	
8800.10	8830.10	6.13	19.15	26.57	2.01	1.25	
8900.10	8930.10	6.02	18.83	27.11	1.84	1.13	
9000.10	9030.10	6.04	18.34	26.85	1.86	1.05	

#### Electrical Schematic



#### Notes

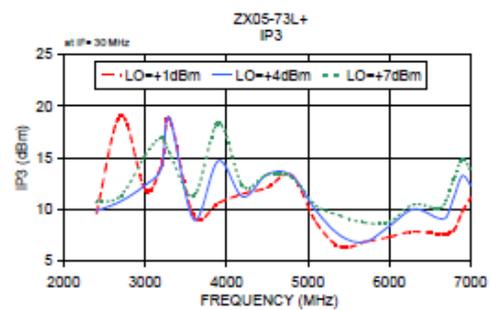
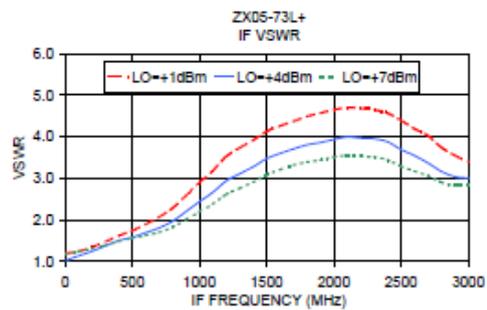
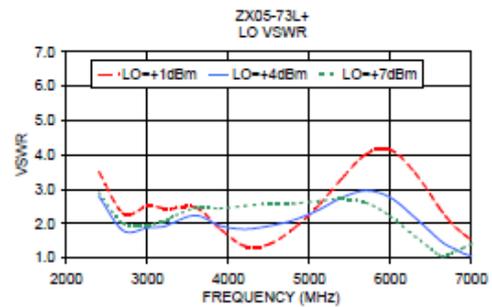
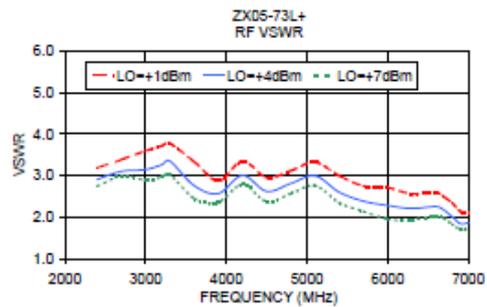
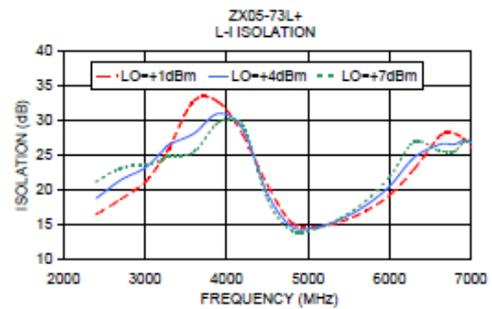
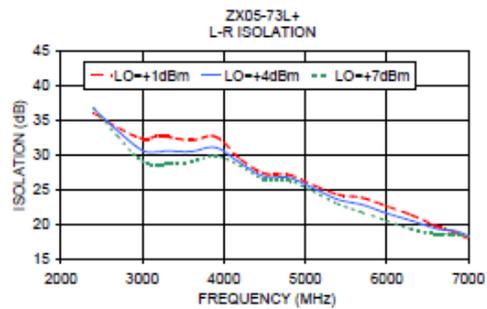
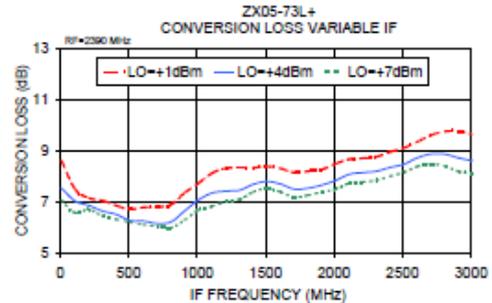
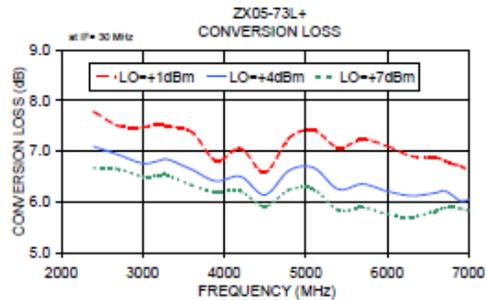
- A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.  
 B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions.  
 C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits' standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"). Purchases of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MCULStore/terms.jsp](http://www.minicircuits.com/MCULStore/terms.jsp)



[www.minicircuits.com](http://www.minicircuits.com) P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

REV. DR  
M111999  
ZX05-73L-  
ED-12902/5  
DJ/TD/VOL/AM  
061007

Page 1 of 2



Notes

- A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.
- B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuits' applicable established test performance criteria and measurement instructions.
- C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits' standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"). Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at [www.minicircuits.com/MC/StandardTerms.jsp](http://www.minicircuits.com/MC/StandardTerms.jsp)





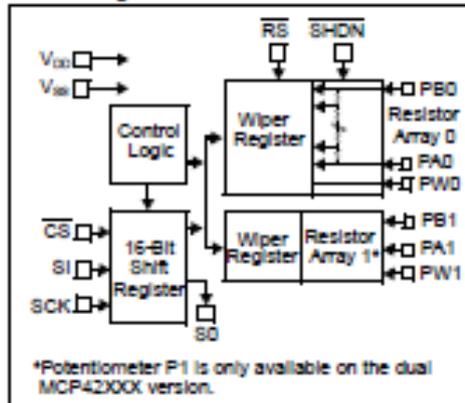
# MCP41XXX/42XXX

## Single/Dual Digital Potentiometer with SPI™ Interface

### Features

- 256 taps for each potentiometer
- Potentiometer values for 10 kΩ, 50 kΩ and 100 kΩ
- Single and dual versions
- SPI™ serial interface (mode 0,0 and 1,1)
- ±1 LSB max INL & DNL
- Low power CMOS technology
- 1 µA maximum supply current in static operation
- Multiple devices can be daisy-chained together (MCP42XXX only)
- Shutdown feature open circuits of all resistors for maximum power savings
- Hardware shutdown pin available on MCP42XXX only
- Single supply operation (2.7V - 5.5V)
- Industrial temperature range: -40°C to +85°C
- Extended temperature range: -40°C to +125°C

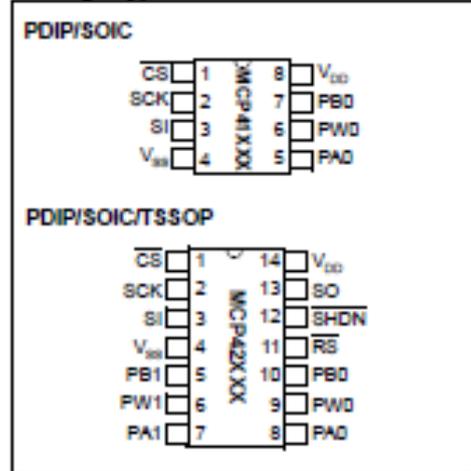
### Block Diagram



### Description

The MCP41XXX and MCP42XXX devices are 256-position, digital potentiometers available in 10 kΩ, 50 kΩ and 100 kΩ resistance versions. The MCP41XXX is a single-channel device and is offered in an 8-pin PDIP or SOIC package. The MCP42XXX contains two independent channels in a 14-pin PDIP, SOIC or TSSOP package. The wiper position of the MCP41XXX/42XXX varies linearly and is controlled via an industry-standard SPI interface. The devices consume <1 µA during static operation. A software shutdown feature is provided that disconnects the 'A' terminal from the resistor stack and simultaneously connects the wiper to the 'B' terminal. In addition, the dual MCP42XXX has a SHDN pin that performs the same function in hardware. During shutdown mode, the contents of the wiper register can be changed and the potentiometer returns from shutdown to the new value. The wiper is reset to the mid-scale position (80h) upon power-up. The RS (reset) pin implements a hardware reset and also returns the wiper to mid-scale. The MCP42XXX SPI interface includes both the SI and SO pins, allowing daisy-chaining of multiple devices. Channel-to-channel resistance matching on the MCP42XXX varies by less than 1%. These devices operate from a single 2.7 - 5.5V supply and are specified over the extended and industrial temperature ranges.

### Package Types



## 5.0 SERIAL INTERFACE

Communications from the controller to the MCP41XXX/42XXX digital potentiometers is accomplished using the SPI serial interface. This interface allows three commands:

1. Write a new value to the potentiometer data register(s).
2. Cause a channel to enter low power shutdown mode.
3. NOP (No Operation) command.

Executing any command is accomplished by setting  $\overline{CS}$  low and then clocking-in a command byte followed by a data byte into the 16-bit shift register. The command is executed when  $\overline{CS}$  is raised. Data is clocked-in on the rising edge of clock and out the  $\overline{SDO}$  pin on the falling edge of the clock (see Figure 5-1). The device will track the number of clocks (rising edges) while  $\overline{CS}$  is low and will abort all commands if the number of clocks is not a multiple of 16.

### 5.1 Command Byte

The first byte sent is always the command byte, followed by the data byte. The command byte contains two command select bits and two potentiometer select bits. Unused bits are 'don't care' bits. The command select bits are summarized in Figure 5-2. The command select bits C1 and C0 (bits 4:5) of the command byte determine which command will be executed. If the command bits are both 0's or 1's, then a NOP command will be executed once all 16 bits have been loaded. This command is useful when using the daisy-chain configuration. When the command bits are 0,1, a write command will be executed with the 8 bits sent in the data byte. The data will be written to the potentiometer(s) determined by the potentiometer select bits. If the command bits are 1,0, then a shutdown command will be executed on the potentiometers determined by the potentiometer select bits.

For the MCP42XXX devices, the potentiometer select bits P1 and P0 (bits 0:1) determine which potentiometers are to be acted upon by the command. A corresponding '1' in the position signifies that the command for that potentiometer will get executed, while a '0' signifies that the command will not effect that potentiometer (see Figure 5-2).

### 5.2 Writing Data into Data Registers

When new data is written into one or more of the potentiometer data registers, the write command is followed by the data byte for the new value. The command select bits C1, C0 are set to 0,1. The potentiometer selection bits P1 and P0 allow new values to be written to potentiometer 0, potentiometer 1 (or both) with a single command. A '1' for either P1 or P0 will cause the data to be written to the respective data register and a '0' for P1 or P0 will cause no change. See Figure 5-2 for the command format summary.

### 5.3 Using The Shutdown Command

The shutdown command allows the user to put the application circuit into a power-saving mode. In this mode, the A terminal is open-circuited and the B and W terminals are shorted together. The command select bits C1, C0 are set to 1,0. The potentiometer selection bits P1 and P0 allow each potentiometer to be shutdown independently. If either P1 or P0 are high, the respective potentiometer will enter shutdown mode. A '0' for P1 or P0 will have no effect. The eight data bits following the command byte still need to be transmitted for the shutdown command, but they are 'don't care' bits. See Figure 5-2 for command format summary. Once a particular potentiometer has entered the shutdown mode, it will remain in this mode until:

- A new value is written to the potentiometer data register, provided that the  $\overline{SHDN}$  pin is high. The device will remain in the shutdown mode until the rising edge of the  $\overline{CS}$  is detected, at which time the device will come out of shutdown mode and the new value will be written to the data register(s). If the  $\overline{SHDN}$  pin is low when the new value is received, the registers will still be set to the new value, but the device will remain in shutdown mode. This scenario assumes that a valid command was received. If an invalid command was received, the command will be ignored and the device will remain in the shutdown mode.

It is also possible to use the hardware shutdown pin and reset pin to remove a device from software shutdown. To do this, a low pulse on the chip select line must first be sent. For multiple devices, sharing a single  $\overline{SHDN}$  or  $\overline{RESET}$  line allows you to pick an individual device on that chain to remove from software shutdown mode. See Figure 1-3 for timing. With a preceding chip select pulse, either of these situations will also remove a device from software shutdown:

- A falling edge is seen on the  $\overline{RS}$  pin and held low for at least 150 ns, provided that the  $\overline{SHDN}$  pin is high. If the  $\overline{SHDN}$  pin is low, the registers will still be set to mid-scale, but the device will remain in shutdown mode. This condition assumes that  $\overline{CS}$  is high, as bringing the  $\overline{RS}$  pin low while  $\overline{CS}$  is low is an invalid state and results are indeterminate.
- A rising edge on the  $\overline{SHDN}$  pin is seen after being low for at least 100 ns, provided that the  $\overline{CS}$  pin is high. Toggling the  $\overline{SHDN}$  pin low while  $\overline{CS}$  is low is an invalid state and results are indeterminate.
- The device is powered-down and back up.

**Note:** The hardware  $\overline{SHDN}$  pin will always put the device in shutdown regardless of whether a potentiometer has already been put in the shutdown mode using the software command.

# MCP41XXX/42XXX

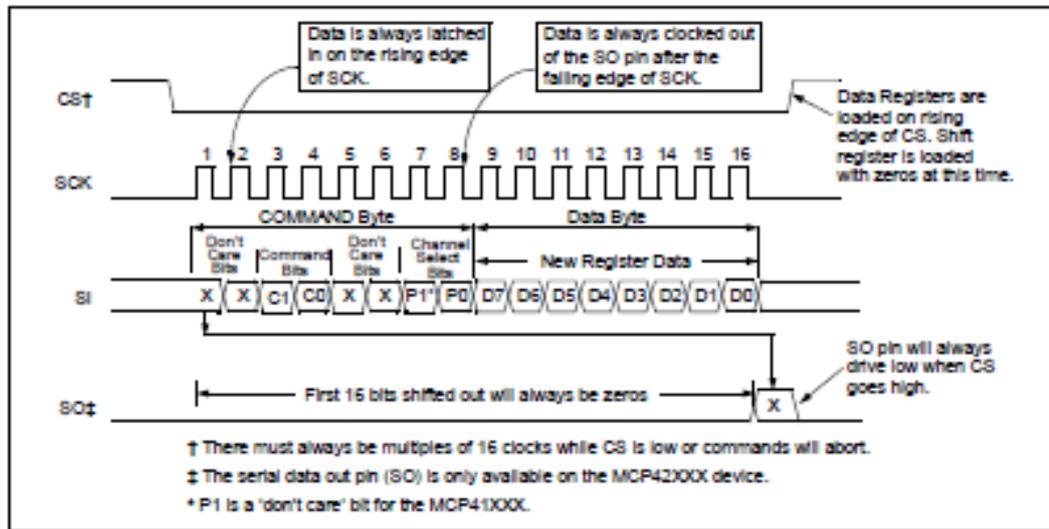


FIGURE 5-1: Timing Diagram for Writing Instructions or Data to a Digital Potentiometer.

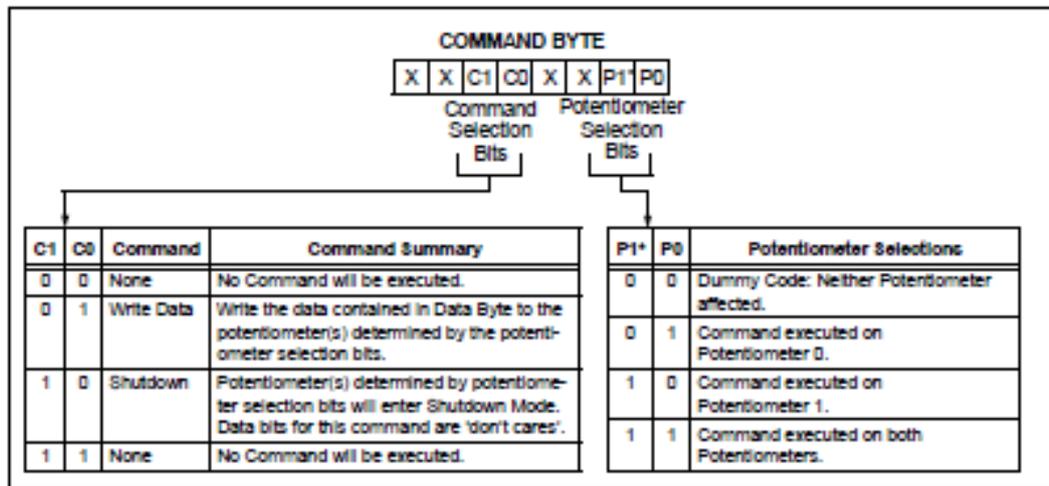


FIGURE 5-2: Command Byte Format.

### 5.5 Reset ( $\overline{RS}$ ) Pin Operation

The Reset pin ( $\overline{RS}$ ) will automatically set all potentiometer data latches to mid-scale (Code 80h) when pulled low (provided that the pin is held low at least 150 ns and  $\overline{CS}$  is high). The reset will execute regardless of the position of the  $\overline{SCK}$ ,  $\overline{SHDN}$  and  $\overline{SI}$  pins. It is possible to toggle  $\overline{RS}$  low and back high while  $\overline{SHDN}$  is low. In this case, the potentiometer registers will reset to mid-scale, but the potentiometer will remain in shutdown mode until the  $\overline{SHDN}$  pin is raised.

**Note:** Bringing the  $\overline{RS}$  pin low while the  $\overline{CS}$  pin is low constitutes an invalid operating state and will result in indeterminate results when  $\overline{RS}$  and/or  $\overline{CS}$  are brought high.

### 5.6 Shutdown ( $\overline{SHDN}$ ) Pin Operation

When held low, the shutdown pin causes the application circuit to go into a power-saving mode by open-circuiting the A terminal and shorting the B and W terminals for all potentiometers. Data register contents are not affected by entering shutdown mode (i.e., when the  $\overline{SHDN}$  pin is raised, the data register contents are the same as before the shutdown mode was entered).

While in shutdown mode, it is still possible to clock in new values for the data registers, as well as toggling the  $\overline{RS}$  pin to cause all data registers to go to mid-scale. The new values will take effect when the  $\overline{SHDN}$  pin is raised.

If the device is powered-up with the  $\overline{SHDN}$  pin held low, it will power-up in the shutdown mode with the data registers set to mid-scale.

**Note:** Bringing the  $\overline{SHDN}$  pin low while the  $\overline{CS}$  pin is low constitutes an invalid operating state and will result in indeterminate results when  $\overline{SHDN}$  and/or  $\overline{CS}$  are brought high.

### 5.7 Power-up Considerations

When the device is powered on, the data registers will be set to mid-scale (80h). A power-on reset circuit is utilized to ensure that the device powers up in this known state.

TABLE 5-1: TRUTH TABLE FOR LOGIC INPUTS

$\overline{SCK}$	$\overline{CS}$	$\overline{RS}$	$\overline{SHDN}$	Action
X	$\emptyset$	H	H	Communication is initiated with device. Device comes out of standby mode.
L	L	H	H	No action. Device is waiting for data to be clocked into shift register or $\overline{CS}$ to go high to execute command.
;	L	H	X	Shift one bit into shift register. The shift register can be loaded while the $\overline{SHDN}$ pin is low.
$\emptyset$	L	H	X	Shift one bit out of shift register on the $\overline{SO}$ pin. The $\overline{SO}$ pin is active while the $\overline{SHDN}$ pin is low.
X	;	H	H	Based on command bits, either load data from shift register into data latches or execute shutdown command. Neither command executed unless multiples of 16 clocks have been entered while $\overline{CS}$ is low. $\overline{SO}$ pin goes to a logic low.
X	H	H	H	Static Operation.
X	H	$\emptyset$	H	All data registers set and latched to code 80h.
X	H	$\emptyset$	L	All data registers set and latched to code 80h. Device is in hardware shutdown mode and will remain in this mode.
X	H	H	$\emptyset$	All potentiometers put into hardware shutdown mode; terminal A is open and W is shorted to B.
X	H	H	;	All potentiometers exit hardware shutdown mode. Potentiometers will also exit software shutdown mode if this rising edge occurs after a low pulse on $\overline{CS}$ . Contents of data latches are restored.



## 1.1 Pin Descriptions

### 1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

### 1.1.2 GND

Ground.

### 1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in ["Alternate Functions of Port B" on page 76](#) and ["System Clock and Clock Options" on page 26](#).

### 1.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 1.1.5 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 28-3 on page 308](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in ["Alternate Functions of Port C" on page 79](#).

### 1.1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



The various special features of Port D are elaborated in ["Alternate Functions of Port D"](#) on page 82.

### 1.1.7 $AV_{CC}$

$AV_{CC}$  is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to  $V_{CC}$ , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to  $V_{CC}$  through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage,  $V_{CC}$ .

### 1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

### 1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.



## ANEXO 6.

### Connection for controlling LCD Display

The signal connection for controlling operation of LCD is Serial format and there are several pins as follows;

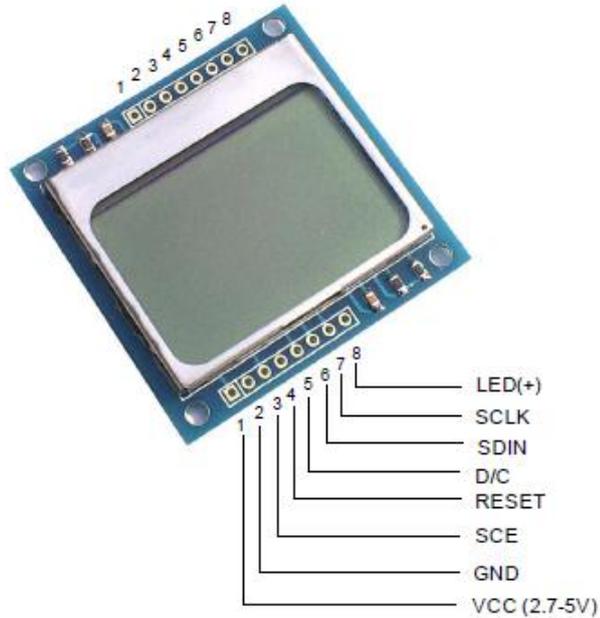


Figure 5 shows the pin positions of LCD.

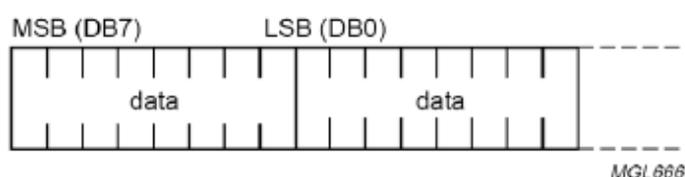
Table 1: Function of Pin LCD

Pin's Name	Functions
1. VCC	Pin +VCC; using Power Supply from 2.7 - 5 VCD

2. GND	Pin Ground
3. SCE	Pin CHIP ENABLE to control operation of Pin Controllers
4. RESET	Signal RESET for operation of LCD
5. D/C	Pin to configure the data formats between Data and Command.
6. SDIN	Pin DATA (SERIAL DATA LINE)
7. SCLK	Pin CLOCK (SERIAL CLOCK LINE)
8. LED	Pin to control operation of LED (Back Light)

### Communication Format

The format of command that is used to communicate with LCD is divided into 2 modes; Command Mode and Data Mode. In this case, it uses Pin D/C to divide and control signals; if D/C = 0, the data that is sent to LCD is Command (see more detailed information of commands in the Table 1); and if D/C = 1, the data that is sent to LCD will be Data and it will be placed in DDRAM Memory (Display Data RAM) to be displayed on LCD Display. After 1 byte data has already been written, 1 value of DDRAM address will be increased automatically. The format of data will be serial and it will send MSB (The Most Significant Bit) first. Generally, its structure is displayed as follows;



General format of data stream.

*Figure 6 shows the general format of Data.*

There are 2 methods to send data into LCD; firstly, sending 1 Byte data in each time and secondly, sending many continuous bytes. The Data format is shown as follows;

- Sending 1 byte data in each time