



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN CONVERTIDOR ANALÓGICO A DIGITAL.

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

**PRESENTAN:
ROSALES GARCIA LIZETH JANET
VELAZQUEZ DEL RIO YAEL ZURIEL**

**ASESORES:
ING. MUEDANO MENESES JOSE JAVIER
ING. TRINIDAD AVILA LUCERO IVETTE**

MÉXICO, D.F. A 14 DE JULIO DEL 2015



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL "ADOLFO LÓPEZ MATEOS"

TEMA DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
DEBERA (N) DESARROLLAR C. LIZETH JANET ROSALES GARCIA
C. YAEL ZURIEL VELAZQUEZ DEL RIO

"DISEÑO DE UN CONVERTIDOR ANALÓGICO A DIGITAL"

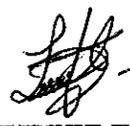
DESARROLLAR UN SISTEMA DE SALIDA CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL EXTERNO,
MEDIANTE LA INTERFACE USB O MODO SERIAL.

- ❖ ANTECEDENTES
- ❖ PROBLEMÁTICA
- ❖ SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA
- ❖ APLICACIONES
- ❖ CONCLUSIONES
- ❖ BIBLIOGRAFÍA
- ❖ ANEXOS

CIUDAD DE MÉXICO, A 30 DE JUNIO DE 2016.

ASESORES


ING. JOSÉ JAVIER MUEDANO MENESES


ING. LUCERO IVETTE TRINIDAD ÁVILA


ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ ÁNGEL
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN
COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA



AGRADECIMIENTOS:

Primero que nada quiero agradecer a Dios por permitirme llegar hasta este maravilloso momento de mi vida, por darme salud, fortaleza e inteligencia para poder seguir adelante cada día y poder superar cada obstáculo que me pudiera encontrar en el camino, gracias porque no me ha dejado sola en los momentos más difíciles de mi vida, por darme lecciones y aprendizajes que me hacen ser mejor persona, le agradezco que me haya puesto en mi camino a varias personas importantes que cambian mi vida por completo y que de cada una de ellas puedo aprender demasiado y siempre me impulsan hacer mejor.

A mis Papas por brindarme su confianza, su amor, por darme su apoyo incondicional ya que en los buenos y malos momentos siempre están conmigo a pesar de cualquier cosa y que me han apoyado en los pequeños tropiezos que he tenido en lo que va de mi vida, pero sé que siempre voy a contar con ellos y al igual ellos podrán contar conmigo siempre.

A mi Hermano URI que lo Amo con todo mi Corazón, él fue mi motor para poder seguir adelante y que pudiera llegar hasta donde estoy, él es mi motivo para que pueda seguir y para q no me rinda ante ninguna circunstancia, el llego en un momento tan especial de mi vida que agradezco que llegara ese angelito a cual adoro.

A mi Tía Sandy porque ella estuvo conmigo en la etapa de mis estudios, ella fue una pieza importante para que pudiera llegar hasta aquí, ella se esforzaba al igual que yo para mis trabajos, me daba ideas, me ayudaba, siempre tenía la confianza de contar con ella en cualquier momento que lo necesitara y nunca me dejo ni me dejara sola, te quiero mucho y en verdad gracias por todo ya que por tu dedicación, esfuerzo y comprensión estoy donde estoy y soy la persona que soy.

A mis Abuelos porque siempre tuve y tendré su apoyo incondicional, siempre ven por mi bienestar, son como mis padres ya que me cuidan, me quieren y se preocupan mucho por mí, gracias a mi abuela Chela que ella me apoyo en algún tropiezo que tuve en mi vida no me dejo sola, siempre se preocupó por mí y sé que lo sigue haciendo.

A mis tías Say y Diana que también me apoyan en lo que necesito y porque siempre me aconsejan, Say eres para mí como una hermana, gracias por compartir momentos increíbles de la infancia, por tener tantas travesuras, tantas experiencias y por qué

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

siempre tendré tu apoyo en cualquier momento, Diana gracias por todos los consejos que me has brindado ya que en verdad lo sabré llevar a cabo para el bien mío, sé que puedo contar contigo para lo que necesite y que siempre estarás conmigo en la buenas y en las malas al igual que toda mi familia.

A mi Instituto Politécnico Nacional que es quien me forjo como ingeniera quien me vio crecer profesionalmente y quien me dio todas las enseñanzas para poder competir afuera y tuviera la capacidad para poder lograr lo que me propongo.

A todos mis Maestros que fueron parte esencial para mi aprendizaje, por compartirme sus conocimientos.

Ing. Lizeth Janet Rosales García

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

Agradezco a:

Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Mi madre Elvia por apoyarme en todo momento y estar siempre conmigo, lo logramos.

Mi familia por toda la confianza que tuvieron en mí y ven reflejado en estos momentos.

Liz, por ser una parte muy importante de mi vida, por el apoyo recibido desde el día que la conocí, por el apoyo en todo en la realización de esta tesis, por los ánimos y palabras de aliento para seguir adelante cuando ya no podía, por todos los consejos y apoyo que me brindaste en los momentos más difíciles de la vida.

Mis amigos que siempre estuvieron en los momentos difíciles y en las mejores fiestas,

Mi escuela, por darme todo lo que necesito para triunfar y con orgullo poner en alto el nombre de la institución.

Ing. Yael Zuriel Velázquez Del Río.

INDICE GENERAL

OBJETIVO.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	2
1.1) Digitalización.....	2
1.1.1) Ventajas de la Señal Digital	2
1.1.2) Desventajas de la Señal Digital.....	2
1.1.3) Significado de Procesamiento Digital de Señales.....	2
1.1.4) Procesamiento de Señales	3
1.1.5) Procesamiento de Señales en Tiempo Discreto.....	3
1.1.6) Procesamiento Digital de Señales	3
1.1.7) Aplicaciones de procesamiento digital de señales.....	4
1.1.8) Criterios de Implementación de Procesamiento Digital de Señales.....	5
1.2) Convertidores ADC Y DAC.....	6
1.2.1) Convertidor Analógico-Digital	6
1.2.2) Características Básicas de un Convertidor A/D.....	6
1.2.3) Procesos que intervienen en la Conversión Analógico a Digital.....	7
1.2.4) Errores en los Convertidores Analógicos/ Digital.	10
1.2.5) Etapa de Acondicionamiento de la Señal	10
1.3) Tipos de Convertidores A/D	11
1.3.1) Convertidor de Aproximaciones Sucesivas.....	11
1.3.2) Convertidor Flash.....	12
1.3.3) Convertidor A/D con Comparadores.....	12
1.3.4) Convertidor A/D con Contadores	13
1.3.5) Convertidor A/D con Integrador.....	14
1.3.6) ADC de Doble Pendiente	14
1.3.7) ADC de Voltaje a Frecuencia.....	14
1.4) Circuito Básico de ADC: El ADC 0804	14
1.4.1) Algunas aplicaciones.....	15
1.4.2) Características generales.....	15
1.5) Convertidor digital-analógico.....	15
1.5.1) Clasificación de los Convertidores Digital- Analógico.....	15
1.5.2) Convertidores Seriales.....	16

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

1.5.3)	Convertidores Paralelo	16
1.5.4)	Aplicaciones de un DAC	17
1.5.5)	Características de Funcionamiento de un DAC.....	17
1.5.6)	<i>Tipos de errores</i>	18
1.5.7)	Código de Entrada BCD para el DAC	19
1.5.8)	Parámetros de los Convertidores DAC	19
1.5.9)	Tipos de convertidores D/A.....	20
1.6)	Circuito básico De DAC: El DAC 0808.....	22
1.6.1)	Características eléctricas	22
1.7)	Técnicas de ecualización aplicadas a la mezcla	22
a)	Balance Espectral.....	23
b)	Ordenamiento en la banda de graves.....	23
c)	Ecualización Sustractiva	24
d)	Ecualización por bloques (o Ladrillos)	24
e)	Ecualización Alineal	24
1.7.1)	Tipos de Filtros y su Aplicación	25
1.7.2)	El espectro audible	25
1.7.3)	Sub Graves ($f < 25\text{Hz}$)	26
1.7.4)	Graves ($25\text{Hz} < f < 125\text{Hz}$).....	27
1.7.5)	Medios Graves ($125\text{Hz} < f < 400\text{Hz}$).....	27
1.7.6)	Medios ($400\text{Hz} < f < 2\text{kHz}$)	27
1.7.7)	Medios Agudos ($2\text{kHz} < f < 8\text{kHz}$).....	27
1.7.8)	Agudos ($8\text{kHz} < f < 12\text{kHz}$).....	27
1.7.9)	Agudos Superiores ($f > 12\text{kHz}$).....	27
1.8)	Ecualizadores	28
1.8.1)	Ecualizadores de fase lineal	28
1.8.2)	Ecualizadores Dinámicos	29
CAPÍTULO 2. PROBLEMÁTICA		30
2.1)	Las tarjetas de sonido	30
2.1.1)	Definición de tarjeta de sonido	31
2.1.2)	PCI	31
2.1.3)	Con sonidos internos.....	32
2.1.4)	Con módulo de conexiones.....	32
2.1.5)	Multipuerto	32

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

2.1.6) USB y Firewire	33
2.2) Partes que componen la tarjeta de audio	33
2.3) Ventajas y desventajas de las tarjetas de sonido internas y externas	34
2.4) Comparación de tarjetas de audio externas en el mercado.....	34
CAPÍTULO 3. SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA.....	37
3.1) Características que se deben considerar para una tarjeta de sonido.....	37
3.2) Propuesta del circuito.....	38
3.3) Diseño del circuito.....	39
3.4) Materiales	44
3.5) Realización del circuito:	46
3.6) Pruebas de la placa	49
CAPÍTULO 4. APLICACIONES	51
4.1) Grabación.....	51
CONCLUSIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXO A	56
Características de Realtek AC'97	56
Audio de dúplex completo	56
PCM	56
ANEXO B	57
Configuración del ADC0804.....	57
Circuito básico de DAc.....	58
Estructura Interna del DAC0808	60
ANEXO C	62
Hojas técnicas.....	62

INDICE FIGURAS

Figura 1-1 Procesamiento de señales.....	3
Figura 1-2 Procesamiento digital de señales.....	3
Figura 1-3 Diagrama procesamiento de señal.....	4
Figura 1-4 Esquema básico (a) y representación simplificada (b) de un circuito de muestreo y retención.....	8
Figura 1-5 ADC de aproximaciones sucesivas.....	12
Figura 1-6 Convertidor A/D con comparadores.....	13
Figura 1-7 Comparador, reloj, circuito de muestreo y retención (s&h), contador, convertidor D/A y buffers de salida.....	13
Figura 1-8 Diagrama de bloques del proceso de conversión digital-analógico.....	15
Figura 1-9 Diagrama general de un convertidor serie.....	16
Figura 1-10 Diagrama general de un convertidor paralelo.....	16
Figura 1-11 DAC que emplea código de entrada BCD.....	19
Figura 1-12 Convertidor D/A de 4 bits.....	21
Figura 1-13 Red “R-2R”.....	21
Figura 1-14 Red “R-2R” equivalente.....	21
Figura 1-15 DAC con red R-2R.....	22
Figura 1-16 División subjetiva de bandas de frecuencias según altura tonal.....	26
Figura 1-17 Espectro de graves.....	26
Figura 1-18 Ecualizador de fase lineal.....	29
Figura 1-19 Ecualizador dinámico.....	29
Figura 1-20 Side-chain Compressor utilizado como de-esser.....	30
Figura 1-21 Ecualización dinámica no líneas a partir de compresores.....	30
Figura 2-1 Tarjeta de sonido marca Manhattan®, interfaz PCI, para 5.1 canales, con puerto de juego / MIDI.....	31
Figura 2-2 Tarjeta de sonido PCI.....	32
Figura 2-3 Tarjeta de sonido PCI externa.....	32
Figura 2-4 Tarjeta de sonido multipuerto.....	33
Figura 2-5 Partes de una tarjeta de sonido.....	34
Figura 3-1 Configuración básica del circuito PCM2902E.....	39
Figura 3-2 Software EAGLE.....	41
Figura 3-3 Diseño esquemático del DAC.....	42
Figura 3-4 Diseño de circuito PCM para impresión.....	42
Figura 3-5 Diseño esquemático del medidor de señal.....	43
Figura 3-6 Diseño del medidor de señal en BRB de impresión.....	43
Figura 3-7 Diseño esquemático de línea balanceada.....	44
Figura 3-8 Diseño de línea balanceada para impresión.....	44
Figura 3-9 Placas terminadas por el método de transferencia de calor.....	47
Figura 3-10 Placa medidor de señal terminada. Vista componentes.....	48
Figura 3-11 Módulo medidor de seña. Vista de pistas.....	48
Figura 3-12 Circuito balanceado.....	48
Figura 3-13 DAC terminado 1.....	48
Figura 3-14 DAC terminado 2.....	49
Figura 3-15 Muestreo de la señal del DAC.....	49

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

Figura 3-16 Señal de entrada de línea balanceada.....	50
Figura 3-17 Señal de salida de línea balanceada	50
Figura 4-1 Software para interface de audio mediante móvil	51
Figura 4-2 Conectando un dac a una terminal acústica y a la lap	52
Figura 4-3 Conexión de la interface externa como consola de audio.....	52
Figura 4-4 Conexión de la interface externa como consola de audio más una mezcladora	52
Figura B-1 Esquema general del ADC0804	57
Figura B-2 DAC0808	59
Figura B-3 Diagrama de conexiones del DAC0808.....	60
Figura B-4 Estructura interna DAC0808.....	60
Figura B-5 Diagrama a bloques.....	61

INDICE GRAFICAS

Grafica 1 Muestreo de la señal analógica	7
Grafica 2 Cuantificación de la señal analógica	8
Grafica 3 Codificación de la señal.....	9
Grafica 4 Valor analógico de salida	10
Grafica 5 Resolución de un DAC	20
Grafica 6 Valor RMS del espectro con intervalo corto, graficado por la línea blanca.....	23

INDICE TABLAS

Tabla 1 Equivalencia decimal-binario.....	9
Tabla 2 Transmisión de datos vía USB	35
Tabla 3 Transmisión de datos vía Firewire	35
Tabla 4 Tarjetas de Gama media	36
Tabla 5 Tarjetas de Gama alta	36
Tabla 6 Materiales requeridos en la tarjeta DAC	45
Tabla 7 Materiales requeridos en la tarjeta medidor de señal y línea balanceada.....	46

OBJETIVO

Desarrollar un sistema de salida convertidor analógico - digital externa, mediante la interface USB o modo serial.

JUSTIFICACIÓN

Al desarrollar la interface USB de un DAC se pretenden tener los beneficios de tipo económico puesto que hay diversos equipos, tarjetas o interfaces en el mercado con costos muy elevados.

Se diseñó para que sustituya el módulo DAC que se maneja en las tarjetas de audio que están implementadas en el equipo de cómputo, para cubrir las deficiencias o carencias que dichos módulos presentan.

Este proyecto va dirigido a toda persona que requiera de una calidad mayor de sonido así como a las personas que están centradas en el tema de grabación de equipo de sonido, así como a los alumnos para poder realizar prácticas en las materias relacionadas a la acústica como lo son señales y vibraciones, electroacústica, procesamiento digital de señales.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

1.1) Digitalización

La digitalización supone un cambio radical en el tratamiento de la información. Permite su almacenamiento en grandes cantidades en objetos de tamaño reducido o lo que es más revolucionario, liberarlas de los propios objetos y de sus características materiales y hacerla residir en espacios no topológicos, como las redes informáticas accesibles desde cualquier lugar del mundo en tiempo real. También podemos reproducirlas sin merma de calidad de modo indefinido, enviarla instantáneamente a cualquier lugar de la tierra y poder manipularla.

1.1.1) Ventajas de la Señal Digital

- 1) La señal digital es más resistente al ruido.
- 2) La señal digital es menos sensible que la analógica a las interferencias.
- 3) Ante la pérdida de cierta cantidad de información, la señal digital puede ser reconstruida gracias a los sistemas de regeneración de señales. También cuenta, con sistemas de detección y corrección de errores que por ejemplo permiten introducir el valor de una muestra dañada obteniendo el valor medio de las muestras adyacentes (interpolación).
- 4) Facilidad en el procesamiento de la señal.
- 5) La señal digital permite la multigeneración infinita sin pérdidas de calidad. Esta ventaja solo es aplicable a los formatos de disco óptico, la cinta magnética digital, aunque en menor medida que la analógica.

1.1.2) Desventajas de la Señal Digital

- 1) La señal digital requiere mayor ancho de banda para ser transmitida que la analógica.
- 2) Se necesita una conversión analógica a digital previa y una decodificación posterior, en el momento de la recepción.
- 3) La transmisión de señales digitales requiere una sincronización precisa entre los tiempos de reloj de transmisor, con respecto a los del receptor. Un desfase, por mínimo que sea, cambia por completo la señal.

1.1.3) Significado de Procesamiento Digital de Señales

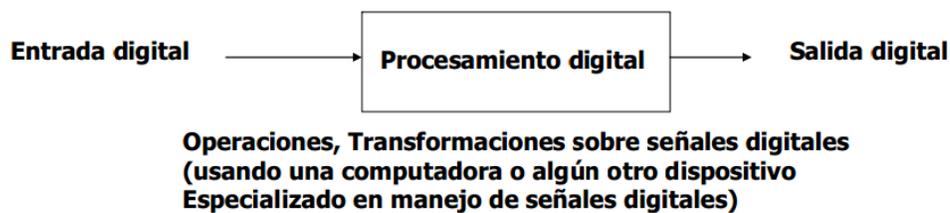
Las señales eléctricas son tensiones o corrientes que contienen información. Además de las señales eléctricas existen otras, de naturaleza magnética, hidráulica, neumática, luminosa, etc.

Las señales se representan matemáticamente como funciones de una o más variables independientes. La variable independiente más común es el tiempo, y algunas señales que dependen de él son, por ejemplo, la voz, una onda de radio, un electrocardiograma, etc.

Otras señales, tales como las imágenes, son funciones de 2 variables independientes, ya que contienen información de brillo o de colorido en función de las coordenadas X e Y de un plano.

1.1.4) Procesamiento de Señales

Es un área de la Ingeniería Electrónica que se concentra en la representación, transformación y manipulación de señales, y de la información que ellas contienen. El primer tipo de procesamiento electrónico que se desarrolló y se aplicó extensivamente fue el procesamiento análogo, el cual se lleva a cabo mediante circuitos compuestos por resistores, capacitores, inductores, amplificadores operacionales, etc.



1.1.5) Procesamiento de Señales en Tiempo Discreto

Se refiere al procesamiento de señales discretas en el tiempo o en el espacio. Esto implica que sólo se conoce el valor de la señal en instantes o en puntos específicos. Sin embargo, la amplitud de la señal es continua, es decir, puede tomar infinitos valores diferentes.

1.1.6) Procesamiento Digital de Señales

Añade a la característica anterior la de manejar la amplitud en forma discreta, la cual es una condición necesaria para que la señal pueda ser procesada en un computador digital. La amplitud de la señal sólo puede tener un número finito de valores diferentes. Comprende los fundamentos matemáticos y algorítmicos que describen como procesar, en un ambiente de cómputo digital, información asociada a señales provenientes del mundo real.

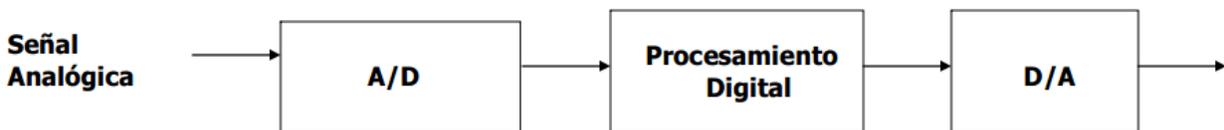


Figura 1-2 Procesamiento digital de señales

- ❖ Digital: Sistema electrónico (digital) que opera con datos discretos representados en binario y de precisión finita.
- ❖ Señal: Un parámetro variable por medio del cual la información es transmitida en un sistema electrónico
- ❖ Procesamiento: la realización de operaciones en los datos mediante una secuencia de instrucciones programadas de acuerdo a un algoritmo que modifica dichos datos o extrae información de los mismos Figura 1-3.

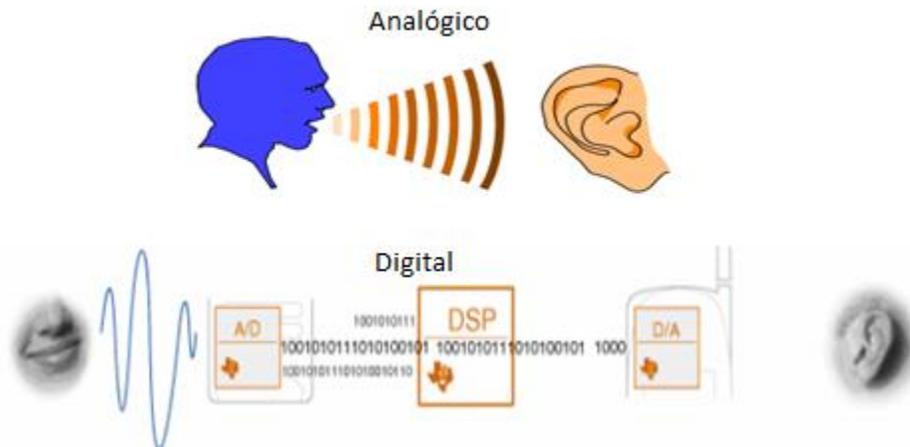


Figura 1-3 Diagrama procesamiento de señal

1.1.7) Aplicaciones de procesamiento digital de señales.

En las últimas décadas se ha producido una migración cada vez mayor desde el procesamiento análogo hacia el procesamiento digital. Al mismo tiempo, han surgido muchas aplicaciones y técnicas nuevas, que nunca existieron en el mundo análogo.

A continuación se mencionan algunas aplicaciones actuales:

- ❖ **Verificación de la calidad del suministro eléctrico:** medición de valor efectivo, potencia, factor de potencia, contenido armónico.
- ❖ **Radar:** medición de la distancia y de la velocidad de los contactos. Compresión del pulso, lo que permite incrementar la longitud de los pulsos para aumentar el alcance, manteniendo la resolución en distancia.
- ❖ **Sonar:** formación de haces, para orientar electrónicamente el arreglo de transductores; en **modo activo**, medición de la distancia, la demarcación y la velocidad de los contactos; en **modo pasivo**, clasificación de los contactos en base al ruido emitido por ellos.
- ❖ **Medicina:** reducción de ruido y diagnóstico automático de electrocardiogramas y electroencefalogramas; formación de imágenes en tomografía axial computarizada (*scanner*), resonancia magnética nuclear y ecografía (ultrasonido).
- ❖ **Análisis de vibraciones** en máquinas, para detectar tempranamente el desgaste de rodamientos o engranajes, comparando el análisis espectral de las

vibraciones con un espectro de referencia obtenido cuando la máquina no tiene defectos.

- ❖ **Oceanografía:** alerta temprana de maremotos o *tsunamis* cuando se propagan en el océano abierto, en base a las características de esas ondas que las diferencian de las olas y de las mareas; análisis armónico y predicción de mareas; medición de la energía de las olas con el objeto de dimensionar muelles y otras estructuras sumergidas.
- ❖ **Astronomía:** detección de planetas en estrellas lejanas, en base al movimiento oscilatorio que inducen en las estrellas alrededor de las cuales orbitan.
- ❖ **Radioastronomía:** búsqueda de patrones en las señales recibidas por los radiotelescopios, para detectar inteligencia extraterrestre (SETI).
- ❖ **Imágenes:** mejora del brillo, contraste, colorido y nitidez, restauración de imágenes borrosas debido al movimiento de la cámara o del elemento fotografiado, compresión de la información.
- ❖ **Telefonía:** conmutación (plantas telefónicas), decodificación de discado por tonos (DTMF), modems, canceladores de ecos, teléfonos celulares digitales (PCS) y teléfonos satelitales.
- ❖ **Audio:** ecualización, reverberación artificial, compresión de la información (MP3), cancelación activa de ruido ambiente (inyectando ruido en contrafase).
- ❖ **Voz:** compresión de la información, identificación de personas, y reconocimiento de voz (dictado por voz).
- ❖ **Televisión:** cancelación adaptiva de multipath para eliminar los “fantasmas”, filtros “peineta” para mejorar la separación de luminancia y color en la señal de video compuesto, TV digital de alta definición (HDTV), compresión de la información.
- ❖ **Industria automotriz:** control de la inyección y del encendido del motor para maximizar el rendimiento y minimizar las emisiones; control de la transmisión automática para maximizar la economía de combustible o la aceleración del vehículo; control del flujo de energía en los vehículos híbridos.
- ❖ **Sismología:** localización de hipocentros de sismos, búsqueda de minerales y de petróleo analizando los ecos subterráneos generados por pequeñas explosiones.

1.1.8) Criterios de Implementación de Procesamiento Digital de Señales

Al momento de elaborar un sistema para tratar las señales de entrada, a fin de obtener un determinado efecto en la salida, se encuentra con una decisión trascendental.

Implementar el sistema con las técnicas de procesamiento de señales digitales (PDS) o utilizar los patrones tradicionales de procesamiento de señales análogas. Con las líneas antes enunciadas pareciera inclinarse la balanza hacia el PDS; sin embargo, en ciertas aplicaciones resulta aún conveniente el procesado de señales de la forma tradicional.

Como parámetros generales de selección de procesos digitales en lugar de análogos podemos mencionar:

- ❖ Altas frecuencias de operación, siempre y cuando el teorema de Nyquist permita la debida operación del sistema.
- ❖ Elevada precisión.
- ❖ Acoplamiento múltiple de sistemas
- ❖ Necesidad de expansión.
- ❖ Ajuste dinámico del sistema.

Aunque estos parámetros no dictan una ley a seguir, nos sirven de punto de partida para una decisión final. Queda a criterio del diseñador del sistema que tipo de proceso elaborará, según sus necesidades y factibilidad económica.

Hablando sobre la digitalización de señales, refiriéndose a la aplicación de señales de audio, se presenta el siguiente ejemplo de una típica aplicación de audio mediante PDS:

- ❖ Procesamiento de voz
 - Compresión
 - Reconocimiento
 - Verificación, adecuación de voz
 - Síntesis de voz
 - Amplificación, Cancelación de eco
- ❖ Procesamiento de audio
 - Compresión
 - Reproducción 3-D

1.2) Convertidores ADC Y DAC

1.2.1) Convertidor Analógico-Digital

Un convertidor analógico a digital es un dispositivo electrónico capaz de convertir un voltaje determinado en un valor binario, es el encargado de transformar señales análogas a digitales (0's y 1's) con el propósito de facilitar su procesamiento y hacer la señal resultante más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

1.2.2) Características Básicas de un Convertidor A/D

Las características principales que se han de tener en cuenta a la hora de la conversión analógica a digital son:

- a) Número de bits: Es el número de bits que tiene la palabra de salida del convertidor, y por tanto es el número de pasos que admite el convertidor.

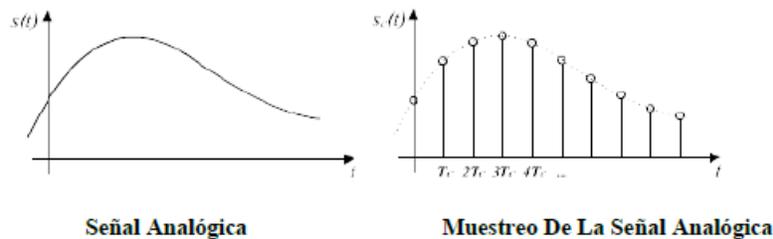
- b) Resolución: Es el mínimo valor que puede distinguir el convertidor en su entrada analógica, la mínima variación en el voltaje de entrada (V_i) que se necesita para cambiar en un bit la salida digital, donde n es el número de bits del convertidor y V_{f_e} el voltaje de fondo de escala donde la salida digital es máxima.

$$V_i = \frac{V_{f_e}}{(2^n - 1)} \quad (1)$$

- c) Tiempo de conversión: Es el tiempo que tarda en realizar una medida el convertidor en concreto, y dependerá de la tecnología de medida empleada. Este tiempo se mide como el transcurrido desde que el convertidor recibe una señal de inicio de conversión, hasta que en la salida aparece un dato valido

1.2.3) Procesos que intervienen en la Conversión Analógico a Digital

- a) Muestreo: Toma diferentes muestras de voltajes en diferentes puntos de la onda senoidal. La frecuencia de muestreo es el número de muestras por unidad de tiempo que se toman de una señal continua para producir una señal discreta como se muestra en la Grafica 1. Durante el proceso de muestreo se asignan valores numéricos equivalentes al voltaje existente en diferentes puntos de la señal senoidal con la finalidad de realizar el proceso de cuantización.



Grafica 1 Muestreo de la señal analógica

- b) Teorema de Nyquist: Para replicar con exactitud la forma de una onda es necesario que la frecuencia de muestreo sea como mínimo el doble de la máxima frecuencia a muestrear. El teorema solo indica el valor mínimo necesario para que el muestreo resulte eficaz, cuanto mayor sea el número de niveles de comparación (muestras), más fiel será la conversión analógico a digital, lo que se traduce en una mayor calidad de la señal.
- c) Circuitos de Muestreo y Retención: Los circuitos de muestreo y retención se emplean para el muestreo de la señal analógica (durante un intervalo de tiempo) y la posterior retención de dicho valor, generalmente es un condensador, durante el tiempo que dura la transformación A/D.

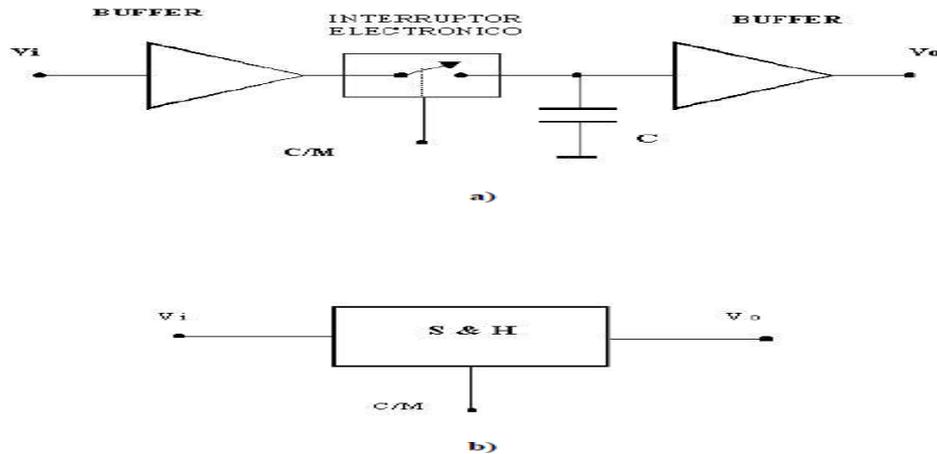
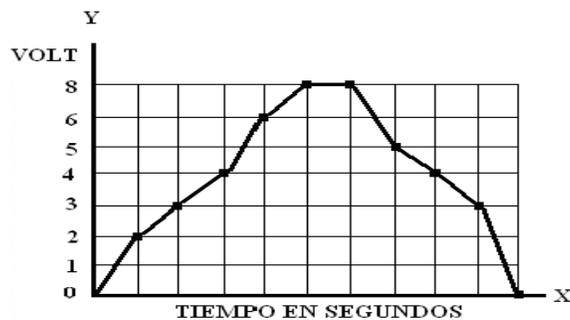


Figura 1-4 Esquema básico (a) y representación simplificada (b) de un circuito de muestreo y retención.

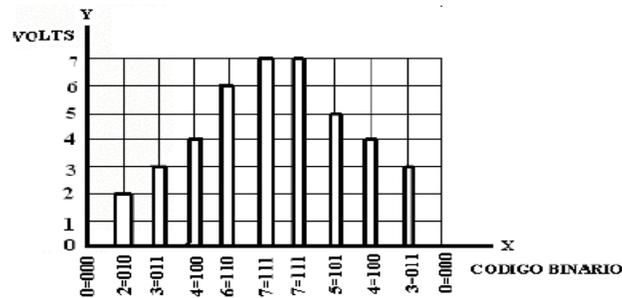
- d) Cuantificación: Es convertir una sucesión de muestras de amplitud continua en una sucesión de valores de amplitudes discretas (Grafica 2), o lo que es lo mismo una señal digital aunque no binaria, se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras, obtenidas en el proceso de muestreo y se les atribuye a un valor finito de amplitud, seleccionado por aproximación dentro de un margen de niveles previamente fijado.



Grafica 2 Cuantificación de la señal analógica

- e) Tipos de Cuantificación: Para minimizar los efectos negativos del error de cuantificación, se utilizan distintas técnicas de cuantificación:
- 1) Cuantificación uniforme o lineal: A cada muestra se le asigna el valor inferior más próximo independientemente de lo que ocurra con las muestras adyacentes.
 - 2) Cuantificación no uniforme o no lineal: Se estudia la propia entropía de la señal analógica y se asignan niveles de cuantificación de tal modo que, se asigne un mayor número de niveles para aquellos márgenes en que la amplitud del voltaje cambia más rápidamente.

- 3) Cuantificación logarítmica: Se hace pasar la señal por un compresor logarítmico antes de la cuantificación.
- 4) Cuantificación vectorial: en lugar de cuantificar las muestras obtenidas individualmente, se cuantifica por bloques de muestras, cada bloque de muestras será tratado como si se tratara de un vector.
- f) Codificación: Consiste en la traducción de los valores de voltaje analógicos que han sido cuantificados al sistema binario, mediante códigos preestablecidos. La señal analógica va a quedar transformada en un tren de impulsos digital que no es más que nada una sucesión de unos y ceros (Grafica 3). La codificación que se realiza mediante el sistema binario está basada en el álgebra de Boole.



Grafica 3 Codificación de la señal

En la Tabla 1 se puede observar que utilizando solo tres bits por cada número en código binario, se pueden representar ocho niveles o estados de cuantificación.

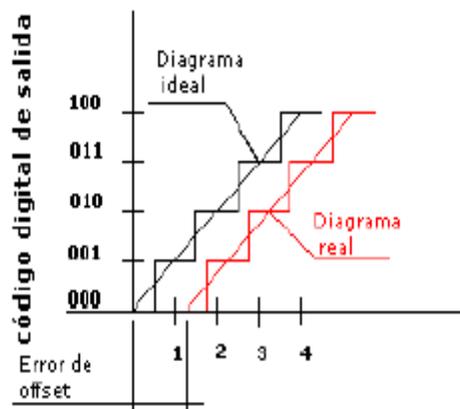
Tabla 1 Equivalencia decimal-binario

VALOR DE LA SEÑAL	EQUIVALENTE
0	000
2	010
3	011
4	100
6	110
7	111
7	111
5	101
4	100
3	011
0	000

1.2.4) Errores en los Convertidores Analógicos/ Digital.

Un convertidor no es un circuito perfecto, si no que presenta una serie de errores que se deben de tener en cuenta como son:

- Error de offset: Es la diferencia entre el punto nominal de offset (cero) y el punto real de offset. Concretamente, para un convertidor A/D este punto es el punto central de todos aquellos valores de la entrada que nos proporcionan un cero en la salida digital del convertidor (Grafica 4).



Grafica 4 Valor analógico de salida

- Error de cuantificación: Es el error debido a la división en escalones de la señal de entrada, de modo que para una serie de valores de entrada, la salida digital será siempre la misma. Este valor se corresponde con el escalonado de la función de transferencia real, frente a la ideal.
- Error de linealidad (linealidad integral): Este error es la manifestación de la desviación entre la curva de salida teórica y la real, de modo que para iguales incrementos en la entrada, la salida indica distintos incrementos.
- Error de apertura*: Es el error debido a la variación de la señal de entrada mientras se está realizando la conversión. Este error es uno de los más importantes cuando se están muestreando señales alternas de una frecuencia algo elevada (por ejemplo muestra de voz) pero tiene poca importancia cuando medimos señales casi continuas, como temperatura presión, o nivel de líquidos. Para minimizar este tipo de error se usan los circuitos de muestreo y retención.

1.2.5) Etapa de Acondicionamiento de la Señal

El acondicionamiento de la señal consta de las siguientes etapas:

- 1) Amplificación: Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada debe ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con el máxima voltaje que el convertidor pueda leer.
- 2) Excitación: La etapa de acondicionamiento de señal genera excitación para algunos transductores.
- 3) Filtrado: El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando.
- 4) Multiplexado: Es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un solo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada.
- 5) Aislamiento: Un motivo adicional para usar aislamiento es garantizar que las lecturas del convertidor no sean afectadas por diferencias en el potencial de masa o por voltajes en modo común.
- 6) Linealización: La Linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

1.3) Tipos de Convertidores A/D

Una primera clasificación de los ADC es como se muestra a continuación:



1.3.1) Convertidor de Aproximaciones Sucesivas

Es el empleado comúnmente, apto para aplicaciones que no necesitan grandes resoluciones ni velocidades. Debido a su bajo costo se suele integrar en la mayoría de microcontroladores permitiendo una solución de bajo costo en un único chip para numerosas aplicaciones de control.

Tiene una circuitería más compleja que el ADC de rampa digital, pero un tiempo de conversión más pequeño. Además los convertidores de aproximaciones sucesivas (CAS) tienen un tiempo fijo de conversión que no depende del valor de la señal analógica.

La configuración básica del ADC de aproximaciones sucesivas es mostrada en la Figura 1-5, que a comparación al de rampa digital es que no utiliza un contador para generar la entrada al DAC si no que emplea un registro. La lógica de control modifica bit por bit el contenido del registro hasta que el contenido de este se convierte en el equivalente digital de la entrada analógica V_A dentro de la resolución del convertidor.

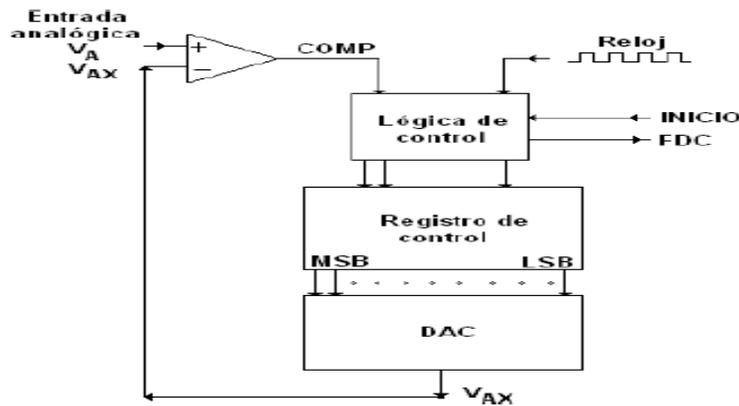


Figura 1-5 ADC de aproximaciones sucesivas

1.3.2) Convertidor Flash

Este convertidor se destaca por su elevada velocidad de funcionamiento y está formado por una cadena de divisores de tensión y comparadores, realizando la conversión de manera inmediata en una única operación. Su principal desventaja es su elevado costo.

1.3.3) Convertidor A/D con Comparadores

Es el único caso en que los procesos de cuantificación y codificación están claramente separados. El primer paso se lleva a cabo mediante comparadores que discriminan entre un número finito de niveles de voltaje, estos comparadores reciben en sus entradas la señal analógica de entrada junto con un voltaje de referencia, distinta para cada uno de ellos. Al estar los voltajes de referencia escalonadas, es posible conocer si la señal de entrada está por encima o por debajo de cada uno de ellas, lo cual permitirá conocer el estado que le corresponde como resultado de la cuantificación. A continuación será necesario un codificador que nos entregue la salida digital (Figuran 1-6).

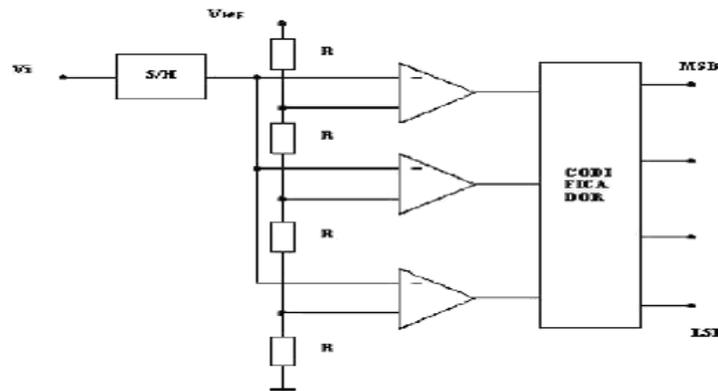


Figura 1-6 Convertidor A/D con comparadores

Este convertidor es de alta velocidad, debido a que el proceso de conversión es directo en lugar de secuencial, reduciendo el tiempo de conversión necesario a la suma de los de propagación en el comparador y el codificador. Sin embargo, su utilidad queda reducida a los casos de baja resolución, dado que para tener una salida de N bits son necesarios $2^N - 1$ comparadores, lo que lleva a una complejidad y encarecimiento excesivo en cuanto se desee obtener una resolución alta.

1.3.4) Convertidor A/D con Contadores

Llamado también convertidor con rampa en escalera. Usa el circuito más sencillo de los convertidores A/D y consta básicamente de los elementos reflejados en la Figura 1-7:

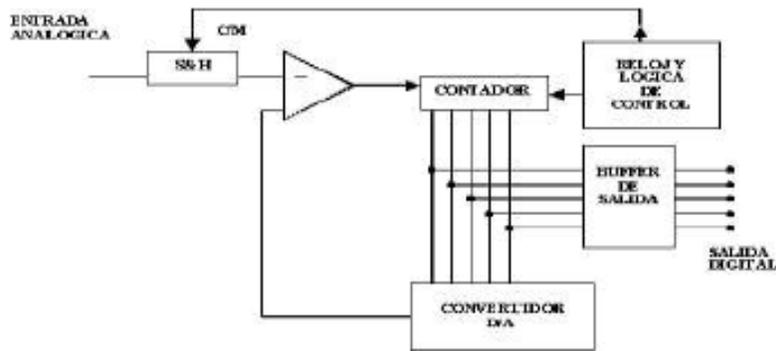


Figura 1-7 Comparador, reloj, circuito de muestreo y retención (s&h), contador, convertidor D/A y buffers de salida

Una vez que el circuito (S/H), ha muestreado la señal analógica, el contador comienza a funcionar contando los impulsos procedentes del reloj. El resultado de este conteo se transforma en una señal analógica mediante un convertidor D/A, proporcional al número de impulsos de reloj recibidos hasta este instante.

La señal analógica obtenida se introduce al comparador en el que se efectúa una comparación entre la señal de entrada y la señal digital convertida en analógica. En el

momento en que esta última alcanza el mismo valor que la señal de entrada, el comparador bascula su salida y se produce el paro del contador. El valor del contador pasa a los buffers y se convierte en la salida digital correspondiente a la señal de entrada.

Pero este convertidor tiene dos desventajas que es una escasa velocidad y el tiempo de conversión es variable.

1.3.5) Convertidor A/D con Integrador

Se emplean en aquellos casos en los que no se requieren una gran velocidad, pero en los que es importante conseguir una buena linealidad. Son muy usados en los voltímetros digitales. Existen dos tipos, el primero conocido como rampa y el segundo como doble rampa.

1.3.6) ADC de Doble Pendiente

El convertidor de doble pendiente es uno de los que tienen mayor tiempo de conversión (por lo general de 10 a 100ms), pero ofrece la ventaja de un costo relativamente bajo por que no requiere de componentes de precisión tales como un DAC o un VCO.

Otra ventaja del ADC de doble pendiente es su baja sensibilidad al ruido y a las variaciones en los valores de sus componentes causados por los cambios de temperatura. Debido al tiempo de conversión tan grande, el ADC de doble pendiente no se emplea en ninguna aplicación de adquisición de datos. Sin embargo, esta característica no representa un problema en aplicaciones tales como los multímetros digitales, que es su campo más importante de aplicación.

1.3.7) ADC de Voltaje a Frecuencia

El ADC de voltaje emplea un oscilador lineal controlado por voltaje (VCO) que produce como salida una frecuencia que es proporcional al voltaje aplicado a su entrada. En este caso, el voltaje analógico que se desea convertir se conecta a la entrada del VCO para generar una frecuencia de salida. Esta frecuencia se envía a un contador, que cuenta durante un intervalo de tiempo fijo. El conteo final es proporcional al valor del voltaje analógico.

1.4) Circuito Básico de ADC: El ADC 0804

El ADC0804 es un dispositivo electrónico capaz de convertir un voltaje determinado en un valor binario, en otras palabras, este se encarga de transformar señales análogas a digitales. Poseen dos señales de entrada llamadas V_{ref+} y V_{ref-} y determinan el rango en el cual se convertirá una señal de entrada.

El dispositivo establece una relación entre su entrada (señal analógica) y su salida (Digital) dependiendo de su resolución. Esta resolución se puede saber, siempre y

cuando se conozca el valor máximo que la entrada de información utiliza y la cantidad máxima de la salida en dígitos binarios.

1.4.1) Algunas aplicaciones

- 1) Termómetro digital
- 2) Termostato digitalmente controlado.
- 3) Monitoreo y sistemas de control basados con un microprocesador
- 4) Es un interfaz entre un transductor y el microprocesador

1.4.2) Características generales

- 1) El ADC0804 es compatible con muchos microprocesadores
- 2) El ADC0804 tiene entradas diferenciales
- 3) Contiene 3 estados de salida
- 4) Niveles lógicos compatibles con TTL y MOS.
- 5) Puede ser usado con reloj interno o externo.
- 6) Necesita solamente 5V
- 7) Garantizado para trabajar con 1MHz de reloj

1.5) Convertidor digital-analógico

Cuando un circuito digital requiere procesar información debe estar dotado de dos interfaces o circuitos de entrada y salida: uno para convertir la señal analógica a digital (interfaz de entrada) y otro para convertir la señal digital (interfaz de salida), como se ilustra en la Figura 1.8.

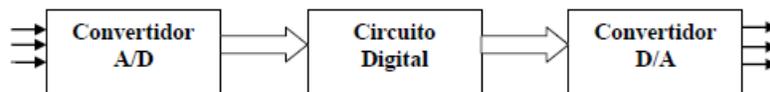
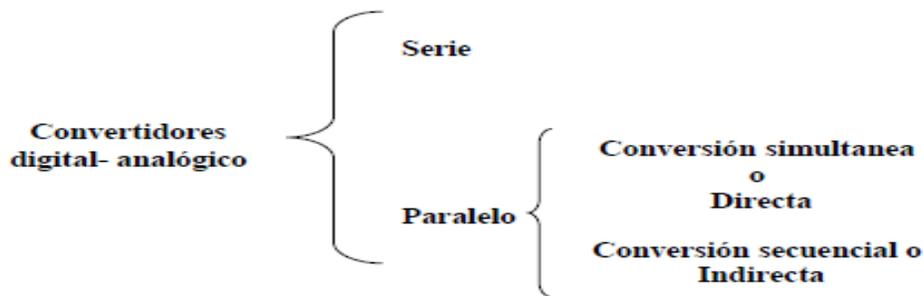


Figura 1-8 Diagrama de bloques del proceso de conversión digital-analógico

A los circuitos que convierten las señales digitales a analógica se les llama convertidores digitales /analógicos o de manera abreviada, convertidores D/A o DAC (Digital to analog Converters).

1.5.1) Clasificación de los Convertidores Digital- Analógico

Los convertidores digital-analógicos se pueden clasificar según la forma en que se aplica la información digital a su entrada.



1.5.2) Convertidores Seriales

Son aquellos en los que la combinación a convertir se aplica a través de un único terminal en el que aparecen en secuencia los diferentes bits que lo constituyen (Figura 1-9).



Figura 1-9 Diagrama general de un convertidor serie

El circuito de conversión serie resulta más complejo que el de conversión en paralelo. Ello unido a que la mayoría de los procesadores digitales, en particular los programables, proporcionan a su salida un cierto número de bits en paralelo, haciendo esto que los convertidores serie no sean muy utilizados.

1.5.3) Convertidores Paralelo

Son aquellos en los que la combinación binaria a convertir se aplica en paralelo a su entrada (Figura 1-10).



Figura 1-10 Diagrama general de un convertidor paralelo.

Proporcionan a la salida un voltaje o corriente cuyo valor es igual al número decimal equivalente al binario aplicado a su entrada.

Los convertidores paralelos pueden a su vez clasificarse en dos clases de acuerdo con la forma en que se realiza la conversión:

- a) convertidores de conversión simultánea o directa. La información digital se convierte de manera directa analógica sin realizar ningún paso intermedio.
- b) convertidores digital-analógicos de conversión secuencial o indirecta. En estos convertidores la conversión digital se convierte en una secuencia de impulsos que, a su vez, se transforma en una señal analógica. Estos convertidores son más lentos, es decir, poseen un mayor tiempo de conversión.

1.5.4) Aplicaciones de un DAC

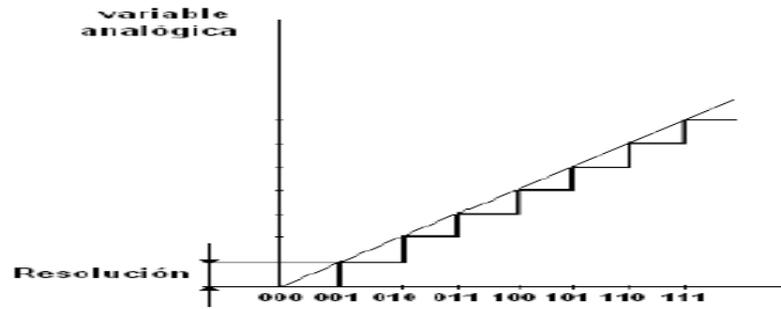
Los DAC se usan cuando la salida de un circuito digital debe proporcionar un voltaje o corriente analógica para excitar un dispositivo analógico. Algunas de las aplicaciones más comunes son los que se mencionan a continuación.

- a) Control: La salida digital de una computadora se puede convertir a una señal analógica de control para ajustar la velocidad de un motor o la temperatura de un horno, o para controlar casi cualquier variable física.
- b) Pruebas automáticas: Las computadoras se pueden programar con el fin de generar las señales analógicas (mediante un DAC) necesarias para probar circuitería analógica. La respuesta de salida analógica del circuito de prueba por lo general se convierte a un valor digital por medio de un ADC y se alimenta a la computadora para su almacenamiento, visualización y a veces análisis.
- c) Reconstrucción de la señal: En muchas aplicaciones se digitaliza una señal analógica; es decir varios puntos en la señal se convierten a sus equivalentes digitales y se almacenan en memoria. Esta conversión se lleva a cabo mediante un convertidor analógico-digital (ADC). Luego se puede usar un DAC para convertir los datos digitalizados almacenados de regreso a analógico (un punto a la vez) y así se reconstruye la señal original. Esta combinación de digitalización y reconstrucción se usa en osciloscopios de almacenamiento digital, sistema de audio de discos compactos y grabación digital de audio y video.

1.5.5) Características de Funcionamiento de un DAC

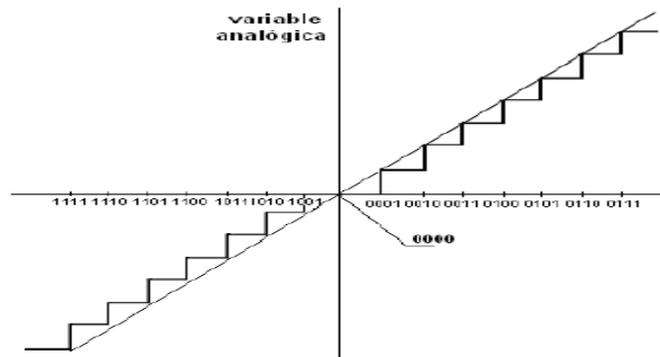
Las características reales de un convertidor difieren a las ideales debido a las imperfecciones de los componentes que lo constituyen. Las características de funcionamiento se definen como entre diferencias entre el comportamiento real y el ideal de un convertidor.

En la Grafica 1.5 se representa la característica ideal de un convertidor digital-analógico unipolar en el que se supone que utiliza el código binario natural.



Gráfica 1-5 Característica ideal de un convertidor digital-analógico unipolar

En la Gráfica 1.6 se representa la característica de un convertidor digital analógico bipolar ideal.



Gráfica 1-6 Característica ideal de un convertidor digital-analógico bipolar

1.5.6) Tipos de errores

- Error de Asimetría (Offset):** La imperfección de los amplificadores operacionales utilizados en la construcción del convertidor hace que, cuando en la entrada de este se aplique la combinación nula, el valor de la variable analógica de salida no sea nulo. Al valor de dicha variable en las citadas circunstancias se le suele denominar error de asimetría (offset) porque es debido al voltaje de asimetría de los amplificadores operacionales y representa un desplazamiento de la característica real con respecto a la ideal.
- Error de Ganancia:** Este error recibe también el nombre de error de escala. La característica real corresponde a una recta que pasa por el origen pero no coincide con la bisectriz de primer cuadrante. Puede ser especialmente debido a

errores en la tensión de referencia y se puede corregir mediante un ajuste de ganancia del amplificador operacional utilizado a la salida del convertidor.

- c) Error de linealidad: Se produce este error cuando la característica que une a los extremos de la escalera que indica gráficamente la conversión no forma una línea recta. Es debido a que los incrementos de la variable analógica de salida no son idénticos para todos los cambios entre combinaciones sucesivas del código de entrada. Una de las principales causas de no linealidad es la diferencia entre el valor ideal y real, debido a la falta de precisión de las resistencias del sumador resistivo.

1.5.7) Código de Entrada BCD para el DAC

Los DAC's normalmente hacen uso de un código binario de entrada. Muchos DAC's utilizan un código de entrada BCD donde se emplean grupos de códigos de cuatro bits para cada dígito decimal. La Figura 1-11 se muestra el diagrama de un convertidor de ocho bits (dos dígitos) de este tipo. Cada grupo de código de cuatro bits puede variar de 0000 a 1001, de manera que las entradas BCD representan cualquier número decimal de 00 a 99.

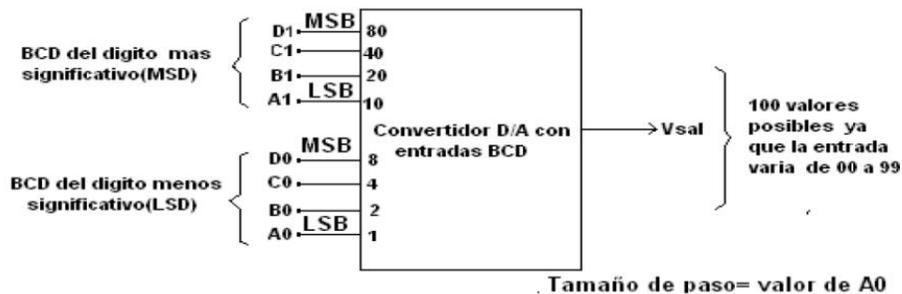


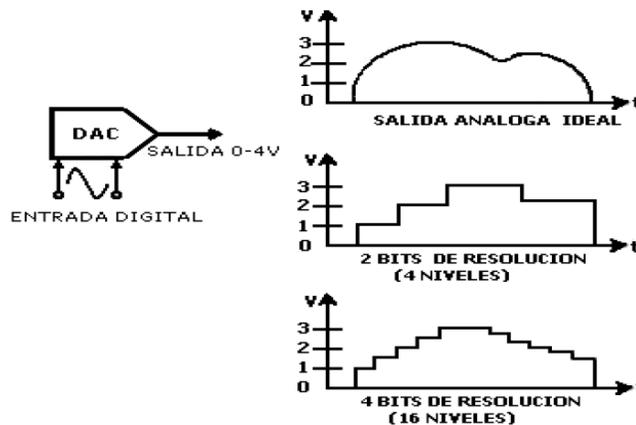
Figura 1-11 DAC que emplea código de entrada BCD.

1.5.8) Parámetros de los Convertidores DAC

Un DAC tiene varios parámetros que deben considerarse en el momento de una selección para una aplicación determinada, cuatro son las más importantes y son:

- a) Resolución: La resolución de un DAC está dada por el número de niveles de voltaje análogo que es capaz de generar. Este parámetro está relacionado directamente con el número de bits de entrada que conforman una palabra binaria, un convertidor D/A de cuatro bits tiene una resolución de 4. El número de niveles de voltaje (análogo) que es capaz de generar es de $2^n = 2^4 = 16$. En

general, cuantos más bits tenga un convertidor D/A, más exactitud se logrará en la salida análoga (Grafica 5).



Grafica 5 Resolución de un DAC

- b) **Tiempo de estabilización:** La velocidad de operación de un DAC por lo general se especifica dando su tiempo de establecimiento, el cual es el tiempo requerido para que la salida del DAC pase de cero a límite de escala cuando la entrada binaria se cambia de ceros a unos. En realidad el tiempo de establecimiento se mide como el tiempo que le toma al DAC estabilizarse dentro de $\pm 1/2$ del tamaño del escalón (resolución) de su valor final. Los valores típicos para el tiempo de su establecimiento varían de 50ns a 10 μ s.
- c) **Exactitud:** La exactitud se define como la variación positiva o negativa, desde la mitad ($1/2$) hasta 2 veces el valor de un LSB. Por ejemplo, para un DAC con una exactitud de 1 LSB, el voltaje de salida análogo puede variar tanto como el valor equivalente a un BIT. Por lo tanto cuanto menor sea el valor de la exactitud, más fielmente la salida análoga corresponderá a la que se espera.
- d) **Tiempo de conversión:** Es el tiempo que transcurre desde que una combinación binaria aparece a la entrada del convertidor hasta que su variable analógica de salida adquiere el nivel que le corresponde, con una diferencia no superior a la resolución. El tiempo de conversión depende del escalón de variación de la variable analógica que se produce al cambiar la combinación digital de entrada. Por ello el tiempo de conversión se define para el caso más desfavorable en que la excursión de la variable analógica es máxima.

1.5.9) Tipos de convertidores D/A

- a) **Convertidor D/A usando escala binaria de resistencias:** La técnica de utilizar una escala binaria de resistencias es uno de los métodos más antiguos y simples para convertir métodos binarios o bits en una señal análoga. El circuito básico de un convertidor D/A de 4 bits, el cual consta de un sumador análogo con

amplificador operacional, un registro de almacenamiento y un juego de interruptores se observa en la Figura 1-12.

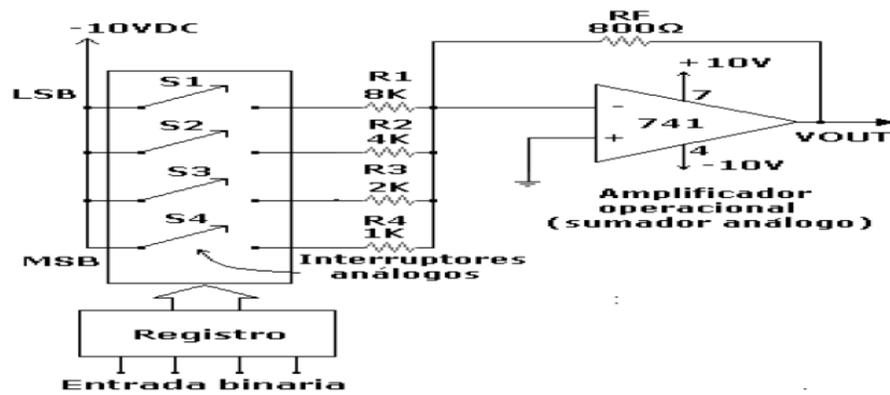


Figura 1-12 Convertidor D/A de 4 bits

- b) Convertidor D/A usando resistencias conectadas en escalera: Esta emplea una red de resistencias en escalera (ladder) conocida como red “R-2R” y se aprecia en la Figura 1-13 donde podemos ver el principio de funcionamiento de esta red. Ahora al ver la Figura 1-14, veremos que las dos resistencias de valor 2R de la derecha tienen una resistencia equivalente de valor igual a R. Esta resistencia equivalente se encuentra en serie con otra resistencia de $R+R=2R$ entre el punto B y tierra.

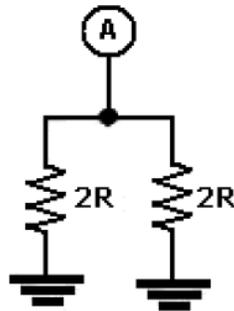


Figura 1-13 Red “R-2R”

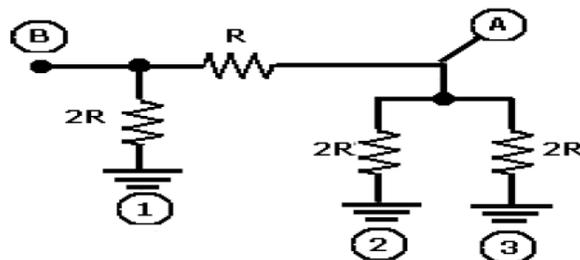


Figura 1-14 Red “R-2R” equivalente

En la Figura 1-15 podemos ver un circuito de un DAC con red R-2R que hace uso del principio anterior.

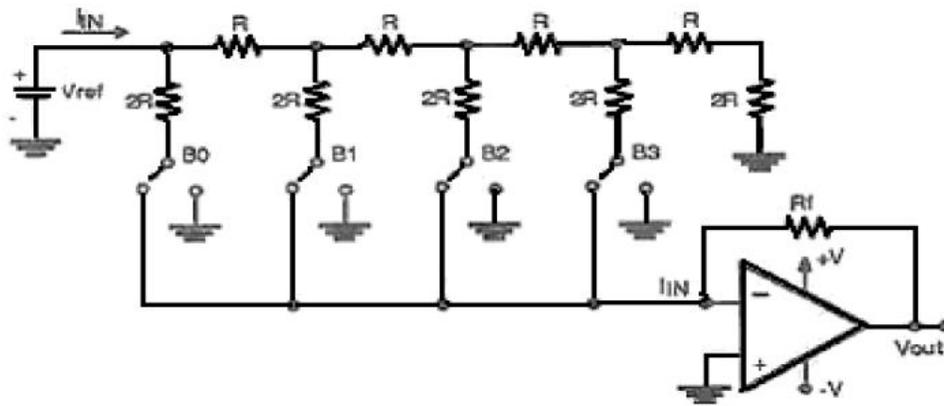


Figura 1-15 DAC con red R-2R

1.6) Circuito básico De DAC: El DAC 0808

El DAC0808 es un convertidor de digital a analógico monolítico de 8bits, este ofrece una escala que coloca una corriente completa en la salida en 150ns, mientras que disipa solamente 33mW con las fuentes de $\pm 5V$.

1.6.1) Características eléctricas

- ❖ V_{cc} : +18Vdc
- ❖ V_{ee} : -18Vdc
- ❖ Voltaje digital de entrada, V5-V12: -10Vdc a +18Vdc
- ❖ Voltaje de salida aplicado, V_o : -11Vdc a +18Vdc
- ❖ Corriente de referencia, I14: 5mA
- ❖ Entradas de amplificación de referencia, V14, V15 V_{cc} , V_{ee}
- ❖ Poder de disipación: 1000mW
- ❖ Rango de temperatura: -65 °C a +150 °C

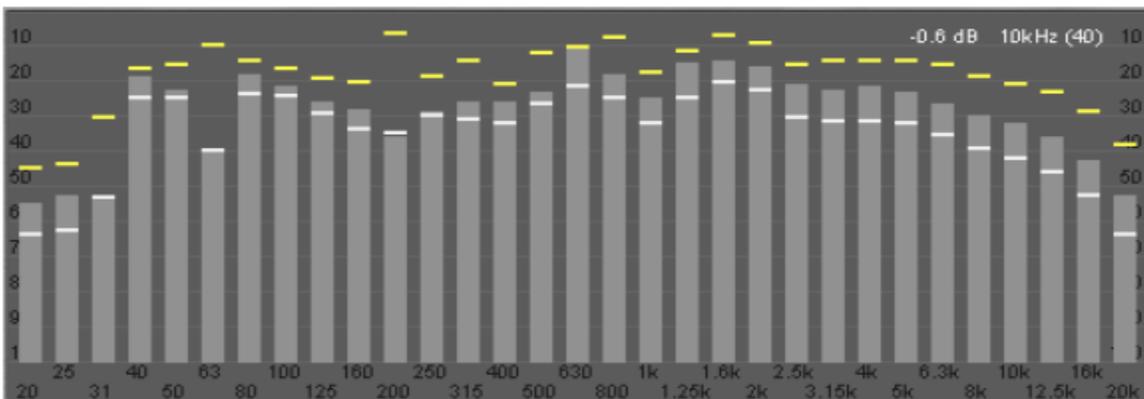
1.7) Técnicas de ecualización aplicadas a la mezcla

La palabra ecualización etimológicamente deriva de igualar el espectro de un sonido grabado (o procesado) con su fuente original. Sin embargo, el ecualizador ha cobrado también otro importante rol: “**el de definir una estética sonora**”. La utilización del ecualizador con fines artísticos otorga una gran riqueza musical, y permite un mejor dominio en la suma de sonidos de una mezcla, y que cada uno de ellos obtengan su lugar y la sonoridad adecuada.

Una mezcla es un proceso creativo, lo que no debería estar condicionado por una determinada técnica o lineamiento. Sin embargo, a la hora de lograr la mayor inteligibilidad posible de los eventos sonoros, hay ciertos métodos que pueden brindarnos buenos resultados, tanto por separado como algunos de ellos combinados.

a) Balance Espectral

- Una mezcla equilibrada con un promedio espectral similar al ruido rosa puede sernos de gran ayuda y otorgar gran sonoridad. Este balance puede verse con claridad con analizadores de espectro con medidores de nivel RMS, tanto de intervalo de integración de tiempo corto.
- Este balance debe ser considerado tanto para la señal mono como para los eventos sonoros paneados. Incluso el paneo puede permitir la clara distinción de dos eventos cuya información espectral sea muy parecida.
- Otra solución a este problema puede ser la ecualización levemente diferente de estos dos sonidos similares.
- No solo basta con lograr el sonido buscado para cada instrumento o evento en particular, sino su ajuste una vez ubicado en la mezcla.



Gráfica 6 Valor RMS del espectro con intervalo corto, graficado por la línea blanca

b) Ordenamiento en la banda de graves

- La banda de graves suele ser una de las más complicadas de reproducir, y su carga espectral debería estar destinada únicamente a eventos sonoros con información
- Es de gran utilidad utilizar filtros pasa altos en cada canal, no solo para remover el desplazamiento de continua sino para permitir mayor claridad en la suma en dicha banda, solo en los eventos sonoros anteriormente mencionados.
- Suele ser conveniente ubicar a estos eventos en el centro de la mezcla, no solo para sumar ambos canales como fuente a la hora de reproducirse, sino

para lograr mayor inteligibilidad de los eventos más agudos, ya que estos son los que más fácil denotan su precedencia y localización.

- En el caso de ubicar eventos con composición en baja frecuencia hacia los costados, no es mala estrategia utilizar cross-overs o convertidores de señal mono por debajo de una frecuencia en particular (Grafica 6).
- La compatibilidad mono en baja frecuencia puede verse dañada si no hay una correcta alineación temporal de los eventos tomados en forma simultánea, o un correcto filtrado en las bajas frecuencias.

c) Ecuación Sustractiva

- Siempre es preferible sustraer que realzar.
- En la mayoría de los casos otorga mejores resultados atenuar con anchos de banda pequeños.
- El objetivo de esta técnica es la reducción de resonancias indeseadas y de densidades espectrales puntualizadas en ciertas bandas, lo que permite mayor claridad y evita el enmascaramiento de ciertas frecuencias no tan presentes.
- La implementación de ecualizadores dinámicos es de gran ayuda a la hora de no alterar en forma notoria ciertos timbres con atenuaciones excesivas en pasajes cuyos niveles no la requieren tanto.

d) Ecuación por bloques (o Ladrillos)

- La idea principal es destacar los rangos de frecuencias más importantes de cada evento sonoro y atenuar o eliminar aquellos que se verán enmascarados, para otorgar mayor claridad en la mezcla.
- Permite ubicar eventos que podrían ser potenciales competidores espectrales.
- Debe tenerse en cuenta que puede generar deterioro de la tímbrica, y que este problema puede delatarse en solos o pasajes muy bajos.
- Es de gran utilidad en grandes mezclas con gran variedad de eventos sonoros que requieren ser distinguidos todo a la vez.

e) Ecuación Alineal

- Refiere a aquellos ecualizadores donde no siempre responden a la supuesta curva del filtro buscado, para todos los niveles de señal entrante.
- Otorgan una coloración particular, las cuales en muchos casos resulta agradable al oído, desde un punto de vista cultural.
- Se puede aplicar tanto a eventos en particular como a una mezcla general. En este último caso, aporta un color y/o personalidad a la estética sonora obtenida.

1.7.1) Tipos de Filtros y su Aplicación

Básicamente solamente se utilizan tres filtros: campana, graves o agudos y corte. Sin embargo, hay otros tipos de filtros como pasa bandas, y los no tan comunes filtros de fase lineal y ecualizadores dinámicos.

- a) Campana: Cuentan con la ventaja de ser muy versátiles y ajustarse tanto a situaciones muy “quirúrgicas” como a rudimentarias. Si bien no siempre es así, es conveniente enfatizar con anchos de banda grandes (Q bajo) y sustraer con anchos de banda angostos (Q alto), para lograr mayor naturalidad. En este último caso, es el filtro ideal para localizar y atenuar resonancias indeseadas.
- b) Graves o Agudos: Ideales para definir colores a ambos extremos del espectro audible. Factores de calidad cercanos a 1 suelen ser los que suenan más naturales.
- c) Cortes: Pasa-altas o pasa-bajos, ambos dependen de la topología del filtro. El pasa-altos es muy conveniente a la hora de remover el desplazamiento de corriente continua, así como los artefactos sonoros de baja frecuencia. Un buen ordenamiento en la banda de graves deriva de utilizar este tipo de filtros en cada uno de los canales de la mezcla, destinado esta porción del espectro solamente a los eventos sonoros que realmente contienen información deseada en dicha banda.

El pasa bajos suele utilizarse para reducir soplos de ruido o quitarle rudeza y/o color digital al sonido, aunque no es del todo recomendable eliminar toda la información espectral de las bandas más agudas.

1.7.2) El espectro audible

Al ya conocido espectro audible le haremos una división subjetiva en cinco bandas de frecuencias, tal como se muestra a continuación:

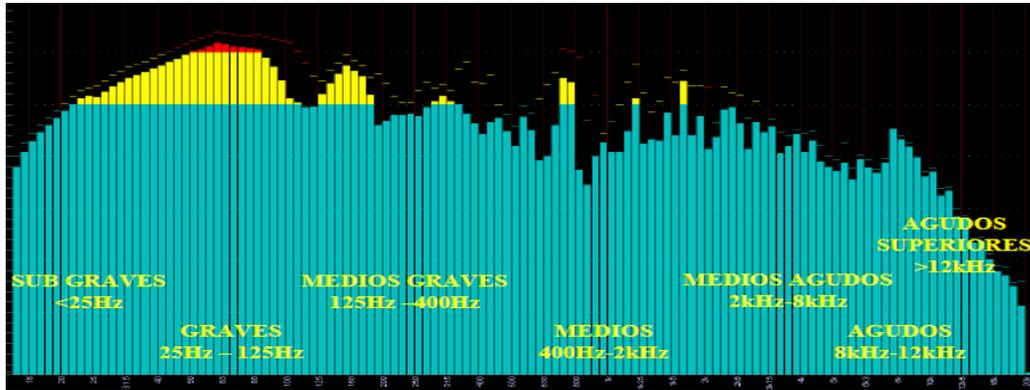


Figura 1-16 División subjetiva de bandas de frecuencias según altura tonal

1.7.3) Sub Graves ($f < 25\text{Hz}$)

La banda de sub-graves presenta varias dificultades: en primer lugar, la imposibilidad de ser reproducida por la mayoría de los sistemas de sonido (y en el caso de poder ser reproducida, que los niveles de distorsión armónica sean bajos); en segundo lugar, el desplazamiento de continua.

La nota musical más grave que se conoce corresponde a La de la octava cero, correspondiente a 27.5Hz , lo que denota que en esta banda no tendremos información musical. Sin embargo, subarmónicos de ciertos instrumentos, efectos sonoros y golpes estarán presentes en este sector, y será de vital efectos sonoros “guardarla” únicamente para estos eventos, ya que el resto de las posibles señales de esta banda puedan ser espurias y necesariamente deben ser removidas.

El desplazamiento de corriente continua (el famoso DC offset, $f=0\text{Hz}$) es otro de los artefactos sonoros que se presentan en esta banda. La asimetría respecto a polaridades positivas y negativas puede presentar en primer lugar un desplazamiento en el parlante-transductor, así como una mínima reducción del rango dinámico, especialmente en el dominio digital. Es por ello que es muy importante dejar nuestras señales libres de frecuencia ultra bajas o de 0Hz . La forma más común de verse en analizadores de espectro es como la Figura 1-17.

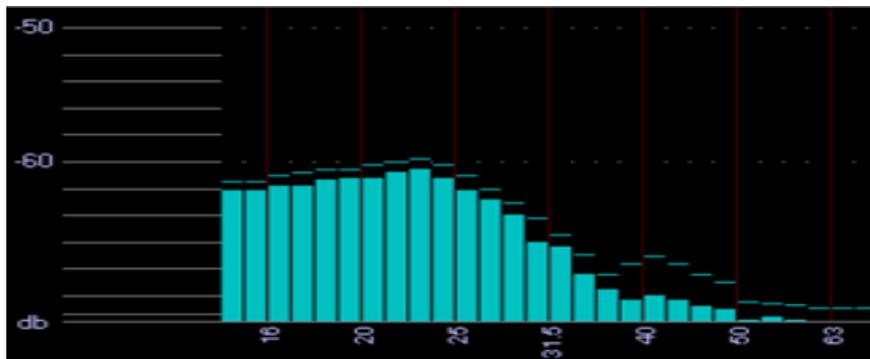


Figura 1-17 Espectro de graves

1.7.4) Graves ($25\text{Hz} < f < 125\text{Hz}$)

En esta banda se encuentran las notas más graves. Se destacan el peso de las cuerdas más graves del piano, bajo y contrabajo, y el golpe de instrumentos de percusión, como el tom de piso y obviamente el bombo. Es de gran importancia guardar esta zona únicamente para estos eventos. La mejor forma de ver esto es cuando en el analizador no se observan movimientos cercanos al sector de sub graves excepto en pasajes de bajo y golpes de percusión. Si el movimiento en dicha banda no coincide con la rítmica, es muy probable que haya componentes de bajas frecuencias provenientes de otros instrumentos, o que verdaderamente sean ruidosos o espurias.

1.7.5) Medios Graves ($125\text{Hz} < f < 400\text{Hz}$)

Esta es una de las bandas más complicadas. Por un lado, es la que otorga calidez a la mezcla, pero también es uno de los principales causantes de opacidad. Esto se debe principalmente a que prácticamente todos los instrumentos poseen información espectral en dicha banda. Además, muchas de las fundamentales de la voz se encuentran aquí, y casualmente muchos de los errores acústicos de sala también. Suelen presentarse otros tipos de resonancia y formantes, donde muchas veces se marcan picos espectrales con anchos de banda muy pequeños.

1.7.6) Medios ($400\text{Hz} < f < 2\text{kHz}$)

Esta banda comprende varias zonas, como la de las formantes de las vocales, y en partícula la coloración del sonido “nasal” (a los alrededores de los 900Hz). Los niveles de esta parte del espectro en lo que respecta a lo musical muchas veces dependen más de la composición y armonías que del ajuste del operador.

1.7.7) Medios Agudos ($2\text{kHz} < f < 8\text{kHz}$)

Es el sector de mayor sonoridad. La inteligibilidad de la palabra se apoya en esta banda, debido a que las consonantes tienen gran composición espectral entre 2.5 y 5 kHz.

1.7.8) Agudos ($8\text{kHz} < f < 12\text{kHz}$)

Ya no hay notas musicales en esta banda. Sin embargo se pueden identificar sin problemas diferencias de alturas tonales, que permitirán distinguir entre diferencias de persecuciones agudas y matices en platillos. Entre el límite de esta banda y la de medios agudos ronda la sibilancia de las voces. Muchas saturaciones salen a la luz en esta banda, y otras tantas son opacadas por ella.

1.7.9) Agudos Superiores ($f > 12\text{kHz}$)

Se la suele llamar banda de aire, porque el soplo del ruido inherente a cintas, cables y otros tantos factores se encuentra en esta banda. Muchos de los transientes, aunque no lo parezca, poseen composición espectral en este sector, y la supresión de estas frecuencias realmente modifica el timbre. Incluso está comprobado que la gran mayoría de los instrumentos producen armónicos de hasta 40 KHz y más. Si bien muchas veces no todos los transductores pueden reproducir frecuencias por encima de los 18KHz, el roll off de esta banda (la banda en que decrece su energía) puede recrearse en forma psicoacustica, y si la caída no es muy pronunciada, aunque no se perciban frecuencias por sobre los 16KHz, igual se notará un sonido rudo y digital, mientras que si cae suavemente, el sonido tendrá mayor calidez.

1.8) Ecuilizadoros

Es sabido que no todos los ecualizadores son iguales. Obviando las cuestiones de distorsión de fase, muchas veces un ecualizador suena más nítido que otro, y sin embargo la función de transferencia que indica el filtro es la misma.

En el dominio digital, esto es debido a los logaritmos utilizados para realizar el filtro, y especialmente a la rudeza de la curva de acción, la cual mejorar su efecto con técnicas de sobremuestreo (upsampling). Ecuilizadoros con sobremuestreos internos grandes ofrecen sonidos más agradables, especialmente en la banda de agudos, donde suelen delatarse los que tienen algoritmos más rudimentarios.

En el dominio analógico, la alinealidad de ciertos componentes hace que muchas veces la respuesta en frecuencia no sea la misma para determinados niveles de señal. Esto puede aparecer un resultado indeseado, pero muchas veces esta alinealidad es muy buscada, y también muy bien pagada. Muchos ecualizadores digitales intentan simular estas alinealidades con fines estéticos.

1.8.1) Ecuilizadoros de fase lineal

No producen distorsión de fase. Esto es muy conveniente a la hora de sumar varios filtros y obtener un sonido cristalino, así como para trabajar con distintos tipos de filtro para cada canal estéreo y seguir teniendo buena compatibilidad mono. Los hay de técnicas de sobremuestreo o por algoritmo de FFT, pero siempre requieren gran calidad y cantidad de procesamiento y de recursos (Figura 1-18).

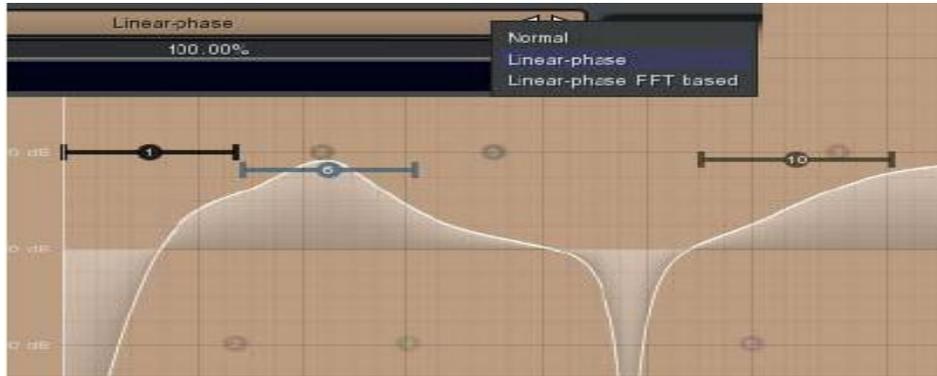


Figura 1-18 Ecuador de fase lineal

1.8.2) Ecuadores Dinámicos

Son filtros que actúan solamente cuando se cruza o no determinado umbral. El sistema de detección es similar al del compresor/expansor, y se ajustan a una determinada frecuencia y factor de calidad, donde comenzará a actuar al cruzar el umbral.

Los ecualizadores lineales no son tan comunes, pero es muy probable que se usen compresores para emular este comportamiento. El caso más claro es con el que se pueden utilizar combinaciones de filtros y comprimir ciertas bandas para lograr reducciones a partir de determinados niveles. Otros ecualizadores utilizan compresión o expansión para atenuar o enfatizar, respectivamente. También poseen detección de umbral por sobre y debajo de este (figura 1-19 a figura 1.21).

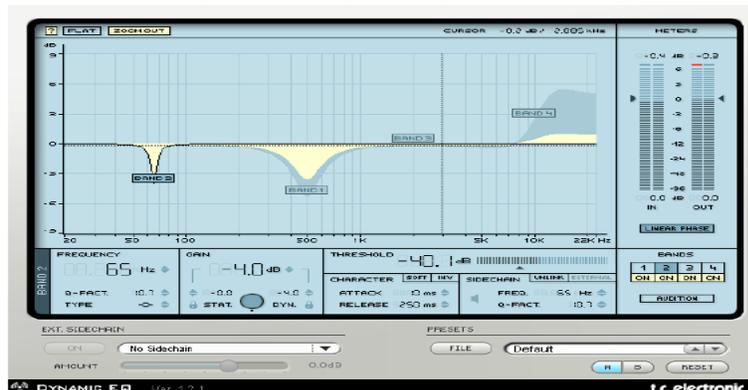


Figura 1-19 Ecuador dinámico

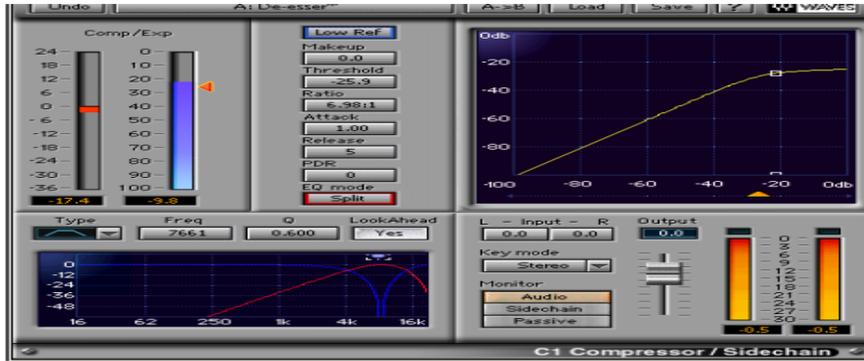


Figura 1-20 Side-chain Compressor utilizado como de-esser



Figura 1-21 Ecuación dinámica no líneas a partir de compresores

CAPÍTULO 2. PROBLEMÁTICA

2.1) Las tarjetas de sonido

Muchos de los ordenadores ya vienen con una tarjeta de sonido integrada en la placa base. Las necesidades multimedia han hecho de ellas un elemento absolutamente necesario y esa ha sido la solución más económica. Estas tarjetas se basaban en el Audio Codec '97 (AC'97) desarrollado por Intel. Las especificaciones AC'97 garantizaban, entre otras cuestiones, que la tarjeta de sonido:

- Será full-duplex (es decir, que podrá reproducir y grabar sonido a la vez).
- La frecuencia de muestreo llegará hasta los 48khz y con una resolución de 16 bits.
- La entrada de micrófono tendrá la opción de poder elevar la ganancia en 20dB (así puede preamplificar aún más su débil señal).
- Tendrá una entrada para el audio del CD.
- Tendrá, al menos, las entradas para micrófono (MIC) y conexiones en línea (LINE-IN) y la salida para altavoces o auriculares (AUX-OUT).

Surgió por parte de Intel una nueva especificación denominada Intel High Definition Audio (también denominada HD Audio). Las tarjetas desarrolladas con estas especificaciones pueden reproducir audio a través de dos canales con una calidad de 192 kHz y 32 bits y a través de hasta ocho canales con una calidad de 92 kHz y 32 bits.

2.1.1) Definición de tarjeta de sonido

Es una tarjeta para expansión de capacidades que sirve para la entrada y salida de audio entre la computadora y el exterior por medio de puertos de audio, así como de permitir trabajar con un dispositivo para juegos como Joystick, Gamepad ó RaceWheel. La tarjeta de audio se inserta dentro de las ranuras de expansión integradas en la tarjeta principal y se atornilla al gabinete para evitar movimientos y por ende fallas. Todas las tarjetas de sonido integran varios puertos para conectar los dispositivos externos tales como altavoces, micrófonos, teclados musicales, etc.



Figura 2-1 Tarjeta de sonido marca Manhattan®, interfaz PCI, para 5.1 canales, con puerto de juego / MIDI

En la figura 2.1 se muestran los conectores básicos comenzando con los más recientes y su respectiva ranura de expansión, hasta los más antiguos.

- **PCI** ("*Peripheral Components Interconnect*"): integra una capacidad de datos de 32 bits y 64 bits para el microprocesador Intel® Pentium, tiene una velocidad de transferencia de hasta 125.88 Megabytes/s (MB/s) a 503.54 MB/s respectivamente, cuentan con una velocidad interna de trabajo de 33 MHz para 32 bits y 66 MHz para 64 bits.
- **ISA-16** ("*Industry Standard Architecture - 16*"): maneja datos a 16 bits, tienen una velocidad de transferencia de hasta 20 Megabytes/s (MB/s), cuentan con una velocidad interna de trabajo de 4.77 MHz, 6 Mhz, 8 MHz y 10 MHz.
- **ISA-8** ("*Industry Standard Architecture - 8*"): maneja datos a 8 bits, tiene una velocidad de transferencia de hasta 20 Megabytes/s (MB/s) y cuentan con una velocidad interna de trabajo de 4.77 MHz, 6 Mhz, 8 MHz y 10 MHz.

2.1.2) PCI

En el momento en que se decide instalar una tarjeta, lo más habitual es que se conecte a una ranura PCI y que las conexiones de entrada y salida de la misma se muestren en una de las bahías de la parte trasera del ordenador.

Estas tarjetas no tienen por qué ser caras (de hecho hay un gran mercado que con su demanda favorece los precios bajos), pero la calidad de sonido y otra serie de prestaciones adicionales, que pueda ofrecer la tarjeta, pueden hacer que merezca la pena con respecto a las tarjetas integradas mostrada en la Figura 2.2.



Figura 2-2 Tarjeta de sonido PCI

2.1.3) Con sonidos internos

Casi todas las tarjetas dedicadas a aplicaciones multimedia disponen de unos sonidos internos de cierta calidad, para que suenen los archivos MIDI. También las hay que tienen un sintetizador interno de calidad, pero eso eleva su costo considerablemente. De todos modos, el que tenga o no sonidos internos no es algo crucial para una buena tarjeta de sonido.

2.1.4) Con módulo de conexiones

Para poder ofrecer más posibilidades de conexión y que éstas sean accesibles, hay tarjetas PCI (Figura 2-3) que incluyen además un módulo de conexiones, que puede colocarse en una de las bahías frontales del ordenador (por donde se sitúan el CR-ROM o el DVD) o ser externo (con lo que puede situarse en cualquier parte del estudio de sonido en función de la longitud del cable).



Figura 2-3 Tarjeta de sonido PCI externa

2.1.5) Multipuerto

Una característica muy importante de las tarjetas de sonido, que pretenden ser utilizadas especialmente para la grabación de audio, es que sean multipuerto (Figura 2-4). Esto no sólo implica la posibilidad de poder conectar distintos dispositivos de sonido sino, además, la de grabar el sonido de todos esos dispositivos al mismo tiempo.



Figura 2-4 Tarjeta de sonido multipuerto

2.1.6) USB y Firewire

La necesidad de disponer de tarjeta de sonido de calidad, que pueda conectarse a los ordenadores portátiles para poder grabar audio, han hecho que proliferen dispositivos que se conectan a los puertos USB o Firewire. El número de entradas y conexiones disponibles es variable, en función del modelo, y suelen incluir entre ellas una entrada y una salida MIDI.

2.2) Partes que componen la tarjeta de audio

Los componentes son visibles, ya que no cuenta con cubierta protectora; son básicamente los siguientes (Figura 2-5):

- 1) Conector para la ranura: es el encargado de transmitir datos entre los puertos de la tarjeta y la tarjeta principal.
- 2) Tarjeta: es la placa plástica sobre la cual se encuentran montados todos los circuitos.
- 3) DSP: es un circuito encargado de procesar la señal digital y liberar al microprocesador principal.
- 4) Puertos: permiten la conexión con altavoz, sintetizadores musicales, micrófonos, etc., con la tarjeta y su respectiva comunicación con la tarjeta principal.
- 5) Placa de sujeción: es metálica y permite soportar los puertos así como la sujeción hacia el chasis del gabinete

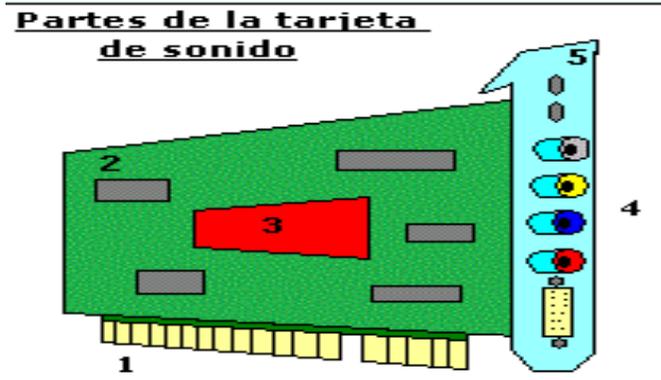


Figura 2-5 Partes de una tarjeta de sonido

2.3) Ventajas y desventajas de las tarjetas de sonido internas y externas

Se llaman internas a las placas cuya conexión física con la computadora se realiza dentro de ella. Mientras que si dicha conexión se realiza afuera, se llaman externas. De acuerdo a esta definición los dispositivos de audio que constan de una placa que va dentro de la computadora y un módulo que se coloca afuera son placas internas. El motivo arbitrario por el que se llaman así obedece a poder tener claramente especificado que las placas externas no requieren conectar nada de nada dentro de la computadora.

En cuanto al precio las placas de sonido internas siempre han sido más baratas que las externas. Si bien esto se debe, en pequeña medida, a que las primeras tienen un costo adicional de gabinete que las internas no, fundamentalmente la diferencia de precios está basada en que las internas son fabricadas en grandes cantidades mientras que las externas no. Pero esta proporción está cambiando en la medida en que va cambiando la proporción de ventas de computadoras portátiles respecto a las de escritorio.

No olvidar que las placas externas pueden usarse en computadoras portátiles o de escritorio mientras que las internas solamente en estas últimas.

Aunque parezca una obviedad, nunca está de más decirlo: las placas de sonido externas son más fáciles de conectar que las internas, hablando de la conexión física exclusivamente.

La conexión física de las placas externas consiste tan solo en enchufar un cable en el puerto (USB o Firewire) de la computadora. En cambio en las internas la conexión física implica abrir el gabinete y enchufar la plaqueta dentro de un slot (ranura) y esto significa quitar tornillos.

2.4) Comparación de tarjetas de audio externas en el mercado

- a) Gama de entrada (Precio de lista hasta 300 usd): Si bien son interfaces muy accesibles se pueden lograr muy buenos resultados con ellas sobre todo a los que buscan construir un pequeño estudio de grabación y requieren hacer

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

grabaciones relativamente pequeñas y no saben por dónde comenzar (Tabla 1 y Tabla 2)

Tabla 2 Transmisión de datos vía USB

NOMBRE	IMAGEN	COSTO	CARACTERISTICAS
Tarjeta Alesis iOS 2 Express		99 usd	2 canales de entrada con 2 preamplificadores de micrófono, phantom power 2 entradas de instrumento/línea. Con una resolución máxima de 24 bits/ 48 kHz, Salida para monitores y audífonos así como controles de nivel para ambas salidas.
Tarjeta Lexicon Lambda		119.95 usd	2 canales preamplificados para micrófono con phantom power 2 entradas de línea balanceadas 1 entrada para instrumento, 2 inserciones, salidas para parlantes, entrada y salida MIDI; incluye además la D.A.W Cubase LE de steinberg y el procesador de reverb Phanteon. Resolución máxima de 24 bits/ 48 kHz.
Tarjeta Steinberg UR22		149.99 usd	2 canales preamplificados con phantom power 2 entradas de instrumento/línea con salida para parlantes y salida para audífonos con D.A.W Cubase AI6. Resolución de hasta 24 bits/192 kHz.
Tarjeta Focusrite Scarlett		149.99 usd	2 canales para micrófono/instrumento preamplificados con phantom power, salida para parlantes y salida para audífonos más plug ins Resolución máxima de hasta 24 bits/96 kHz.
Tarjeta Avid MBox		299 usd	4 canales simultáneos de entrada. 2 entradas de micrófono preamplificados con phantom power 2 entradas de línea/instrumento Salidas para parlantes salida para audífonos atenuador del nivel de parlantes (Dim) Botón de mono entrada y salida MIDI entrada y salida S/PDIF D.A.W Pro Tools Express. Resolución de hasta 24 bits/ 96 kHz.

Tabla 3 Transmisión de datos vía Firewire

NOMBRE	IMAGEN	COSTO	CARACTERISTICAS
Tarjeta Presonus Firestudio Mobile		249.95 usd	2 entradas preamplificadas para micrófono/instrumento con phantom power 6 entradas de línea salida para monitores salida para audífonos entrada/salida MIDI/ S/PDIF Resolución de hasta 24 bits/ 96 kHz.
Behringer FCA610		249.99 usd	2 entradas preamplificadas para micrófono/instrumento con phantom power 2 entradas de nivel de línea salidas para monitores 2 salidas para audífonos 6 salidas de nivel de línea S/PDIF entradas/salidas MIDI. Resolución de hasta 24 bits/ 96 kHz.

- b) Gama media (precio de lista de hasta 1000 usd): En esta categoría por lo general las interfaces tienen un mayor número de canales preamplificados usualmente 8 canales al menos. Por otro lado se tiene un número mayor de entradas y salidas

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

de nivel de línea para ser usadas en la mezcla o para usar hardware como inserción. El tipo y diseño de preamplificadores que disponen en general son similares en calidad a los de la gama baja, cosa que hay que tener en cuenta al momento de invertir (Tabla 2.3).

Tabla 4 Tarjetas de Gama media

NOMBRE	IMAGEN	COSTO	CARACTERISTICAS
Tarjeta Mackie Onyx Blackbird		499.99 usd	8 canales preamplificados para micrófono/línea (2 para instrumento) con phantom power, 6 salidas de nivel de línea 2 puntos de inserción 2 salidas para audífonos entrada/salida de Wordclock entradas/salidas ópticas. Resolución máxima de 24 bits/ 96 kHz.
Tarjeta Roland OctaCapture		599.00 usd	8 canales preamplificados para micrófono 8 salidas de nivel de salida para audífonos entrada/ salida S/PDIF entrada salida MIDI Resolución de hasta 24 bits/ 192 kHz.
Tarjeta Liquid Saffire 56		999.99 usd	8 canales preamplificados salida para monitores 8 salidas de nivel de línea 2 salidas para audífonos entrada/salida S/PDIF entrada/salida MIDI entrada/salida de Wordclock entradas/salidas ópticas. Resolución máxima de 24 bits/ 192 kHz.

- c) Gama alta (Precio de lista mayor a 1000 usd): En este rango de precio generalmente están las interfaces de mayor calidad (mejores conversores, mejor reloj interno, mayor inmunidad al jitter, etc.). Sin embargo se tiene que tener en cuenta que en general estas interfaces no cuentan con preamplificadores, así que si se necesita grabar hay que invertir en estos equipos además (Tabla 2.4)

Tabla 5 Tarjetas de Gama alta

NOMBRE	IMAGEN	COSTO	CARACTERIS 55 S
Tarjeta Motu HD 192		1799.00 usd	12 canales de conversión de entrada/salida con conectores XLR entrada/salida de Wordclock entrada/salida AES/EBU Resolución máxima de 24 bits/ 192 kHz.
Tarjeta Universal Audio Apollo 16		2999.00 usd	16 entradas/salidas analógicas entradas/ salidas AES/EBU entradas/salidas de Wordclock entradas/salidas MADI Resolución máxima de 24 bits/192 kHz.

<p>Tarjeta Avid HD Native 16X16</p>		<p>6999.00 usd</p>	<p>16 entradas/salidas analógicas entradas/salidas S/PDIF entradas/ salidas AES/EBU entradas/salidas de Wordclock puerto de expansión Resolución máxima de 24 bits/192 kHz.</p>
---	---	--------------------	---

CAPÍTULO 3. SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

En resumen una tarjeta de sonido sirve para recibir una señal de audio analógica o externa y convertirla en digital para que pase a la computadora. Las señales de audio se convierten en muestras que se miden en números binarios. Así mismo con la tarjeta de sonido se puede reproducir ese sonido. El proceso se invierte y los valores binarios se convierten en una forma de onda analógica que pasa a través de la interfaz para poder escucharla en nuestros altavoces.

En términos simples podemos grabar audio (con un micrófono o entrada de línea) y podemos escuchar audio (conectando nuestros monitores o audífonos).

3.1) Características que se deben considerar para una tarjeta de sonido

- a) Controladores: Los controladores dictan cómo se puede utilizar la interfaz de audio, y cuántas entradas y salidas de audio están disponibles. Los

controladores ASIO son los más comunes y fueron creados por Steinberg. Se utilizan en Windows. Aunque el estándar de Windows sea el WDM (Windows Driver Model) No obstante ASIO goza de gran aceptación por su versatilidad. Los controladores Core Audio fueron creados por Apple y son el estándar en OSX

- b) Latencia: El pasó de los datos de audio a través de la interfaz y su conversión a digital, además de su viaje a través del sistema operativo para llegar al programa que se esté usando y luego regresar al monitor necesita una cantidad de tiempo, este tiempo es la Latencia. La latencia suele ser un problema cuando escuchamos con retardo una señal que entra en el programa y si se agrega un efecto aun peor. También se da cuando se tiene un instrumento virtual y se toca. El retardo hace que sea difícil. Para evitar esto se debe encontrar el balance adecuado entre la latencia y el buffer, también en el número de entradas y salidas activas.
- c) Conexiones: Hay dos tipos de conexiones, las digitales y las analógicas. Entre las digitales se encuentra la S/PDIF que trabaja con un cable coaxial de fibra óptica, AES/EBU que es similar a la anterior pero transmite a través de cables XLR balanceados, ADAT para conexiones que anteriormente iban hacia cintas digitales pero que aún se usan como transmisión a través de cable óptico, MIDI que no transmite audio, sino datos desde controladores MIDI. Las conexiones analógicas suelen ser entrada y salida de Línea en donde se conectan los instrumentos a través de un Jack o XLR incluso RCA.
- d) El tipo de música o producción a realizar: Si se trabaja con música electrónica es importante tener una calidad de sonido óptima que la interfaz de audio puede brindar. Si se utiliza música con grabación externa es decir voces o instrumentos se debe valorar cuántas entradas se necesitar.
- e) Número de entradas y salidas
- f) Previos de Micrófono: Los previos o preamplificadores de micrófono determinan en gran parte cómo va a sonar el audio que grabemos de una señal externa, una voz, una guitarra, cualquier cosa. Las tarjetas de sonido de gama alta suelen tener previos que le dan mayor calidad a las grabaciones, sin embargo cabe anotar que si tenemos una tarjeta con excelentes previos, vamos a necesitar también mejores micrófonos.
- g) Presupuesto: De lo más importante para la mayoría. La implementación de todas las características que antes hemos mencionado van elevando el costo de la tarjeta de audio que se pretende diseñar o adquirir.

3.2) Propuesta del circuito

Una estructura pequeña es una tarjeta de sonido, USB, con entradas / salidas analógicas digitales, botones para aumentar o disminuir volumen y silencio. Cuando se conecta Windows reconocerá como una tarjeta de sonido. Como todos los materiales

son de tipo SMD, la suficiente encaja en una pequeña caja de plástico, tiene un cable con enchufe USB, sonido estéreo (izquierda / derecha). La alimentación del circuito se realiza mediante el puerto USB. El corazón del circuito integrado es PCM2902 de Texas Instruments. Es estéreo de 16-bit DAC y ADC, totalmente compatible con USB. Frecuencias de muestreo son 32, 44,1 y 48 kHz, ADC tiene 8, 11.025, 16, 22,05, 32, 44.1 y 48 kHz.

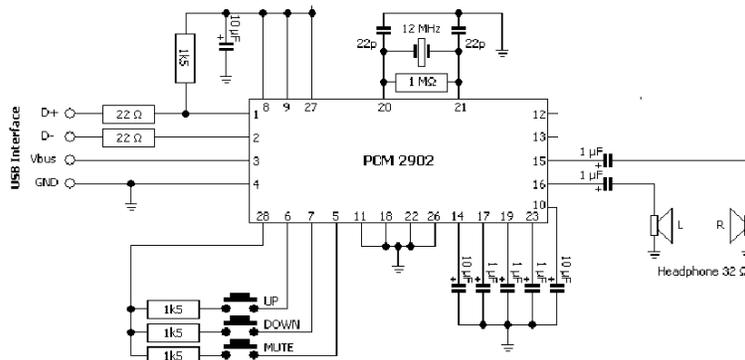


Figura 3-1 Configuración básica del circuito PCM2902E

Partiendo de este diagrama básico de conexión del circuito y de las hojas de especificaciones, se toma que los condensadores a la salida del R-L analógico así como digital, son para el filtrado de basura para que la muestra o la salida de la señal por estos puertos sea lo más limpia posible, las terminales 20 y 21 se conectan con un oscilador de 12 Mhz externo, que es con la oscilación que maneja el circuito para su funcionamiento así como una resistencia de 1 MΩ.

La alimentación se conecta con una conexión USB que van directo a los pines de la 1 a la 4 correspondientes a las especificaciones o terminales que se maneja en la USB, los botones de control de volumen se conectan a sus respectivas terminales con una resistencia de 1.5kΩ para y conectadas al puerto 28 común que nos genera un pulso y nos mandó un 1 lógico haciendo que se active esta función en el circuito y así poder controlarlo. Esta conexión se puede cambiar poniendo una perilla o un potenciómetro.

Se propuso ocupar todas las salidas y hacer el circuito más completo implementado las salidas digitales así como sus entradas analógicas y digitales, entradas SP/DIF para hacer el circuito una interface DAC así como ADC, haciendo dúplex nuestro componente y sacando el máximo rendimiento o funcionalidad de nuestro circuito.

La entrada digital se conecta a través de interruptor eléctrico / óptica. El circuito cambia automáticamente de un analógico a digital, si va a detectar la presencia de la señal S / PDIF. Salida analógica no contiene ningún amplificador externo por lo que no se puede conectar directamente a dichos auriculares de baja impedancia.

3.3) Diseño del circuito

Para el diseño del circuito convertidor analógico a digital se ocupó el software EAGLE que es un desarrollador de diagramas esquemáticos y diseños de tablillas de impresión de circuito. Para su realización físicamente, se optó en la ocupación de dicho software porque es uno de los más completos y el diseño requería componentes de tipo montaje superficial por el componente que se ocuparía, y otros software aparte de ser más complicados en su implementación no contaban con todos los componentes en sus librerías para la realización del circuito.

Algunas de las características principales del software son las siguientes:

I. Esquema Editor

- Hasta 999 hojas por esquema
- Icono de previsualización para hojas
- Clasificación hojas con arrastrar y soltar
- Las referencias cruzadas para redes
- Generación automática de referencias cruzadas de contacto
- Copia simple de las piezas
- Función de piezas Reemplace sin pérdida de coherencia entre esquemática y el diseño
- Adelante y Atrás línea de anotación entre esquemática y diseño
- Generación automática de conexiones de suministro
- Generación automática de planchar
- Comprobación de errores en el registro de entrada esquemática y la coherencia entre Esquema y diseño

II. Líneas de edición

- 4 x 4 metros (aproximadamente 150 x 150 pulgadas)
- Soporte completo SMD
- Rotación de objetos en ángulos arbitrarios
- Los componentes pueden ser bloqueados contra movimiento
- Los textos pueden ser colocados en cualquier orientación
- Cálculo dinámico de las líneas de señal
- Función almohadillas magnéticas
- Las pistas se pueden extraer con esquinas redondeadas en cualquier radio
- Cobre vertido (llanuras de tierra)
- Paquete variantes apoyo
- Soporte de variantes de montaje
- Salida de los datos de fabricación para plotters, plotters de fotos y máquinas de perforación con el Procesador de CAM

III. Automatico

- Totalmente integrado en el programa básico

- Rejilla de trazado hasta 0,02 mm
- Motor básico para el router Sígueme, una herramienta que le ayuda en el enrutamiento manual; la traza de una señal seleccionada se calcula automáticamente
- No hay restricciones de colocación
- Utiliza el Disposición de Reglas de Diseño
- Cambie entre enrutamiento manual y automática en cualquier momento
- Hasta 16 capas de señal

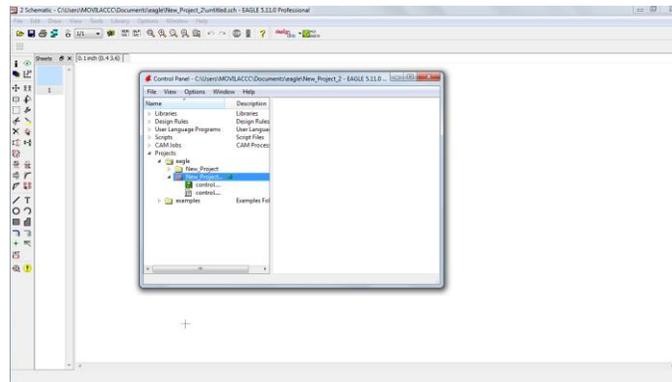


Figura 3-2 Software EAGLE

Se propuso el siguiente circuito que es un convertidor analógico a digital (DAC) que tiene la interface USB, teniendo como características principales una entrada analógica R-L, y una entrada digital por medio de fibra óptica, también teniendo salidas del tipo analógicas R-L (Figura A-5 anexos), y digitales por medio de fibra óptica, cuenta con opción de subir y bajar el volumen así como ponerlo en un estado de silencio, el circuito o integrado que ocuparemos se propuso que fuera el PCM 2902E, que es un convertidor analógico a digital (DAC), que maneja entradas y salidas digitales, maneja las frecuencias de muestreo de 32, 44.1 y 48 KHz, tiene un máximo de 16 bits de resolución, y se ocupó el regulador de voltaje LP2951CM, que es un regulador de alto consumo y que nos da una eficiencia del 90 % cuando se trabaja un voltaje menor de 5v dado que el circuito DAC maneja voltajes de 5v por la interface de USB de la computadora y 3.3v para alimentarse y hacer funcionar en un rango estable del circuito PCM (Figura 3.3).

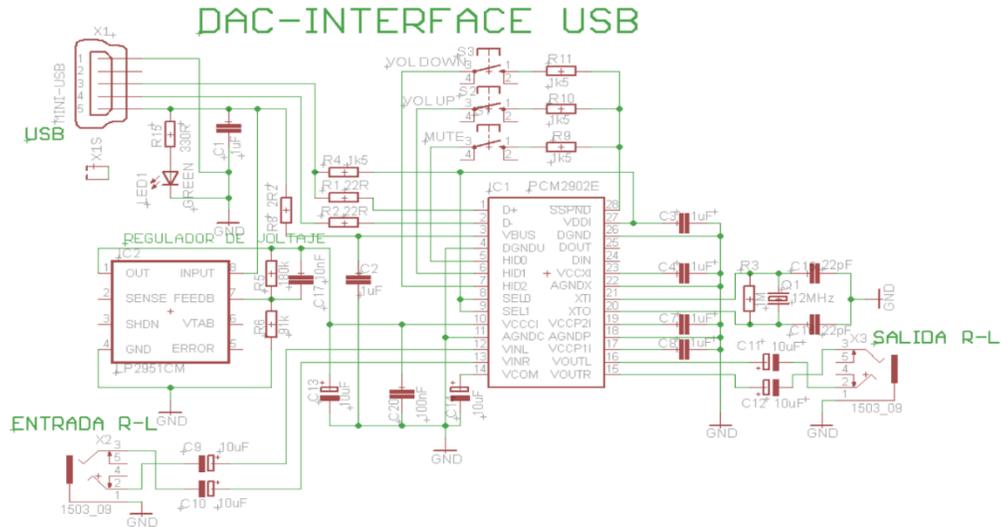


Figura 3-3 Diseño esquemático del DAC

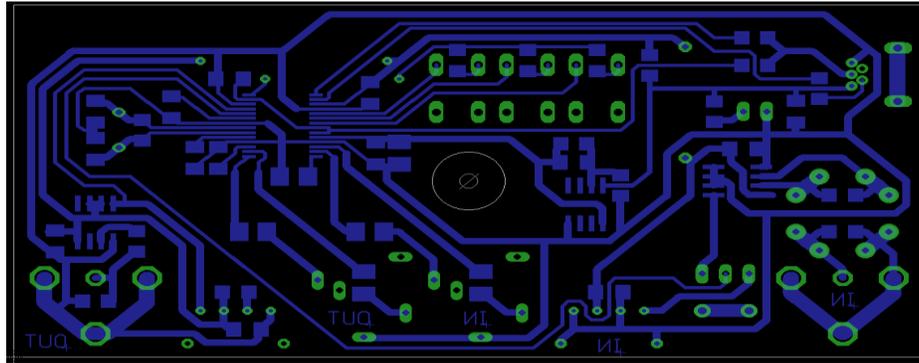


Figura 3-4 Diseño de circuito PCM para impresión

NOTA: unas de las dificultades del circuito fue la implementación de las entradas y salidas digitales, debido a los conectores y plugs de tipo de fibra óptica y los circuitos receptores o codificadores que son muy difíciles de encontrar o conseguir y sus precios son muy elevados solo se optó por la implementación de entradas analógicas del tipo de RCA y de plug de 3.5 mm para la conexión de auriculares.

Complementando el DAC se agregó un detector de nivel a la salida para que se pueda visualizar de manera más rápida y sencilla la señal de audio, con los siguientes criterios:

Un medidor de salida es un dispositivo que se usa a menudo en equipos de audio, su función es mostrar el nivel de la señal en unidades de volumen (VU), está construido a base del circuito integrado LM3914 que no es más que un conjunto de amplificadores operacionales configurados como comparadores en cascada.

Se conecta en paralelo a los bornes de un altavoz, o entrada de un amplificador. Dada a la alta impedancia de este integrado de 10MΩ en relación al rango entre 4Ω a 8Ω que soportan los equipos de audio, la conexión de este circuito no produce ningún efecto de sobrecarga por lo que puede ser conectado sin temor alguno.

Este circuito integrado ofrece 2 modos para mostrar el nivel, el modo barra que es cuando los leds se van encendiendo uno a continuación del anterior o el modo punto que se enciende un solo led y se va desplazando según la señal.

El 3914 soporta un rango de tensión de 3V a 35V, pero para esta aplicación usaremos un regulador de voltaje LM7805 para tener una tensión de 5V (Figura 3-5 y Figura 3-6).

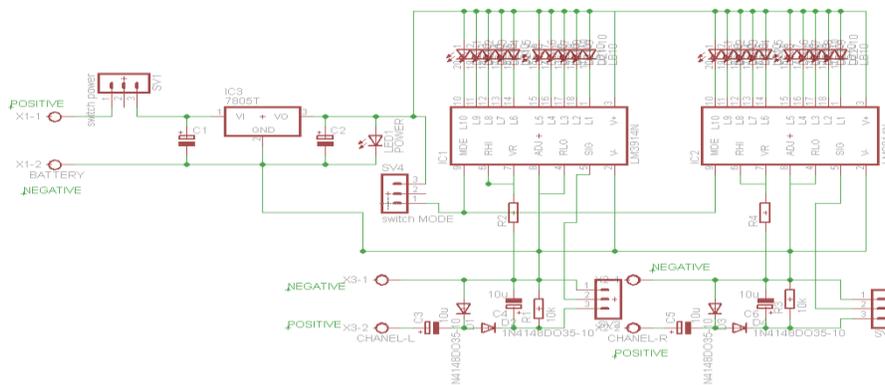


Figura 3-5 Diseño esquemático del medidor de señal

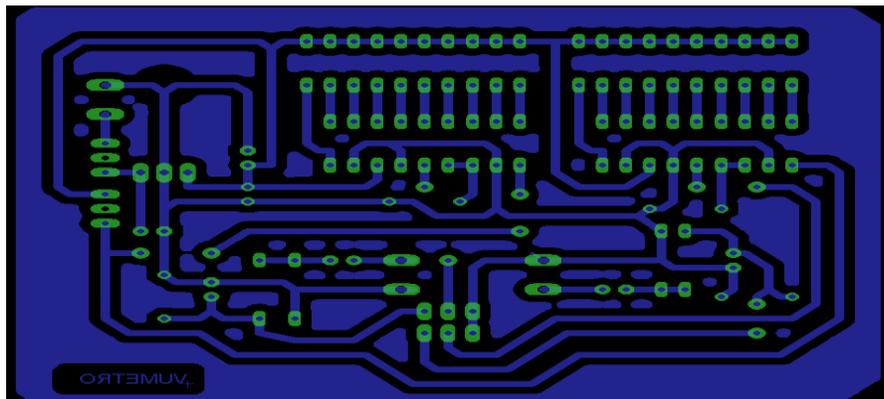


Figura 3-6 Diseño del medidor de señal en BRB de impresión

El circuito consta de 3 etapas, la primera es la de alimentación, tiene un regulador fijo a 5V con 2 capacitores que son de estabilización, la segunda etapa es un filtrado de la señal de audio que ingresa, previa a la entrada al 3914, se puede colocar la entrada de audio directamente al potenciómetro obviando la segunda etapa, pero se le puso por la siguiente razón; estos circuitos integrados son demasiado rápidos para responder al audio, se probó en primera instancia sin un filtrado de la señal, lo que sucedió al ingresar el audio en modo barra algunos diodos de los niveles superiores encendían muy poco cuando deberían estar completamente apagados, y el modo punto directamente no se apreciaba, entonces se filtra la señal de audio para obtener un efecto visual más preciso y estético en ambos modos.

Por último la etapa 3 que es en donde está el cerebro del circuito, el 3914, con su resistencia de 470Ω que determina el brillo de los diodos, el potenciómetro de 10K

que regula el rango de trabajo en función del nivel de la señal de audio y el interruptor deslizable para cambiar de modos.

Y el ultimo circuito complementario es el de la línea balanceada estéreo para que el equipo pueda ser profesional y así ofrecer una calidad de audio mejor así como competir con los diversas tarjetas que existen en el mercado como se muestra en la siguiente Figura 3.7 y Figura 3.8, tomando como referencia el circuito del libro de Walter G.Jump, quedando de la siguiente manera.

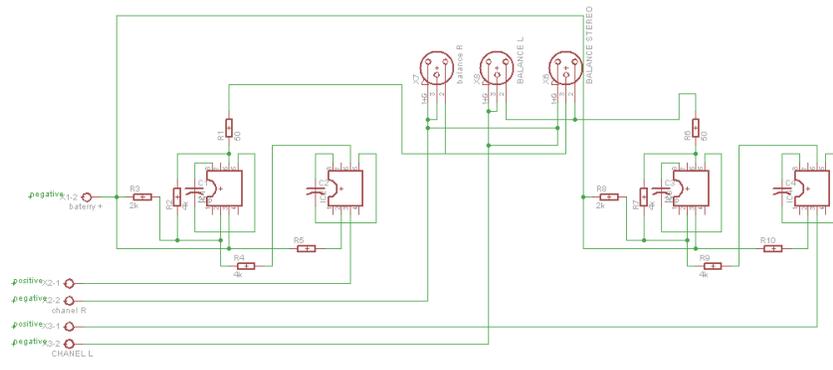


Figura 3-7 Diseño esquemático de línea balanceada

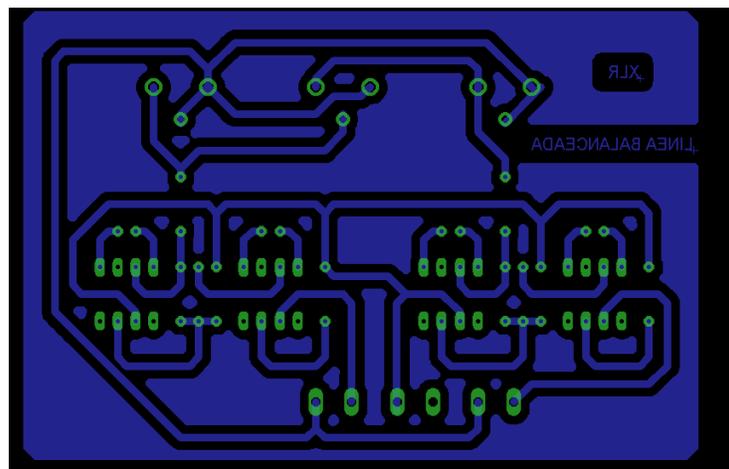


Figura 3-8 Diseño de línea balanceada para impresión

3.4) Materiales

ING. COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

Tabla 6 Materiales requeridos en la tarjeta DAC

COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL(M/N)
22R SMD1206	2	0.5	1
1M SMD1206	1	0.5	0.5
1k5 SMD1206	4	0.5	2
180k SMD1206	1	0.5	0.5
91k SMD1206	1	0.5	0.5
75R SMD1206	1	0.5	0.5
2R2 SMD1206	1	0.5	0.5
8k2 SMD1206	1	0.5	0.5
360R SMD1206	1	0.5	0.5
91R SMD1206	1	0.5	0.5
330R SMD1206	1	0.5	0.5
1uF SMD1206 cerámica	8	2	16
10uF / 25V SMD	6	5	30
22pF SMD1206 cerámica	2	2	4
10nF SMD1206 cerámica	1	2	2
100nF SMD1206 cerámica	3	2	6
PCM2902, PCM2902B	1	175	175
LP2951CM SMD SO-08	1	45	45
75176B SMD SO-08	2	60	120
47uH axial	1	35	35
2 mA LED verde	1	3	3
TORX173 toshiba	1	350	350
TOTX173 toshiba	1	350	350
12MHz Mini cristal	1	12	12
microinterruptor 6x6mm alta	3	15	45
USB toma USB PCB MBW	1	5	5
conector hembra RCA a TOBU3 PCB	2	8	16
TOTAL			\$1221.5

Tabla 7 Materiales requeridos en la tarjeta medidor de señal y línea balanceada

VALOR Y TIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL(M/N)
Integrado LM3914	2	45	90
Integrado LM7805	1	7	7
Capacitor de 100uF 35V	1	5	5
Capacitor de 100uF 10V	1	2	2
Capacitor 10uF 35V	4	2	8
Barra de 10 leds	2	15	30
Diodos 1N4148	4	2	8
Potenciómetro lineal de 10K de 6 pines	1	20	20
Interruptor deslizante de 3 pines	2	9	18
Resistencia de 10K	2	0.5	1
Resistencia de 470ohm	2	0.5	1
integrado NE5534	2	50	100
Resistencia de 50ohm	2	0.5	1
Resistencia de 4kohm	3	0.5	1.5
Resistencia de 2kohm	2	0.5	1
Capacitor 20pF	2	2	4
Conector XLR hembra	1	25	25
TOTAL			\$322.5

3.5) Realización del circuito:

- a) Para el circuito principal que contiene al circuito PCM2902E, se mandó el PCB para que lo soldaran, porque manejan componentes del tipo SMD conocidos como de superficie, ya que no se cuenta con la pistola para soldar este tipo de componentes.
- b) Para la elaboración del módulo de medidor de señal, lo primero que se realizó fue el diseño y llevarlo a la impresión del mismo para así poderlo llevar al PCB. Después de esto, la técnica que se ocupó para hacer el circuito en la tabilla fenólica, y por el método de transferencia de calor, el por qué se eligió este método fue porque es el método más sencillo y barato a comparación de otros métodos como el de serigrafía o el de rayos UV, que necesitan de equipos un poco difíciles de conseguir y costosos como la lámpara de emisiones de rayos o de luz UV.

Para el método de transferencia de calor, o comúnmente de “planchado”, el equipo que se necesita para su aplicación o elaboración es como lo dice el nombre una fuente emisora de calor, o como en la mayoría de casos se usa una plancha de las que todos tienen en la casa para mantener la ropa sin arrugas. Otro motivo por el cual se eligió este método es que se pueden imprimir mucho más fácil los diseños y para este caso en particular podemos ocupar muchos tipos de superficies o papeles como lo es el acetato, caucho, transferencia, y haciendo más específicos en el que ocupamos fue el papel caucho, porque es muy barato, fácil de encontrar en muchas papelerías y que no se quema tan fácil como lo hace el acetato.

La técnica de transferencia de calor para elaboración de circuitos impresos es la siguiente:

- 1) Imprimir el circuito que se desea pasar a la tablilla fenólica (la impresión del circuito puede ser en una hoja de acetato, una hoja de papel cauche, o una hoja de papel de transferencia especial para circuitos eléctricos) en una impresora de tipo laser porque la impresión queda mejor y se puede transferir el circuito con más facilidad que si se imprime en una de tipo de inyección de tinta.
- 2) Con una lija o fibra rayar la superficie de cobre donde se desea poner el circuito impreso.
- 3) Colocar el circuito impreso encima de la tabla fenólica de manera que el dibujo del circuito quede tocando la parte de cobre de la tabla fenólica.
- 4) Colocar encima del circuito la fuente de calor y dejarlo alrededor de 5 min (este tiempo puede variar dependiendo de la fuente de calor).
- 5) Quitar la fuente de calor y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- 6) Remover la hoja donde se tenía el circuito impreso (si es en acetato retira aun cuando se encuentra un poco caliente, si es en transferencia hasta que esté totalmente frio, y si es en cauche remojar el papel e ir retirando con ayuda de las yemas de los dedos.
- 7) Una vez removido el papel, introducir la tablilla en solución de cloruro férrico o cloruro ferroso, ir moviendo para que se disuelva más rápido el cobre que no tiene el circuito.
- 8) Cuando solo quede el circuito después de haberlo metido al cloruro férrico limpiar con abundante agua para que quede libre de la solución y secar el circuito.
- 9) Retirar con alcohol isopropilico, tiner, aguarras u otro disolvente la parte que quedó negra o la figura del circuito para así dejar solo el circuito en cobre y lo demás en baquelita o sin cobre.
- 10) Limpiar con abundante agua para quitar todo residuo de disolvente.
- 11) Perforar la placa en los espacios donde están los pines de los componentes.
- 12) Soldar los componentes a la placa del lado donde quedo el diseño del circuito de cobre y así se termina la placa en su totalidad (Figura 3-9 a la Figura 3-14).

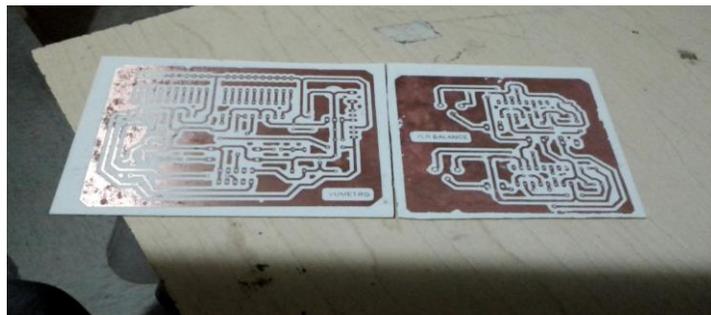


Figura 3-9 Placas terminadas por el método de transferencia de calor



Figura 3-10 Placa medidor de señal terminada. Vista componentes

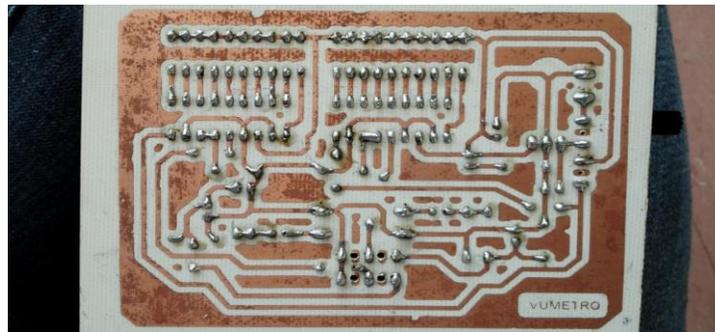


Figura 3-11 Módulo medidor de seña. Vista de pistas.

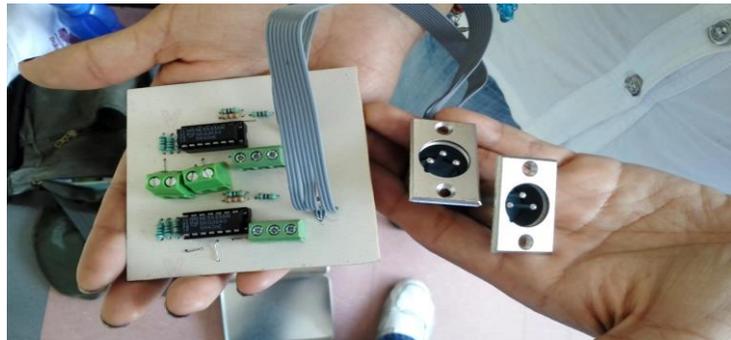


Figura 3-12 Circuito balanceado



Figura 3-13 DAC terminado 1



Figura 3-14 DAC terminado 2

3.6) Pruebas de la placa

Para las pruebas realizadas del muestreo tanto para el ADC así como para el DAC se ocupó un generador de funciones de onda senoidal, un osciloscopio de la marca Tektronix con la función de FFT para analizar el espectro, unas puntas atenuadas, estos materiales se prestaron por medio de la academia de acústica donde se efectuaron las pruebas. También se ocupó una laptop que en este caso se contó con una VAIO TAP11 con procesador core i5 de tercera generación. Se trató de conseguir un analizador de espectro de frecuencia pero no se conto con este equipo en ese momento.

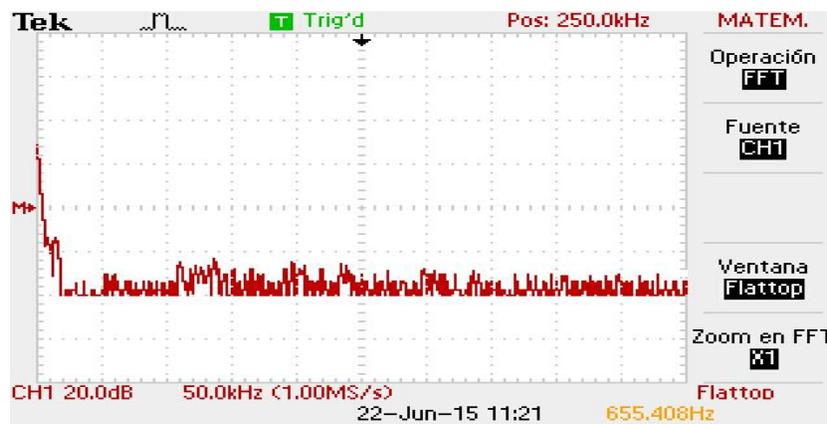


Figura 3-15 Muestreo de la señal del DAC

Para hacer las pruebas de la salidas balanceadas con la ayuda de los mismos materiales como lo son el osciloscopio y el generador de funciones se procedió a conectar en la entrada una señal senoidal pasando por el arreglo de los operacionales para así lograr tener una salida de señal (hot) y un señal inversora (cool) y mandando la señal negativa de la línea de salida directo al común del conector XLR, teniendo a la salida la misma señal pero sin ruido, tomando esta

medición en los extremos cool y hot y haciendo que el común o último pin del conector XLR, se quede la estática y nos entregue una señal sin ruido o perturbaciones que afecta a la señal de salida.

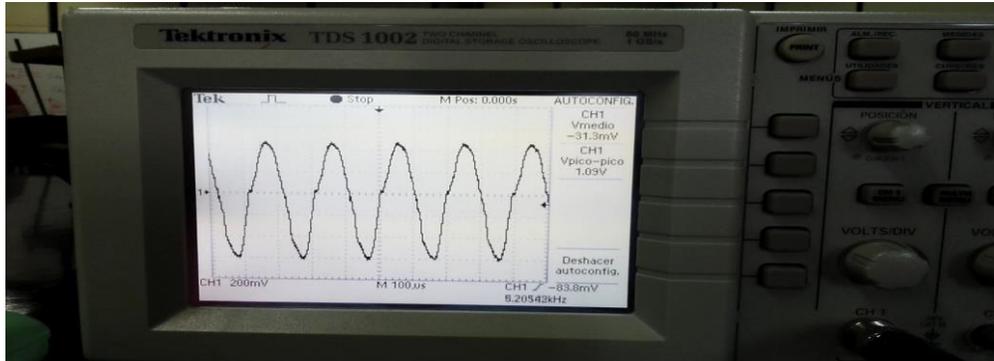


Figura 3-16 Señal de entrada de línea balanceada

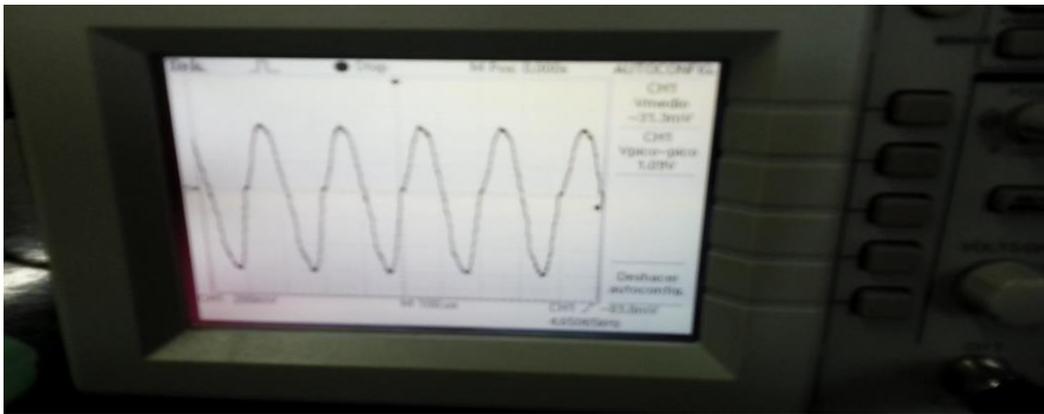


Figura 3-17 Señal de salida de línea balanceada

En la parte del medidor de señal se emplearon señales de prueba y la salida que es con la representación mediante diodos emisores de luz y el valor que nos entrega cada diodo para cada señal R-L haciendo así el medidor de tipo estéreo.

CAPÍTULO 4. APLICACIONES

4.1) Grabación

La grabación designa a la acción a través de la cual se recogen o registran imágenes, sonidos, datos, normalmente haciendo uso de algún aparato o máquina, tal es el caso de un grabador, una filmadora, una cámara, entre otras, que los registrarán en un determinado soporte para luego poder ser reproducidos.

Y también la palabra grabación designa al disco, la película o la cinta magnética en la cual se ha recogido una imagen, un sonido, entre otros. Entre los sinónimos más empleados para esta referencia se encontró con los de video y disco.

En lo que respecta a la grabación de sonido, son dos las metodologías que se emplean: grabación analógica (el sonido se captura y se guarda en señales analógicas. Se hace uso de una cinta magnética, que es barrida y se le imprimen las señales electromagnéticas) y grabación digital (en esta, por el contrario, la captura y almacenaje se hace con señales digitales y se utilizan cintas, discos compactos, discos duro de PC). Al dejarse impresa la información en estos soportes, luego, haciendo uso de los mismos es posible reproducirla.

La interface o módulo dac se puede ocupar con diversos software de grabación así con el nuevo software que existen en las tiendas virtuales de las tecnologías android y ios, haciendo que podamos tener una central o pequeño estudio de audio en la comodidad de nuestras manos, y sin tener que hacer un gasto excesivamente alto (Figura 4-1).



Figura 4-1 Software para interface de audio mediante móvil

Otras de las aplicaciones como se muestra en la Figura 4.2, el conectar el instrumento musical y visualizar la información o el comportamiento con la ayuda de la computadora



Figura 4-2 Conectando un dac a una terminal acústica y a la lap

Como lo muestran las últimas 2 figuras (4.3 y 4.4) el implementar un pequeño estudio de grabación para los que les gusta componer sintetizar o mejorar canciones y así poder tener el control tanto de sus altavoces, así como con la ayuda de la computadora ir rectificando o aplicando procesos más complejos para el mejoramiento de la pista.

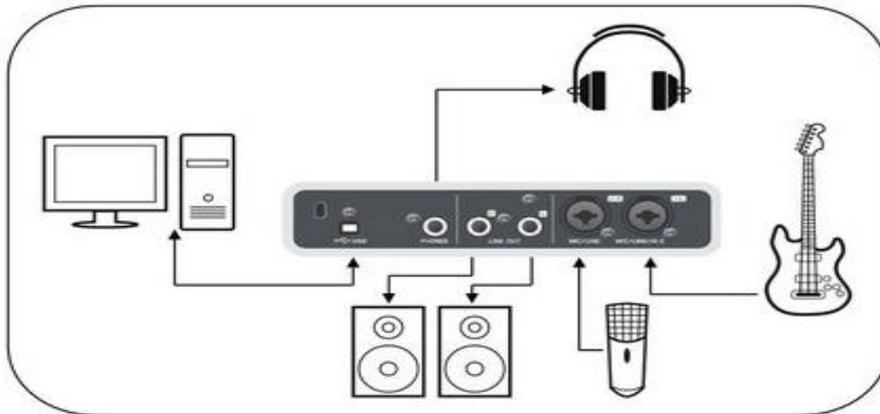


Figura 4-3 Conexión de la interface externa como consola de audio

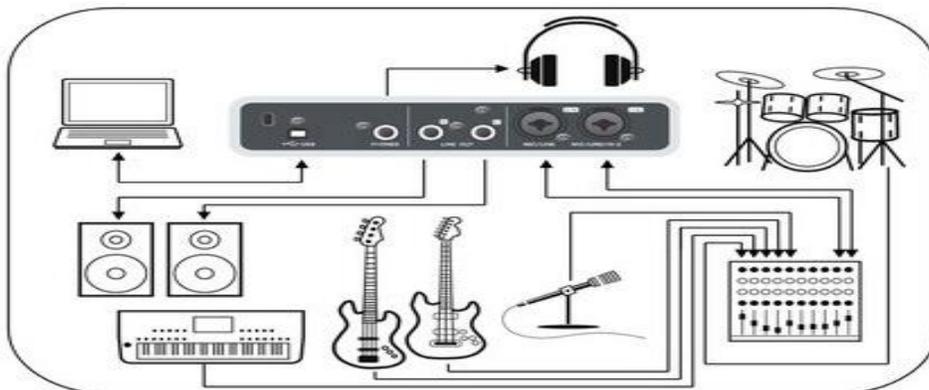


Figura 4-4 Conexión de la interface externa como consola de audio más una mezcladora

CONCLUSIONES

Al término del proyecto se notó que el diseño del dispositivo tiene sus complicaciones, pero también se percata que el final del diseño es un equipo que puede competir con los equipos profesionales, pero en un menor precio y que esté al alcance de muchos usuarios. Así se puede decir que se cumple con la justificación y los objetivos propuestos al desarrollar este tema. La dificultad fue el diseño de las placas y su elaboración debido a que eran de componentes de difícil adquisición por que no se encuentran en el país, y de diminutas dimensiones.

También lo aprendido tras el transcurso de los semestres no se queda en el olvido, puesto que los conocimientos de inicio de carrera así como el área de la especialidad se ocuparon, pero también que se tienen una relación entre todas las materias impartidas al término de este proyecto, debido a que se llevó la combinación de materias muy importantes como lo son: “circuitos digitales de CA y CD”, “comunicaciones analógicas”, “comunicaciones digitales”, “procesamiento digital de señales”, “electrónica”. “circuitos digitales”, “vibraciones y ruido”, “procesamiento de voz” entre muchas más, que no por ser enfocadas a otras especialidades no tienen nada relacionado con las otras especialidades, gracias a ello se logró realizar el proyecto.

Para finalizar se puede decir que el proyecto se puede ir mejorando con las nuevas tecnologías e irse poniendo al día o actualizando tanto uno desee así como irse mejorando cada vez más, como con la implementación de módulos de interfaz de red Lan o Ethernet que ayudaría a conectarse mediante una red local y así poder ocupar el dispositivo en diferentes computadoras sincronizadas haciendo un mejor desempeño del mismo, también en la implementación de un módulo de bluetooth para poder manejar el dispositivo mediante una tecnología rápida y eficaz que permitirá a la vez sincronizar el componente así como la adquisición de los datos de una forma rápida y sin importar las conexiones físicas, también con la implementación de vúmetros con la tecnología de DBFS que ayuda a visualizar el comportamiento de las entradas. Haciendo el componente aún más completo y eficiente que podrá competir con los mejoras que salen en los mercados y tener al alcance un dispositivo semiprofesional sin gastar mucho.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Introducción al procesamiento digital de señales,
Juan Vignolo Barchiesi,
Ediciones universitarias del Valparaíso
- ❖ Procesamiento digital parte 2 – aplicaciones
Basado en una publicación de Rony Ferzli
Digital Signal Processing–Lab
- ❖ Alton Everest, F. The Master Handbook of acoustics,
McGraw-hill, 2001.
- ❖ Tischmeyer, Friedeman. Internal Mixing,
Tischmeyer Publishing, 2008.
- ❖ Tribaldos, Clemente.
Sonido Profesional,
Editorial Paraninfo, 1993.
- ❖ Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados,
Donald L. Schilling- Charles Belove
Mc Graw- Hill
- ❖ Sistemas Digitales
Principios y aplicaciones
Ronald J. Tocci
Neal S. Widmer
- ❖ Equipos de sonido: casetes, CD audio y amplificadores
Francisco Ruiz Vassallo
- ❖ Sonar desde Cero,
Daniel Leoneti,
editorial dunken
- ❖ Audio IC op-amp applications
third edition,
Walter G Jung
- ❖ Conversores analógico digital y digital analógico:
Conceptos básicos.

- ❖ Convertidores analógicos: su conexión y aplicaciones.
M.c carlos E. Canto Quintal,
- ❖ Mezclas y Materialización,
Facultad de bellas artes.
- ❖ Convertidores ADC Y DAC,
Universidad de ingeniería Victoria-Gasteiz
- ❖ Fundamentos de procesamiento digital de señal,
Ingeniería en informática UAM.
- ❖ Apuntes comunicaciones digitales sexto semestre
Profesora leija
- ❖ Hanbook for sound engineers,
Ballou
- ❖ Libro de hojas técnicas referenciado a audio
national instrument.
- ❖ Diversas páginas de internet consultadas en 2015.

ANEXO A

Características de Realtek AC'97

Antes de que fuera reemplazado por HD Audio, Audio Codec '97 de Intel, o AC'97, fue una de las soluciones más comunes para los chips de a bordo de audio, como los realizados por Realtek. La norma pasó por varias revisiones; por su versión final en el año 2002, las características estándar de alta calidad, audio de dúplex completo y soporte de sonido envolvente se había ampliado para incluir una mayor facilidad de uso y capacidades de configuración automática.

Audio de dúplex completo

AC'97 cuenta con soporte para sonido estéreo dúplex completo, lo que significa que es capaz de grabar y reproducir sonido simultáneamente. Esto sería importante para los músicos, los jugadores o las personas que utilizan las soluciones de VoIP a través de su computadora. El estándar utilizado por Realtek AC'97 especifica una resolución de 16 bits a 48 kHz y dos canales, que es la misma velocidad de bits que el utilizado por el CD de audio. AC'97 también especifica que debe ser dedicado tomas de línea y en línea de salida para asegurar la capacidad full-duplex.

PCM

Presenta el audio sin compresión y lo reproduce tal y como se grabó originalmente en el estudio. El PCM puede reproducir 7.1 canales y llegar hasta 27Mbps a 24 bit/192 kHz. Para poder disfrutar plenamente del PCM es necesario el uso de conexión HDMI 1.3 o de salidas 5.1 analógicas.

ANEXO B

Configuración del ADC0804

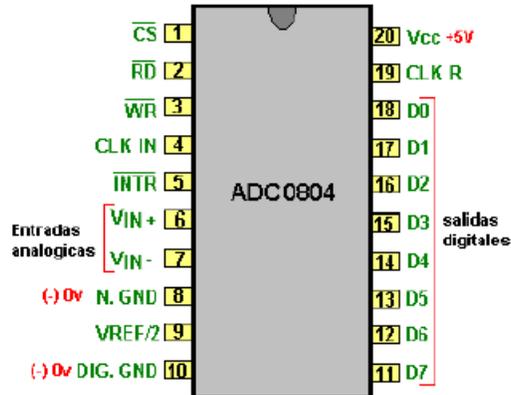


Figura B-1 Esquema general del ADC0804

- a) Tiene dos entradas analógicas: VIN (+) y VIN (-) que permite tener entradas diferenciales. En otras palabras el voltaje real de entrada VIN es la diferencia entre los voltajes aplicados en dichas terminales [VIN analógico =VIN (+)-VIN (-)]. En mediciones hechas en un solo punto, la entrada analógica se aplica en VIN (+) mientras que VIN (-) se conecta a la tierra analógica.
- b) Durante la operación normal, el convertidor utiliza VCC =+5V como voltaje de referencia y la entrada analógica puede variar desde 0 a 5V, que es el valor de escala completa.
- c) Convierte el voltaje analógico de entrada en una salida digital de 8 bits. La salida es de tres estados, lo que permite conectar el convertidor con facilidad en canales de datos. Con 8 bits de resolución es de $5V/255=19.6mV$.
- d) Tiene un circuito de reloj interno que produce una frecuencia igual con $f =1/(1.1RC)$, donde R y C son los valores de los componentes conectados al convertidor de manera externa. Una frecuencia típica de reloj es 606 kHz y se obtiene con R = 10k y C=150pF. Si se desea también puede utilizarse un reloj externo; este se conecta a la terminal CLK IN del CI. Tiene conexiones a tierra por separados para los voltajes analógicos y digitales. La terminal ocho corresponde a la tierra analógica y se conecta al punto común que sirve como referencia en el circuito analógico que genera el voltaje analógico. La terminal 10 es la tierra digital, que es la que utilizan todos los dispositivos digitales que integran el sistema.

- e) La tierra digital es inherentemente ruidosa como consecuencia de los rápidos cambios de corriente que tienen su origen cuando los dispositivos digitales cambian de estado. Aunque no es necesario utilizar una tierra analógica aparte, hacerlo asegura que el ruido de la tierra digital no sea la causa de un cambio prematuro en la salida del comparador analógico que se encuentra dentro del ADC. Este CI está diseñado para ser conectado con facilidad al canal de datos de un microprocesador. Por esta razón, los nombres de algunas entradas y salidas del ADC0804 tienen su origen en las funciones que son comunes en los sistemas basados en un microprocesador.

* **Funciones de entradas y salidas**

- a) CS habilitación del microcircuito (chip select).- esta entrada debe encontrarse en su estado activo BAJO para que las entradas (RD) o (WR) tengan efecto.
- b) RD habilitación de salida (output enable).- esta entrada se emplea para habilitar los buffers de las salidas digitales.
- c) WR inicio de conversión (Start conversión).- en esta entrada se aplica un pulso bajo para dar inicio a un nuevo proceso de conversión.
- d) INTR fin de conversión (end of conversión).- esta señal cambia hacia el estado ALTO al inicio de la conversión cuando la conversión termina, regresa al estado BAJO.
- e) Salida de reloj (CLK OUT).-para utilizar el reloj interno, se conecta un resistor en esta terminal. La señal del reloj interno aparece en esta terminal.
- f) Entrada de reloj (CLK IN).- se utiliza como entrada de reloj externo o para conectar un capacitor cuando se hace uso del reloj interno.

Circuito básico de DAC

El DAC0808 es un convertidor de digital a analógico monolítico de 8bits, este ofrece una escala que coloca una corriente completa en la salida en 150ns, mientras que disipa solamente 33mW con las fuentes de $\pm 5V$.

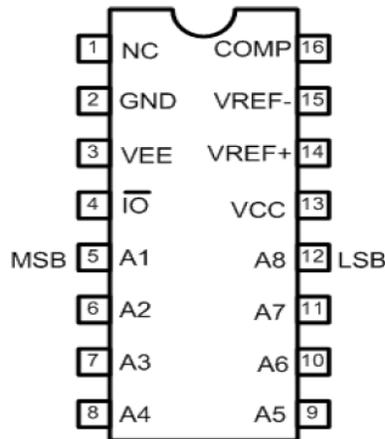


Figura B-2 DAC0808

Tabla A.1 Descripción de Pines DAC0808.

NUMERO DE PIN	DESCRIPCION
1	NC: no conectada
2	GND: tierra
3	Vee: voltaje negativo
4	Iout: Corriente de salida
5	A1: entrada digital, Bit 1
6	A2: entrada digital, Bit 2
7	A3: entrada digital, Bit 3
8	A4: entrada digital, Bit 4
9	A5: entrada digital, Bit 5
10	A6: entrada digital, Bit 6
11	A7: entrada digital, Bit 7
12	A8: entrada digital, Bit 8
13	Vcc: voltaje positivo
14	Vref+: voltaje de referencia +
15	Vref-: voltaje de referencia -
16	COMP: compensacion

No se requiere ningún ajuste actual de la referencia (IREF) para la mayoría de los usos, puesto que la corriente de salida a escala completa es típicamente ± 1 LSB de $255(I_{REF}/256)$. Las exactitudes relativas son de $\pm 0.19\%$ y aseguran 8 bits y linealidades, mientras que la corriente de salida a un nivel cero es menos de $4\mu A$, lo que a su vez proporciona la exactitud de 8bits para $I_{REF} \leq 2mA$. Esta es la corriente máxima, dictaminada por la fuente de voltaje de 10V a través del resistor de $5K\Omega$

conectado al pin 14. Las corrientes de la fuente de alimentación del DAC0808 son independientes de los bits y exhiben esencialmente características constantes del dispositivo sobre la escala entera del voltaje de la fuente.

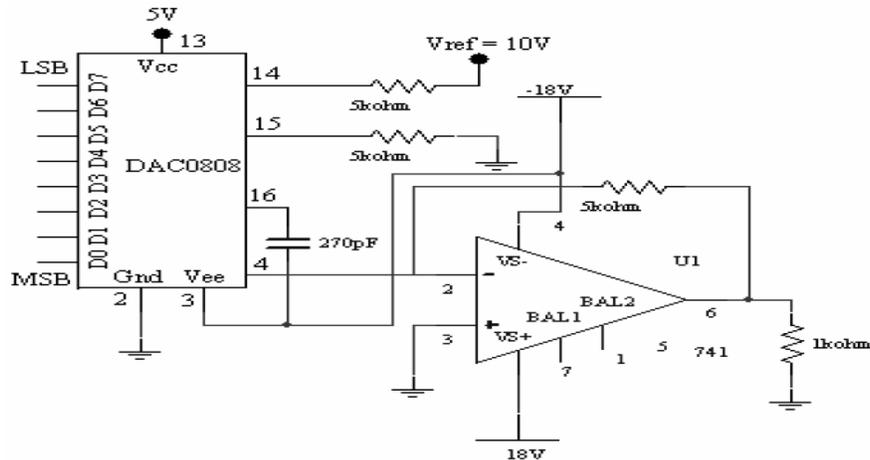


Figura B-3 Diagrama de conexiones del DAC0808

Estructura Interna del DAC0808

El DAC0808 se interconectara con los niveles de la lógica popular del TTL, del DTL o el CMOS, y es un reemplazo directo para MC1508/MC1408, si se requiere utilizar para rangos más altos de la velocidad es conveniente verificar la hoja de datos del DAC800.

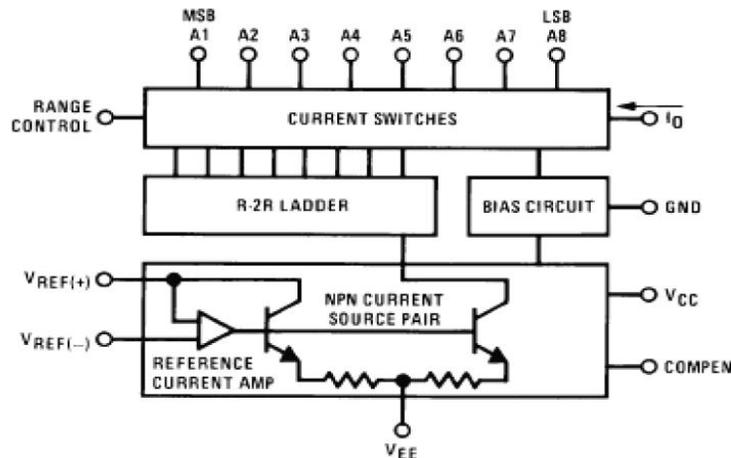


Figura B-4 Estructura interna DAC0808

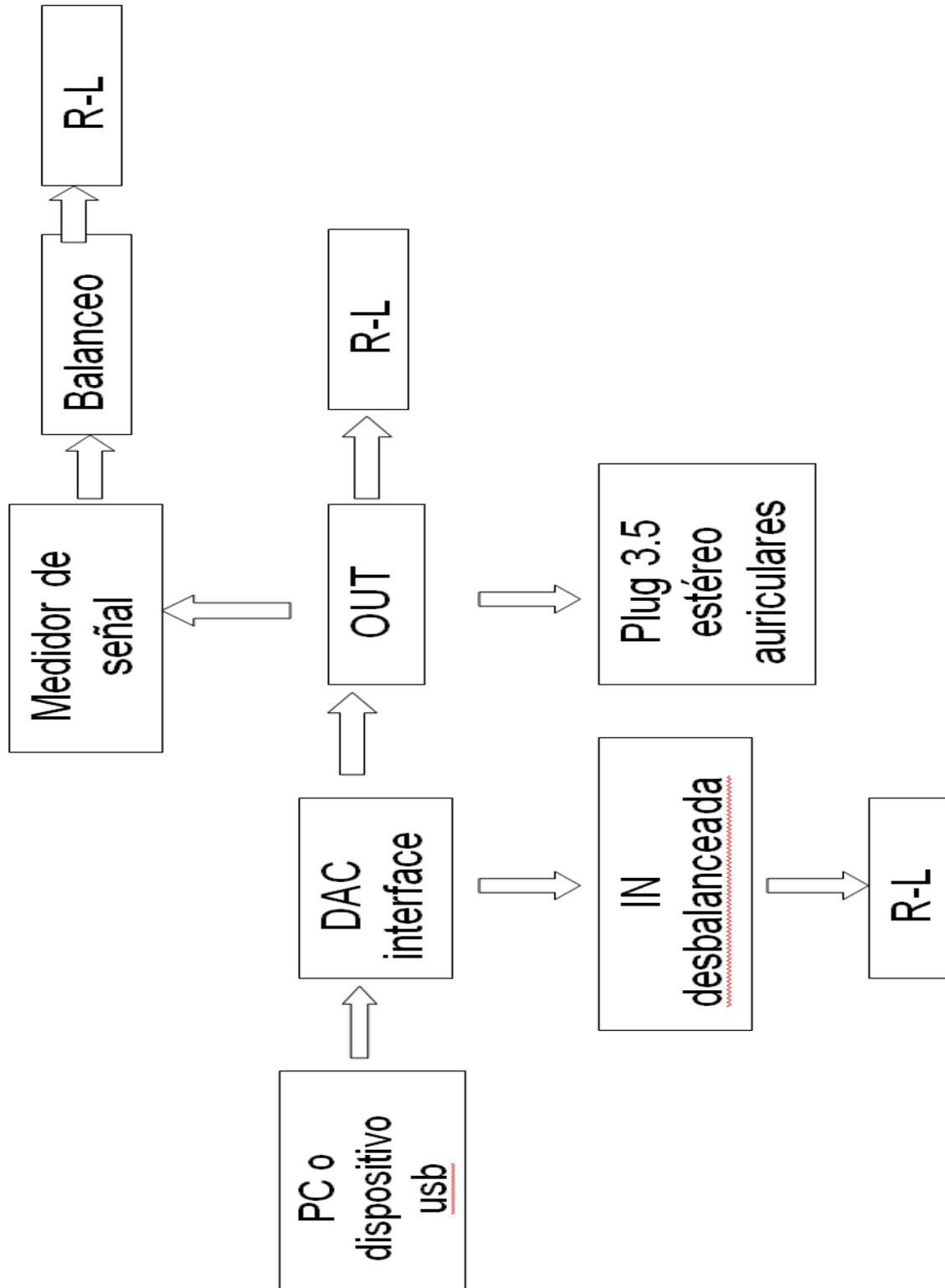


Figura B-5 Diagrama a bloques

ANEXO C

Hojas técnicas.



Burr-Brown Products
from Texas Instruments



PCM2900
PCM2902

SLES035B – MARCH 2002 – REVISED JUNE 2004

**STEREO AUDIO CODEC WITH USB INTERFACE,
SINGLE-ENDED ANALOG INPUT/OUTPUT AND S/PDIF**

FEATURES

- PCM2900: Without S/PDIF
- PCM2902: With S/PDIF
- On-Chip USB Interface:
 - With Full-Speed Transceivers
 - Fully Compliant With USB 1.1 Specification
 - Certified by USB-IF
 - Partially Programmable Descriptors⁽¹⁾
 - USB Adaptive Mode for Playback
 - USB Asynchronous Mode for Record
 - Bus Powered
- 16-Bit Delta Sigma ADC and DAC
- Sampling Rate:
 - DAC: 32, 44.1, 48 kHz
 - ADC: 8, 11.025, 16, 22.05, 32, 44.1, 48 kHz
- On-Chip Clock Generator:
 - With Single 12-MHz Clock Source
- Single Power Supply: 5 V TYP (V_{BUS})
- Stereo ADC
 - Analog Performance at $V_{BUS} = 5\text{ V}$
 - THD+N = 0.01%
 - SNR = 89 dB
 - Dynamic Range = 89 dB
 - Decimation Digital Filter
 - Pass-Band Ripple = $\pm 0.05\text{ dB}$
 - Stop-Band Attenuation = -65 dB
 - Single-Ended Voltage Input
 - Antialiasing Filter Included
 - Digital LCF Included

- Stereo DAC
 - Analog Performance at $V_{BUS} = 5\text{ V}$
 - THD+N = 0.005%
 - SNR = 96 dB
 - Dynamic Range = 93 dB
 - Oversampling Digital Filter
 - Pass-Band Ripple = $\pm 0.1\text{ dB}$
 - Stop-Band Attenuation = -43 dB
 - Single-Ended Voltage Output
 - Analog LPF Included
- Multifunctions:
 - Human Interface Device (HID) Volume \pm Control and Mute Control
 - Suspend Flag
- Package: 28-Pin SSOP

APPLICATIONS

- USB Audio Speaker
- USB Headset
- USB Monitor
- USB Audio Interface Box

DESCRIPTION

The PCM2900/2902 is Texas Instruments single-chip USB stereo audio codec with USB-compliant full-speed protocol controller and S/PDIF (only PCM2902). The USB protocol controller works with no software code, but the USB descriptors can be modified in some areas (e.g., vendor ID/product ID). The PCM2900/2902 employs SpAct™ architecture, TI's unique system that recovers the audio clock from USB packet data. On-chip analog PLLs with SpAct enable playback and record with low clock jitter and with independent playback and record sampling rates.

 Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

⁽¹⁾The descriptor can be modified by changing a mask.

SpAct is a trademark of Texas Instruments, Incorporated.
 Apple, Mac, and Mac OS are trademarks of Apple Computer, Inc.
 Intel is a trademark of Intel Corporation.
 Microsoft, Windows, Windows Me, and Windows XP are trademarks of Microsoft Corporation.
 Other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA: Information is current as of publication date. Products conform to specifications published at Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated



www.fairchildsemi.com

LP2951

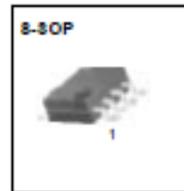
Adjustable Micro Power Voltage Regulator

Features

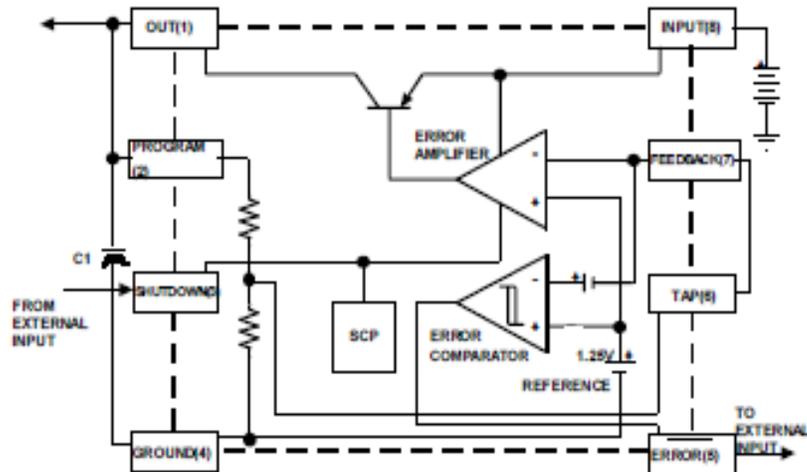
- Low Quiescent Current
- Low Dropout Voltage
- Low Temperature Coefficient
- Tight Line and Load Regulation
- Guaranteed 100mA Output Current
- Internal Short Current & Thermal Limit
- Error Signals of Output Dropout (8 pin Versions Only)
- External Shut-down (8 pin Versions Only)

Description

The LP2951 is an adjustable micro power voltage regulator suitable for use in battery-powered systems. This regulator has various functions such as alarm which warns of a low output voltage, often due to falling batteries on the input, the external shutdown which enables the regulator to be switched on and off, current and temperature limiting.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

TOSHIBA

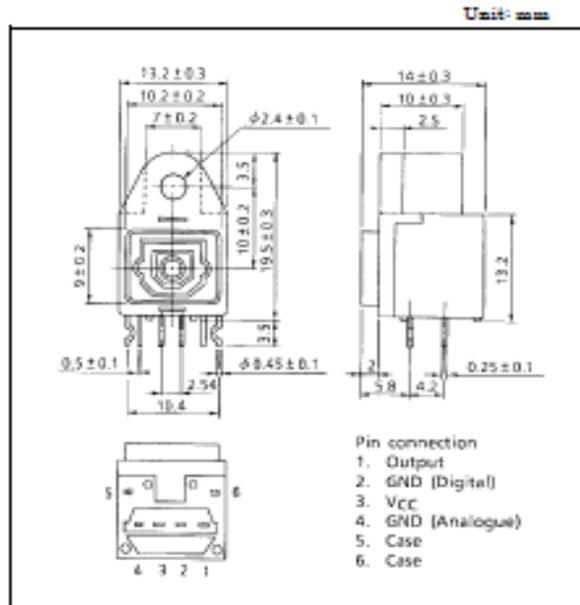
TORX176

FIBER OPTIC RECEIVING MODULE

TORX176

FIBER OPTIC RECEIVING MODULE FOR DIGITAL AUDIO EQUIPMENT

- Conform to JEITA Standard CP-1201 (For Digital Audio Interfaces including Fiber Optic inter-connections).
- TTL Interface
- ATO (Automatic Threshold Control)
Circuit is used for stabilized output at a wide range of optical power level.
- A self-tapping hole for easy attachment to the panel of Audio Equipment.



1. Maximum Ratings (Ta = 25°C)

Characteristics	Symbol	Rating	Unit
Storage Temperature	T _{stg}	-40 to 70	°C
Operating Temperature	T _{opr}	-20 to 70	°C
Supply Voltage	V _{CC}	-0.5 to 7	V
Low Level Output Current	I _{OL}	20	mA
High Level Output Current	I _{OH}	-1	mA
Soldering Temperature	T _{sol}	260 (Note 1)	°C

Note 1: Soldering time ≤ 10 s (More than 1 mm apart from the package).

2. Recommended Operating Conditions

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	4.75	5.0	5.25	V
High Level Output Current	I _{OH}	—	—	-150	μA
Low Level Output Current	I _{OL}	—	—	1.5	mA



LM3914 Dot/Bar Display Driver

Check for Samples: [LM3914](#)

FEATURES

- Drives LEDs, LCDs or Vacuum Fluorescents
- Bar or Dot Display Mode Externally Selectable by User
- Expandable to Displays of 100 Steps
- Internal Voltage Reference from 1.2V to 12V
- Operates with Single Supply of Less than 3V
- Inputs Operate Down to Ground
- Output Current Programmable from 2 mA to 30 mA
- No Multiplex Switching or Interaction Between Outputs
- Input Withstands $\pm 35V$ without Damage or False Outputs
- LED Driver Outputs are Current Regulated, Open-collectors
- Outputs can Interface with TTL or CMOS Logic
- The Internal 10-step Divider is Floating and can be Referenced to a Wide Range of Voltages

DESCRIPTION

The LM3914 is a monolithic integrated circuit that senses analog voltage levels and drives 10 LEDs, providing a linear analog display. A single pin changes the display from a moving dot to a bar graph. Current drive to the LEDs is regulated and programmable, eliminating the need for resistors. This feature is one that allows operation of the whole system from less than 3V.

The circuit contains its own adjustable reference and accurate 10-step voltage divider. The low-bias-current input buffer accepts signals down to ground, or V^- , yet needs no protection against inputs of 35V above or below ground. The buffer drives 10 individual comparators referenced to the precision divider. Indication non-linearity can thus be held typically to 1/2%, even over a wide temperature range.

Versatility was designed into the LM3914 so that controller, visual alarm, and expanded scale functions are easily added on to the display system. The circuit can drive LEDs of many colors, or low-current incandescent lamps. Many LM3914s can be "chained" to form displays of 20 to over 100 segments. Both ends of the voltage divider are externally available so that 2 drivers can be made into a zero-center meter.

The LM3914 is very easy to apply as an analog meter circuit. A 1.2V full-scale meter requires only 1 resistor and a single 3V to 15V supply in addition to the 10 display LEDs. If the 1 resistor is a pot, it becomes the LED brightness control. The simplified block diagram illustrates this extremely simple external circuitry.

When in the dot mode, there is a small amount of overlap or "fade" (about 1 mV) between segments. This assures that at no time will all LEDs be "OFF", and thus any ambiguous display is avoided. Various novel displays are possible.

Much of the display flexibility derives from the fact that all outputs are individual, DC regulated currents. Various effects can be achieved by modulating these currents. The individual outputs can drive a transistor as well as a LED at the same time, so controller functions including "staging" control can be performed. The LM3914 can also act as a programmer, or sequencer.

The LM3914 is rated for operation from 0°C to +70°C. The LM3914N-1 is available in an 18-lead PDIP (NFK) package.

The following typical application illustrates adjusting of the reference to a desired value, and proper grounding for accurate operation, and avoiding oscillations.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated



NE5534, NE5534A, SA5534, SA5534A
 SLOS070D – JULY 1979 – REVISED NOVEMBER 2014

NE5534x, SA5534x Low-Noise Operational Amplifiers

1 Features

- Equivalent Input Noise Voltage 3.5 nV/√Hz Typ
- Unity-Gain Bandwidth 10 MHz Typ
- Common-Mode Rejection Ratio 100 dB Typ
- High DC Voltage Gain 100 V/mV Typ
- Peak-to-Peak Output Voltage Swing 32 V Typ With $V_{CC\pm} = \pm 18\text{ V}$ and $R_L = 600\ \Omega$
- High Slew Rate 13 V/μs Typ
- Wide Supply-Voltage Range $\pm 3\text{ V}$ to $\pm 20\text{ V}$
- Low Harmonic Distortion
- Offset Nulling Capability
- External Compensation Capability

2 Applications

- Audio Preamplifiers
- Servo Error Amplifiers
- Medical Equipment
- Telephone Channel Amplifiers

3 Description

The NE5534, NE5534A, SA5534, and SA5534A devices are high-performance operational amplifiers combining excellent dc and ac characteristics. Some of the features include very low noise, high output-drive capability, high unity-gain and maximum-output-swing bandwidths, low distortion, and high slew rate.

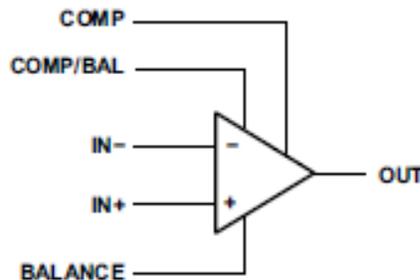
These operational amplifiers are compensated internally for a gain equal to or greater than three. Optimization of the frequency response for various applications can be obtained by use of an external compensation capacitor between COMP and COMP/BAL. The devices feature input-protection diodes, output short-circuit protection, and offset-voltage nulling capability with use of the BALANCE and COMP/BAL pins (see Figure 10).

For the NE5534A and SA5534A devices, a maximum limit is specified for the equivalent input noise voltage.

Device Information

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE (NOM)
NE5534x	SOIC (8)	4.90 mm X 3.91 mm
SA5534x	SOIC (8)	4.90 mm X 3.91 mm
	SO (8)	6.20 mm X 5.30 mm

4 Simplified Schematic



 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

