



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN OSCILOSCOPIO DIGITAL
CON UNA INTERFAZ GRÁFICA REALIZADA EN SISTEMA
OPERATIVO ANDROID**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

BRYAN DANIEL SANDOVAL CUEVA
bryan.sandoval@epn.edu.ec

DIRECTOR: Dr.-Ing. Paúl Marcelo Pozo Palma
marcelo.pozo@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2017

DECLARACIÓN

Yo, Bryan Daniel Sandoval Cueva, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Bryan Daniel Sandoval Cueva

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Bryan Daniel Sandoval Cueva, bajo mi supervisión.

Dr.-Ing. Marcelo Pozo P.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por permitirme ser parte de tan prestigiosa universidad y poder cumplir en ella mi meta de ser un profesional, de la misma manera a todo el personal docente que contribuyo a mi formación académica.

Un agradecimiento sincero a mí asesor de tesis, Dr.-Ing. Marcelo Pozo, su esfuerzo, dedicación, conocimiento, fueron fundamentales para mi formación como profesional.

A su manera se ha ganado mi completa admiración y lealtad, así como sentirme en deuda con él por todo lo recibido durante el desarrollo de la presente tesis.

Al MSc. Xavier Domínguez por su planteamiento del tema desarrollado en la presente tesis y por su guía durante el inicio del mismo.

A todos quienes hicieron posible la culminación de esta etapa, pareja, amigos, compañeros, gracias por estar a mi lado por su apoyo, paciencia y colaboración.

Bryan Sandoval C.

DEDICATORIA

A mis padres por el amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi avance durante el desarrollo de la presente tesis, es simplemente maravilloso y se refleja en la vida y en los logros de un hijo.

Ellos han inculcado en mí un sentido de seriedad responsabilidad y valores sin los cuales sería imposible tener una formación completa.

A mi hermana que ha sido un pilar fundamental durante todo este tiempo, le agradezco por su desinteresada ayuda, por el apoyo recibido, por estar siempre a mi lado.

Gracias a mi familia por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por la confianza depositada en mí, por cada palabra de aliento, por cada sacrificio realizado.

Bryan Sandoval C.

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xi
PRESENTACIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1	1
EL OSCILOSCOPIO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OSCILOSCOPIO DIGITAL.....	2
1.3 SECCIÓN VERTICAL	4
1.3.1 IMPEDANCIA DE ENTRADA.....	4
1.3.2 SELECTOR TIPO DE ACOPLAMIENTO	5
1.3.3 AMPLIFICADOR VERTICAL	6
1.4 SECCIÓN HORIZONTA Y ADQUISICIÓN DE DATOS	7
1.4.1 CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL	8
1.4.2 MEMORIA.....	19
1.5 SECCIÓN DE DISPARO (TRIGGER)	20
1.6 SECCIÓN HORIZONTAL	20
1.6.1 MUESTREO	21
1.7 SECCIÓN DE VISUALIZACIÓN	24
1.7.1 MODO DE CONEXIÓN.....	25
1.7.2 SISTEMA OPERATIVO ANDROID	25
1.7.3 SMARTPHONE Y TABLET.....	26
1.7.3 VISUALIZACIÓN.....	26
CAPÍTULO 2	28
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE.....	28

2.1 PREÁMBULO	28
2.2 ETAPA DE ENTRADA	28
2.3 ETAPA DE PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO	30
2.4 ETAPA DE SELECCIÓN DE TIPO DE ACOPLAMIENTO	31
2.5 ETAPA DE AMPLIFICACIÓN DIGITAL	32
2.6 MICROCONTROLADOR	32
2.7 COMUNICACIÓN SERIAL (USB)	36
2.8 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	37
2.9 DIAGRAMA PCB FINAL.....	37
2.10 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO FINAL.....	38
CAPÍTULO 3	41
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA.....	41
3.1 PRELIMINAR	41
3.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR	42
3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL SISTEMA OPERATIVO ANDROID	47
CAPÍTULO 4	55
PRUEBAS Y RESULTADOS	55
4.1 ANTECEDENTES	55
4.2 PRUEBAS CON UNA ONDA SINUSOIDAL.....	58
4.2.1 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA DE 10Hz	58
4.2.2 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA DE 1KHz	59
4.2.3 ONDA SINUSOIDAL FRECUENCIA 10KHz	60
4.2.4 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 20KHz	61
4.2.5 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 30KHz	62
4.2.6 ONDA SINUSOIDAL FRECUENCIA 40KHz	63
4.2.7 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 60KHz	64
4.2.8 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 80KHz	65
4.2.9 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 100KHz	66
4.3 PRUEBAS CON UNA ONDA TRIANGULAR	67
4.3.1 ONDA TRIANGULAR FRECUENCIA 10Hz	67
4.3.2 ONDA TRIANGULAR FRECUENCIA 100KHz	68
4.4 PRUEBAS CON UNA ONDA CUADRADA.....	69
4.4.1 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 10Hz.....	70
4.4.2 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 30KHz.....	71
4.4.3 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 70KHz.....	72

4.4.4 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 100KHz.....	73
CAPÍTULO 5	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1 CONCLUSIONES	75
5.1 RECOMENDACIONES	76
REFERENCIAS.....	78
ANEXO	81

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1 Diagrama de bloques del osciloscopio digital [6].....	2
Figura 1. 2 Adquisiciones del convertor (A/D) [37], [38]	3
Figura 1. 3 Velocidad de muestreo a) Baja, distorsiona forma de onda original b) Alta, reproduce perfectamente la forma de onda original [38].....	4
Figura 1. 4 Modelo de Impedancia de Entrada de un Osciloscopio Digital [7]	5
Figura 1. 5 Selector del Tipo de Acoplamiento [10].....	6
Figura 1. 6 Amplificador Vertical [36].....	7
Figura 1. 7 Conversión Análoga / Digital [15]	8
Figura 1. 8 Curva entrada-salida de un convertor A/D [35]	9
Figura 1. 9 Error de No Linealidad Integral [35].....	11
Figura 1. 10 Error de No Linealidad Diferencial [35].....	11
Figura 1. 11 No Linealidad Integral vs No Linealidad Diferencial [39]	12
Figura 1. 12 Error de No Monotonicidad [19].....	13
Figura 1. 13 Error de Ganancia [35]	13
Figura 1. 14 Error de Offset [35].....	14
Figura 1. 15 Ejemplo del Tiempo de Adquisición	15
Figura 1. 16 Tiempo de Apertura [21].....	16
Figura 1. 17 Circuito Sample & Hold [15]	17
Figura 1. 18 Comparación ente Conversores A/D [39].....	19
Figura 1. 19 Esquema Flanco de Subida y de Bajada [26]	20
Figura 1. 20 Muestreo en Tiempo Real de la Señal de Entrada [6].....	22
Figura 1. 21 Interpolación Lineal Vs Interpolación Senoidal [12].....	23
Figura 1. 22 Muestreo en Tiempo Equivalente de la Señal de Entrada [12]	24

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Circuito de Protección y Reducción de Voltaje.....	29
Figura 2. 2 Protección y Acondicionamiento Modo Diferencial.....	30
Figura 2. 3 Selección Tipo de Acoplamiento	31
Figura 2. 4 Amplificación Digital	32
Figura 2. 5 Disposición de Pines STM32F407	36
Figura 2. 6 Dispositivo de Comunicación	37
Figura 2. 7 Diagrama PCB Final.....	38
Figura 2. 8 Circuito Esquemático Final.....	39

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Librerías para STM32F407	42
Figura 3. 2 Programa Principal.....	43
Figura 3. 3 Generar Timer, Inicio de ADC, Envío de Datos.....	45

Figura 3. 4 Recepción de Datos en el STM32F407.....	46
Figura 3. 5 Módulos Android Studio	48
Figura 3. 6 Pantalla de Inicio de la Aplicación Android.....	49
Figura 3. 7 Pantalla Principal.....	50
Figura 3. 8 Inicio de Aplicación.....	51
Figura 3. 9 Rutina de la Función mListener.....	52
Figura 3. 10 Función onCreate	53

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1 Osciloscopio Comercial marca HANTEK	55
Figura 4. 2 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz (AO Importado)	56
Figura 4. 3 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz (AO Adquirido en el país)	56
Figura 4. 4 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz del AD8055	57
Figura 4. 5 Onda Senoidal 10Hz (HANTEK)	58
Figura 4. 6 Onda Senoidal 10Hz (BSCOPE).....	58
Figura 4. 7 Onda Senoidal 1KHz (HANTEK).....	59
Figura 4. 8 Onda Senoidal 1KHz (BSCOPE).....	59
Figura 4. 9 Onda Senoidal 10KHz (HANTEK).....	60
Figura 4. 10 Onda Senoidal 10KHz (BSCOPE).....	61
Figura 4. 11 Onda Senoidal 20KHz (HANTEK).....	61
Figura 4. 12 Onda Senoidal 20KHz (BSCOPE).....	62
Figura 4. 13 Onda Senoidal 30KHz (HANTEK).....	62
Figura 4. 14 Onda Senoidal 30KHz (BSCOPE).....	63
Figura 4. 15 Onda Senoidal 40KHz (HANTEK).....	63
Figura 4. 16 Onda Senoidal 40KHz (BSCOPE).....	64
Figura 4. 17 Onda Senoidal 60KHz (HANTEK).....	64
Figura 4. 18 Onda Senoidal 60KHz (BSCOPE).....	65
Figura 4. 19 Onda Senoidal 80KHz (HANTEK).....	65
Figura 4. 20 Onda Senoidal 80KHz (BSCOPE).....	66
Figura 4. 21 Onda Senoidal 100KHz (HANTEK).....	66
Figura 4. 22 Onda Senoidal 100KHz (BSCOPE).....	67
Figura 4. 23 Onda Triangular 10Hz (HANTEK)	68
Figura 4. 24 Onda Triangular 10Hz (BSCOPE).....	68
Figura 4. 25 Onda Triangular 100KHz (HANTEK).....	69
Figura 4. 26 Onda Triangular 100KHz (BSCOPE)	69
Figura 4. 27 Onda Cuadrada 10Hz (HANTEK).....	70
Figura 4. 28 Onda Cuadrada 10Hz (BSCOPE)	70
Figura 4. 29 Onda Cuadrada 30KHz (HANTEK)	71
Figura 4. 30 Onda Cuadrada 30KHz (BSCOPE).....	71
Figura 4. 31 Onda Cuadrada 70KHz (HANTEK)	72
Figura 4. 32 Onda Cuadrada 70KHz (BSCOPE).....	72
Figura 4. 33 Onda Cuadrada 100KHz (HANTEK)	73
Figura 4. 34 Onda Cuadrada 100KHz (BSCOPE).....	74

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Comparación de los Conversores A/D	18
--	----

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Características de los Microcontroladores.....	33
--	----

RESUMEN

En el presente proyecto se diseñó y construyó un osciloscopio de dos canales, el mismo que emplea un dispositivo móvil con un sistema operativo Android para la visualización de las señales adquiridas. El alcance del osciloscopio plantea adquirir y trabajar con señales en un rango de frecuencias que van desde los 10Hz, hasta los 100KHz, y un voltaje de entrada de hasta 22V_{RMS}.

El osciloscopio en cuestión plantea brindar soluciones prácticas, económicas y versátiles a todos los estudiantes y docentes de ingeniería eléctrica y electrónica, así como también a las ramas afines a dichas ingenierías, dando como resultado el presente osciloscopio denominado BSCOPE.

El diseño del osciloscopio se basó en un microcontrolador STM, específicamente en el **STM32F407**, con la finalidad de aprovechar al máximo las prestaciones del mismo, así como también su velocidad de procesamiento, la misma que fue indispensable para el desarrollo del osciloscopio.

La programación se realizó en lenguaje C, para lo cual se utilizó la herramienta de programación denominada **Keil**, la cual es intuitiva para el usuario, haciéndola de esta manera de fácil desarrollo.

La interfaz gráfica fue desarrollada en un software especializado para este fin denominado **Android Studio**, cuyo lenguaje de programación es **Java**, permitiendo de esa manera la creación y desarrollo de aplicaciones Android para dispositivos móviles.

La transferencia de datos entre el smartphone o dispositivo móvil y el microprocesador seleccionado se lo realizó a través de un cable denominado **OTG**, el mismo que permitirá al dispositivo móvil leer los datos enviados por el microcontrolador vía USB al mencionado dispositivo móvil.

El diseño del osciloscopio cuenta con un escalamiento en amplitud, para lo cual se utiliza un **PGA**, que es un amplificador operacional cuya ganancia es programable a través de una comunicación SPI entre dicho dispositivo y el microcontrolador mencionado con anterioridad.

El osciloscopio BSCOPE fue probado y sus resultados fueron comparados con los obtenidos en un osciloscopio comercial, dando resultados satisfactorios, es decir funcionó de acuerdo a lo estipulado en el alcance del mismo, logrando así cumplir con el rango de frecuencia y voltaje establecidos.

PRESENTACIÓN

La necesidad de poseer un osciloscopio digital en los laboratorios de universidades, institutos técnicos y colegios es más notoria hoy por hoy, por ende los docentes, estudiantes, profesionales en la ingeniería necesitan un osciloscopio al alcance de su economía, el mismo que garantice la veracidad de sus resultados.

Con la finalidad de dar una aplicación más apropiada a los dispositivos móviles que cuenten con un sistema operativo Android, y tomando en cuenta que el uso de los mismos hoy en día es muy intuitivo, surge la idea de diseñar e implementar un osciloscopio digital con una interfaz gráfica desarrollada en Android.

Con este objetivo de lograr lo estipulado con anterioridad, se desarrolla el presente estudio técnico, el cual contará con sus partes constitutivas expuestas a continuación.

En el Capítulo 1 se expondrán los aspectos teóricos necesarios para el pleno entendimiento de cada una de las etapas del presente proyecto de titulación, como son: características de los osciloscopios digitales, métodos de muestreo, conversión análoga-digital, acondicionamiento de las señales, etc.

En el Capítulo 2 se realiza el diseño de cada una de las etapas del hardware necesario, para la adquisición el acondicionamiento, conversión y envío de datos hacia la interfaz gráfica, teniendo en cuenta los alcances a ser cumplidos y las debidas protecciones necesarias para el correcto funcionamiento del hardware a ser presentado en el presente proyecto de titulación.

En el Capítulo 3 se realizará el aplicativo Android, el cual permitirá visualizar de manera más didáctica las gráficas enviadas por el hardware construido anteriormente, de la misma manera se podrá visualizar los valores típicos de cada una de las señales adquiridas, el diseño de aplicativo será amigable con el usuario.

En el Capítulo 4 se realizarán las pruebas necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento del osciloscopio y su interfaz desarrollados en el presente proyecto de titulación, así como también se expondrán los resultados obtenidos en las diferentes pruebas realizadas.

En el Capítulo 5 se expondrán y darán a conocer las conclusiones resultantes del desarrollo del proyecto de titulación, así como también se realizarán las recomendaciones pertinentes del mismo

CAPÍTULO 1

EL OSCILOSCOPIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El osciloscopio es una de las herramientas más importantes en cualquier laboratorio, cuyos fines pueden ser industriales, académicos o de investigación [1], el mismo que es fundamental para la medición instantánea de algunas variables eléctricas y electrónicas de circuitos análogos y digitales, las mismas que se muestran o visualizan en un monitor.

Es un sistema el cual captura diferentes señales eléctricas y electrónicas, que se obtienen en forma de diferencia de potencial o tensiones, esto con el objetivo de estudiarlas en una pantalla, la misma que puede estar integrada al dispositivo, o a su vez hacer uso de un monitor externo como un PC u ordenador portátil [2].

Es por éste motivo que, sería de gran relevancia el poder dotar de un osciloscopio digital económico a entidades educativas como colegios y universidades, para que dispongan de un equipo portátil y confiable que permita y fomente el desarrollo de proyectos y emprendimientos tecnológicos.

Hoy en día al ser común el uso de smartphones y tablets con sistema operativo Android, se puede desarrollar aplicativos que permitan sacar el mayor provecho de las prestaciones de éstos dispositivos móviles. Por ésta razón y con el objeto de abaratar costos, nace la idea de desarrollar un osciloscopio digital que emplee estos equipos móviles como dispositivos de visualización que son amigables y de uso intuitivo para el usuario.

Es así que el presente proyecto busca de un modo innovador el integrar tecnologías de uso masivo en la actualidad para brindar soluciones prácticas, económicas y versátiles a la colectividad, con el fin de proveer a estudiantes, docentes e investigadores del ámbito de la ingeniería eléctrica y electrónica con un osciloscopio digital accesible con adecuadas prestaciones.

1.2 OSCILOSCOPIO DIGITAL

Los osciloscopios digitales pueden medir furtivamente diferentes variables físicas, gracias al uso de transductores (puntas o sondas de prueba) adecuados [1] y a la utilización de un conversor análogo-digital (A/D), el mismo que almacenará digitalmente y posteriormente muestreará la señal aplicada, es decir trabajará con señales binarias o digitales correspondientes a los valores de la señal aplicada [2].

El conversor (A/D) muestrea la señal medida a diferentes intervalos de tiempo, convirtiendo la señal continua de voltaje en una cadena de valores llamados muestras [1].

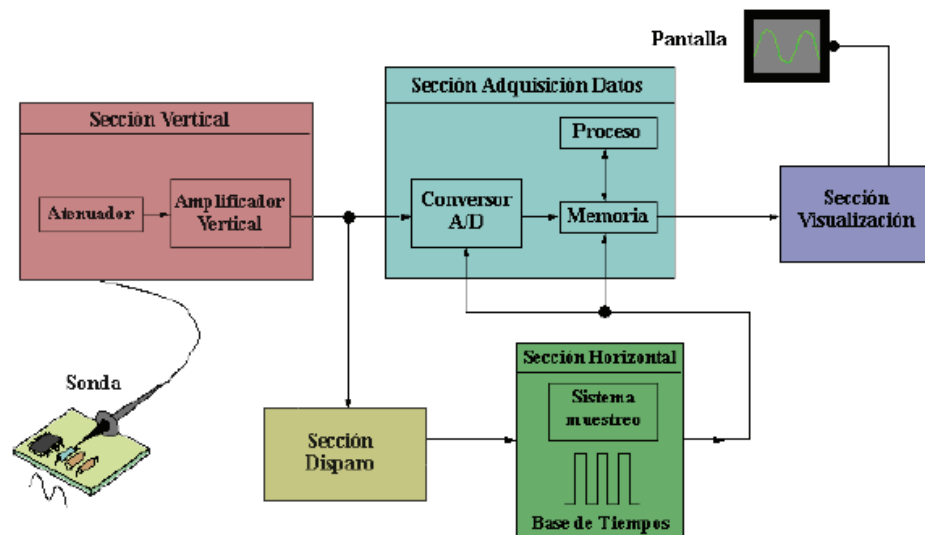


Figura 1. 1 Diagrama de bloques del osciloscopio digital [6].

La Figura 1.1 muestra el diagrama de bloques de un osciloscopio digital, el cual consta inicialmente de una sección vertical donde estará el atenuador y la amplificación. Se debe tener en cuenta que en esta etapa se escoge el tipo de acoplamiento ya sea AC, DC o GND las mismas que se realizaran mediante software [1], [2].

A continuación de la sección vertical o etapa de entrada se encuentra la sección de adquisición de datos la cual trasforma la entrada vertical (señal analógica) en información digital, mediante el conversor (A/D) y posteriormente almacena dicha información en la memoria de un microprocesador [2].

Como se mencionó anteriormente, la información digital se almacena en la memoria de un microcontrolador como puntos instantáneos de señal. El número de puntos necesarios para reconstruir la señal en el monitor se denomina registro [1], esto hace que la duración del almacenamiento este determinada por la capacidad de la memoria, de esta manera se puede ver con mayor detalle el recorrido de la señal y su evolución [2].

Como se puede apreciar en el diagrama de bloques de la Figura 1.1 se cuenta también con una sección horizontal la cual está constituida por una señal temporal de reloj que determinara el momento en que el conversor (A/D) tome una muestra [6] como se indica en la Figura 1.2, la misma que indica que al ingresar una señal analógica de voltaje simultáneamente se pone en funcionamiento una señal temporal de reloj o también conocida como señal de reloj de muestreo que indicará el momento exacto de una toma de muestras produciendo de esta manera una señal digitalizada que posteriormente se transformará en una señal binaria cuantizada.

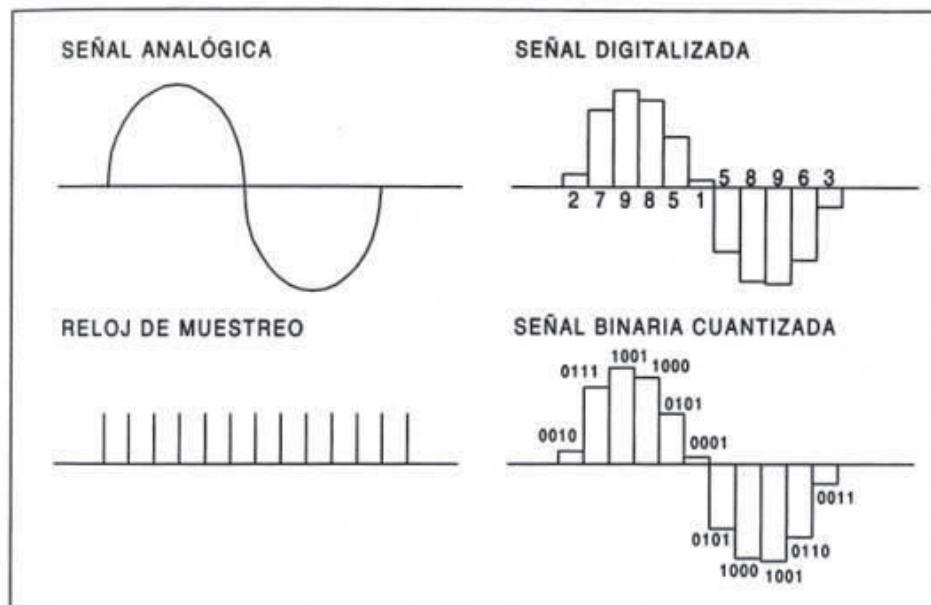


Figura 1. 2 Adquisiciones del conversor (A/D) [37], [38].

Este reloj trabaja a una determinada velocidad (frecuencia), conocida como velocidad o frecuencia de muestreo, la misma que es medida en muestras por segundo, como se puede ver en Figura 1.3 [1], [2], se presentan dos gráficas las

cuales representan a una velocidad (frecuencia) de muestreo baja y otra a una velocidad (frecuencia) de muestreo alta respectivamente, se puede notar que al tener una velocidad de muestreo baja y proceder a reconstruir la señal la misma nos da una señal que no es la original es decir una señal distorsionada, todo lo contrario sucederá con una velocidad de muestreo alta donde al reconstruir la señal se obtendrá la señal original de forma perfecta.

La reconstrucción distorsionada se genera al tener una velocidad (frecuencia) de muestreo baja, en cuyo caso no se cumple con el Teorema del Muestreo de Nyquist-Shannon.

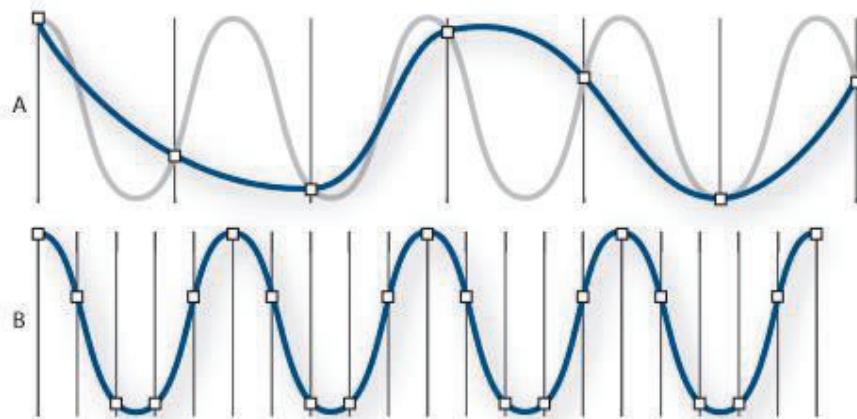


Figura 1. 3 Velocidad de muestreo a) Baja, distorsiona forma de onda original b) Alta, reproduce perfectamente la forma de onda original [38].

1.3 SECCIÓN VERTICAL

En este apartado se podrá ver los bloques del osciloscopio expuestos por separado para un mayor y más fácil entendimiento. Tomando en cuenta que lo expuesto a continuación es para un solo canal de entrada, el ensamblaje para el segundo canal será exactamente igual.

1.3.1 IMPEDANCIA DE ENTRADA

El osciloscopio posee una impedancia de entrada que se modela con un circuito RC, similar a los voltímetros, proporcionando así una alta impedancia de entrada [7].

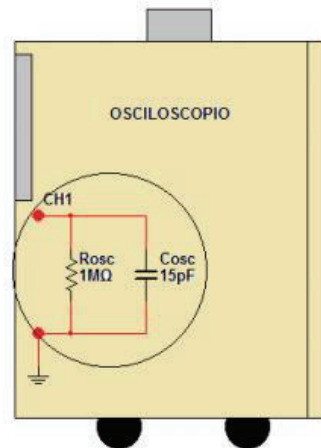


Figura 1. 4 Modelo de Impedancia de Entrada de un Osciloscopio Digital [7].

Se debe tener en cuenta algunas características sobre la impedancia de entrada del osciloscopio:

- Se debe tener en cuenta que cuando se usan dos o más canales simultáneamente, la referencia es común, la cual está conectada internamente en el osciloscopio [7].
- Al conectar un equipo de medida a un circuito, el mismo se modifica, alterando así su funcionamiento. Para evitar esto la impedancia del circuito debe ser menor a la impedancia de entrada del equipo de medida, razón por la cual el osciloscopio debe tener una alta impedancia de entrada [7].

La impedancia de entrada del osciloscopio es un circuito RC en paralelo, como se muestra en el diagrama de la Figura 1.4. El valor del capacitor puede tomar valores de 15pF o 25pF y su resistencia de 1Mohm, ambos son valores típicos de cualquier osciloscopio.

1.3.2 SELECTOR TIPO DE ACOPLAMIENTO

El circuito mostrado en la Figura 1.5 provee de flexibilidad al osciloscopio, ya que permite ver la señal de entrada con o sin acoplamiento (AC o DC respectivamente) [4]. Estas posiciones de AC o DC son seleccionables por el usuario en base a su necesidad, se las podrá realizar mediante software (Interface Android) que se detallará más adelante [10].

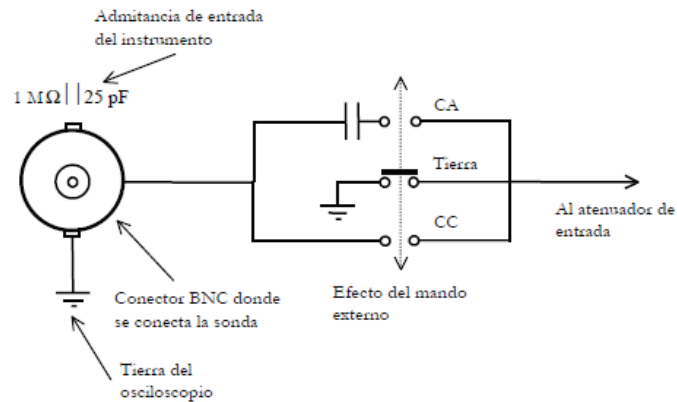


Figura 1. 5 Selector del Tipo de Acoplamiento [10].

En la posición DC la señal que ingresa se conecta directamente al atenuador de entrada y posteriormente al amplificador vertical ajustando así la amplitud de dicha señal, posteriormente se graficará la señal de tensión con su respectivo nivel de acoplamiento [10].

En la posición de AC se utiliza un condensador para quitar el nivel de continua DC a la señal de entrada, ya que a menudo se necesita visualizar la señal sin esta parte continua, por ejemplo cuando deseamos medir y observar el rizado de una fuente de alimentación. El inconveniente radica en que las señales de baja frecuencia pueden ser atenuadas de manera indeseable, esto al hacer que la señal de entrada pase por un condensador absorbiendo gran parte de la tensión aplicada [4].

Adicionalmente se tendrá el acoplamiento GND que suministra 0V y su efecto es una línea recta, el cual sirve para la calibración del instrumento o a su vez para el restablecimiento de su origen de coordenadas una vez que este haya sido desplazado [4], [10].

1.3.3 AMPLIFICADOR VERTICAL

El amplificador vertical, como se indica en su terminología se encarga de atenuar o amplificar la señal, ajustando de esta manera la amplitud de la mencionada señal. Dependiendo de las características del osciloscopio se desea que este tenga la capacidad de analizar y ajustar la amplitud de señales cuyos valores de tensión sean muy elevados (alta potencia) [11], [12], logrando así que el mencionado osciloscopio tenga buenas prestaciones en el campo eléctrico y no solo en el aspecto electrónico.

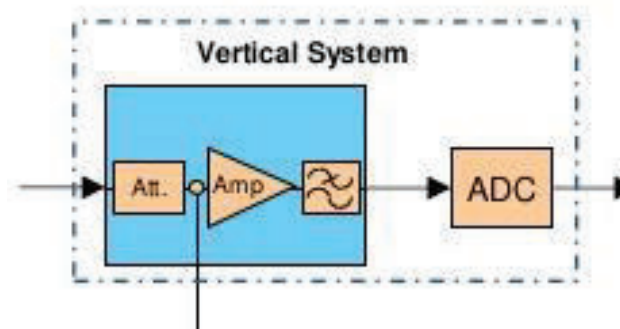


Figura 1. 6 Amplificador Vertical [36].

Como se puede observar en la Figura 1.6, el amplificador vertical consta de tres partes indispensables que son: circuito amplificador, circuito atenuador y un seguidor catódico o seguidor emisor [12].

La parte amplificadora es la encargada de amplificar o aumentar el valor de la señal que ingresa, logrando de esta manera amplificar la tensión a un valor mucho más manejable por las siguientes etapas [12], y del mismo modo logrando que la señal ocupe una parte importante de la pantalla de visualización sin que esta llegue a desbordar los límites [11].

Del mismo modo se encuentra la etapa de atenuación, la misma que se encarga de disminuir valores de señales demasiado altas [12], logrando de esta manera bajar los valores de tensión a valores mucho más manejables.

Finalmente se usa un seguidor emisor a la salida de la etapa de atenuación con el fin de acoplar la impedancia de entrada del osciloscopio [11], y para lograr del mismo modo una alta impedancia de entrada que evitará cargar y modificar el funcionamiento del circuito puesto bajo prueba [14].

En el sistema vertical como se puede observar en Figura 1.6, también se encuentran los filtros, los mismos que se encargan de que el ancho de banda sea lo mayor posible, logrando de esta manera aumentar la banda de altas y bajas frecuencias.

1.4 SECCIÓN HORIZONTAL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

La sección de adquisición de datos, se basa en un convertor analógico digital, conocido también como convertor A/D, el cual se encargará de transformar la señal

analógica en una señal digitalizada [2], una memoria la cual almacenará los datos digitales y un microcontrolador el cual se encargará de procesar la señal para ser visualizada.

1.4.1 CONVERTOR ANÁLOGO DIGITAL

El mundo real está constituido de magnitudes físicas, las cuales son magnitudes analógicas y continuas. El inconveniente con este tipo de señales es que son muy difíciles de manipular, guardar y después poderlas recuperar y reproducir con exactitud. Para evitar esto y con el uso de un conversor A/D se procede a convertir esta información analógica en información digital, logrando de esta manera manipularla sin problema alguno y de la misma manera se puede guardarla con gran facilidad.

Cabe recalcar que el objetivo básico de un conversor A/D es el lograr transformar una señal eléctrica analógica, en un número digital que sea equivalente a dicha señal [15].

Dependiendo del componente y la aplicación en el que se utilizará hay varios parámetros que caracterizan a los conversores A/D, entre los cuales se puede citar: la resolución, la velocidad de conversión, número de canales, tensión de referencia necesaria, los rangos de entrada [15], [16]. Como ejemplo se tendrá que a mayor número de bits del conversor A/D, se tiene una mayor precisión, aunque de la misma forma esto representara mayor complejidad y mayor tiempo al realizar la conversión A/D.

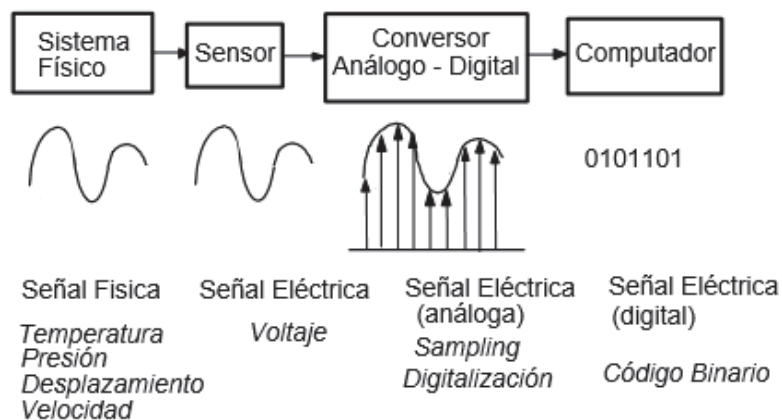


Figura 1. 7 Conversión Análoga / Digital [15].

Como se puede observar en el diagrama de bloques de la Figura 1.7, se muestra secuencialmente el proceso de conversión análoga-digital desde que la señal (variable física), ingresa al sistema hasta que es convertida a señal digital, la misma que estará expresada en código binario (cada dato analógico decimal codificado a una palabra formada por unos y ceros).

Un conversor análogo-digital (A/D) es un circuito electrónico integrado, que tiene por salida una palabra digital resultante luego de haber convertido la señal análoga de entrada [17]. Existen dos fases para la conversión análoga-digital, la primera es la cuantización y la segunda la decodificación [17], durante la primera fase se muestreará la señal analógica de entrada y se asignará a cada valor analógico un estado, el cual dependerá del número de bits que posea el conversor A/D. La segunda fase consiste en decodificar el valor cuantizado, para decodificarlo este valor se transforma en una palabra digital generalmente en código binario, este código constará de un número determinado de bits dependiendo de las líneas de salida que posea el conversor A/D.

Los conversores A/D están determinador por una función de transferencia *entrada-salida*. Esta función de transferencia es una representación ideal y muestra la equivalencia entre el mundo análogo y el digital como se puede observar en la imagen de la Figura 1.8 [15].

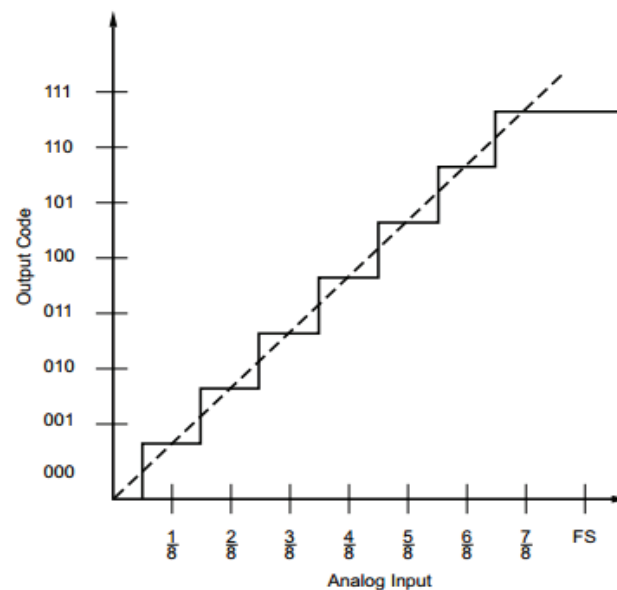


Figura 1. 8 Curva entrada-salida de un conversor A/D [35].

Como se puede observar en la Figura 1.8 la gráfica de la función de transferencia *entrada-salida* en un caso ideal es una línea recta, la cual está formada por la evolución de los valores de entrada, los cuales determinan un cambio en la salida [15].

Un conversor A/D se considera más preciso, mientras más se ajuste el comportamiento real del mismo a esta recta.

1.4.1.1 Características Estáticas de los Conversores A/D

En un proceso de cuantificación se tiene una serie de características y de errores, los mismos que afectarán a la exactitud del sistema a ser convertido. Estas características y errores son de carácter estático, por esta razón se los conoce como errores estáticos y como características estáticas de los conversores, los mismos que serán expuestos a continuación.

1.4.1.1.1 Resolución

Es el número de bits (dígitos binarios) que se entregará a la salida del conversor A/D luego de realizada la conversión, también se define a la resolución como la porción menos significativa de señal que genera un cambio visible en la salida del conversor [15], [17], [18]. Se puede expresar a la resolución como un porcentaje o ppm (partes por millón) que constituirá cada LSB (Least Significant Bit / Bit Menos Significativo, por sus siglas en inglés) en el rango de entrada total.

En un conversor de N bits se tiene 2^N niveles de tensión o estados de salida y su resolución se expresara como $1/2^N$, de esta manera se puede apreciar que la resolución por sí sola no indica nada referente a la precisión del conversor.

$$LSB = resolución = \frac{1}{2^N} \quad (1.1)$$

1.4.1.1.2 Error de No Linealidad Integral

El error de no linealidad integral se define como la desviación máxima entre la gráfica real y la ideal [15], como se puede observar en la Figura 1.9. Esta desviación se expresa en LSB (Least Significant Bit / Bit Menos Significativo, por sus siglas en inglés) [19].

Existe un valor típico necesario para que el conversor A/D garantice cada una de las condiciones de trabajo, este es $\pm 0.5LSB$ [15], al diferir de este valor por encima o por debajo se corre el riesgo de que dicho conversor identifique un valor con una combinación errónea de bits, dando de esta manera un resultado erróneo [18], [19].

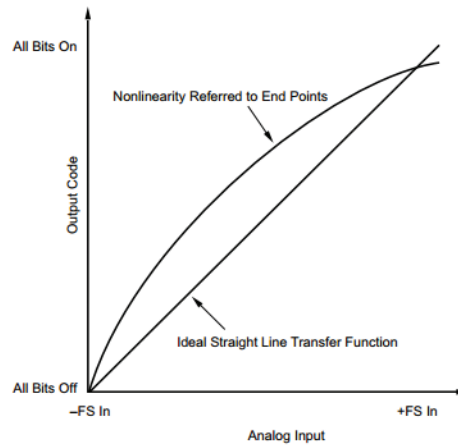


Figura 1. 9 Error de No Linealidad Integral [35].

1.4.1.1.3 Error de No Linealidad Diferencial

Se define al error de no linealidad diferencial como la diferencia máxima de amplitud real de los intervalos analógicos con salida digital constante a partir de la amplitud ideal (1 LSB) [15], [18], en otras palabras es la máxima diferencia entre un salto a la salida debido a un cambio de 1 LSB y el salto ideal. Se expresa en las mismas unidades que la no linealidad integral (LSB), como se puede observar en la Figura 1.10 [19].

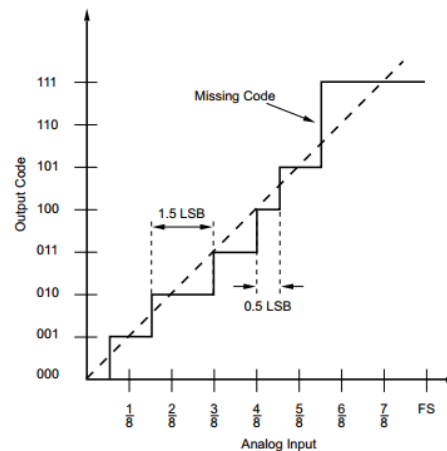


Figura 1. 10 Error de No Linealidad Diferencial [35].

En la Figura 1.11 se puede observar los errores de no linealidad integral y diferencial de una manera más ilustrativa.

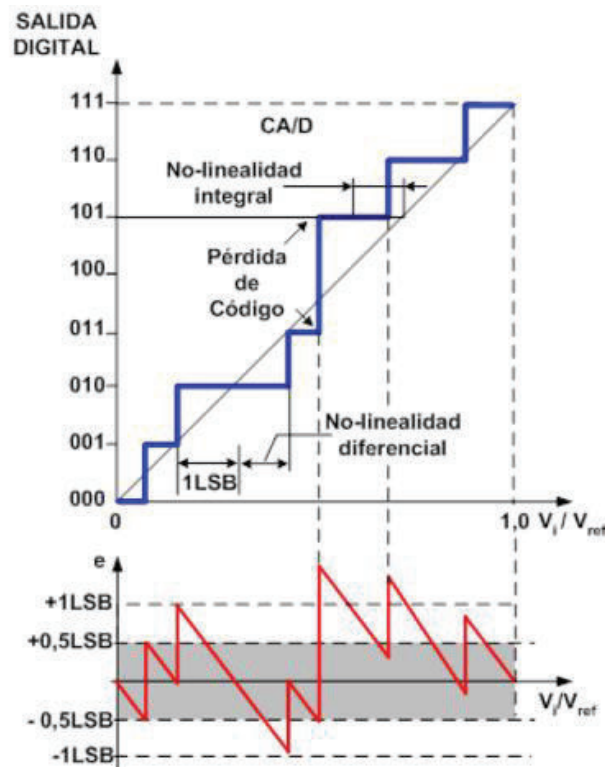


Figura 1. 11 No Linealidad Integral vs No Linealidad Diferencial [39].

1.4.1.1.4 Error de Monotonicidad

Se dice que un conversor es monótonico cuando para cada aumento o disminución de tensión en la entrada, le corresponde un único aumento o disminución en su salida [15]. De esta forma la monotonicidad es un parámetro que garantiza que el conversor no cambiará de polaridad, es decir que no se presentarán dos salidas para una misma entrada [19] y de esta manera no existirá pérdida de código.

Este error se puede apreciar de mejor manera en la gráfica de la Figura 1.12, donde se ve que para un valor de entrada, ha cambiado su valor de salida, es decir para un incremento de tensión en su entrada, el conversor A/D entrega una disminución en su salida.

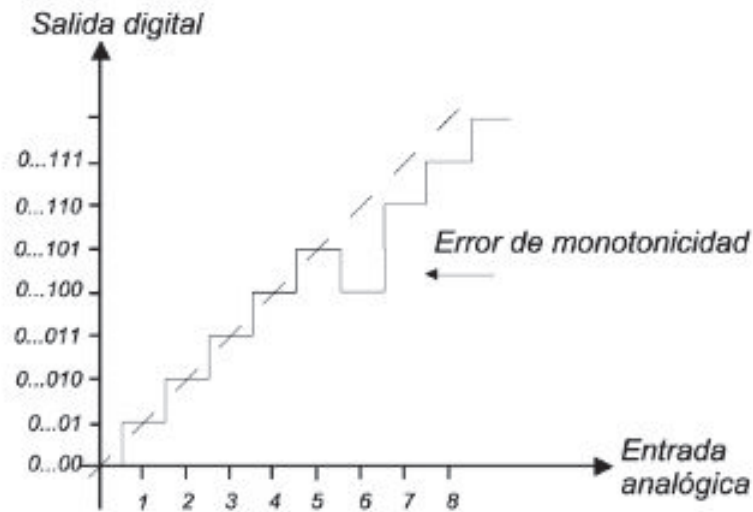


Figura 1. 12 Error de No Monotonicidad [19].

1.4.1.1.5 Error de Ganancia

Este error se define como la diferencia entre la pendiente de la curva de la función de transferencia ideal y la real [19]. Este parámetro muestra la precisión de la función de transferencia del convertidor A/D en comparación con la función de transferencia ideal. Como se puede observar en la Figura 1.13. El mismo es expresado en LSB (Least Significant Bit / Bit Menos Significativo) [15].

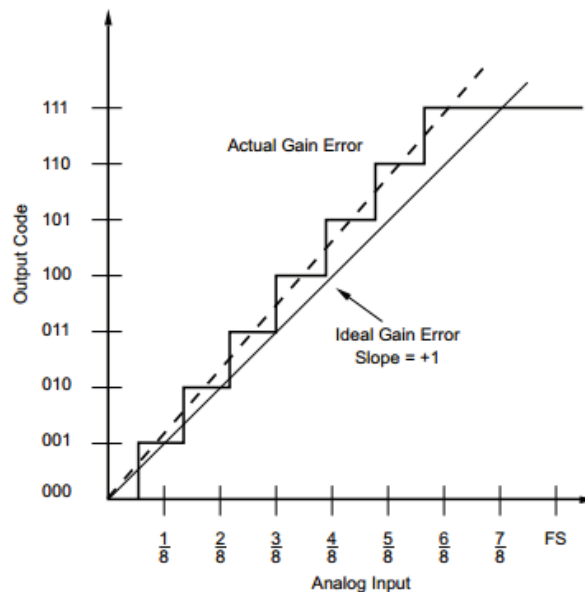


Figura 1. 13 Error de Ganancia [35].

1.4.1.1.6 Error de Offset

El error de offset conocido también como error de cero o error de desplazamiento, se define como la diferencia entre el valor de salida real con el valor de salida nominal o ideal [19].

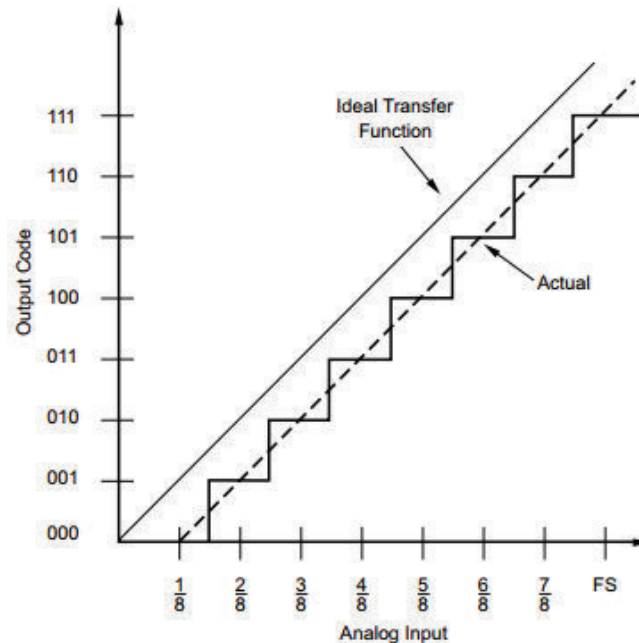


Figura 1. 14 Error de Offset [35].

Como se muestra en la Figura 1.14 para este convertidor A/D, se produce un desplazamiento horizontal de la curva de su función de transferencia. Este desplazamiento es de $\frac{1}{2}$ LSB, el cual afectará a todos los códigos siguientes.

1.4.1.1.7 Velocidad

Dependiendo de las aplicaciones, en ocasiones es de suma necesidad el contar con un convertidor A/D que tenga la capacidad de tratar señales de una elevada frecuencia. Por esta razón se hace importante disponer de una velocidad de muestreo, la cual avale la conversión de una forma correcta [15]. Para esto se debe tener en cuenta el teorema del muestreo (Teorema de Nyquist- Shannon), el mismo que indica que la frecuencia de muestreo debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal a ser muestreada, de esta manera se posibilita la digitalización de dicha señal.

Así, se define a la velocidad como el tiempo que necesita el conversor A/D para realizar una conversión, todo esto para una señal de entrada cuya amplitud debe ser igual al fondo de escala, del mismo modo debe contar con una resolución adecuada [19].

De manera lógica se puede decir que la rapidez del conversor también depende del número de bits que este tendrá a su salida.

1.4.1.2 Características Dinámicas de los Conversores A/D

A continuación se expondrán las características dinámicas de los conversores A/D, las mismas que serán importantes para una adecuada selección del mismo.

1.4.1.2.1 Tiempo de Adquisición

Para el caso de los conversores análogo-digitales el tiempo de adquisición se define como el tiempo durante el cual el sistema de muestreo y retención conocido en inglés como *Sample & Hold* permanece en estado de muestreo [15], para que la salida alcance el valor de la entrada, durante el consiguiente estado retención, con un error típicamente especificado (generalmente 0,1%) [19]. Como se puede observar en la Figura 1.15, se tiene una señal de entrada V_i , la misma que en un determinado instante es muestreada durante un tiempo denominado t_{adq} , como se puede apreciar en la Figura 1.15 este estado de muestreo o de adquisición permanece hasta que la salida V_o alcance el valor de la entrada V_i .

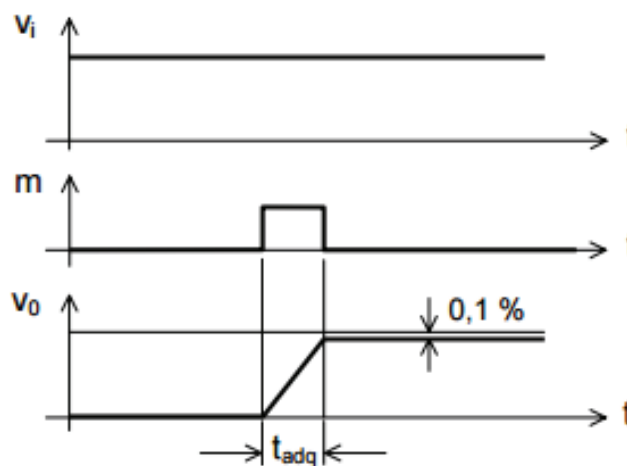


Figura 1. 15 Ejemplo del Tiempo de Adquisición.

1.4.1.2.2 Tiempo de Conversión

Es el tiempo necesario para que un conversor A/D acabe de efectuar una conversión [19] de la señal aplicada, y la misma esté disponible en su salida [21], [22]. Este tiempo se determina de acuerdo a la ecuación (1.2).

$$f_{MAX} = \frac{1}{2 * tiempo\ de\ conversión} \quad (1.2)$$

1.4.1.2.3 Tiempo de Apertura

En muchos convertidores A/D, el tiempo de apertura y el tiempo de conversión es lo mismo [21]. Realmente el tiempo de apertura se lo define como el tiempo entre la señal de retención (*Hold*) y el instante en que la retención tiene lugar realmente [18], dentro de la banda de error especificada, como se puede observar en la Figura 1.16. El tiempo de apertura necesario para lograr reducir el error a $\pm 0.5LSB$ es:

$$t_{Ap} = \frac{1}{2 * \pi * f_{MAX} * 2^N} \quad (1.3)$$

Donde N es el número de bits del conversor.

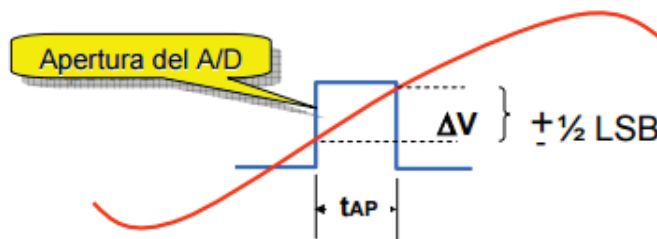


Figura 1. 16 Tiempo de Apertura [21].

1.4.1.2.4 Sample & Hold

Se denomina *Sample & Hold* al proceso mediante el cual se toma una muestra de la señal de entrada (Sample), manteniendo o reteniendo (Hold) este valor durante el tiempo necesario para finalizar la conversión A/D [15]. Generalmente se lo realiza

a través de la carga y descarga de un condensador. En la Figura 1.17 se muestra un esquema básico de un circuito de *Sample & Hold*.

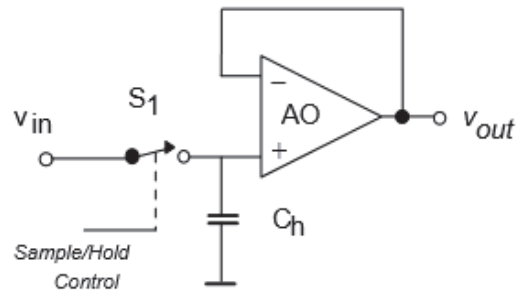


Figura 1. 17 Circuito Sample & Hold [15].

1.4.1.3 Técnicas de Conversión Análoga – Digital (A/D)

Las técnicas de conversión análoga-digital se pueden clasificar en dos grandes grupos: conversión directa y conversión realimentada o indirecta [18]. En la técnica de conversión directa el conversor obtiene el dato por comparación o por conteo, entretanto la conversión realimentada lo realizan a través de un conversor A/D que realimenta como su nombre lo indica el dato digital que es generado mediante algún sistema lógico.

En el mercado actual se encontrara una gran variedad de conversores análogo-digitales los cuales convertirán los niveles de tensión (voltaje) en una palabra (dato) digital que le corresponda, Donde se tendrá que N es el número de bits obtenido de cada dato, lo cual significará que existirán 2^N niveles de tensión [15].

Es necesario que todos los convertidores se encarguen de que el número de bits que se obtienen en sus respectivas salidas sea un reflejo lo más exacto posible a su respectivo nivel de tensión (valor analógico) [15].

En la Tabla 1.1 se presenta un cuadro comparativo de los conversores A/D, los cuales son utilizados con más frecuencia, estas comparaciones serán basadas en las características más importantes, las mismas que serán tomadas en cuenta para la correcta selección del conversor A/D [40], [41].

Tabla 1.1 Comparación de los Conversores A/D [40], [41].

	Conversores A/D tipo:			
	Sigma-Delta	Flash	Pipeline	SAR
Velocidad de Conversión	Mediana y Baja Velocidad	Ultra-Alta Velocidad	Alta Velocidad	Mediana-Alta Velocidad
Método de Codificación	Modulador de Sobremuestreo	Código Tipo Termómetro	Lógica de Corrección Digital	Aproximaciones Sucesivas
Resolución Típica	La resolución aumenta el doble con el incremento de cada bit	Limita a la resolución a 8 bits por la compatibilidad de componentes	La resolución aumenta el doble con el incremento de cada bit	La resolución aumenta el doble con el incremento de cada bit
Tiempo de Conversión	Relación entre salida del conversor y su resolución	El tiempo de conversión no cambia al variar su resolución	Aumenta linealmente al aumentar su resolución	Aumenta linealmente al aumentar su resolución
Arquitectura	Sobremuestreo	Aumenta la complejidad por cada bit que se aumente	Estructura en paralelo	Algoritmo binario interno, funciona a mayor velocidad

Para mejorar los aspectos de velocidad de conversión, resolución, número de bits de entrada, será necesario un incremento en la complejidad del circuito del conversor A/D y un aumento en el número de componentes del mismo, logrando de esta manera funcionar a velocidades de reloj más elevadas [40].

En la Figura 1.18, se puede ver una comparación gráfica de estos conversores A/D tomando en cuenta su número de bits y su velocidad de conversión, teniendo como resultado que el conversor A/D más veloz es el conversor tipo flash, el mismo que posee la menor cantidad de bits, de la misma manera se puede notar que el conversor tipo sigma-delta es el que posee el mayor número de bits, es decir posee

mayor resolución que el resto de conversores, significando esto que dicho conversor será el que posea la menor velocidad de conversión.

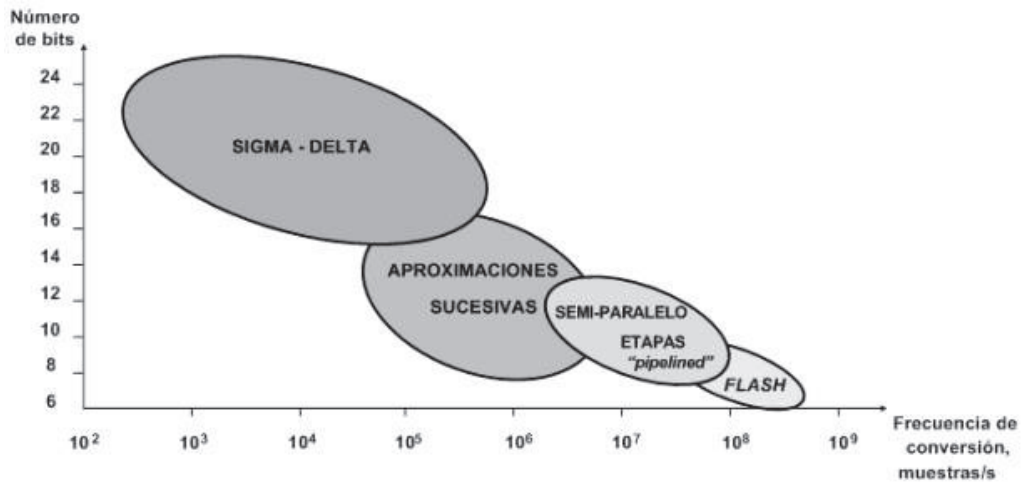


Figura 1. 18 Comparación entre Conversores A/D [39].

1.4.2 MEMORIA

Entre las características de mayor importancia que ofrecen actualmente los osciloscopios de altas prestaciones se encuentra la longitud de memoria de alta velocidad [23], [24].

Actualmente la profundidad de memoria o longitud de memoria de cualquier osciloscopio digital tiene una influencia muy considerable sobre la calidad de los resultados [24], permitiendo el almacenamiento de las muestras luego de la adquisición y la conversión de las mismas. [23].

Cabe considerar que un osciloscopio digital de memoria profunda podrá funcionar durante un periodo de tiempo más prolongado a su máxima velocidad de muestreo sin que esto implique perder información vital de la señal, mientras mayor sea la capacidad de memoria que este posea [23], [25], la profundidad de memoria necesaria se calcula multiplicando el período de muestreo por la velocidad de muestreo. Los períodos largos de muestreo y las resoluciones temporales elevadas exigen una mayor capacidad de memoria. Se necesita una profundidad de memoria superior a 100 millones de puntos para trabajar con grandes cantidades de datos [25].

1.5 SECCIÓN DE DISPARO (TRIGGER)

En este apartado se estudiará la sección de disparo o trigger el cual indica el nivel de voltaje en que se iniciará el sincronismo [27] permitiendo de esta manera estabilizar la imagen en la pantalla de visualización para poderla observar [26]. Este mecanismo de disparo puede ser realizado por hardware o por software y le dirá a nuestro osciloscopio cuando empezar a graficar, es muy importante que la gráfica empiece siempre en el mismo lugar para de esta manera obtener una lectura que sea confiable. El disparo se producirá cuando la tensión de la señal adquirida cruce con el nivel de tensión de disparo elegido (Trigger) [26].

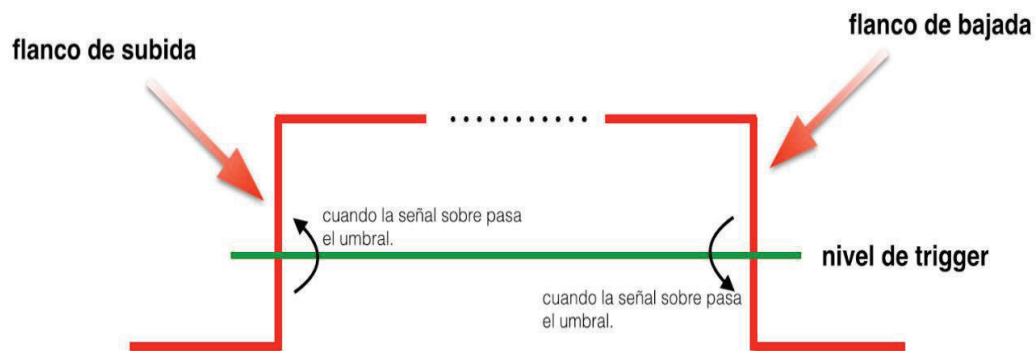


Figura 1. 19 Esquema Flanco de Subida y de Bajada [26].

Los trigger por flanco son los mas utilizados como se puede observar en Figura 1.19 el nivel de tension puede estar en flanco asendente (+) o desendente (-), es decir el osciloscopio inicia la captura de la señal en cualquiera de los dos flancos esta funcion toma el nombre de *Slope +/-* [26], [27], con esta función el oscilospio tiene la capacidad de observar que sucede antes y despues de la señal de tension [26] colocando la forma de onda en una posicion mucho mas facil de observar.

1.6 SECCIÓN HORIZONTAL

En este apartado se procederá a estudiar el sistema de muestreo tambien conocido como metodos de muestreo o samplig, que consite en explicar el proceso que tienen los osciloscopios digitales para obtener y reunir los puntos de muestreo.

Para el completo entendimiento del proceso de muestreo se empezará citando el proceso de digitalización, de esta manera quedara clara la importancia del muestreo y en qué etapa se lo utilizará. La digitalización consiste básicamente en

realizar de forma periódica medidas de la amplitud (tensión) de una señal, redondear sus valores a un conjunto finito de niveles preestablecidos de tensión (conocidos como niveles de cuantificación) y registrarlos como números enteros en cualquier tipo de memoria o soporte.

Antes de que esta señal ingrese al conversor análogo digital se somete a un muestreo a una velocidad fija, en otras palabras, se procederá a tomar valores discretos de la amplitud de la onda, en distintos instantes de tiempo, a este proceso le conoce con el nombre de *sampling* [15].

Los procesos que dan lugar a esta conversión son el muestreo, la retención, la cuantificación y la codificación, en los dos primeros procesos como son el muestreo y la retención la señal se mantiene análoga puesto que aún puede tomar cualquier valor. Por otra parte, a partir de la cuantificación, cuando la señal empieza a tomar valores finitos, la señal en ese instante ya es digital [28].

1.6.1 MUESTREO

El muestreo consiste en el proceso de conversión de señales continuas en señales discretas en el tiempo, es decir convertir un fragmento de la señal que ingresa en un número discreto cuyos valores serán binarios. Dicho proceso se lo realizará midiendo la señal a ser muestreada en momentos periódicos de tiempo.

Existen dos técnicas principales de muestreo usadas en los osciloscopios digitales y estas son muestreo en tiempo real y muestreo en tiempo equivalente, las mismas se utilizarán dependiendo del tipo de medida que se proceda a realizar [29].

1.6.1.1 Muestreo en Tiempo Real

En esta técnica de muestreo se toman datos o muestras a máxima velocidad para en un solo barrido obtener la mayor cantidad consecutiva de puntos muestreados, este método de muestreo se utiliza en señales no repetitivas es decir en señales que sean de carácter transitorio o en señales de un único disparo [29], [30] como se puede observar en la Figura 1.20.

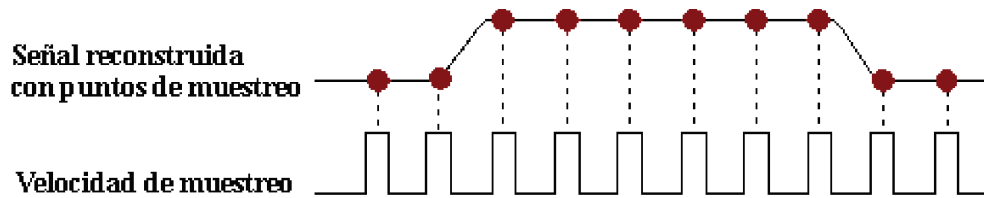


Figura 1. 20 Muestreo en Tiempo Real de la Señal de Entrada [6].

Este método de muestreo hoy en día constituye uno de los mayores retos para los osciloscopios digitales ya que necesitan de una alta velocidad de muestreo para poder digitalizar de forma precisa señales de alta frecuencia [29].

Hay que tener en consideración que este tipo de señales ocurren una única vez, razón por la cual se tendrá la necesidad de muestrearlas en el momento exacto de su ocurrencia. Si la velocidad con la que se muestrea no es la adecuada se producirá el efecto *aliasing* ya que los componentes de alta frecuencia no se capturan de manera correcta.

Para poder garantizar una toma de muestras y una conversión de forma correcta tenemos que considerar la velocidad de muestreo que es la velocidad con la que se toman las muestras, es decir, el número de muestras tomadas, por ejemplo en número de muestras tomadas en un segundo, es lo que se conoce como la frecuencia de muestreo.

El Teorema de Nyquist-Shannon establece que “La frecuencia de muestreo mínima requerida para realizar una grabación digital de calidad, debe ser igual al doble de la frecuencia de audio de la señal analógica que se pretenda digitalizar y grabar”. En otras palabras la frecuencia de muestreo denominada f_s debe ser como mínimo el doble del ancho de banda de la señal a ser muestreada como se indica en la ecuación (1.4).

$$f_s > 2 * f_m \quad (1.4)$$

Caso contrario de no cumplir con este requisito aparecerá el efecto o fenómeno denomina *aliasing*, el cual dará paso a la aparición de frecuencias denominadas “alias”. Cuando esto sucede, la señal original no podrá ser reconstruida de manera unívoca a partir de la señal digital.

Se deberá tener en cuenta que para poder visualizar señales que son más rápidas que la velocidad de muestreo de manera correcta los osciloscopios utilizan un recurso denominado *interpolación* [29], caso contrario solo se observará en la pantalla unos puntos dispersos, error conocido como percepción cambiada [30].

1.6.1.1.1 Interpolación

Básicamente existen dos tipos de interpolación utilizada en los osciloscopios digitales que son interpolación lineal e interpolación senoidal como se observa en la imagen de la Figura 1.21.

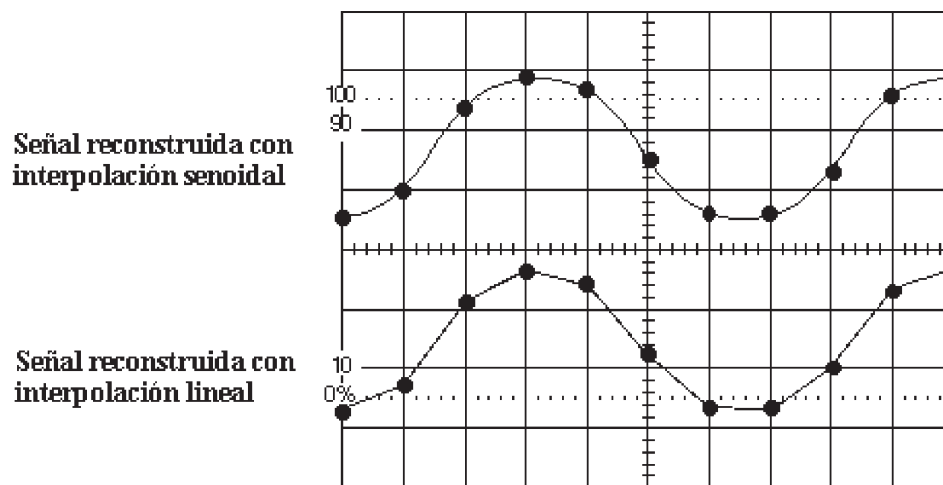


Figura 1. 21 Interpolación Lineal Vs Interpolación Senoidal [12].

Como podemos observar en el segundo gráfico de la Figura 30 la interpolación lineal consiste en conectar o unir los puntos muestreados con líneas rectas. De la misma manera en el primer gráfico de la Figura 30 se puede observar la interpolación senoidal que consiste en unir los puntos muestreados mediante curvas, las mismas que obedecerán a una expresión matemática dando así la posibilidad de visualizar señales con gran precisión disponiendo de relativamente pocos puntos de muestreo [29].

1.6.1.2 Muestreo en Tiempo Equivalente

Esta técnica de muestreo está indicada exclusivamente para señales periódicas en el tiempo, se aprovecha que cada ciclo sea exacto al anterior para de esta manera reconstruir la señal completa capturando únicamente una pequeña parte de la señal en cada periodo como se ve en la Figura 1.22 [29].

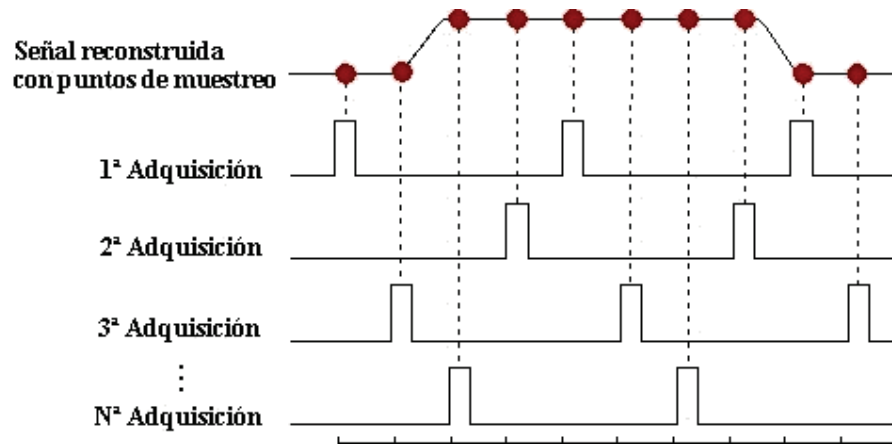


Figura 1. 22 Muestreo en Tiempo Equivalente de la Señal de Entrada [12].

Existen dos tipos básicos del muestreo en tiempo equivalente que son muestreo secuencial y muestreo aleatorio.

El muestreo aleatorio hoy en día es el más común en los osciloscopios digitales, está basado en un reloj interno cuyo tren de pulsos es asíncrono respecto a las señales de entrada y disparo. Las muestras se toman continuamente y de forma aleatoria respecto al disparo. “Es decir, actúa como un generador de pre-disparo, eliminando la necesidad de señales externas de pre-disparo o líneas de retardo” [29].

En el muestreo secuencial a diferencia del muestreo aleatorio se toma una muestra en cada instante de disparo, al detectar el disparo se toma una muestra luego de un pequeño retardo denominado dt , al llegar el disparo siguiente se debe añadir este retardo y se procede a tomar otra muestra, este proceso se repetirá continuamente añadiendo cada vez el mismo incremento dt a la última adquisición.

Por esta razón el muestreo secuencial proporciona más resolución y exactitud que el muestreo aleatorio, cabe recalcar que al tomar la muestra luego de un instante de tiempo de haber detectado el disparo, el punto de disparo se debe representar sin un pre-disparo externo [29].

1.7 SECCIÓN DE VISUALIZACIÓN

En la presente sección se estudiará la visualización de los datos adquiridos y procesados en la sección de adquisición de datos estudiada con anterioridad, para lo cual es necesario mencionar el modo de conexión para el envío y recepción de

estos datos con el sistema operativo Android, software que se encargará de la visualización a través de un smartphone o tablet.

1.7.1 MODO DE CONEXIÓN

El modo de conexión entre el dispositivo de visualización y el hardware de adquisición se lo realizará mediante conexión USB a OTG.

Universal Serial Bus (USB) es una interfaz que permitirá la conexión de periféricos a diversos dispositivos. Por lo tanto el puerto USB tiene la finalidad de conectar distintos dispositivos entre sí.

OTG (On The Go) se trata de un adaptador USB, es decir es un cable que convierte en una salida la entrada microUSB de los móviles, una de las características de mayor relevancia es que no se necesita de drivers para que nuestro dispositivo lo reconozca. USB OTG o USB host es una extensión de la norma USB 2.0 que nos permite flexibilizar la gestión de dicha conexión. Esto facilita la conexión desde cualquier dispositivo mediante USB a nuestro smartphone o tablet.

1.7.2 SISTEMA OPERATIVO ANDROID

El sistema operativo móvil Android está basado en Linux para teléfonos inteligentes, tablets, Google TV y otros dispositivos [33], fue desarrollado por Google. Este sistema operativo es adaptable para muchas pantallas y resoluciones [32], depende de Linux únicamente para los servicios base del sistema como son seguridad, gestión de procesos y memoria, modelo de controladores entre otros [32].

El sistema operativo está constituido por 12 millones de líneas de código, entre las cuales está el código en XML, Java, lenguaje C y C++.

“La estructura del sistema operativo Android se compone de aplicaciones que se ejecutan en un framework Java de aplicaciones orientadas a objetos sobre el núcleo de las bibliotecas de Java en una máquina virtual Dalvik con compilación en tiempo de ejecución” [32].

Al final se puede resumir que Android es la forma de afrontar la telefonía móvil por parte de Google, que entiende estos dispositivos como una forma de estar conectado constantemente a Internet. Las aplicaciones de Google que vienen preinstaladas en el teléfono, permiten acceder a los servicios de Google de forma

muy integrada, aparte de la aplicación Market que permite instalar aplicaciones desarrolladas por terceros de una forma muy sencilla.

1.7.3 SMARTPHONE Y TABLET

El teléfono inteligente o smartphone es un término utilizado para denominar a un teléfono móvil con características muy superiores a un teléfono celular, entre estas características podemos encontrar la memoria RAM, microSD, flash, tienen la capacidad de procesamiento, poseen una alta capacidad de interacción mediante su pantalla táctil.

Un tablet PC es un ordenador portátil con el que se puede interactuar a través de una pantalla táctil o multitáctil.

Las características que definen a los smartphone y tablet son su movilidad que es la cualidad del dispositivo de ser transportado con frecuencia y facilidad, también se lo define como portabilidad. Otra de las características es poseer un tamaño reducido básicamente debe tener la cualidad de ser utilizado con una o dos manos sin la necesidad de un soporte externo o ayuda [34]. La conexión inalámbrica es otra de las características que definirán nuestro smartphone o tablet ya que nos permite el envío y recepción de datos sin la necesidad de un enlace cableado.

1.7.3 VISUALIZACIÓN

La correcta y precisa visualización de las aplicaciones dependerá de las características de los smartphones o tablets, entre las cuales se tendrá en consideración el tamaño de la pantalla que se medirá en pulgadas, cabe mencionar que a mayor tamaño de pantalla se podrá tener una mejor visualización de las imágenes mostradas y la resolución medida en pixeles que se forman como pequeños puntos en forma de matriz y a mayor resolución se tendrá una mayor nitidez de imagen, ya que se contará con un mayor número de puntos en la pantalla. Las principales resoluciones existentes son VGA, QVGA, XGA, HD, FULLHD, 4K.

Del mismo modo la correcta visualización dependerá de la velocidad de procesamiento de datos que posea el smartphone o tablet, así como también de la capacidad de su memoria RAM, un procesador es el cerebro de tu smartphone es el que se encarga de ejecutar todas las tareas que le ordenas desde la pantalla

táctil. Se encarga de hacer funcionar las aplicaciones, de mostrar los videos, de conectar a internet. Por esta razón son preferibles smartphones de gama alta para una visualización correcta de aplicaciones que sean encaminadas a gráficas en tiempo real, comunicaciones, flujo y procesamiento de datos donde se requerirá un procesador de altas prestaciones para todo el procesamiento que dichas aplicaciones requieren.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

2.1 PREÁMBULO

En el presente capítulo se estudiará el diseño y la construcción del hardware necesario para el acondicionamiento, adquisición y el tratamiento de las señales analógicas de tensión, así como también las protecciones pertinentes para de esta manera se garantice la integridad del equipo a cualquier falla eléctrica que se pueda presentar.

El osciloscopio será capaz de medir señales de hasta $22V_{RMS}$, y $220V_{RMS}$ con la utilización de una punta de prueba $\times 10$, razón por la cual se diseñaron las protecciones de voltaje pertinentes para este rango de voltaje. De la misma manera el presente osciloscopio medirá frecuencias que van en el rango de los 10Hz a los 100KHz, razón por la cual se vió la necesidad de implementar una etapa de acondicionamiento con elementos que garanticen su correcto funcionamiento a elevadas frecuencias.

Posteriormente la tensión de las señales analógicas de entrada se acondicionará a valores admisibles por el microcontrolador seleccionado, el mismo que procesará esta información y la enviará vía USB para su posterior visualización en un Smartphone con sistema operativo Android.

Cabe recalcar que el presente diseño representará única y exclusivamente a un canal de adquisición, el montaje del segundo canal será exactamente igual al diseño del primer canal antes mencionado.

2.2 ETAPA DE ENTRADA

En el siguiente apartado, se diseñará la etapa de entrada y acondicionamiento con sus respectivas protecciones.

Como se comentó en el primer capítulo, la etapa de entrada de cualquier osciloscopio tendrá siempre la misma función y consta de valores típicos estandarizados, por ende la base de dicha etapa será similar a la mayoría de

osciloscopios, con pequeños detalles que se cambiarán dependiendo de las prestaciones y del uso que se los dará a cada uno de estos osciloscopios.

Como se observa en la Figura 2.1 el presente osciloscopio cuenta con un circuito de protección y reducción de voltaje, el mismo que está constituido por un varistor de $27V_{RMS}$ el cual se encargará de proteger al circuito de cualquier sobre voltaje que pueda ingresar al mismo a través de su entrada es decir el conector *BNC*. El valor del varistor es superior al voltaje de entrada máximo planteado $22V_{RMS}$ ya que no será conveniente que éste desactive el circuito cuando la entrada se encuentre en valores de voltaje cercanos o levemente superiores al voltaje máximo, con esto logramos una tolerancia de $5V_{RMS}$.

Del mismo modo se puede observar en la Figura 2.1 a continuación de la protección de sobre voltaje, una configuración en paralelo entre un capacitor de $22pF$ y una serie de resistencias que suman en conjunto $1M\Omega$ (valores típicos), con esto se logra obtener una alta impedancia de entrada necesaria para el correcto funcionamiento de los circuitos que se medirán y visualizarán con el presente osciloscopio. Además la alta impedancia ayuda a tener corrientes relativamente bajas en el circuito interno, razón por la cual no es necesaria la utilización de protecciones de corriente como son los fusibles.

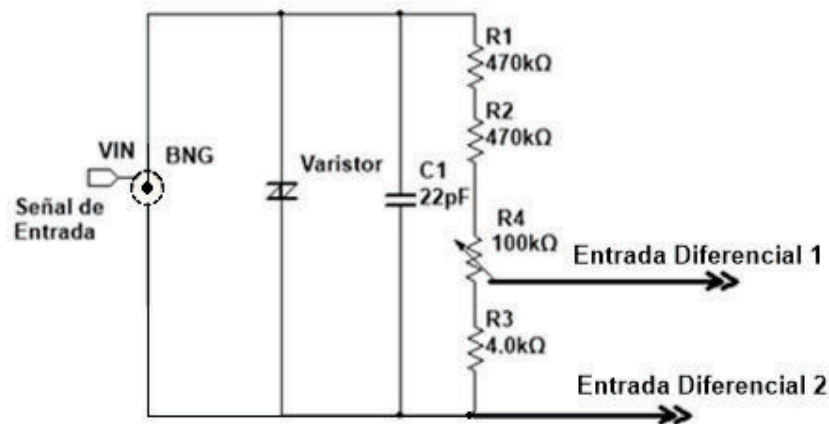


Figura 2. 1 Circuito de Protección y Reducción de Voltaje.

La configuración en serie de las resistencias mostrada en la Figura 2.1 se dispuso para lograr tener un divisor de voltaje, el mismo que deberá entregar a su salida un valor de $3V_{RMS}$. Para su perfecta calibración se usa un potenciómetro ya que es

imprescindible obtener los $3V_{RMS}$ a su salida, debido a que las entradas del microcontrolador seleccionado funcionan a $3.3V_p$, razón por la cual y para tener un margen de protección se resolvió un valor máximo de entrada a los pines del microcontrolador de $3V_{RMS}$, evitando así la avería de los puertos I/O.

2.3 ETAPA DE PROTECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO

En esta etapa se diseña el acondicionamiento y la protección del circuito de control, donde se utilizará diodos en serie en cada entrada del amplificador en configuración diferencial como se puede ver en la Figura 2.2, con el fin de proteger al amplificador operacional y al microcontrolador, estos diodos serán de tipo zener de rápida conducción y recuperación y funcionarán a $5.1V$, su función es la desconexión del circuito, es decir dejaran de conducir al tener un voltaje superior al permitido ($5.1V$).

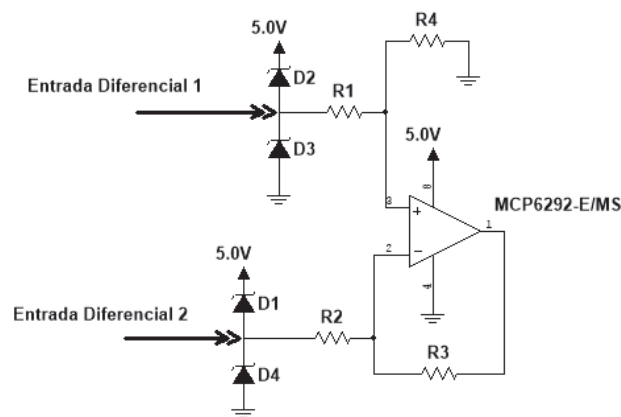


Figura 2. 2 Protección y Acondicionamiento Modo Diferencial.

Como se puede observar en la Figura 2.2 se cuenta con un acondicionamiento en modo diferencial con el amplificador operacional MCP6292, el mismo que cuenta con un rango de frecuencia de $10MHz$ y de ganancia unitaria, el mismo proporcionará una alta impedancia a su entrada y permitirá un acoplamiento de impedancias con la siguiente etapa, es decir tendrá una impedancia de salida baja o idealmente nula, la cual será indispensable para la etapa siguiente.

Se determinó que el MCP6292 era el más adecuado para el correcto funcionamiento del osciloscopio. Se evidenció que al utilizar un amplificador operacional *High-Speed* con un ancho de banda de $300MHz$ la forma de onda se distorsionaba por completo, esto debido a que el mencionado operacional trabaja

a partir de 0.3MHz, y el osciloscopio a implementarse debe cumplir con frecuencias menores a esta. De la misma manera se realizó pruebas con el amplificador operacional TL084 y el LM324 y se verificó una distorsión en la señal triangular y cuadrada, razón por la cual y en base a una mejor respuesta se eligió el amplificador operacional mencionado en el circuito de acondicionamiento (MCP6292).

2.4 ETAPA DE SELECCIÓN DE TIPO DE ACOPLAMIENTO

Para la presente etapa se decidió el uso de Switch-Analógicos 4066 que serán controlador por pines del microcontrolador, teniendo como característica principal su reducido tamaño en comparación con los relés de 5V convencionales, además tiene altas prestaciones como son un reducido consumo de corriente, puede conmutar y multiplexar señales tanto analógicas como digitales, tiene un rango de frecuencia que alcanza los 40MHZ. Se debe tomar en cuenta que el funcionamiento de un Switch 4066 es digital, a diferencia de un relé de 5V que es un sistema electromecánico por lo tanto su tiempo de conmutación es mayor al tiempo en que conmuta un Switch 4066.

Se puede observar en la Figura2.3 el circuito de tipos de acoplamiento, donde se seleccionará a través de un dato digital el acoplamiento deseado, ya sea AC, DC o GND, como se explicó en el capítulo uno existe una configuración típica para cada tipo de acoplamiento, como es el caso del acoplamiento AC donde se ve la necesidad de utilizar un capacitor de 100nF para quitar el nivel de continua de nuestra señal de entrada.

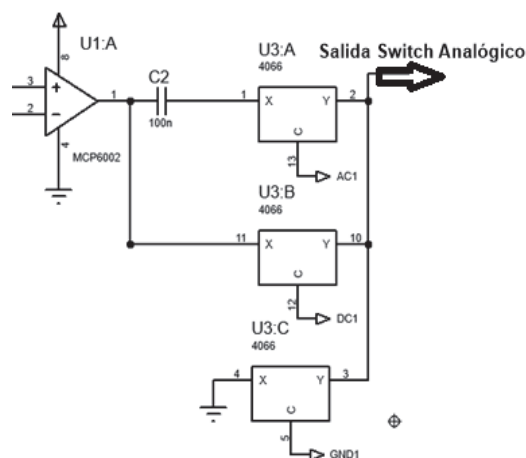


Figura 2. 3 Selección Tipo de Acoplamiento.

2.5 ETAPA DE AMPLIFICACIÓN DIGITAL

En esta etapa se realizará una amplificación digital a través del PGA (Program Gain Amplifier) MCP6S21 los mismos que serán controlados por el microprocesador STM32F407, con la finalidad de evitarnos la etapa de auto-rango analógico y realizar todo de manera digital logrando así un osciloscopio de menor tamaño que sea portable, para esta etapa se necesita una impedancia de entrada baja debido a las restricciones que presenta el MCP6S21 en cuanto a su impedancia de entrada, cada PGA contará con ocho niveles de ganancia que son: +1, +2, +4, +5, +8, +10, +16, +32 y serán seleccionadas a través de un dato enviado por comunicación serial (SPI), se utilizarán dos PGA para tener una doble amplificación y así una mejor visualización en rangos de voltaje bajos.

Como se puede observar en la Figura 2.4 la salida de los Switch-Analógicos se conectará a la entrada del primer PGA, y la salida de este a la entrada del segundo PGA, logrando así enviar datos con buena resolución al ADC.

En el caso de que el voltaje sea alto la ganancia de cada uno de estos amplificadores de ganancia programable será +1.

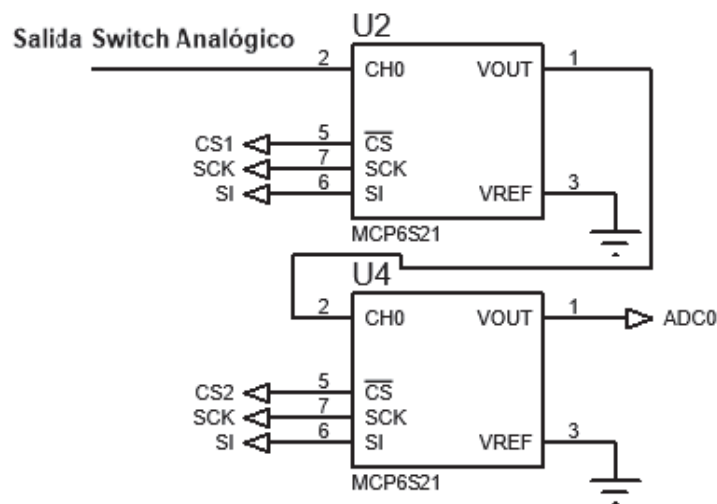


Figura 2. 4 Amplificación Digital.

2.6 MICROCONTROLADOR

En la presente etapa se procederá a la selección del microcontrolador adecuado para el proyecto en base a las prestaciones y a los requerimientos necesarios. Para

ello se han realizado diversas pruebas de las características de cada uno de los microcontroladores seleccionados previamente. En la Tabla 2 se pueden observar las características más relevantes de cada uno los microcontroladores seleccionados previamente.

Tabla 2.1 Características de los Microcontroladores [35], [39].

Microcontrolador	DSPIC 30F4013	ARDUINO DUE	STM 32F407
Características			
Procesador/Núcleo	Dspic 24-bit	ARM Cortex-M3 24-bit	ARM® 32-bit Cortex®-M4 CPU
Convertor A/D	1 CAD de 12bits 13 Canales de entrada 100 Ksps	1 CAD de 12bits 16 Canales de entrada 1 Msps	3 CAD de 12bits 24 Canales de entrada 2.4 Msps – 7.2Msps
Memoria	48 Kbytes Flash 2 Kbytes RAM 1 Kbyte EPROM	256-512 Kbytes Flash 32-100 Kbytes SRAM 16 Kbytes ROM 4 Kbyte RAM	1 Mbyte Flash 192+4 Kbytes SRAM 64 Kbyte RAM
Frecuencia de Operación	4MHz-10MHz con PLL (4x, 8x, 16x) Oscilador Interno 40MHz Reloj Externo	84 MHz Oscilador principal de cuarzo de 3MHz – 20MHz	168MHz Oscilador 4MHz-26MHz
Voltaje de Operación	2.5V-5.5V	3.3V	1.8V-3.6V
Conectividad Avanzada	No posee esta característica.	USB 2.0 Device/Mini Host Ethernet MAC 10/100 (EMAC)	USB 2.0 full-speed device/host/OTG controller with on-chip PHY USB 2.0 high-speed/full-speed device/host/OTG controller with dedicated

			DMA, on-chip full-speed PHY and ULPI 10/100 Ethernet MAC with dedicated DMA: supports IEEE 1588v2 hardware, MII/RMII
Interfaces de Comunicación	3 x SPI 1 I ² C 2x UARTs 1x CAN	4 USARTs 1 UART 2 TWI 6 SPIs 2 x CAN 1 x I ² C 1 HSMCI	3 x I ² C(SMBus/PMBus) 4 USARTs 2 UARTs 3 SPIs 2 x CAN SDIO
I/O	29 I/O Puertos con Interrupción Externa	103 I/O Puertos con Interrupción Externa 6 PIO (I/O en paralelo)	140 I/O Puertos con Interrupción Externa 136 Fast I/Os up to 84 MHz 138 Puertos a 5V I/Os
Periféricos	16 bits Timer 16 bits PWM	8 Canales PWM 32Bits Real Time Timer (RTT)	17 Canales Timers (16bits-32bits) 4 Canales PWM/OC/IC

Al analizar las características presentadas en la Tabla 2.1 se seleccionará el microcontrolador STM32F407, debido a que este presenta más altas prestaciones en cuanto a la velocidad de su conversión análoga digital, como podemos observar este microcontrolador realiza 2.4Msps (Mega Samples por Segundo) y posee 3 conversores A/D simultáneos, de la misma manera posee un puerto USB 2.0 Host/OTG el cual nos facilitará la comunicación serial hacia el dispositivo Android o

Smartphone. Finalmente la frecuencia con la que trabaja el microcontrolador es de 168 MHz lo que lo hace sumamente potente para la aplicación requerida.

Se realizaron pruebas con los otros dos microcontroladores como el Dspic30F4013 y el Arduino due, dando como resultado fallas en el muestreo de datos en el caso del Dspic30F4013 así como también problemas al realizar la comunicación serial, debido al número excesivo de fusibles internos que se deben programar (Burn) para este microcontrolador y a la poca o escasa información sobre los mismos.

Para el caso de Arduino due, la comunicación es muy sencilla debido a las librerías que este posee y a la facilidad de su programación, el problema con este microcontrolador radicó en el número de muestras que toma por segundo el conversor A/D que este micro posee, ya que en el caso del Arduino due es de 1Msps (Un Mega Sample por Segundo), así como también la frecuencia de trabajo de este microcontrolador que es solo de 84MHz a relación de la STM, llegando a la conclusión que para las prestaciones del presente osciloscopio y la cantidad de datos e información que el mismo necesita procesar se necesita una mayor frecuencia de trabajo o velocidad de procesamiento de datos.

Cabe recalcar que el microcontrolador seleccionado posee 3 A/D simultáneos a diferencia de los otros micros, razón por la cual se facilita su programación y no existen problemas de desfase o de retardo en la adquisición del canal uno con el canal dos.

A continuación se presenta la Figura 2.5 donde se puede observar la disposición de pines del microcontrolador seleccionado. Cabe mencionar que se utilizó dos de los tres conversores A/D del microcontrolador, los mismos que están trabajando a 8Bits.

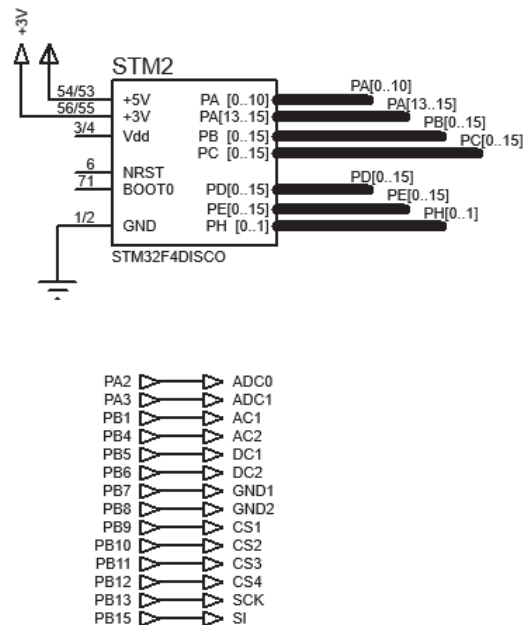


Figura 2. 5 Disposición de Pines STM32F407.

Se debe tomar en cuenta que la tensión de entrada en los pines I/O del microcontrolador es máximo 3.3V, razón por la cual el hardware se diseñó para un voltaje de 3V, de la misma manera se debe tener cuidado con el voltaje de alimentación máximo del microcontrolador.

2.7 COMUNICACIÓN SERIAL (USB)

Para la comunicación serial se planteó el uso de un dispositivo USART de comunicación, se logra de esta manera una salida USB la cual es indispensable debido a la necesidad de comunicarse con el dispositivo Android, para lo cual se necesita un cable OTG que posee una entrada USB tipo hembra. Logrando de esta manera el acople de la comunicación serial.

Como se puede observar en la Figura 2.6 se usó un conector denominado CP2102, el cual permite comunicarse análogamente es decir a través de los pines Tx y Rx con nuestro microcontrolador, logrando de esta manera optimizar recursos del dispositivo de control (micro) para un perfecto desempeño.

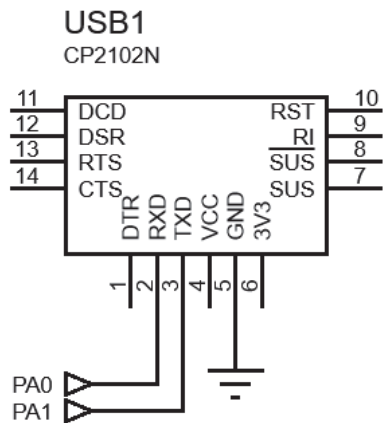


Figura 2. 6 Dispositivo de Comunicación.

Cabe mencionar que este dispositivo será usado debido a que los puertos mini y micro USB de nuestra tarjeta de control STM32F407 son puertos Host, es decir funcionan como anfitriones y para el presente requerimiento de comunicación se necesitan puertos USB que funcionen como Device es decir como dispositivos a ser leídos por la entrada microUSB del smartphone a través de un cable *On the Go*, razón por la cual se decidió realizar su comunicación a través del dispositivo CP2102. Es importante recalcar que este dispositivo de comunicaciones alimentado por el puerto microUSB del smartphone.

2.8 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para alimentar al hardware de osciloscopio, se requiere una fuente de 5V, razón por la cual se utilizará una fuente comercial de este valor.

El principio de funcionamiento se basa en un convertidor AC-DC, el cual tomará el voltaje alterno de entrada (voltaje de la red), y lo transformará a 12V en DC, para lograr el voltaje necesario se diseñará a continuación una fuente controlada de 5V generalmente desarrollada con el regulador de voltaje 7805 y una disposición de capacitores en paralelo usados para diseño y para evitar el recorte de la onda.

2.9 DIAGRAMA PCB FINAL

En el diagrama esquemático que se observa en la Figura 2.7 se puede observar que los elementos se encuentran en formato SMD, para de esta manera lograr disminuir las dimensiones de la placa o shield de acondicionamiento.

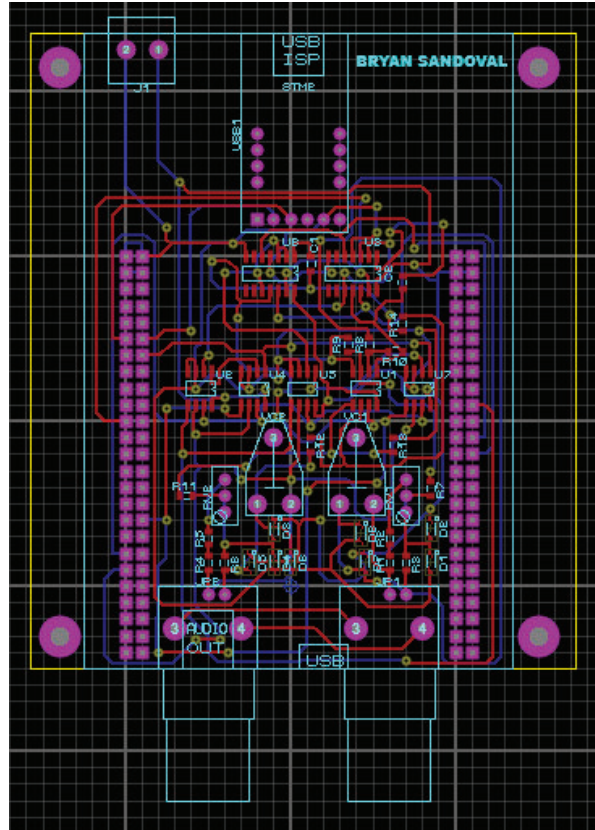


Figura 2. 7 Diagrama PCB Final.

2.10 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO FINAL

En la Figura 2.8 se puede observar el diagrama esquemático final realizado para un canal de entrada, el diseño para el segundo canal será exactamente igual.

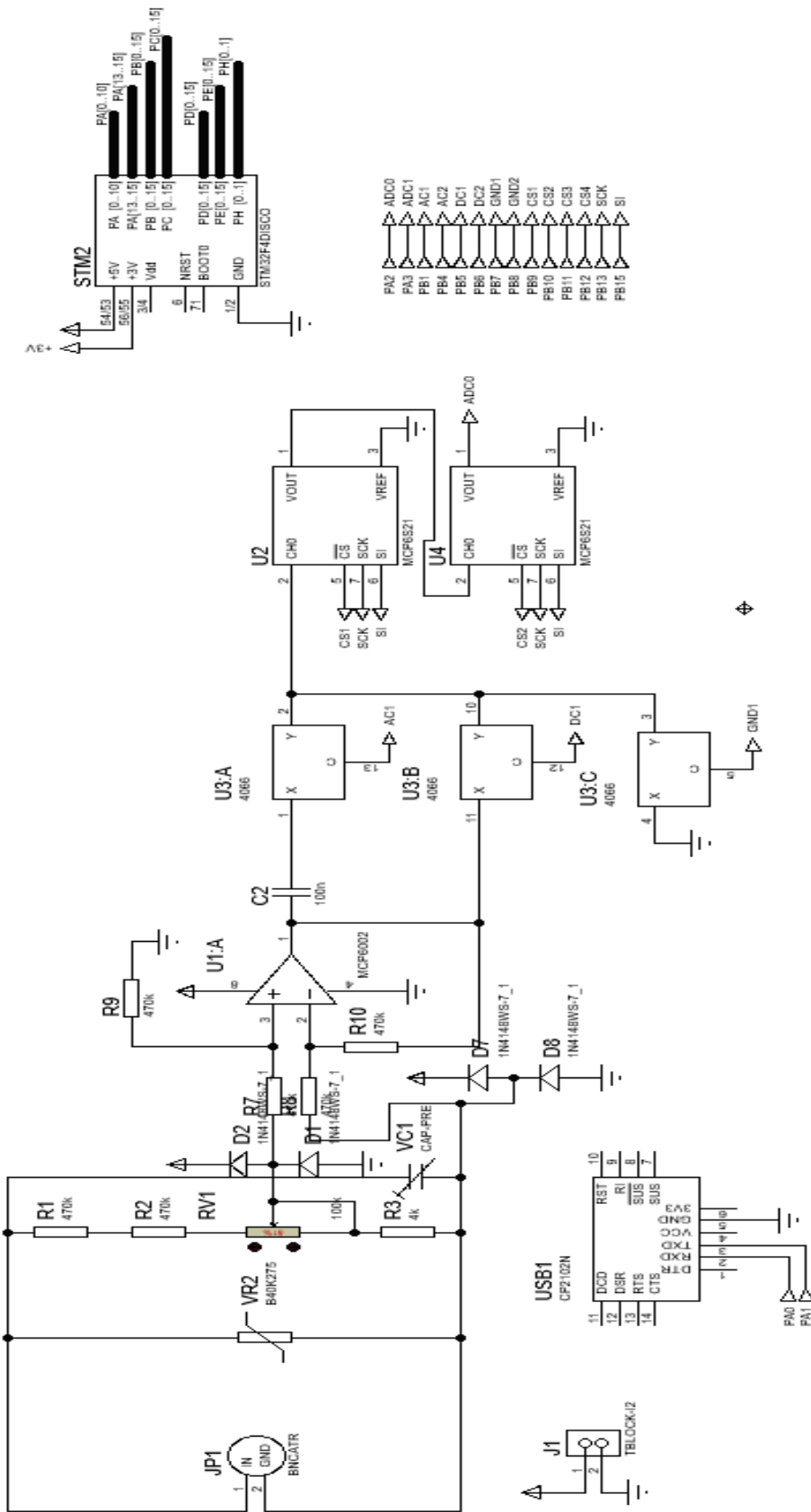


Figura 2. 8 Circuito Esquemático Final.

Una vez detallado el diseño del hardware necesario para la correcta adquisición y acondicionamiento de la señales de entrada, se procese al diseño y la implementación de la interfaz gráfica (Aplicativo Android), así como también al desarrollo de la programación necesaria para el funcionamiento del microcontrolador (STM32F407), los cuales constarán en el capítulo descrito a continuación.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA

3.1 PRELIMINAR

En el presente capítulo se realizará una explicación de los eventos más importantes del software y la programación empleada tanto para el microcontrolador STM32F407 como para el sistema operativo Android.

Para el desarrollo de la programación utilizada para el STM32F407 se manejó la herramienta de programación denominada “Keil”, la misma que maneja un lenguaje de programación en C y C++.

El entorno de desarrollo Keil se lo encuentra en internet y se la puede descargar de manera gratuita. Durante la instalación el software mencionado requerirá algunas descargas de complementos que serán necesarios para el correcto funcionamiento y desempeño del mismo, así como también para usar todas las librerías disponibles.

De la misma manera se cuenta con un software denominado Android Studio el cual es un entorno de desarrollo integrado (IDE). Actualmente Android Studio es el IDE oficial nombrado por Google para el desarrollo de aplicaciones para el sistema operativo Android.

Android Studio permite a diferencia de otros softwares de desarrollo un mayor control ya que su lenguaje de programación es realizado en Java, es decir una programación orientada a objetos. De la misma manera cuenta con un sistema integrado de visualización de dispositivos denominado SDK (Software Development Kit) el cual es un emulador del sistema operativo Android. El SDK cuenta con diferentes API (Versiones de Android). Estas versiones se las puede descargar para crear una aplicación que sea funcional en sistemas operativos Android antiguos hasta los más actuales.

3.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR

Para desarrollar el programa que permitirá la adquisición tratamiento y envío de datos, así como también para la selección de tipo de acoplamiento a través del microcontrolador STM32F407 se vió la necesidad de contar con librerías preestablecidas por los fabricantes del mencionado microcontrolador. De la misma manera se usó librerías ya realizadas con anterioridad por desarrolladores y de esta manera se facilitó la programación del STM32F407.

Como se puede observar en la Figura 3.1 se cuenta con una carpeta llamada STD_Periph_Drivers, esta es la carpeta donde se encuentran las librerías creadas por el fabricante del microcontrolador. Estas librerías son usadas para la activación y el correcto funcionamiento de los periféricos del μ C, así como también los drivers para conectar la tarjeta STM32F407 al computador y dispositivos externos.

De la misma manera se puede observar otra carpeta con el nombre TM, que es la carpeta donde se guardan las librerías extras creadas por desarrolladores, las mismas que van a ayudar a tener subrutinas ya creadas que no serán necesarias programarlas nuevamente, optimizando y facilitando de esta manera el programa desarrollado.

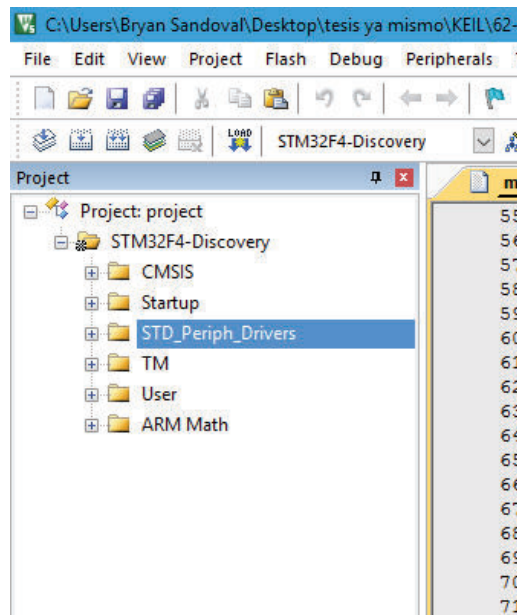


Figura 3. 1 Librerías para STM32F407.

La programación implementada en el microcontrolador seleccionado es relativamente corta ya que hace uso de varias librerías las cuales ayudarán a la activación de la comunicación serial. En la Figura 3.2 se observa el diagrama de flujo del programa principal.

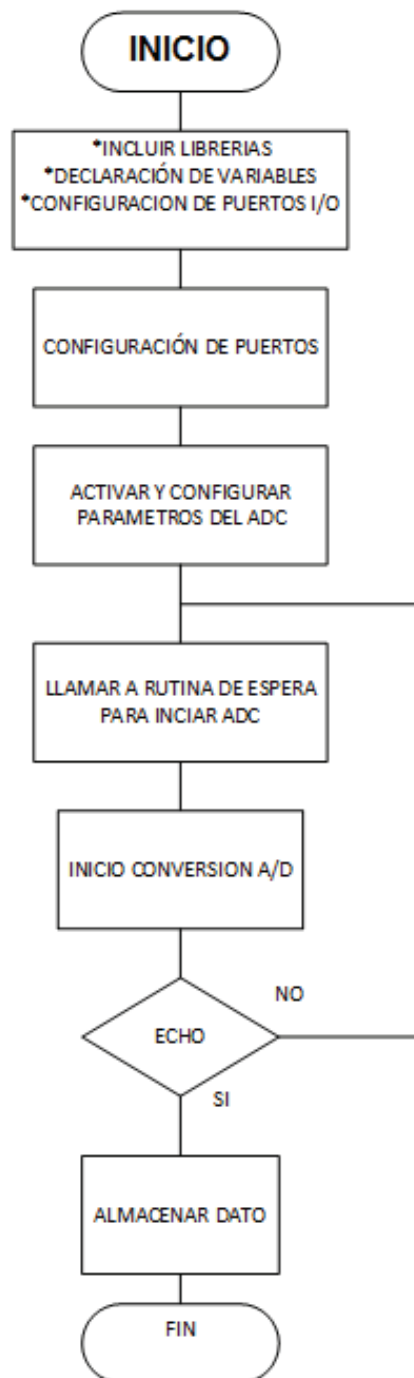


Figura 3. 2 Programa Principal.

Cabe mencionar que el conversor A/D tiene un ancho de palabra de 8bits.

Se debe tener en cuenta que para la activación y configuración de los PGA (Amplificadores de Ganancia Programables) usados como parte del hardware, se debe realizar una comunicación SPI para de esta manera indicar a dichos dispositivos el valor de la ganancia necesaria y poder tener una amplificación o atenuación adecuada de la onda.

De la misma manera los parámetros de comunicación serial se configuraron con los estándares conocidos es decir un bit de parada, 8 bits de datos, sin paridad, comunicación a través de pines RX y Tx, y se configuró su velocidad a la máxima posible que es 115200 Baudios, esto con el fin de ver la gráfica lo más similar al tiempo real, con la única restricción de la velocidad de comunicación.

En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo de la interrupción del timer utilizada para almacenar y enviar datos una vez realizada la conversión, dependiendo del valor del preescaldor establecido según la lógica de programación.

Para la lectura del conversor A/D se utiliza un lazo *for* de lectura, el mismo que se encargará de seleccionar la frecuencia de muestreo dependiendo de los casos establecidos es decir desde los 10Hz hasta el peor de los casos 100KHz. Cabe mencionar que a una frecuencia de entrada de 10Hz los datos se muestrean a 250Hz para tener una buena resolución, de esta manera va aumentando progresivamente el muestreo, hasta alcanzar los 800KHz y finalmente en el peor de los casos, es decir al tener una frecuencia de entrada de 100KHz, se realizó un algoritmo basada en técnica de muestreo, la cual consiste en muestrear a menor frecuencia y tomar un dato en cada ciclo de la onda, al tener una frecuencia de 100KHz se tienen los suficientes datos para reconstruir la señal. Esto se realizó debido que el conversor A/D de 2.5Msps no lograba muestrear a esa frecuencia de entrada, ya que solo se adquirirían 25 datos en un ciclo, los mismos que fueron insuficientes para reconstruir la señal de entrada.

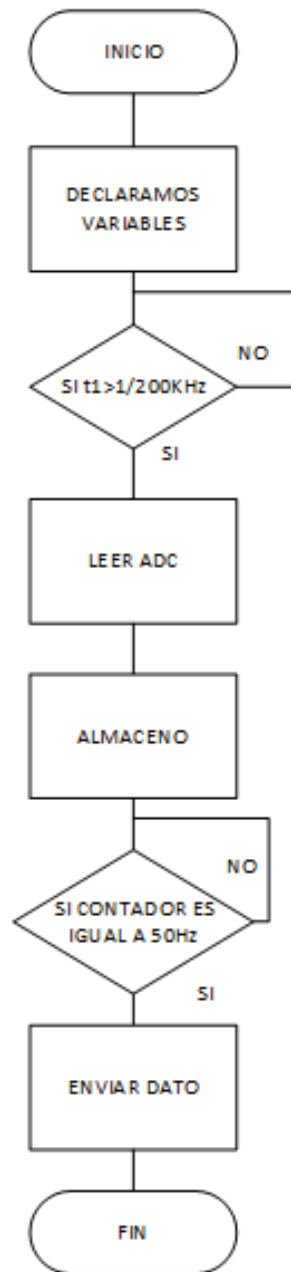


Figura 3. 3 Generar Timer, Inicio de ADC, Envío de Datos.

Se almacenarán 250 muestras para cada canal. Para obtener estas 250 muestras se analizó que la percepción del ojo humano puede percibir entre 9 a 12 fps (Cuadros por Segundo), para que esta percepción sea tomada como continua la pantalla de visualización deberá refrescarse entre 50Hz o 60Hz, es decir deberá refrescarse 50 veces en un segundo, si se toma como frecuencia de refresco un mayor valor, la percepción visual no cambiará en nada con respecto a los 60Hz o

50Hz, para facilidad de programación y usar números enteros se decidió tomar un valor de 50Hz, es decir 100 muestras que se pueden percibir en visualización, de la misma manera se toman 75 muestras antes y 75 muestras después para lograr tener una información confiable del muestreo realizado, y se pueda desplazar la pantalla de visualización tanto a la izquierda como a la derecha de la referencia y poder seguir viendo nuestra señal, en total almacenaremos 250 datos por canal, es decir tendremos un total de 500 datos a ser enviados mediante la comunicación serial con el smartphone.

Una vez almacenado los datos de cada canal se proceden a unir las señales, para que cuando el timer de 50Hz genere la interrupción, enviar en ese momento el dato total, que seria las dos señales simultáneas, es decir se enviarán 500 muestras.

A la par el μ C STM32F407 debe revisar en el buffer de recepción de datos, si hay o no datos recibidos, y si hay procesarlos, caso contrario seguir pendiente de dicho buffer, como se puede ver en el diagrama de flujo de la Figura 3.4.

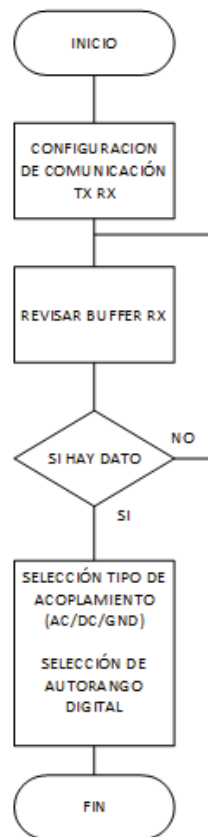


Figura 3. 4 Recepción de Datos en el STM32F407.

3.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL SISTEMA OPERATIVO ANDROID

Para el desarrollo de la aplicación para el sistema operativo Android, se vio la necesidad de utilizar librerías tanto de comunicación como gráficas. La librería de comunicación utilizada permitirá una comunicación entre el dispositivo Android y varios microcontroladores y chips de comunicación definidos. Para el presente proyecto se utilizó el protocolo de comunicación definido para chip CP2102 de Silicon Labs, el mismo que configura los drivers del chip mencionado, además configura los parámetros de comunicación como su velocidad (115200 Baudios), bits de parada y paridad. De la misma manera la presente librería configura el puerto microUSB del dispositivo Android como HOST, el cual permitirá reconocer al resto de dispositivos conectados a este puerto a través del cable OTG como DEVICE (Dispositivos de Entrada). La librería utilizada permite reconocer al chip CP2102 como un DEVICE (Dispositivo de Entrada), logrando de esta manera establecer comunicación entre el dispositivo CP2102 y el Smartphone. La librería de comunicación necesita un código Vendor para cada dispositivo de entrada, en este caso la librería usada cuenta con códigos Vendor de Silicon Labs, Atmel, Arduino, FTDI.

La comunicación realizada con un dispositivo Android requiere ciertos permisos de acceso, que serán necesarios que el usuario acepte para poder ingresar a la aplicación, es decir debe aceptar el inicio de la comunicación y la apertura del puerto microUSB, los cuales se visualizarán a través de un mensaje en la pantalla del dispositivo.

De igual manera para la parte gráfica se utilizó la librería llamada *AndroidPlot* la misma que permite realizar gráficos estáticos y dinámicos. Para el caso de estudio se utilizó gráficos dinámicos, los cuales permitirán realizar gráficos que se actualicen constantemente, dando la apariencia de una gráfica en tiempo continuo.

Esta librería *AndroidPlot* es compatible con diferentes versiones de Android, versiones que van desde 1.6 la versión más baja, hasta las versiones más actuales como son la 7.0. *AndroidPlot* dentro de sus gráficos estáticos permite realizar gráficos de tipo barras, circulares, de dispersión. La presente librería es gratuita y

de código abierto, lo que permitirá una configuración más personalizada de los gráficos realizados, como por ejemplo cambiar el color de fondo o background, cambiar estilos de texto, saturación de color, escalas de los ejes, incluir o no divisiones en los ejes (gradilla), colocar etiquetas a los ejes, entre otras.

La estructura de un proyecto en Android Studio consta de varios módulos como se observa en la Figura 3.5, los mismos que serán detallados a continuación.

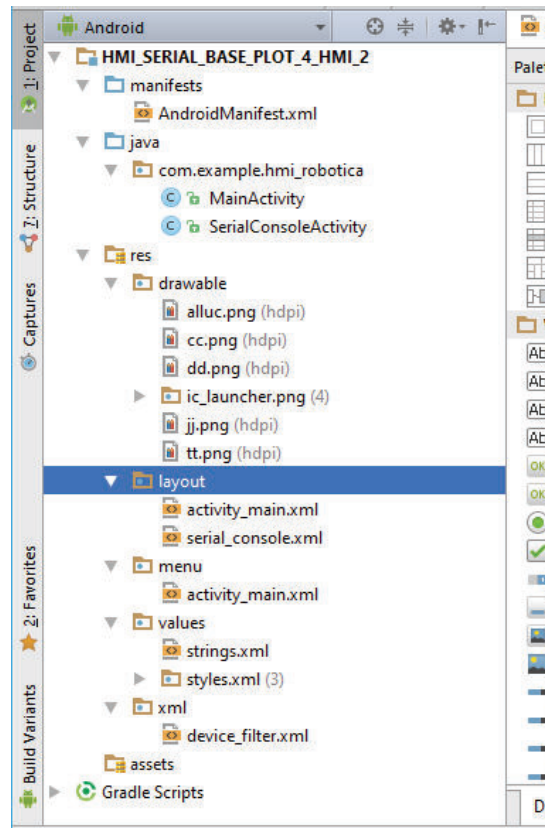


Figura 3. 5 Módulos Android Studio.

Cada módulo Android está formado por un archivo que describe la aplicación denominado (manifest), el código fuente en Java que tendrá códigos (.java), también contiene una cadena de ficheros que se encuentran en la carpeta denominada (res), y finalmente ficheros para construir el módulo denominados (Gradle Scripts).

AndroidManifest tiene la extensión (.xml). Este archivo almacena toda la descripción de la aplicación como son el nombre, icono, estilos, formatos, en este

archivo se declaran los permisos que requerirá la aplicación, de la misma manera incluye la versión mínima de Android para poder ejecutar la aplicación.

La carpeta *java* contiene el código de la aplicación.

La carpeta *res* en cambio contiene subcarpetas de recursos de la aplicación, como son archivos de imagen que se almacenan en la carpeta *drawable*. También contiene la carpeta *layout* la cual contiene archivos (.xml) los cuales indican vistas de la aplicación. Estas vistas permitirán configurar las diferentes pantallas que contendrá la aplicación. De igual forma se encuentra la subcarpeta *menú* que contiene ficheros (.xml) con los menús de cada actividad. Finalmente la subcarpeta *value* la cual indicará todos los valores utilizados por la aplicación como son colores, dimensiones, styles y strings.

En la Figura 3.6 se indica la pantalla de inicio de la aplicación, la misma que pedirá los permisos necesarios para la comunicación serial y nos dará acceso a la pantalla principal donde se graficarán las formas de onda de las señales de entrada.



Figura 3. 6 Pantalla de Inicio de la Aplicación Android.

Como se puede observar en la Figura 3.6 se cuenta con las etiquetas necesarias para identificar a la institución y al autor. De la misma manera se puede observar un botón central con forma del escudo de la Escuela Politécnica Nacional el mismo

que al presionarlo dará acceso a la pantalla donde se representarán gráficamente las señales de entrada.

Una vez que se aceptan los permisos necesarios y se presiona el botón central de la pantalla de inicio, se puede observar la pantalla principal, como se puede ver en la Figura 3.7.

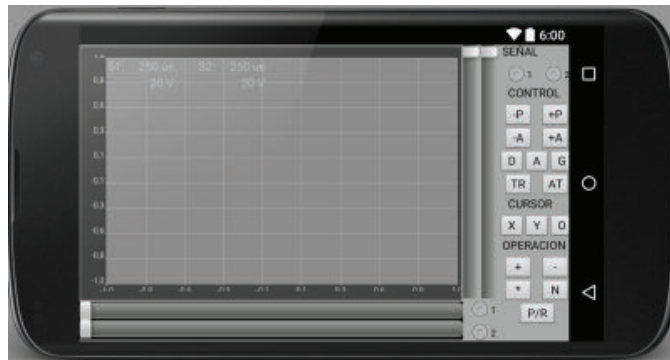


Figura 3. 7 Pantalla Principal.

Se puede observar que en la pantalla principal se cuenta con un layout para graficar las señales de entrada, el mismo que cuenta con escalas tanto en el eje vertical como en el horizontal. Del mismo modo se cuenta con botones slider que permitirán el desplazamiento a través de la pantalla grafica tanto verticalmente como horizontalmente. Del mismo modo se puede ver en la Figura 3.7 que en su lado derecho la aplicación cuenta con botones que permitirán diferentes funcionalidades como son incrementar o decrementar la amplitud de la señal de entrada. Asimismo se contará con botones que permitirán aumentar o disminuir la escala de tiempo perteneciente al eje x, es decir se lograra aumentar o disminuir el periodo de la onda de entrada.

Del mismo modo se observará que la interface realizada permitirá seleccionar los diferentes tipos de acoplamiento como son AC, DC o GND pertenecientes a cada señal de entrada.

Finalmente se puede visualizar botones para realizar operaciones elementales entre la señales de entrada, operaciones como suma, resta y multiplicación, permitiendo graficar y visualizar el resultado de las mismas.

A continuación se visualizará los diagramas de flujo pertenecientes a la aplicación Android desarrollada para su mejor entendimiento.

Como se puede observar en el diagrama de flujo de la Figura 3.8 se define la rutina para la función onResume, la cual se encarga de iniciar la aplicación y si esto sucede abrir el puerto de comunicación serial, caso contrario cierra la aplicación. Una vez abierto el puerto declara valores pertenecientes a las variables usadas, las librerías usadas y el resto de funciones a ser utilizadas.



Figura 3. 8 Inicio de Aplicación.

En la Figura 3.9, se puede visualizar el diagrama de flujo perteneciente a la rutina de espera de llegada de dato, donde la función mListener escucha hasta que llegue un dato. El momento en que ese dato haya llegado, lee el dato, guarda las señales que se encuentran codificadas en el dato y las separa. Finalmente actualiza el bufer, si la función no escucha nada se queda esperando un dato hasta recibirlo.

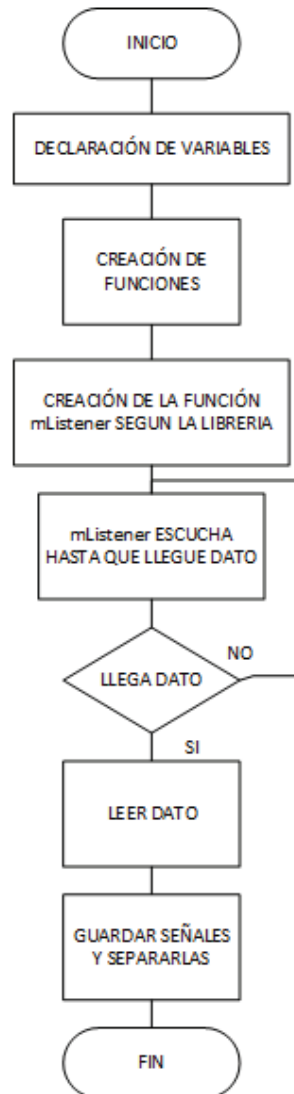


Figura 3. 9 Rutina de la Función mListener.

Cabe recalcar que otra de las funciones creadas es *OnPausa* y *OnCreate*. La primera se encargará de cerrar todos los procesos de la aplicación o a su vez ponerlos en pausa, esto sucede cuando se sale de la aplicación sin cerrarla, o a su vez cuando se cierra definitivamente la aplicación.

La segunda función denominada *OnCreate* es la encargada de generar y crear todas las variables, crear gráficos, textos, diseños y dar las atribuciones pertinentes a cada botón. A continuación se observará en la Figura 3.10 el diagrama de flujo de la función *OnCreate* enfocada especialmente a la funcionalidad o atribución que

se le ha dado a cada botón, para el resto de los mismos se utilizará una lógica similar.



Figura 3. 10 Función OnCreate.

En el diagrama de flujo expuesto en la Figura 3.10 se pudo observar que al presionar un botón este realizará la acción perteneciente al mismo, por ejemplo si se presiona el botón de aumentar la amplitud de la onda, este enviará un dato microcontrolador indicándole que el preescaldor debe cambiar. Esta lógica se tendrá para todos los botones empleados en la aplicación que serán los que nos den las funciones establecidas en el alcance del presente estudio técnico.

Finalmente la librería *AndroidPlot* utilizada se encarga de la representación de las señales adquiridas, esto lo logrará al graficar 100 datos obtenidos con una frecuencia de 50Hz. De la misma manera en esta librería se tendrá la capacidad de variar el valor de cada una de las divisiones de la cuadrícula con la finalidad de escalar la señal de una manera adecuada según sea el requerimiento.

Para lograr visualizar las medidas obtenidas por la señales se utilizó las ecuaciones respectivas para cada parámetro. Para el cálculo y la visualización de la frecuencia se utilizó una librería FFT (Transformada Rápida de Fourier), la cual se encargara como su nombre lo indica de calcular la transformada de Fourier, de esta manera al tomar el primer dato de menor valor se logrará obtener la frecuencia de la señal muestreada.

Cabe mencionar que los armónicos pueden producir una variación en esta frecuencia indicada en la pantalla de visualización.

Un vez realizado tanto el desarrollo de la programación para el microcontrolador (SYM32F407) como el diseño y el desarrollo de la interfaz gráfica Android descritos en el presente capítulo, y teniendo en cuenta el diseño del hardware detallado en capítulos anteriores, se ha cubierto punto por punto cada una de las partes que permiten el correcto funcionamiento de un osciloscopio digital, razón por la cual en el siguiente capítulo se procederá a la realización de las pruebas y resultados necesarios, los mismos que garantizarán la validez del presente osciloscopio.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 ANTECEDENTES

Las pruebas realizadas fueron comparadas con un osciloscopio comercial de marca HANTEK, modelo DSO-8060, el mismo que también tiene la característica de ser un generador de funciones, como se muestra en la Figura 4.1.

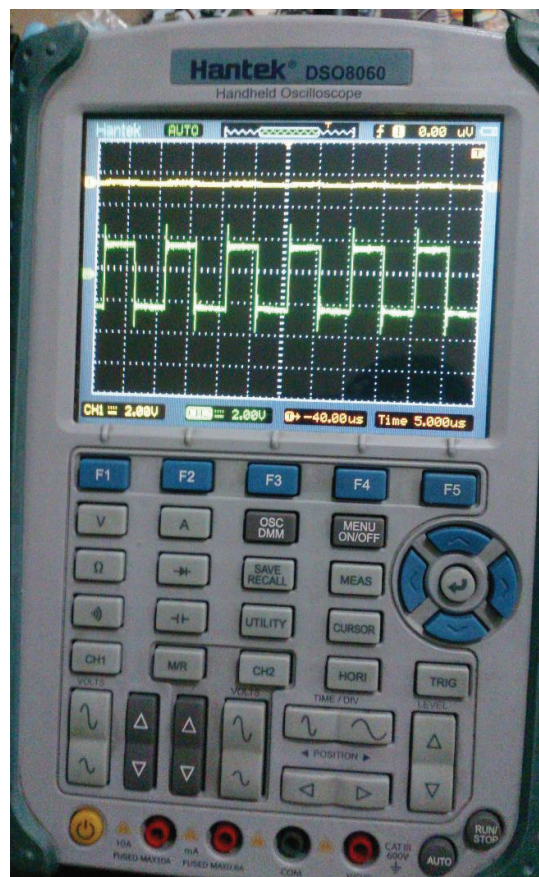


Figura 4. 1 Osciloscopio Comercial marca HANTEK.

De primera mano se realizó pruebas con amplificadores operacionales (TL084) comprados en electrónicas convencionales y amplificadores operacionales (TL084) importados. Los mencionados amplificadores según su datasheet cumplen con un rango de ancho de banda de 3MHz. Las pruebas realizadas en el AO adquirido en el país no abarcaban este rango de frecuencias, a diferencia de los AO importados,

los cuales cumplían al detalle las especificaciones del fabricante, lo cual generó una inconformidad y duda en cuanto a la fiabilidad de los mismos.

En la Figura 4.2 se puede observar las pruebas realizadas con el AO importado y su comportamiento a una determinada frecuencia (100KHZ), y en la Figura 4.3 se tiene la forma de onda entregada por el AO adquirido en el país, observando una gran diferencia en cuanto a la respuesta a una frecuencia elevada. Estas pruebas se realizaron con una forma de onda cuadrada, la cual es la más crítica debido a su alto dV/dt .

Ambos amplificadores operacionales fueron probados en una configuración de seguidor emisor para evitar distorsiones y obtener una forma de onda a la salida idéntica a la forma de onda de entrada. Las gráficas en color amarillo indican la forma de onda de salida y las gráficas en color verde la forma de onda de entrada.

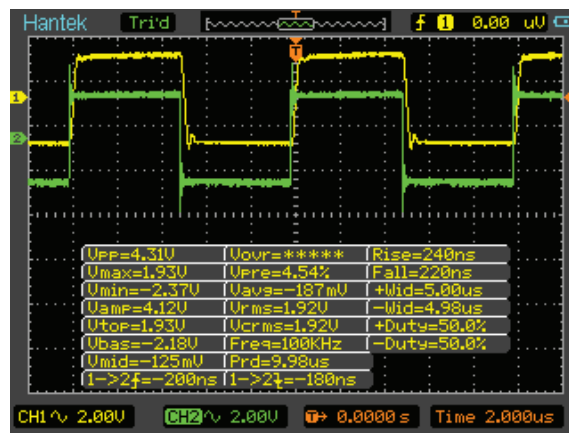


Figura 4. 2 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz (AO Importado).

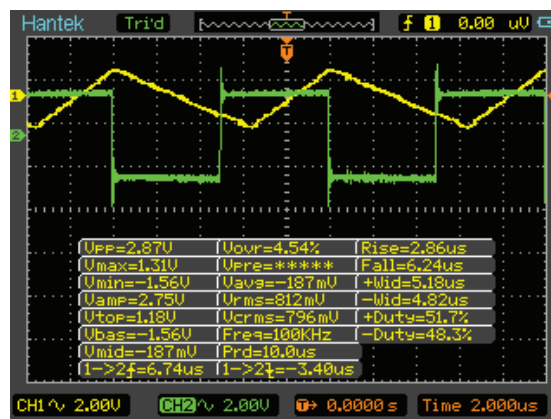


Figura 4. 3 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz (AO Adquirido en el país).

De la misma manera se realizaron pruebas con el amplificador operacional high-speed AD8055 y se pudo verificar que dicho amplificador operacional tiene buena respuesta en voltajes de entrada inferiores a 1V. Para el presente osciloscopio y su acondicionamiento se requirió un voltaje máximo de entrada en el conversor A/D de 3V, razón por la cual no dio una respuesta favorable en su uso.

Cabe mencionar que dicho dispositivo empieza a trabajar en el orden de los 300KHz de frecuencia, lo que lo hace óptimo en señales de video, pero no es adecuado en las señales tratadas en el presente proyecto.

En la Figura 4.4 se puede observar la respuesta entregada por el amplificador operacional antes mencionado a una frecuencia de entrada de 100KHz y a un nivel de tensión de 4V.



Figura 4. 4 Respuesta a una Onda Cuadrada de 100KHz del AD8055.

Finalmente una de las limitantes en cuanto a la visualización de las ondas cuadrada, triangular y senoidal es el número de muestras que se obtienen del ADC. Para mejorar este aspecto se debe utilizar un ADC que adquiera un mayor número de muestras por segundo.

Cabe recalcar que todas las pruebas realizadas se las hizo para un mismo nivel de voltaje 1V, esto debido a que se considera que el voltaje no es indispensable por cuanto utiliza un divisor de voltaje y no va a tener variantes en la forma de onda del mismo salvo su amplitud. Lo que se realizó minuciosamente son las pruebas de frecuencia para ver su funcionamiento, que es donde se considera pueda existir error en cuanto al muestreo dependiendo de la frecuencia y error en la reconstrucción de la señal.

4.2 PRUEBAS CON UNA ONDA SINUSOIDAL

Las presentes pruebas fueron realizadas a varias frecuencias con una onda de entrada sinusoidal, donde se pudo evidenciar el correcto funcionamiento del presente osciloscopio.

4.2.1 ONDA SINUSOIDAL FRECUENCIA DE 10Hz

En la Figura 4.5 se puede apreciar una onda cuadrada con frecuencia de 10Hz visualizada en el osciloscopio comercial de marca HANTEK.

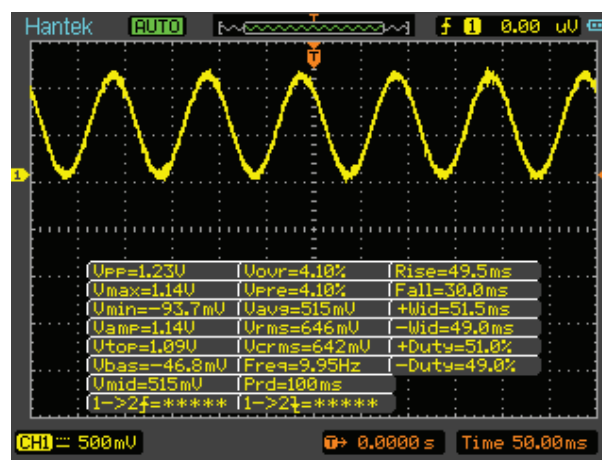


Figura 4. 5 Onda Senoidal 10Hz (HANTEK).

En la imagen de la Figura 4.6 se puede observar la respuesta del osciloscopio con interfaz Android construido (BSCOPE) a una onda cuadrada de entrada y con una frecuencia de 10Hz.

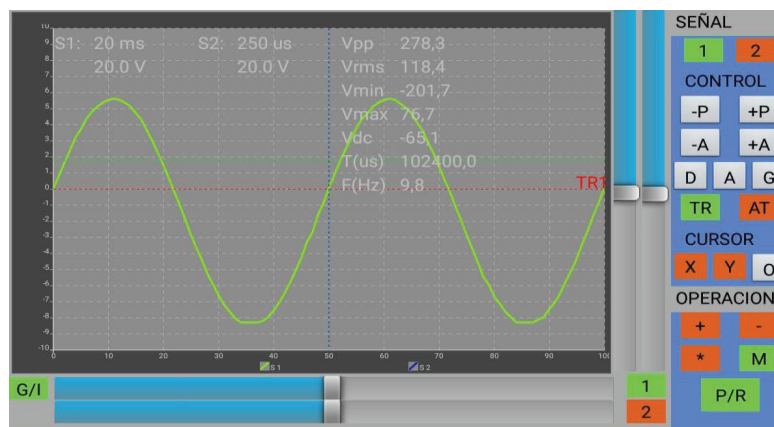


Figura 4. 6 Onda Senoidal 10Hz (BSCOPE).

Como se puede ver en las dos imágenes anteriores no existe mayor diferencia entre el osciloscopio implementado y el osciloscopio comercial, de la misma manera la medida de la frecuencia es bastante aceptable ya que tiene un pequeño margen de error debido a la librería de FFT utilizada.

4.2.2 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA DE 1KHz

En la imagen de la Figura 4.7 se puede visualizar la forma de onda obtenida a una frecuencia de 1KHz en es osciloscopio comercial, en la misma se puede observar que la frecuencia es exacta a la frecuencia producida por el generador de ondas.

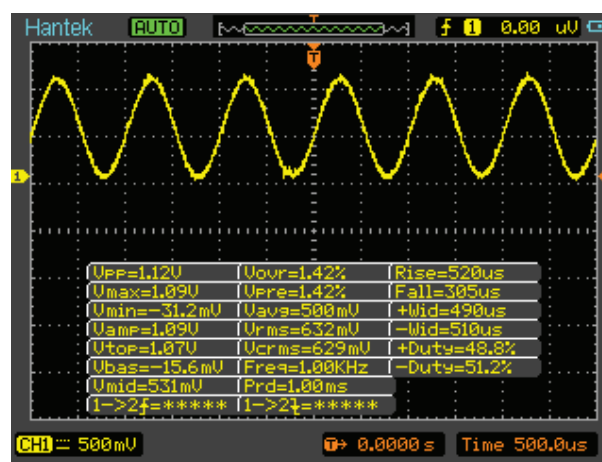


Figura 4. 7 Onda Senoidal 1 KHz (HANTEK).

A continuación, se observará en la Figura 4.8 la prueba realizada en el osciloscopio implementado en el presente proyecto.

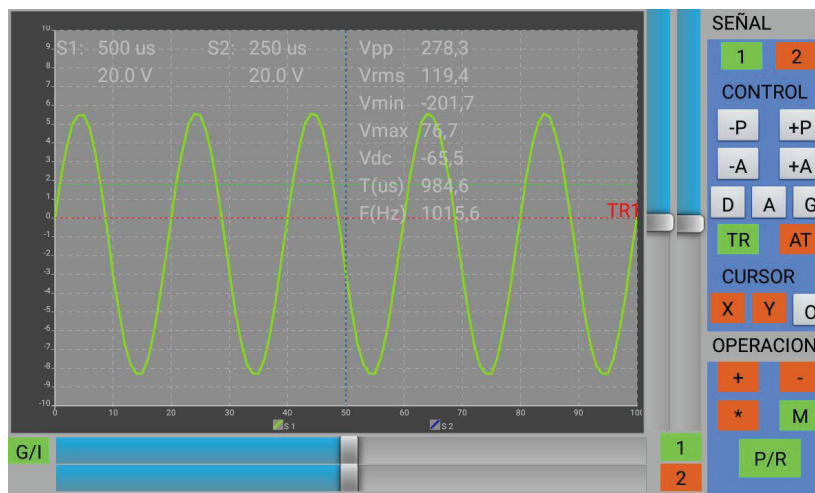


Figura 4. 8 Onda Senoidal 1 KHz (BSCOPE).

Se puede observar que el muestreo realizado para esta frecuencia reconstruye de buena manera la forma de onda de entrada, sin importar que la configuración del conversor A/D sea realizada a 8bits y no con un número superior de bits ya sea 10bits o 12bits. Esto se debe a que la señal se muestrea con un valor de cinco veces mayor a la frecuencia de entrada, con eso se logra un alto número de muestras que permite tener una resolución muy alta y por tanto una gráfica muy similar a la entregada por el osciloscopio comercial.

4.2.3 ONDA SINUSOIDAL FRECUENCIA 10KHz

En la siguiente prueba se sometió a los osciloscopio tanto comercial, como el diseñado y construido en el presente proyecto a una onda de entrada cuadrada a una frecuencia de 10KHz.

A continuación se puede observar en la Figura 4.9 la respuesta del osciloscopio comercial de marca HANTEK.

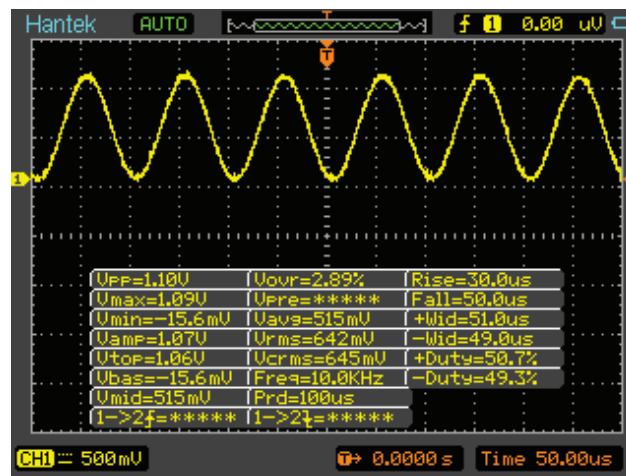


Figura 4. 9 Onda Senoidal 10KHz (HANTEK).

De la misma manera se indica en la Figura 4.10 el comportamiento del osciloscopio implementado en el presente proyecto obteniendo una respuesta sumamente buena en cuanto a visualización y a obtención de su frecuencia.

Se debe tener en cuenta que la frecuencia indicada en la aplicación Android está expresada en Hz, razón por la cual se debe tener cuidado y realizar la multiplicación respectiva para transformarla a KHz.

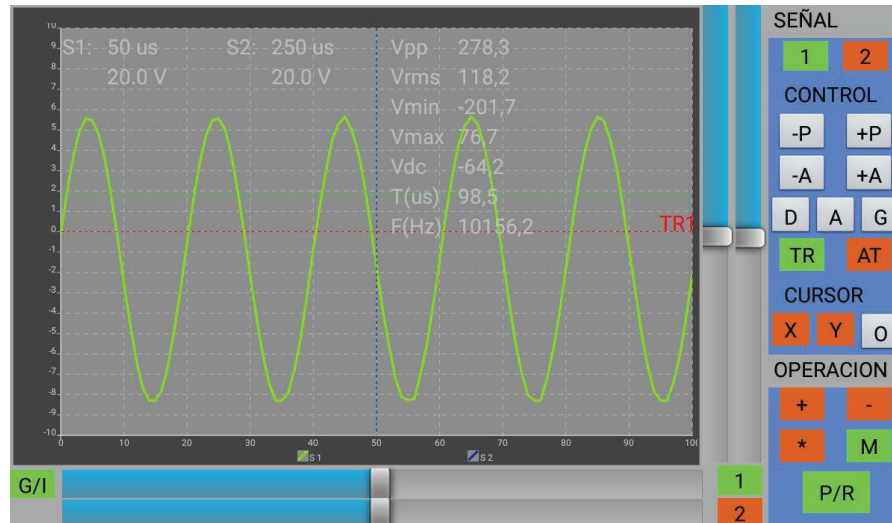


Figura 4. 10 Onda Senoidal 10KHz (BSCOPE).

4.2.4 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 20KHz

De la misma manera que en los anteriores apartados se puede ver en la Figura 4.11 la forma de onda del osciloscopio a una frecuencia de 20KHz, esta imagen refleja la respuesta del osciloscopio ante una entrada cuadrada.

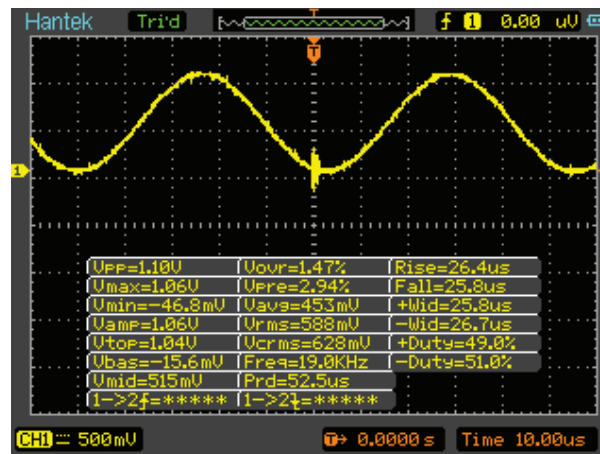


Figura 4. 11 Onda Senoidal 20KHz (HANTEK).

Se puede observar que la frecuencia no es exacta, es decir va variando constantemente entre 20KHz y valores cercanos, esto es debido a que el osciloscopio comercial tiene el mismo principio utilizado en el osciloscopio implementado en el presente proyecto, es decir calcula la frecuencia de entrada

usando FFT, y este valor va variando de acuerdo al muestreo realizado y a la presencia o no de armónicos.

A continuación se podrá observar en la Figura 4.12 la gráfica entregada por el osciloscopio implementado denominado BSCOPE a la frecuencia de 20KHz mencionada anteriormente.

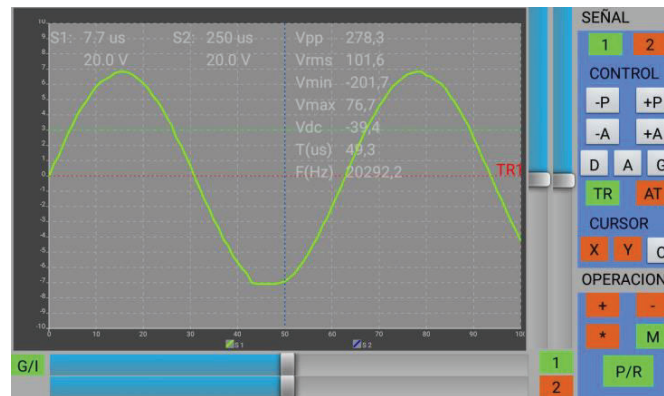


Figura 4. 12 Onda Senoidal 20KHz (BSCOPE).

Como se puede ver el valor de frecuencia entregado por el BSCOPE es muy preciso en este caso, de la misma manera se puede observar una línea no tan curva en algunos tramos de la onda, esto es debido a que el convertor de datos es de 8bits, es decir faltan muestras para que la gráfica sea más aproximada a la real.

4.2.5 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 30KHz

De la misma manera que en las pruebas realizadas con anterioridad se puede observar en la Figura 4.13 la forma de onda senoidal a 30KHz graficada en un osciloscopio digital comercial.

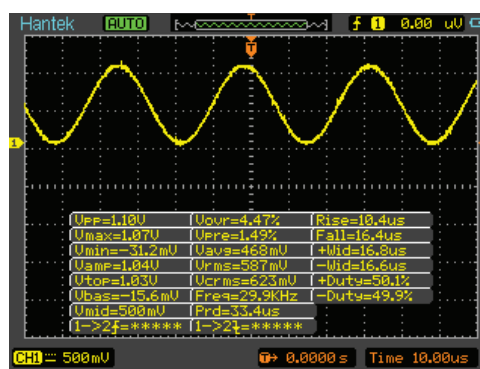


Figura 4. 13 Onda Senoidal 30KHz (HANTEK).

A continuación en la Figura 4.14 muestra la forma de onda y la frecuencia indicada por el osciloscopio comercial. Esta forma de onda pertenece a la visualización en Android del osciloscopio implementado (BSCOPE).

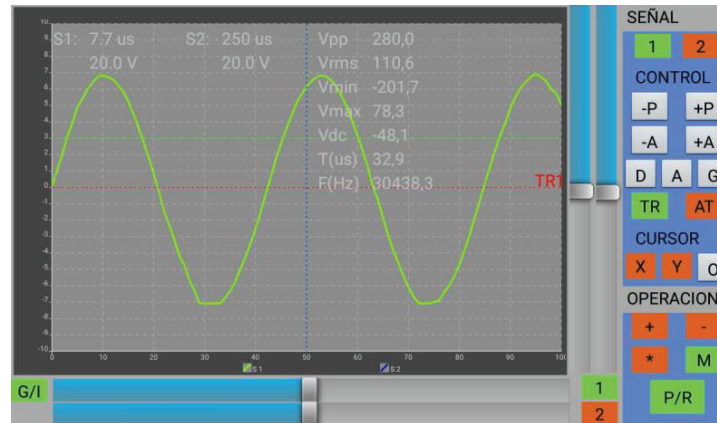


Figura 4. 14 Onda Senoidal 30KHz (BSCOPE).

Se puede ver que las prestaciones del osciloscopio son bastante altas, ya que a una frecuencia alta (30KHz) tiene una buena respuesta, de la misma manera se puede observar que la frecuencia es bastante precisa, el BSCOPE nos indica una frecuencia de 30.43KHz, los que es bastante aproximado al valor real.

4.2.6 ONDA SINUSOIDAL FRECUENCIA 40KHz

En la Figura 4.15 se podrá apreciar la visualización y la frecuencia de una onda senoidal a 40KHz realizado con un el osciloscopio comercial anteriormente mencionado.

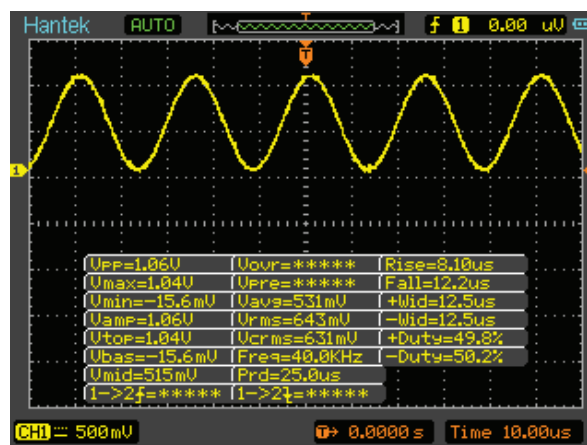


Figura 4. 15 Onda Senoidal 40KHz (HANTEK).

La Figura 4.16 indicará el resultado obtenido a través del osciloscopio implementado y la interfaz gráfica desarrollada en el presente proyecto.

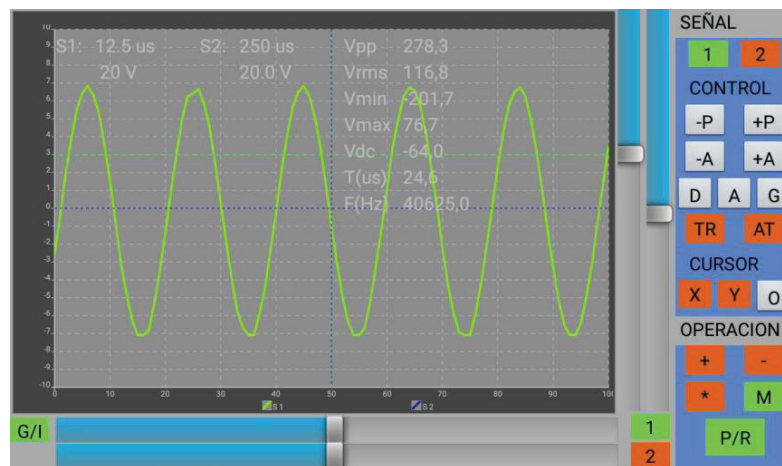


Figura 4. 16 Onda Senoidal 40KHz (BSCOPE).

Se puede concluir que a la frecuencia de 40KHz el osciloscopio implementado aún mantiene una buena respuesta y un buen cálculo de frecuencias, lo que indica que el muestreo realizado es el correcto, a pesar de tener el limitante de una baja resolución 8bits.

4.2.7 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 60KHz

En la presente prueba se utilizará una forma de onda cuadrada a 60KHz de frecuencia y veremos las gráficas tanto en el osciloscopio comercial Figura 4.17 como en el osciloscopio desarrollado Figura 4.18.

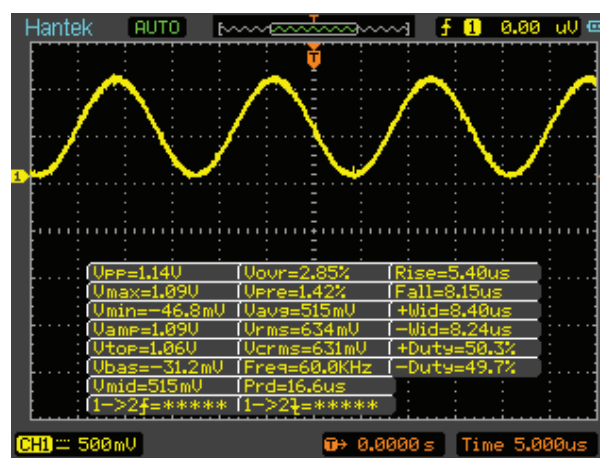


Figura 4. 17 Onda Senoidal 60KHz (HANTEK).

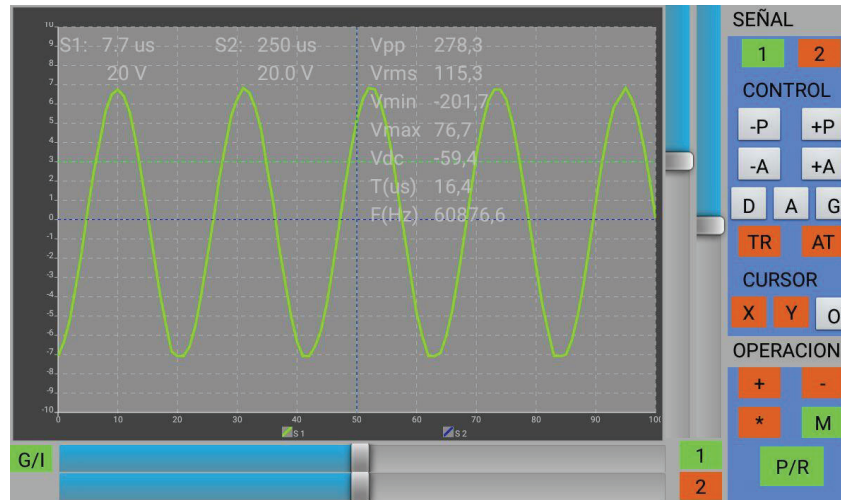


Figura 4. 18 Onda Senoidal 60KHz (BSCOPE).

Se puede observar que las gráficas son muy similares en ambos osciloscopios tanto en el comercial como el desarrollado en el presente proyecto, de la misma manera se puede observar que la Frecuencia se mantiene bastante cercana a la Frecuencia real, cabe recalcar que tendremos una cierta variación del valor de real, esto debido al muestreo realizado y la librería FFT utilizada.

4.2.8 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 80KHz

A continuación se observará las gráficas pertenecientes a las pruebas realizadas a una frecuencia de 80KHz, manteniendo la forma de onda mencionada anteriormente, en la Figura 4.19 y Figura 4.20 se mostrará el desempeño de cada osciloscopio tanto HANTEK como BSCOPE respectivamente.

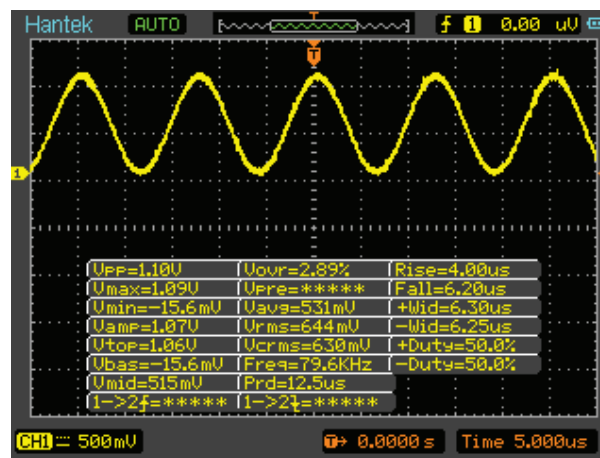


Figura 4. 19 Onda Senoidal 80KHz (HANTEK).

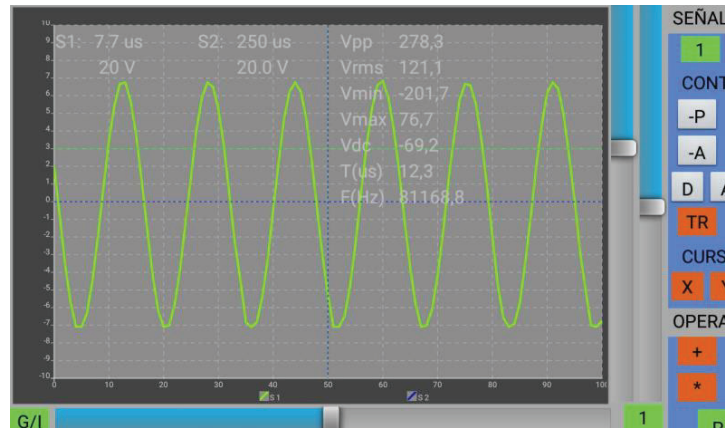


Figura 4. 20 Onda Senoidal 80KHz (BSCOPE).

Se puede observar que en ambos casos el valor medido de frecuencia dista por 1Hz del valor real esto es debido a la alta frecuencia que debe ser muestreada, de la misma manera se podrá observar que el osciloscopio implementado la gráfica es bastante similar salvo en los valores máximos y mínimos donde es notorio una falta de muestras para lograr una curva senoidal perfecta, razón por la cual se ven terminación rectas.

4.2.9 ONDA SINUSIODAL FRECUENCIA 100KHz

En esta prueba se somete al osciloscopio desarrollado en el presente proyecto al máximo de frecuencia que puede muestrear, es decir 100KHz, que como se propuso inicialmente el alcance máximo de frecuencia será de 100KHz.

En la Figura 4.21 se muestra la gráfica y la medición en un osciloscopio comercial, de la misma manera en la Figura 4.22 se mostrará la gráfica y medición de la misma señal de entrada pero en este caso para el osciloscopio desarrollado (BSCOPE).

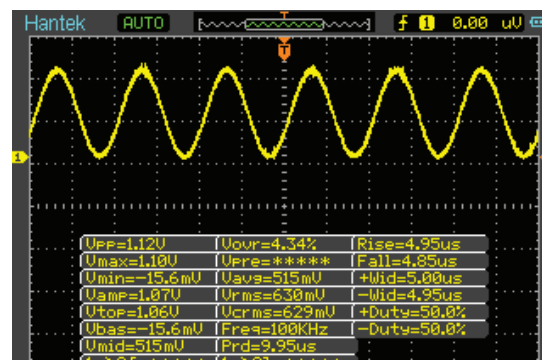


Figura 4. 21 Onda Senoidal 100KHz (HANTEK).

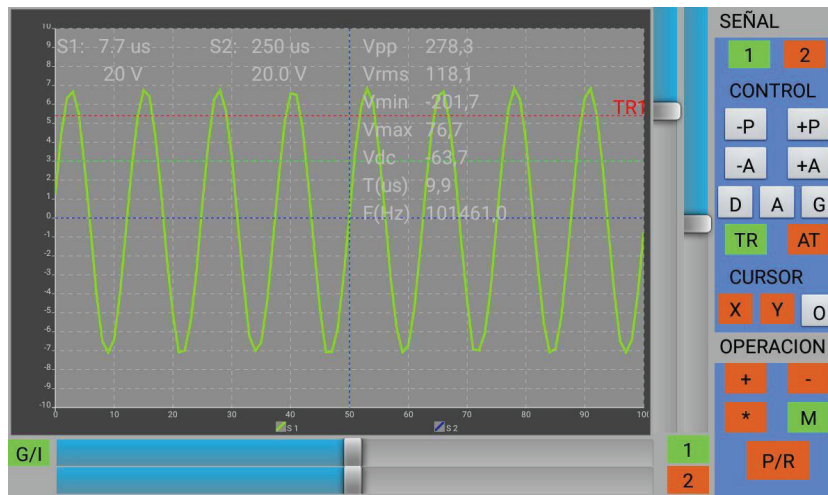


Figura 4. 22 Onda Senoidal 100KHz (BSCOPE).

Se puede observar en la Figura 4.22 que al tener el osciloscopio con interfaz Android en la máxima resolución, es decir en el periodo más pequeño obtenemos una onda similar a la sinusoidal, salvo en las terminaciones de las misma, que como se mencionó con anterioridad por falta de datos o muestras no son completamente curvas sino son más parecidas a las terminaciones de una onda triangular, este problema se lo podrá resolver utilizando un conversor mucho más potente, es decir un conversor que muestree muchos más datos por segundo, de esta manera se puede ampliar mucho más la resolución y se podrá observar de mejor manera la onda senoidal.

Al tener un conversor A/D con más Mbps se podrá aumentar y disminuir el valor de la escala logrando ver de esta manera un ciclo de onda más claro y del tamaño de la pantalla de visualización.

4.3 PRUEBAS CON UNA ONDA TRIANGULAR

En el presente apartado se procede a cambiar de forma de onda de entrada, para este caso será una forma de onda triangular, se verá la respuesta del osciloscopio desarrollado frente a uno comercial en diferentes valores de frecuencia.

4.3.1 ONDA TRIANGULAR FRECUENCIA 10Hz

En la Figura 4.23 se observará la forma de onda y frecuencia entregada por un osciloscopio comercial ante una onda de entrada triangular de 10Hz.

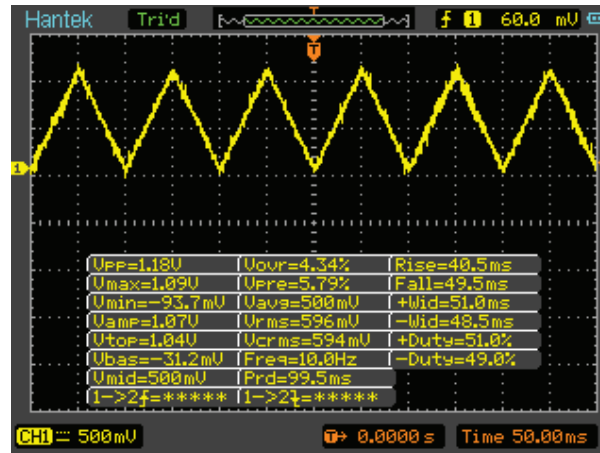


Figura 4. 23 Onda Triangular 10Hz (HANTEK).

De la misma manera en la Figura 4.24 se observara la forma de onda y frecuencia en el osciloscopio desarrollado para una interfaz Android.

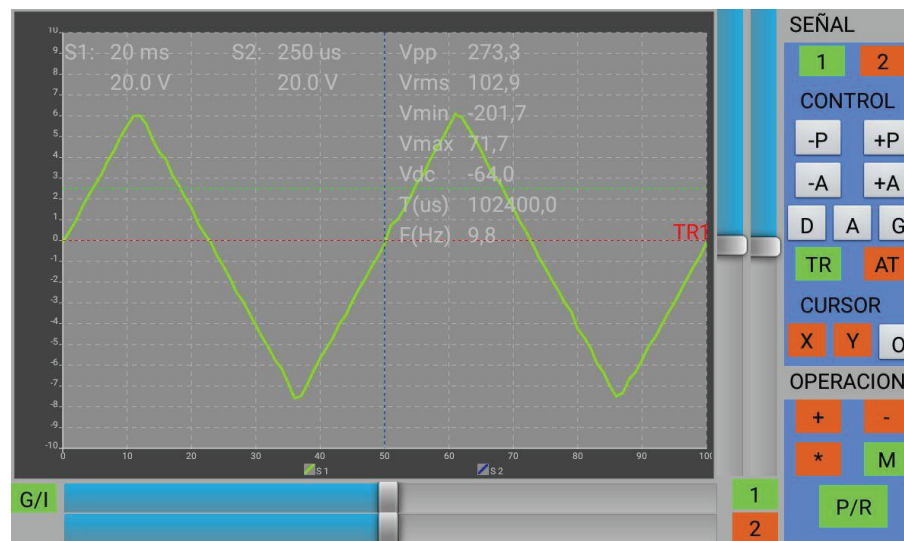


Figura 4. 24 Onda Triangular 10Hz (BSCOPE).

La grafica obtenida en el osciloscopio desarrollado es muy similar a la obtenida en el osciloscopio comercial, lo que nos indica la fiabilidad del osciloscopio desarrollado en el presente proyecto.

4.3.2 ONDA TRIANGULAR FRECUENCIA 100KHz

Finalmente se realizará la prueba para la Frecuencia máxima planteada al inicio del presente proyecto, la cual es 100KHz, de esta manera se observará en la Figura 4.25 la forma de onda en un osciloscopio comercial y de la misma manera en la

Figura 4.26 se podrá observar y comparar con la forma de onda entregada por el osciloscopio desarrollado.

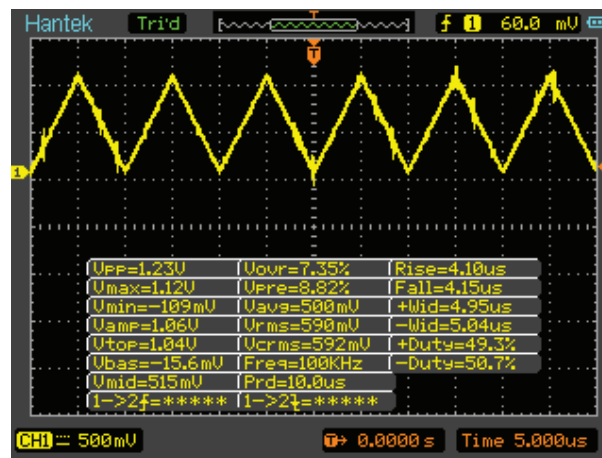


Figura 4. 25 Onda Triangular 100KHz (HANTEK).

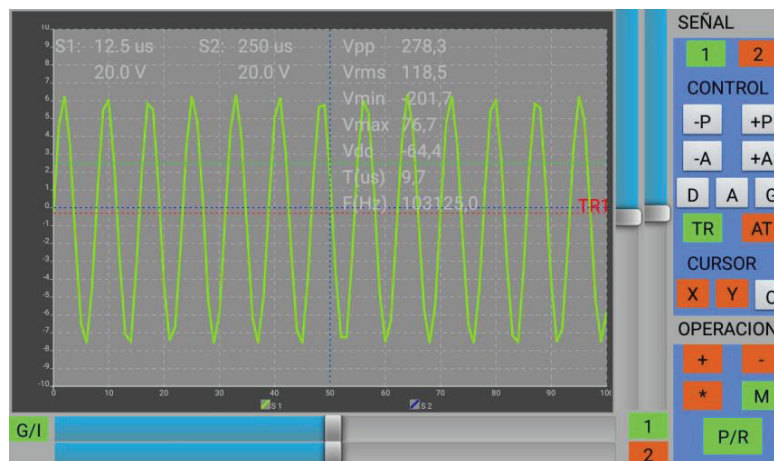


Figura 4. 26 Onda Triangular 100 KHz (BSCOPE).

En esta prueba final es notorio la falta de muestras para la correcta reconstrucción de la señal, razón por la cual se puede ver que los extremos de la onda triangular no se encuentran bien definidos, haciendo que el osciloscopio desarrollado no tenga un desempeño satisfactorio en este tipo de onda a tan elevada frecuencia.

4.4 PRUEBAS CON UNA ONDA CUADRADA

En la presente etapa se pondrá a prueba el osciloscopio desarrollado en el presente proyecto ante una señal de entrada, cuya forma de onda será cuadrada a diferentes frecuencias, cabe mencionar que dicha forma de onda es la más complicada de

muestrear debido al alto índice de variación del voltaje respecto al tiempo (dV/dt), cual dificulta no solo su adquisición y acondicionamiento, sino también su muestreo y reconstrucción.

4.4.1 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 10Hz

A continuación se podrá observar la Figura 4.27 la misma que nos indicará el funcionamiento de un osciloscopio comercial a una frecuencia de 10Hz.

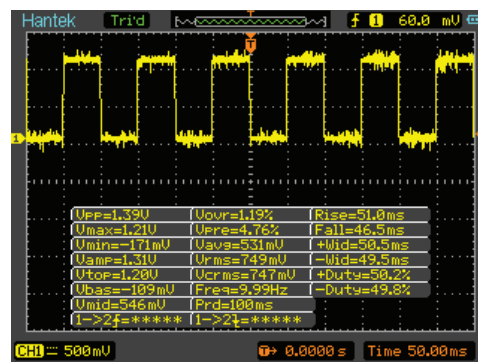


Figura 4. 27 Onda Cuadrada 10Hz (HANTEK).

Del mismo modo en la Figura4.28 se indicará el funcionamiento del osciloscopio implementado en el presente proyecto ante una entrada cuadrada de 10Hz de frecuencia, cabe recalcar que esta es la frecuencia mínima establecida en el alcance del proyecto.

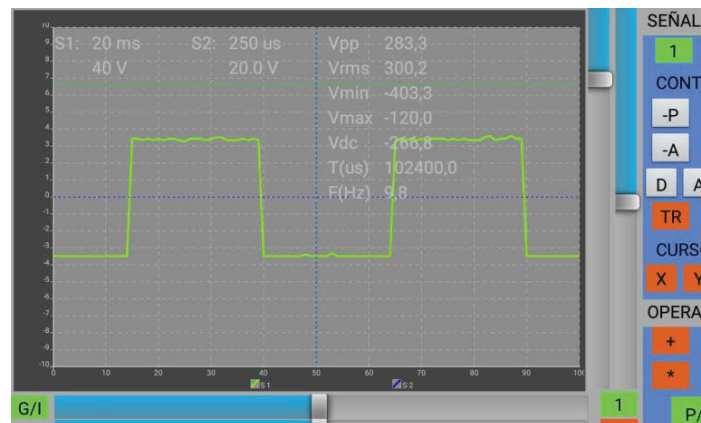


Figura 4. 28 Onda Cuadrada 10Hz (BSCOPE).

En el resultado anterior se puede notar que la onda cuadra se forma, pero no de una manera precisa, ya que se puede visualizar una inclinación en las pendientes

de subida, esto es debido a la utilización de Amplificadores Operaciones con un alto ancho de banda, pero un pequeño dV/dt , razón por la cual se produce la inclinación vista en la figura.

4.4.2 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 30KHz

A continuación se expondrán las pruebas realizadas con ambos osciloscopios a una onda de entrada de forma cuadrada y con un valor de frecuencia de 30KHz, se puede observar a continuación la Figura 4.29 la misma que pertenece a las pruebas realizadas con el osciloscopio comercial.

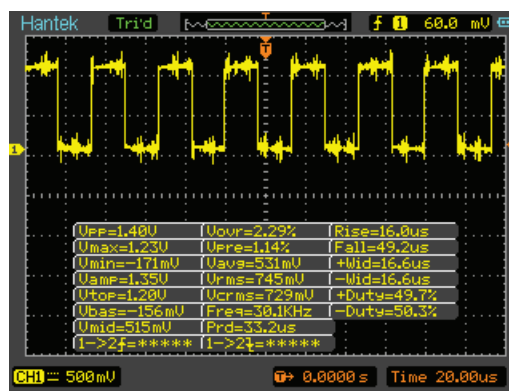


Figura 4. 29 Onda Cuadrada 30KHz (HANTEK).

Del mismo modo se puede observar en la Figura 4.30 las pruebas realizadas en el osciloscopio implementado.

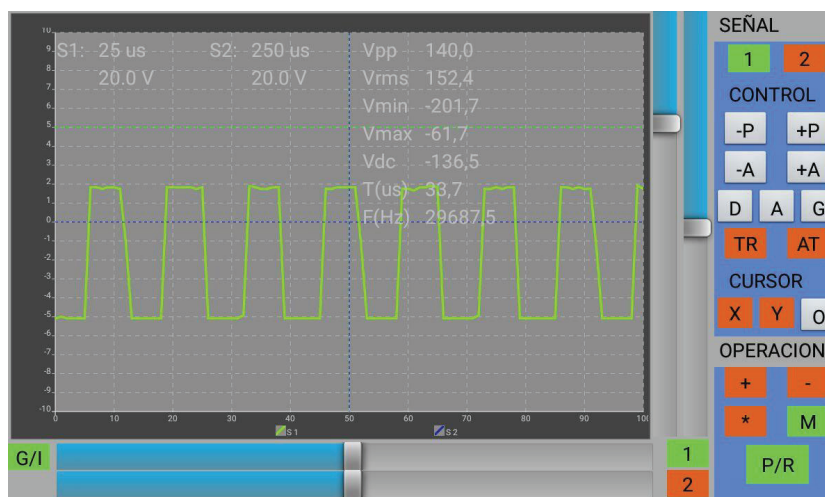


Figura 4. 30 Onda Cuadrada 30KHz (BSCOPE).

Del mismo modo se puede apreciar una ligera inclinación en la forma de onda presentada por el osciloscopio implementado, a diferencia del osciloscopio comercial el cual no presenta ningún tipo de inclinación en su onda, como se explicó anteriormente se debe a que el AO usado no responde de forma adecuada al cambio brusco de voltaje en un instante determinado.

4.4.3 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 70KHz

En la Figura 4.31 se observa la gráfica obtenida en un osciloscopio comercial.

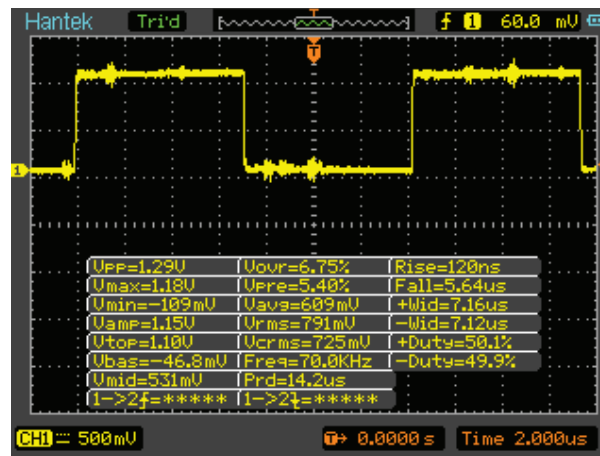


Figura 4. 31 Onda Cuadrada 70KHz (HANTEK).

En la Figura 4.32 se observa una onda cuadrada de 70KHz en el osciloscopio desarrollado.



Figura 4. 32 Onda Cuadrada 70KHz (BSCOPE).

Observamos en la prueba realizada a 70KHz que a pesar de su elevada frecuencia aún tenemos una buena reconstrucción de la señal, ya que podemos visualizar una onda cuadrada, salvo por la ligera desviación mencionada en los apartados anteriores, de la misma manera podemos observar el cálculo de la frecuencia es bastante cercano al valor real, salvo por un margen de error producido al realizar la Transformada Rápida de Fourier.

4.4.4 ONDA CUADRADA FRECUENCIA 100KHz

A continuación se realizará la prueba ante una onda cuadrada de 100KHz que es el valor máximo planteado en el alcance del presente proyecto, cabe recalcar que para este valor de frecuencia el conversor A/D es una limitante ya que solo trabaja a 8Bits, esto debido a la cantidad de procesos que debe realizar el microcontrolador, buscando de esta manera optimizar sus funciones.

En la Figura 4.33 se visualiza la onda de forma cuadrada en un osciloscopio comercial.

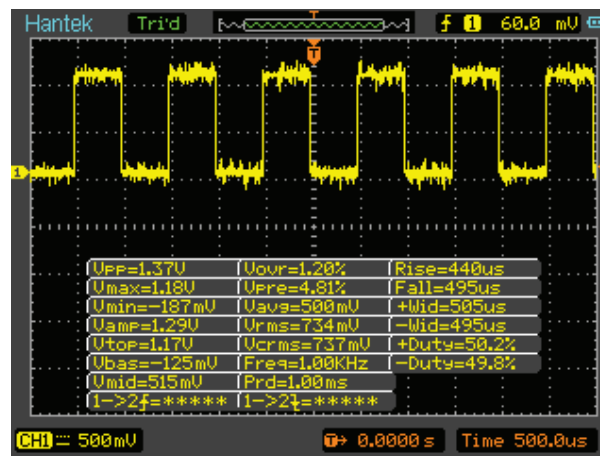


Figura 4. 33 Onda Cuadrada 100KHz (HANTEK).

Se puede observar la forma de onda entregada por el osciloscopio de marca comercial, la cual presenta cierta distorsión en la parte plana de la onda, esto es debido al ruido generado por la alta frecuencia, a pesar de esto se observa una onda cuadrada bien definida.

Finalmente observamos en la Figura 4.34 la forma de onda reconstruida por el osciloscopio desarrollado en el presente proyecto.

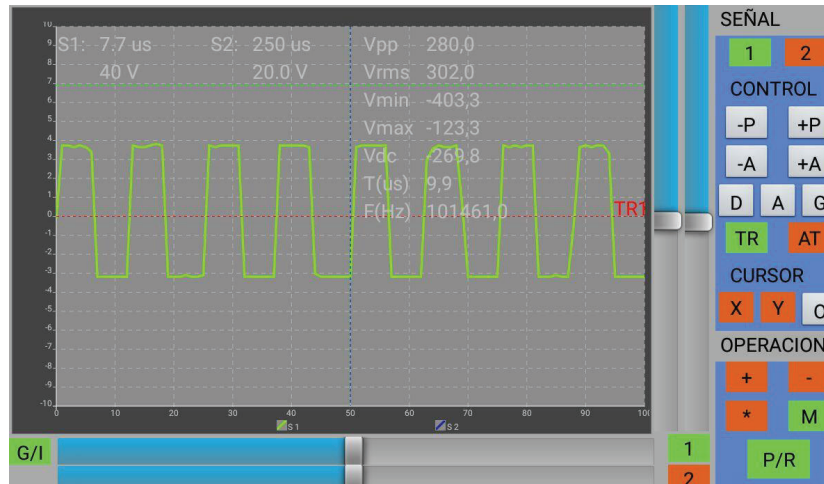


Figura 4. 34 Onda Cuadrada 100KHz (BSCOPE).

Es claro notar que a medida que la frecuencia aumenta la ligera inclinación en la onda cuadrada se va tornando más prominente, cabe recalcar que a pesar del alto valor de frecuencia y de estar en los límites de trabajo del osciloscopio aun responde con buenas prestaciones, para lograr corregir las desviaciones presentadas se plantea la utilización en un futuro de un conversor A/D que tome más cantidad de muestras en menos tiempo (Mbps), del mismo modo el cambio de amplificador operacional, por un High-Speed que esté acorde a las prestaciones del diseño.

De esta manera queda evidenciado que el ancho de banda otorgado por el presente osciloscopio es más que suficiente para la realización de prácticas de laboratorio en instituciones de educación superior, así como también para fines industriales.

Por todo lo expuesto anteriormente y por las evidencias obtenidas en las pruebas realizadas, el osciloscopio desarrollado en el presente proyecto (BSCOPE), es una buena alternativa en cuanto a economía y portabilidad, frente a osciloscopios comerciales de un elevado costo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de presentar las respectivas pruebas y los resultados obtenidos al comparar el osciloscopio desarrollado frente a uno comercial se procederá a realizar las debidas conclusiones y recomendaciones recopiladas a lo largo del desarrollo del presente proyecto de titulación.

5.1 CONCLUSIONES

- El diseño y la implementación de un osciloscopio digital con una interfaz gráfica realizada en un sistema operativo Android, se cumplió de manera adecuada por cuanto superó las pruebas realizadas y cumplió con los parámetros técnicos requeridos, dando de esta manera una solución a las necesidades detectadas y requeridas por los usuarios de este tipo de instrumentos.

- Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se vió la necesidad de estudiar a detalle tanto el funcionamiento como los elementos constitutivos de un osciloscopio digital comercial, logrando de esta manera contar con un amplio rango de conocimientos necesarios para el desarrollo y cumplimiento del presente proyecto.

- El diseño y la implementación de los circuitos de protección, acondicionamiento, adquisición y transmisión de las señales de voltaje ingresadas, fueron verificadas mediante pruebas rigurosas, necesarias para el correcto funcionamiento del osciloscopio a ser desarrollado, demostrando así que se puede desarrollar prototipos y sistemas de medición a nivel local.

- Para el diseño de la interfaz gráfica con una aplicación para el sistema operativo Android, se vió la necesidad de conocer más acerca de entorno de desarrollo necesario para el diseño de la misma, razón por la cual se procedió a un estudio

previo de las características y funcionalidades de dicho sistema operativo, para finalmente proceder al desarrollo del aplicativo que permita una apropiada configuración y visualización de señales y parámetros.

- Es necesario garantizar el correcto funcionamiento del osciloscopio implementado y su fiabilidad en la obtención, muestreo y visualización de señales de voltaje adquirida así como sus parámetros, razón por la cual se realizó pruebas para la verificación y validación del prototipo desarrollado, comparándolo dichas pruebas con un osciloscopio digital comercial sometido a las mismas evaluaciones.

5.1 RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del presente prototipo de osciloscopio se vió la necesidad de disponer de productos que garanticen su fiabilidad y funcionamiento, los mismos que deben cumplir con los estándares expuestos por el fabricante en su respectivo datasheet, razón por la cual se recomienda importar los elementos necesarios o acudir a electrónicas que garanticen la veracidad de sus productos.
- Se debe realizar pruebas para la verificación del diseño de los circuitos electrónicos necesarios para el correcto funcionamiento del prototipo realizado, ya que la mayoría de los circuitos antes mencionados requieren una cierta calibración que no es tomada en cuenta el diseño realizado, o requieren alguna variación de sus componentes.
- Se debe estudiar a detalle los datasheets de los elementos previamente seleccionados, evitando de esta manera adquirirlos en vano, ya que generalmente se toma en cuenta solo los parámetros necesarios y no todos los requerimientos y condiciones bajo las cuales trabajan correctamente dichos elementos.

- Se deberá tener en cuenta las prestaciones máximas otorgadas por el microcontrolador seleccionado, prestaciones como velocidad de procesamiento de datos, número máximo de bits en sus conversores A/D, velocidad de muestreo, evitando de esta manera un error demasiado notorio en las pruebas realizadas.
- Cabe mencionar que se debe tomar en cuenta los paquetes computacionales a ser utilizados (software) y los requerimientos del sistema que estos necesitan para su correcto desempeño, como ejemplo se mencionara Android Studio, tienen requerimientos altos en cuanto al computador a ser utilizado para su instalación y utilización.
- Se recomienda realizar modificaciones en cuanto al conversor A/D utilizado, así como también cambios en el microprocesador, para de esta manera obtener una visualización muy similar o igual a la de un osciloscopio de altas prestaciones.
- Se deberá utilizar librerías previamente diseñadas por desarrolladores, logrando así un funcionamiento más eficiente y optimización del tiempo necesario para el desarrollo completo del presente proyecto, evitando de esta manera estancarse en librerías que ya han dado solución a los diferentes inconvenientes que se presentaran.
- Se recomendará la implementación de una placa profesional con tecnología SMD para el ensamblaje de los circuitos antes desarrollados, logrando así un diseño mucho más profesional y atractivo para el futuro comprador y usuario.
- Del mismo modo se deberá realizar una presentación adecuada y llamativa al usuario en cuanto al ensamblaje final del proyecto así como al diseño del encapsulado que lo contendrá, demostrando de esta manera que el presente proyecto está listo para su comercialización y que puede ser competitivo contra otros osciloscopios comerciales de mayor valor.

REFERENCIAS

- [1] J. A. C. Osorio, J. A. C. Osorio, y F. A. Medina, «“Diseño Y Construcción De Un Osciloscopio Digital Implementado En Matlab”». (Scientia et Technica Año XIII, No 34, Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701), may-2006.
- [2] A. T. Ayala, «“ Diseño de un osciloscopio a través del PC, empleando como entrada la tarjeta de audio del mismo”». [En línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/14362993-Capitulo-2-estudio-del-arte.html>. [Accedido: 09-feb-2017].
- [3] L. Montenegro y H. Anibal, «Utilización del computador como un osciloscopio de dos canales», Thesis, Quito : EPN, 1999., 1999.
- [4] J. J. G. de la Rosa, «OSCILOSCOPIOS», en *Instrumentacion Electronica.*, p. 38.
- [5] D. Williams, Paul Hale, y Kate A. Remley, «El Osciloscopio de Muestreo como Instrumento de Microondas», *www.STADTAUS.com_S17_Williams%20(2).pdf*, Agosto-2007. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwihhsmH5oHSAhVpsVQKHZpOD3kQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Fmtt-archives.org%2Fdl%2Findex.php%3FS17_Williams.pdf&usq=AFQjCNFWu3y_SAGhasCsPCxL0Vy5Yfc2DQ&sig2=k7WIKyh8RbAh66ifEnPfuG&bvm=bv.146496531,d.eWE. [Accedido: 09-feb-2017].
- [6] *Red de Revistas Cientificas.* [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934083>.
- [7] «Portales de la Comunidad - Website Under Maintenance». [En línea]. Disponible en: <http://comunidad.udistrital.edu.co/medidaselectricas/3-3/>. [Accedido: 13-mar-2017].
- [8] Marketing, «LA HISTORIA DEL FINDER», *Finder, switch to the future*, 28-ene-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.findernet.com/en/node/47493>. [Accedido: 09-feb-2017].
- [9] G. Rapetti, «Introducción a los relés», *Inventable*. [En línea]. Disponible en: <https://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>. [Accedido: 09-feb-2017].
- [10] S. Wolf y R. F. M. Smith, *Guía para mediciones electrónicas y prácticas de laboratorio*. MEXICO: Prentice Hall, Pearson Educacion, 1992.
- [11] «EL OSCILOSCOPIO.», *Social Media Made Simple*. [En línea]. Disponible en: <http://www.geocities.ws/pnavar2/oscilos/partes.html>.
- [12] A. B. Colomer, «OSCILOSCOPIO». jun-1997.
- [13] Universidad Nacional de San Luis, «Practica de Laboratorio 1 - “Osciloscopio”». Ingeniería Electronica con Orientacion en Sistemas Digitales, 2005.
- [14] «Introducción a los Osciloscopios». [En línea]. Disponible en: <http://www.pablin.com.ar/electron/cursos/introosc/>. [Accedido: 26-feb-2017].
- [15] J. H. Huircán, «Convertidores Análogo-Digital y Digital-Análogo: Conceptos Basicos». Version 1.0. Die Ufro.
- [16] *CONVERTIDORES A/D Y D/A.* [En línea]. Disponible en: [http://www.sc.ehu.es/acwamurc/Transparencias/\(3\)AD-DAs.pdf](http://www.sc.ehu.es/acwamurc/Transparencias/(3)AD-DAs.pdf).

- [17] J. J. G. de la Rosa, «Conversión Analógica/Digital», en *Instrumentación Electrónica*, p. 13.
- [18] F. Miyara, *ELECTRÓNICA III: Conversores D/A Y A/D*, Segunda Edición. 2004.
- [19] E. B. Albertí, *Procesado digital de señales: fundamentos para comunicaciones y control*. Univ. Politèc. de Catalunya, 2010.
- [20] E. B. Gimeno, «Diseño de un convertidor Analógico-Digital de Aproximaciones Sucesivas de bajo consumo y área reducida», Proyecto Fin de Carrera, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia Desing Center, 2010.
- [21] C. C. Quintal, «CONVERTIDOR ANALOGICO DIGITAL». [En línea]. Disponible en: https://profejuandotcom.files.wordpress.com/2014/02/24_adc.pdf.
- [22] D. F. Botterón, «Control Digital y No Lineal Introducción. Conceptos Fundamentales». [En línea]. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/8854100/>. [Accedido: 26-feb-2017].
- [23] «Análisis de las características que deben ofrecer actualmente los osciloscopios digitales de altas prestaciones., Revista Española de electrónica», 2013.
- [24] E. M. Pérez, P. M. Espiñeira, y A. L. Ferreiro, *Instrumentación electrónica*. Marcombo, 1995.
- [25] J. Woodward y B. Asay, «Electrónica de Potencia: ¿Cuál es la diferencia entre los osciloscopios en tiempo real y los osciloscopios de muestreo?», 04-jun-2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.convertronic.net/Equipos-de-Prueba-y-Medida/icual-es-la-diferencia-entre-los-osciloscopios-en-tiempo-real-y-los-osciloscopios-de-muestreo.html>. [Accedido: 26-feb-2017].
- [26] F. Malpartida, «Introducción a los osciloscopios - el sistema de disparo», *electroFUN blog Innovative hobby products with style*, Diciembre-2015. .
- [27] I. AutoAvance, «Osciloscopio Trigger Disparador - Blog Técnico Automotriz», *Curso Automotriz, Capacitación Automotriz*, 22-oct-2015. .
- [28] «Muestreo Digital». [En línea]. Disponible en: <http://serbal.pntic.mec.es/srug0007/archivos/radiocomunicaciones/3%20SE%DIALES%20DIGITALES/Muestreo%20digital.pdf>.
- [29] J. G. González y P. G. Cucala, «El Osciloscopio Digital», *Laboratorio de Circuitos y Sistemas Dinámicos*. [En línea]. Disponible en: https://www.iit.comillas.edu/~dlaloux/csd/pdfs/Osciloscopio_Digital.pdf.
- [30] «Osciloscopios Digitales». [En línea]. Disponible en: http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar4/Componentes/OSC/OSCILOSCOPIOS_DIGITALES.HTM. [Accedido: 26-feb-2017].
- [31] Y. J. M. RIVERA, J. S. Cardona, y S. A. T. Franco, «SISTEMA OPERATIVO ANDROID: CARACTERISTICAS Y FUNCIONALIDAD PARA DISPOSITIVOS MOVILES». Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [32] Basterra, Berteia, Borello, Castillo, y Venturi, «ANDROID OS Documentation». Enero-2017.
- [33] A. Rubin, R. Miner, N. Sears, y C. White, *INTRODUCCIÓN - ¿QUÉ ES ANDROID?* 2008.
- [34] J. D. M. Pozo, «Introducción a los dispositivos Móviles», en *Tecnología y Desarrollo en Dispositivos Móviles*, Universidad Oberta de Catalunya., vol. 2, Delta Publicaciones.

- [35] *Selecting an A/D Converter*. Dallas, Texas 75265: Texas Instruments Incorporated, 2015.
- [36] Rohde & Schwarz North America, «Oscilloscope Fundamentals, Hands-On Course at EELive», UTC :53:31-2014.
- [37] J. A. Pérez, *Electrónica digital*, vol. 2. Delta Publicaciones, 2006.
- [38] J. Navarro, «Acústica y Sonido – Introducción digitalización de audio», *Portal Divulgativo de Acústica y Sonido*, may-2011. .
- [39] R. Solorzano, «Convertidores Digital Analógico», 33 UTC-2007.
- [40] Mrs. Jasbir Kaur y Saurabh Kansal, «Study of Various ADCs and Compare Their Performance and Parameters», en *International Journal of Advanced Engineering Research and Technology (IJAERT)*, vol. 3 Issue 3, PEC University of Technology, Chandigarh, India, p. 88.
- [41] J. V. Patel y H. Bhatt, «Performance Evaluation Of Different Types Of Analog To Digital Converter Architecture», presentado en *International Journal of Engineering Research and Technology*, 2012, vol. Vol.1-Issue 10 (December-2012).

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO



OSCILOSCOPIO CON INTERFAZ GRÁFICA ANDROID

BSCOPE V.1.0

MANUAL DE USUARIO

INDICE

A.1 AVISOS	2
A.1.1 NOTIFICACIONES RELATIVAS A LA SEGURIDAD.....	2
A.2 INICIO.....	2
A.2.1 INSPECCIÓN DEL CONTENIDO DEL PAQUETE	3
A.2.2 ENCENDIDO DEL OSCILOSCOPIO	4
A.2.3 REALICE CONEXIONES Y DESCONEXIONES CORRECTAS.....	4
A.2.4 REQUISITOS DE VENTILACIÓN.....	4
A.2.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES	4
A.2.6 PARA CONECTAR LAS SONDAS DEL OSCILOSCOPIO.....	5
A.2.7 INSTALACIÓN.....	6
A.2.8 INICIALIZACIÓN DEL APLICATIVO ANDROID	7
A.2.9 UTILIZACIÓN DEL APLICATIVO ANDROID	9
A.2.10 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	12
A.2.11 MANTENIMIENTO GENERAL Y LIMPIEZA.....	12

A.1 AVISOS

© Copyright **BSCOPE V.1.0**, Queda prohibida la reproducción total o parcial de este manual por cualquier medio (lo que incluye almacenamiento electrónico o traducción a un idioma extranjero) sin previo consentimiento por escrito de Bryan Sandoval y de la Escuela Politécnica Nacional, de acuerdo con las leyes de copyright.

A.1.1 NOTIFICACIONES RELATIVAS A LA SEGURIDAD



PRECAUCIÓN

Se deberá tener cuidado sobre los avisos de **PRECAUCIÓN**, ya que estos informan sobre operaciones que, si no se proceden a realizar en forma correcta, puede ocasionar daños al producto. En caso de encontrar un aviso de **PRECAUCIÓN**, no continuar hasta que se hayan entendido y considerado todas las condiciones indicadas.



ADVERTENCIA

Se deberá tener cuidado sobre los avisos de **ADVERTENCIA**, ya que estos informan sobre operaciones que, si no se proceden a realizar en forma correcta, puede ocasionar daños al producto. En caso de encontrar un aviso de **ADVERTENCIA**, no continuar hasta que se hayan entendido y considerado todas las condiciones indicadas.

A.2 INICIO

BSCOPE V.1.0, es un osciloscopio digital pequeño y ligero, lo cual lo convierte en un dispositivo portable, BSCOPE en su primera versión cuenta con dos canales de adquisición e interfaz Android para su visualización.

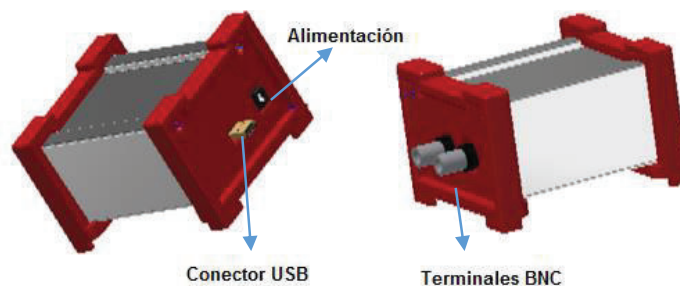


Figura A.1 Partes Constitutivas del Osciloscopio BSCOPE V.1.0.

A.2.1 INSPECCIÓN DEL CONTENIDO DEL PAQUETE

- Verifique que disponga de los siguientes ítems (Figura 1):
 - Osciloscopio BSCOPE V.1.0
 - Cable de alimentación 5V
 - Sonda x10 para el osciloscopio
 - Manual de usuario
 - CD-ROM con aplicativo Android (.apk)
 - Cable OTG



Figura A.2 Contenido del Paquete.

A.2.2 ENCENDIDO DEL OSCILOSCOPIO

Conecte el cable de alimentación (se encuentra en el contenido del paquete), en la parte posterior del osciloscopio, hacia una fuente de energía de AC apropiada. El osciloscopio automáticamente se enciende y se adapta a voltajes de entrada en el rango de 120 VCA. Asegúrese de usar el cable de alimentación que se encuentra en el contenido del paquete.

ADVERTENCIA Siempre use un cable de alimentación adecuado según la tensión del país donde se lo utilizará.

A.2.3 REALICE CONEXIONES Y DESCONEXIONES CORRECTAS

No conectar el terminal de tierra a un voltaje elevado.

ADVERTENCIA Al usar los dos canales, asegurarse de tener las mismas referencias (tierra) para ambos canales.

ADVERTENCIA No conectar, ni desconectar las puntas de prueba cuando estas se encuentren conectadas a una fuente de tensión.

A.2.4 REQUISITOS DE VENTILACIÓN

PRECAUCIÓN El área de entrada y salida de aire se deberá encontrar libre de obstrucciones. El aire debe circular libremente para lograr un enfriamiento apropiado.

A.2.5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Ancho de banda de 100 KHz.
- Voltaje máximo de entrada de 22V_{RMS}, se lo puede utilizar con puntas de prueba compensadas x10 logrando alcanzar hasta voltajes de 220V_{RMS}.
- Velocidad de muestreo máxima de 2.5 Msps.

- Cursores en ejes x e y.
- Cálculo de valores promedio de las señales de entrada.
- Trigger de disparo.
- Interfaz de usuario a través de aplicación Android.
- Opción de Run/Stop.
- Operación entre señales de entrada.
- Selector del tipo de acoplamiento.

Además de las características generales se detalla a continuación las características que BSCOPE presenta, las mismas que se podrán visualizar a detalle.

A.2.6 PARA CONECTAR LAS SONDAS DEL OSCILOSCOPIO

Conecte la sonda suministrada con el osciloscopio en uno de los conectores BNC del mismo, los cuales se encuentran en el panel frontal del mismo, como se indica en la Figura 3.

Conecte el extremo del terminal BNC al extremo de la sonda en el punto deseado del circuito. Asegúrese de conectar el terminal de tierra de la sonda a un punto a tierra en el circuito.

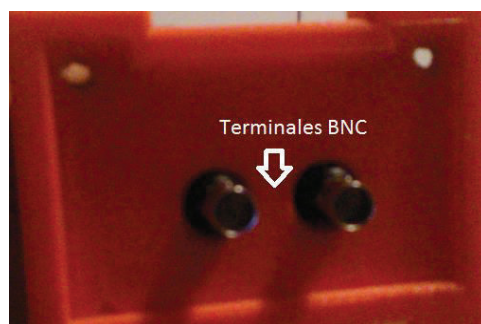


Figura A.3 Conexión de Sondas a Terminales BNC.

Al conectar voltajes superiores a $22V_{RMS}$, ajustar la sonda a x10, como se indica en la figura 4.

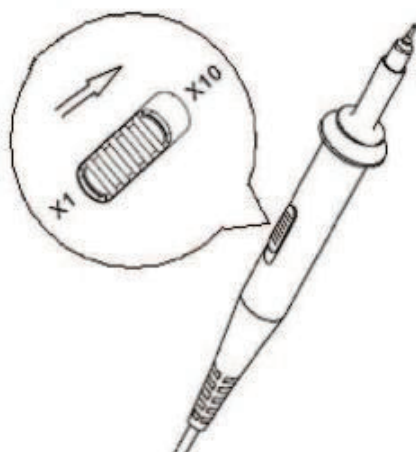


Figura A.4 Ajuste de Sonda.

PRECAUCIÓN Tensión Máxima de entrada para entradas analógicas:

Con Sonda x1 hasta 22V_{RMS}.

Con sonda x10 hasta 220 V_{RMS}.

A.2.7 INSTALACIÓN

Conectar el cable OTG (On The Go), el mismo que es suministrado dentro del contenido del paquete al terminal USB del BSCOPE para la comunicación serial con el dispositivo móvil con sistema operativo Android, conectar en la parte posterior del mismo como se observa en Figura 4.

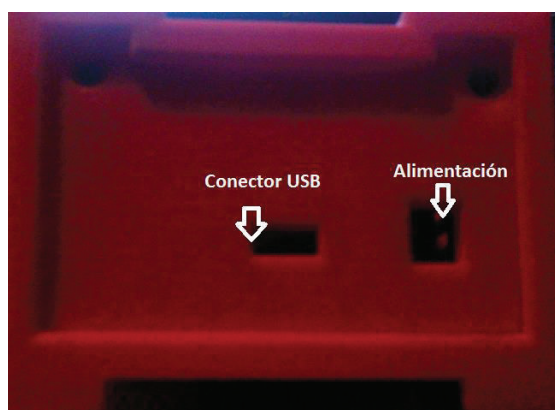


Figura A.5 Terminales de Conexión.

A continuación se detalla el proceso para la instalación del aplicativo Android en un dispositivo móvil.

Para esto es necesario tener el dispositivo móvil en modo de depuración, esto se lo puede realizar en la opción de ajustes de su dispositivo móvil.

- Instalar el archivo `.apk` en el sistema operativo Android, el mismo se encontrará en el CD-ROM adjunto con el osciloscopio.

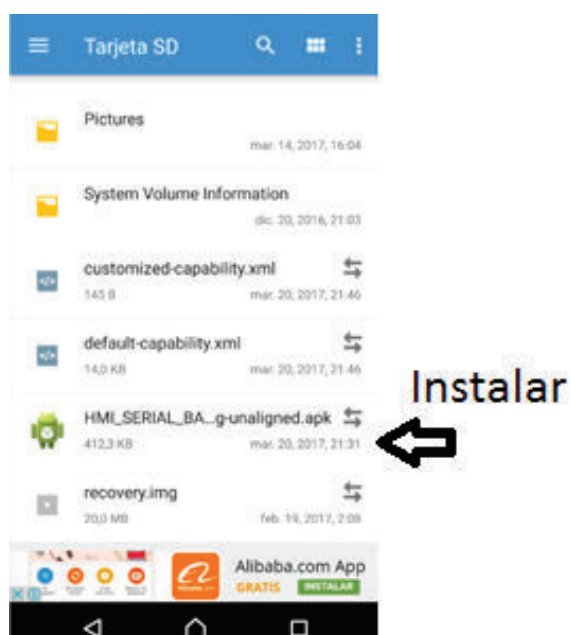


Figura A.6 Instalación.

A.2.8 INICIALIZACIÓN DEL APLICATIVO ANDROID

Se procederá a abrir la aplicación instalada en el dispositivo móvil, como se indica a continuación.

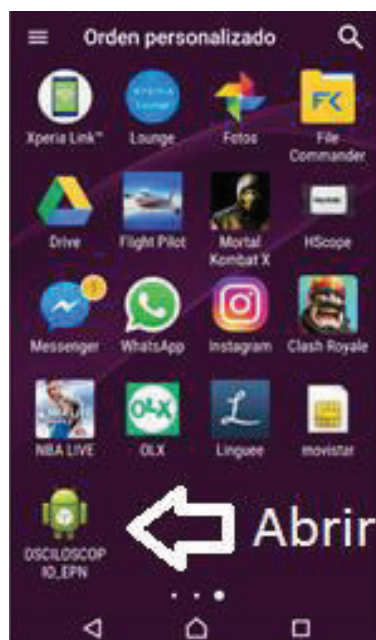


Figura A.7 Abrir Aplicación OSCILOSCOPIO_EP_N.

Se tendrá una pantalla donde se podrá visualizar en el menú superior derecho, toda la información referente al autor y a las especificaciones del presente osciloscopio, como se observa en Figura 7.



Figura A.8 Pantalla de Bienvenida.

Para acceder a la interfaz gráfica se deberá seleccionar el escudo y se deberá tener conectado el teléfono al BSCOPE mediante el cable OTG, de no ser así la aplicación no dará paso para poder visualizar la gráfica.

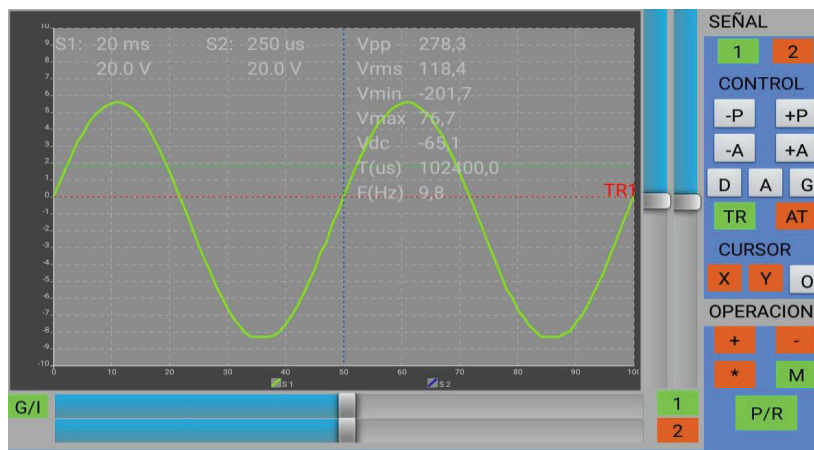


Figura A.9 Interfaz Gráfica.

A.2.9 UTILIZACIÓN DEL APLICATIVO ANDROID

A continuación se podrá visualizar en Figura 9, de manera detallada las funciones de cada botón del aplicativo Android, de esta manera será fácil su manejo, logrando así una óptima utilización de la aplicación dependiendo de la onda y frecuencia de entrada.

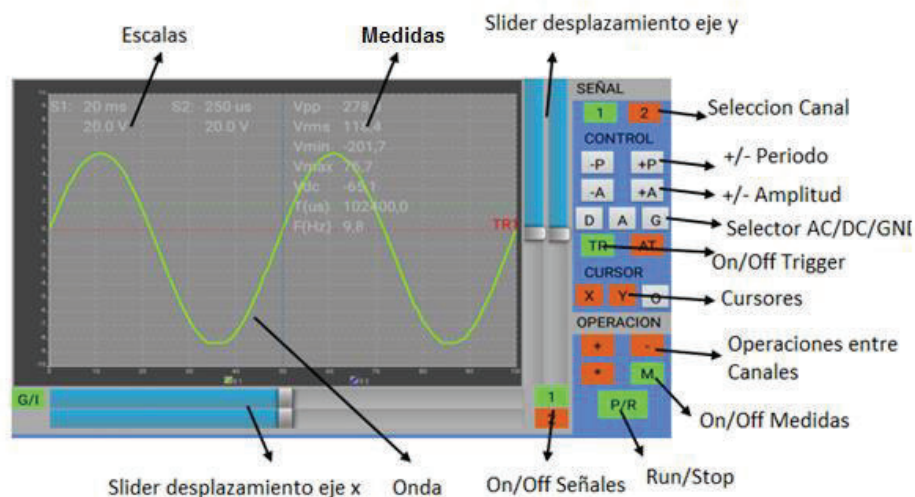


Figura A.10 Funciones del Aplicativo Android.

En la pantalla de visualización se podrá seleccionar entre los dos canales **CH1** o **CH2**, los mismos que se graficarán con un color diferente, verde para **CH1** y azul para **CH2**.

Escalas: En la pantalla se podrá visualizar el formato de las escalas, valor que será necesario multiplicar por cada recuadro de la cuadrícula que se presenta en la pantalla para obtener el valor deseado de la onda. Se puede visualizar las escalas para los dos canales tanto en amplitud como en tiempo.

Medidas: Indica los valores más relevantes de las medidas de la onda, como son V_{RMS} , V_{p-p} , Frecuencia, V_{DC} , Periodo, dependiendo del canal seleccionado o a su vez de los dos canales de adquisición.

Slider de Desplazamiento Eje X/Y: Estos sliders permitirán desplazarse en la pantalla de visualización tanto de izquierda a derecha como de arriba para abajo, se tendrá en cuenta que esta función será activada para cada canal, cuando se active la función **Trigger** estos sliders funcionaran para mover el nivel del **Trigger**, del mismo modo se deberá tener presente que los sliders funcionaran para desplazar la onda una vez que se haya pulsado el botón de **Run/Stop**.

Selección Canal: Nos permitirá seleccionar cada canal, es decir si se selecciona el canal uno, las medidas, cursores, variación de amplitud o periodo, trigger y selector de tipo de acoplamiento funcionaran exclusivamente para el canal seleccionado.

+/- Periodo: Permitirán incrementar o decrementar el periodo de la onda de entrada seleccionada previamente con el selector de canal.

+/- Amplitud: Permitirán incrementar o decrementar la amplitud de la onda de entrada seleccionada previamente con el selector de canal.

Selector AC/DC/GND: Permitirá seleccionar el tipo de acoplamiento deseado, ya sea AC, DC o GND respectivamente, para su utilización se deberá seleccionar previamente una onda con el botón selección de canal.

On/Off Trigger: Permite encender o apagar el trigger de disparo, una vez encendido el trigger que será independiente para cada canal, se puede variar su nivel con los slider de desplazamiento en el eje y.

Cursores: Los cursores X, Y nos entregaran el valor de la posición en que los situemos, tanto en el eje vertical como horizontal, logrando así obtener distancias entre picos de una onda, etc.

Operación entre Canales: Permite realizar ya sea suma, resta o multiplicación entre los dos canales de entrada, entejando el resultado en color verde, si solo se tiene conectado un terminal BNC al realizar las operaciones entregará como resultado la onda original.

On/Off Medidas: Con esta opción podemos prender o apagar la visualización de medidas en la pantalla del dispositivo móvil.

Run/Stop: Permite detener o correr la toma de datos para visualizar, logrando así poder observar de mejor manera lo que se requiera. En este modo se memoriza los últimos datos mostrados, permitiendo desplazar la onda de izquierda a derecha gracias a que se almacenan valores previos y posteriores.

On/Off Señales: Permite activar o desactivar la visualización de las señales de entrada.

ADVERTENCIA Este instrumento debe utilizarse solamente para mediciones dentro de las categorías de medición especificadas.

ADVERTENCIA No utilice el producto en ambientes en los que haya agua o humedad.

ADVERTENCIA No utilice el producto en ambientes explosivos.

ADVERTENCIA Mantenga las superficies del producto limpias y secas.

A.2.10 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- **No sé a iniciado la aplicación.**
 - Verifique que su dispositivo móvil soporte conexión OTG.
 - Compruebe que el cable OTG se encuentra bien conectado al terminal USB.
 - Vuelva a acceder a la aplicación.
 - Reinicie el dispositivo móvil.
 - Si el problema persiste contacte con BSCOPE V.1.0
- **Después de adquirir la señal, la forma de onda no aparece en la pantalla.**
 - Compruebe que la sonda está correctamente conectada al cable de señal.
 - Compruebe que el cable de señal está correctamente conectado al BNC.
 - Compruebe que la sonda está correctamente conectada al objeto de medida.
 - Compruebe si hay señal desde el objeto de medida.
 - Haga la operación de adquisición de nueva señal.
- **El valor de la amplitud de tensión medida es 10 veces o 1/10 del valor real.**
 - Compruebe el coeficiente de atenuación del canal de entrada y la atenuación de la sonda, para verificar que coinciden.
- **Aparece una forma de onda, pero no es estable.**
 - Compruebe que la opción Trigger se encuentre habilitada.

A.2.11 MANTENIMIENTO GENERAL Y LIMPIEZA

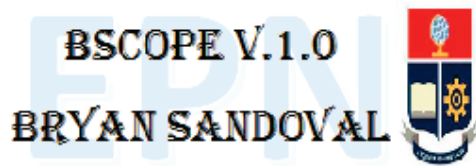
No almacene o deje el instrumento en lugares donde esté expuesto a la luz solar directa durante largos períodos.

PRECAUCIÓN Para evitar daños en el instrumento o las sondas, evite exponerlos a pulverizadores, líquidos o disolventes.

Inspeccione el instrumento y las sondas con la frecuencia que requieran las condiciones en las que se usen. Para limpiar el exterior del instrumento, siga los pasos siguientes:

- Quite el polvo de la parte exterior del instrumento y las sondas con un paño que no suelte pelusa.
- Use un paño suave humedecido con agua para limpiar el instrumento. Utilice una solución acuosa de alcohol isopropílico de 75% para obtener una limpieza más a fondo.

PRECAUCIÓN Para evitar daños en el instrumento o las sondas, evite exponerlos a pulverizadores, líquidos o disolventes.



BSCOPE V.1.0

Bryan Sandoval – Escuela Politécnica Nacional

Quito-Ecuador

Tel.: (+593) 0987363547

e-mail: bryansandoval46@hotmail.com

bryan.sandoval@epn.edu.ec