

# Transmisión y recepción voz digital

Vázquez Gonzalez Erick, ESIME Zacatenco

## Abstract

¿Como lograr que un microcontrolador pueda recibir una señal analógica de audio convertirla en digital y reproducirla por medio de un transductor? En este reporte se detalla la serie de pasos a seguir para lograr esta recepción y transmisión de información por medio de un micro controlador, entre las distintas aplicaciones de esto método se encuentran, detección de beats, detección de amplitud, análisis de frecuencia , cajas de efectos digitales (procesamiento digital de señales), grabadores digitales, representaciones gráficas del sonido

## Keywords

Transimision — Digital — Audio

<sup>1</sup> Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Mexico DF

<sup>2</sup> Academia de comunicaciones, IPN, ESIME Zacatenco, 2014

\*Autor del texto: gzerox@gmail.com

## Contents

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1 Marco Teórico</b>	<b>2</b>
1.1 Teoria de Muestreo	2
1.2 Offset de DC	2
1.3 Amplificador No inversor	2
1.4 Arreglo R/2R ADC	3
1.5 Filtro Pasa Bajas	3
1.6 Seguidor de Tensión	3
1.7 Programación AVR	3
<b>2 Diseño</b>	<b>3</b>
2.1 Lista de Materiales	3
2.2 Esquemático	4
2.3 Codigo de programacion en C	4
2.4 Circuito Impreso	4
<b>3 Conclusiones y Observaciones</b>	<b>5</b>
<b>4 Bibliografía y referencias web</b>	<b>5</b>

## Introducción

Si alguna vez has intentado grabar audio en tu computadora, es muy probable que hallas visto una forma de onda que varia dependiendo de la intensidad del sonido grabado, como la figura 1

Si amplificamos esta señal en el tiempo (figura 2) nos daremos cuenta de que esta señal esta formada por cientos de miles de oscilaciones que van y vienen, a esto le llamamos señal de audio y cuando tratamos con señales de audio en la electrónica, esas oscilaciones representan voltajes en el tiempo. Una señal de audio típica oscila alrededor de 0v esto es normal para señales de audio, la amplitud de una señal

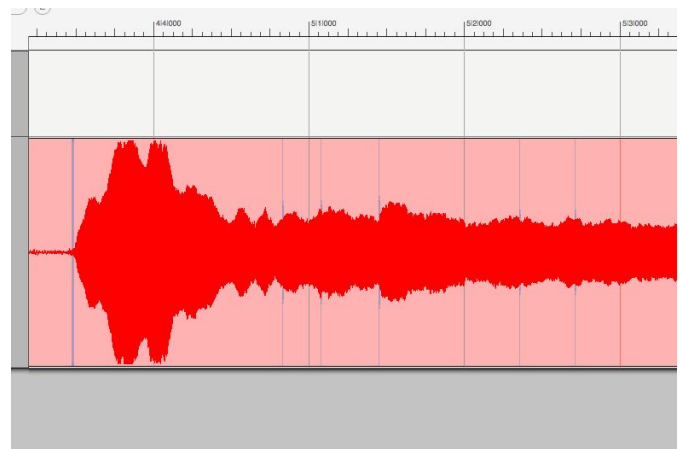


Figure 1. Señal de audio generada por computadora

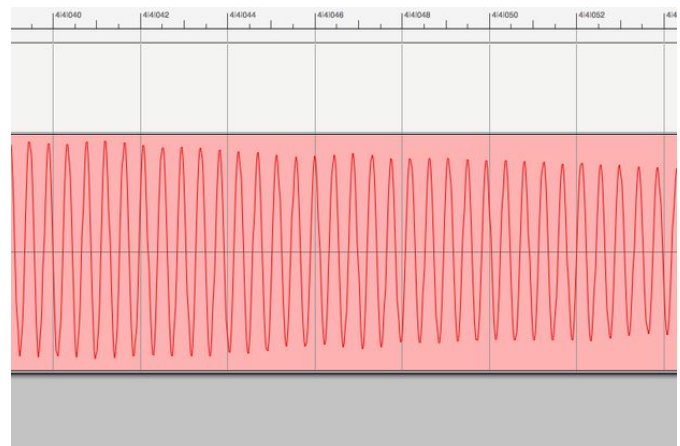


Figure 2. Señal de audio ampliada en tiempo

de audio puede ser de 2V, sin embargo alcanza su máximo voltaje en 2V y su mínimo en -2v esto es un problema

Los micro controladores solo pueden medir voltajes entre 0 y 5v, si medimos los voltajes negativos el micro controlador este solo leerá 0v y terminaríamos cortando la parte negativa de la señal, sin embargo, es posible amplificar y aplicar un offset a señales de audio para que estén colocadas entre este rango de 0 a 5v, idealmente la colocaremos en 2.5v para que su voltaje mínimo sea 0v y su máximo 5v

$$V_{max} = V_{central} - Amplitud = 2.5v - 2.5v = 0v$$

$$V_{min} = V_{central} + Amplitud = -2.5v + 2.5v = 0v$$

La figura 2 obtenida en el muestra la salida de audio de un tono, la señal es relativamente débil solo 200mV esta señal debe ser amplificada al voltaje que queremos (2.5v) Amplificación significa incrementar la amplitud (La distancia máxima entre el 0 y su máximo y mínimo de la señal)

La siguiente señal esta amplificada sin embargo aun se encuentra acoplada en 0v oscilando entre -2.5v y 2.5v por lo que para corregir esto tendremos que aplicar un Offset de CD, que significa cambiar el voltaje promedio de la onda la siguiente imagen muestra la señal con su voltaje central en 2.5v en lugar de 0v, es decir la señal nunca lleva a 0v, esta señal esta preparada para ser recibida por el puerto analógico de nuestro micro controlador

## 1. Marco Teórico

### 1.1 Teoría de Muestreo

La teoría del muestreo demuestra que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras, es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda existen muchas maneras de muestrear una señal, la más común es el muestreo periódico o uniforme. Este proceso se describe mediante la relación

$$X(n) = X_a(nT)^1. \quad (1)$$

Donde  $x(n)$  es la señal en tiempo discreto obtenida tomando muestras de la señal analógica ( $X_a$ ) cada  $T$  segundos.

El muestreo periódico establece una relación entre las variables  $t$  de tiempo continuo y  $n$  de tiempo discreto. De hecho, estas variables se relacionan linealmente a través del periodo de muestreo  $T$  o equivalentemente, a través de la velocidad de muestreo como

$$t = nT \quad (2)$$

Como consecuencia de esta expresión, existe una relación entre la variable frecuencia  $F$  de las señales analógicas y la variables frecuencia  $f$  de las en tiempo discreto. Para establecer dicha relación si se considera una señal analógica de la forma

$$t = nT \quad (3)$$

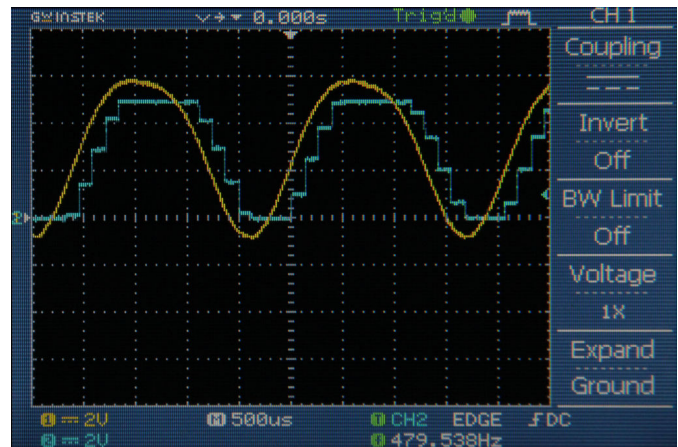


Figure 4. Circuito impreso diseñado en Altium Designer

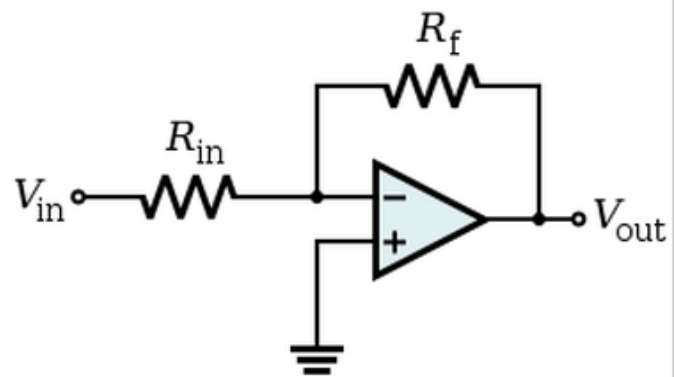


Figure 5. Amplificador no inversor

### 1.2 Offset de DC

Con la intención de que nuestro micro controlador sea capaz de leer los voltajes de 0 a 5v es necesario desplazar nuestra señal del origen a un voltaje promedio de 2.5v, esto le permite al microcontrolador procesar los valores de 0 a 256 y de esta manera el voltaje de CD sobre el cual estará montada la señal senoidal, será 2.5V lo significa que la señal estará desplazada hacia arriba 25v. esto lo lograremos mediante un divisor de voltaje el cual se alimentará por medio de el USB de nuestro computador o cualquier fuente externa por medio de su propia celda

### 1.3 Amplificador No inversor

El amplificador es la primera parte del circuito, incrementará la amplitud de la señal de 200mV a 2.5v (idealmente), la otra función del amplificador es proteger la fuente del audio, (lo que sea que genere el audio, teléfono, pc, radio, etc...) del resto del circuito, La señal amplificada requerirá toda la corriente del amplificador, así que cualquier carga puesta después en el cto no será "sentida" por la fuente, utilizaremos nuestros OP AMPS en configuración no inversora.

Alimentaremos nuestros OP AMPS con +-10v debido a que la señal no será amplificada nunca más allá de 2.5v utilizaremos un divisor de voltaje para poder obtener 5v para alimentar nuestro microprocesador, así como un capacitor

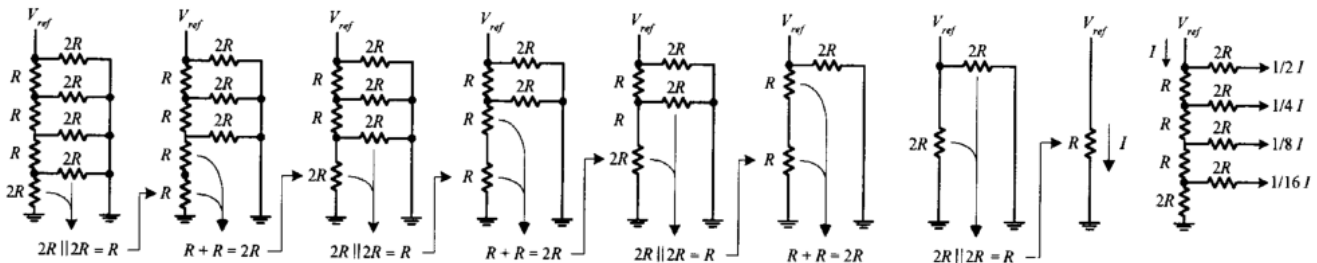


Figure 3. Arreglo R/2R

bypass

#### 1.4 Arreglo R/2R ADC

ADC son las siglas en ingles de Convertidor analogico digital , debido a que nuestro microcontrolador no tiene las capacidades de salida analogicas tenemos que usar un ADC para convertir nuestros datos digitales (Bytes/Numeros/ints) en una forma de onda analogica (tension oscilante) una forma economica y sencilla de hacer esto es utilizar una escalera R2R, Escencialmente toma la salida digital de 0v a 5v los pesa y los suma para producir un voltaje entre 0v y 5v se puede pensar de este arreglo como un divisor de voltaje se multiples niveles

En este caso particular utilizaremos un ADC R2R de 8 bit, esto significa que puede producir  $2^8$  diferentes voltajes entre 0v y 5v, y los conectaremos a los pines 0-7 de nuestro microcontrolador

Un arreglo de este tipo utiliza una escalera de resistencias utilizando solo 2 valores R y 2R la figura muestra un arreglo simple de 4 bits , por ahora asumiremos que switches lógicos controlaran las entradas, la corriente siempre es la misma no importa si se activa un switch o varios , la corriente fluye a tierra si el switch se apaga, , sin embargo si este prende fluiría hacia una tierra virtual de la terminal no inversora de un OPAMP el OPAMP convertirá la señal no inversora en 0v vía retroalimentación negativa

#### 1.5 Filtro Pasa Bajas

Son aquellos que introducen muy poca atenuación a las frecuencias que son menores que una determinada, llamada frecuencia de corte. Las frecuencias que son mayores que la de corte son atenuadas fuertemente.

Una posible aplicación de este tipo de filtro sería la de hacer que las altas frecuencias de una señal de audio fuesen a un altavoz para sonidos agudos mientras que un filtro paso bajo haría lo propio con los graves. Otra aplicación sería la de eliminar los ruidos que provienen de la red eléctrica (50 o 60Hz) en un circuito cuyas señales fueran más altas.

#### 1.6 Seguidor de Tensión

El seguidor de tensión es aquel circuito que proporciona a la salida la misma tensión que a la entrada, independientemente de la carga que se le acopla, que es tanto como decir, independientemente de la intensidad que se demande. Esta aplicación es importante en la amplificación de señales que teniendo un

buen nivel de tensión son de muy baja potencia y por tanto se atenuarían en el caso de conectarlas a amplificadores de mediana o baja impedancia de entrada.

El seguidor de tensión se utiliza a menudo en los circuitos lógicos, para la construcción de buffers.

#### 1.7 Programación AVR

Para programar nuestro microcontrolador tendremos que utilizar un programador AVR externo o podemos utilizar nuestros pines de programación que agregamos directamente en el circuito impreso, estos nos permitirán reprogramar el micro directamente conectado en el PCB, el diseño de nuestro PCB tiene contemplado el ruteo de los pines VCC, MISO, MOSI, SCK, CC y GND, para cumplir este proposito, así como los componentes requeridos para que el microcontrolador pueda funcionar de manera autónoma

## 2. Diseño

El diseño de nuestro circuito se realizó en altium designer 14, utilizando los estándares de la IPC 2221A y reglas de diseño apropiadas de OSH Park con las siguientes especificaciones adecuadas para en caso de ser requerido poder maquilar el Circuito impreso por medio de los archivos GERBER en una fabrica de maquilación de Circuitos Impresos sea nacional o internacional; los componentes se adquirieron por medio de Newark element14 debido a la facilidad de seleccionar los componentes y sus datasheets en línea

Los archivos gerber generados para la generación de la placa de Circuito Impreso (PCB) se enviaron por medio de internet a fabricar a OSH Park en estados unidos con las siguientes características

1. Placa FR4 170Tg/290Td situable para soldadura libre de plomo y altas temperaturas
2. Acabados ENIG Oro para soldadura superior y resistencia ambiental a la oxidación
3. 1.6mm de ancho (63 mils) con 1 oz de cobre de ambos lados

#### 2.1 Lista de Materiales

Los componentes se adquirieron por medio de newark element14 esto debido a la escasez de componentes especializados como las resistencias de precisión de 10k 20k y 3k, así





### 3. Conclusiones y Observaciones

Este arreglo no da la mejor calidad de audio, es posible utilizar Circuitos integrados ADC estos tienen mejor calidad de audio estos funcionan con 5v, que incluso pueden proporcionar salidas estéreo sin embargo habría que recurrir a Circuitos integrados más avanzados y especializados

Se utilizaron LM741 debido a que se tienen de sobra de todas las prácticas a lo largo de la carrera, se pudo utilizar empaquetados más pequeños que contienen 4 LM741 integrados sin embargo se optó por utilizar los componentes existentes

La calidad de sonido de salida es baja debido al proceso de conversión del ADC de 8 bits de resistencias, es probable incrementar la calidad del sonido utilizando un ADC de 16 bits sin embargo se tendría que encontrar un microcontrolador capaz de manejar 16 puertos de salida simultáneamente es de un audio analógico de 8 bits, por lo que canciones con una mejor calidad de audio

El led azul indicador de 10v se quemó durante las pruebas, esto se debió al cálculo de la resistencia limitadora de corriente fue "demasiado exacto" por lo que la tolerancia paso a jugar en nuestra contra, el led funcionó aproximadamente 30 minutos antes de quemarse, se estima que la corriente que pasó por el fue de 21mA cuando la corriente máxima soportada por el mismo era de 20mA

Originalmente se tenía planeado hacer la transmisión inalámbrica sin embargo debido a la dificultad de realizar el proceso de manera "alámbrica" se optó por hacerlo solo en la misma tablilla de PCB, reservando los módulos inalámbricos XBee para un proyecto alternativo que se realizó a la par de este, probablemente se implementen los módulos de comunicación inalámbrica para un proyecto de tesis utilizando este proyecto como base

Se tuvieron distintos problemas de distintos tipos de esta magnitud debido a que se tuvo que llevar un proceso de comprobación de teoría, verificación en laboratorio, repetidas veces, incluso se tuvo que descartar un primer circuito de una sola cara, que se llegó a imprimir soldar, estañar y probar de manera casera, esto nos llevó a tener la problemática de tener que reparar distintas pistas que o no se pasaron bien a la placa o se arrancaron en el proceso de estañado, finalmente se comprobó que lo ideal es pasar de la protoboard al PCB siempre y cuando se tenga muy en claro cómo se deberá pasar de protoboard a PCB, así como procurar siempre un diseño modular con puntos de prueba incluidos en el PCB para poder tener una maniobrabilidad incluso después de que el PCB esté terminado

### 4. Bibliografía y referencias web

Practical Electronics for inventors, Feb 2013, Paul Scherz (Autor)

The Art of Electronics 2nd Edition Hardback (Inglés), 14 sep 1989

<http://electronics.stackexchange.com/>

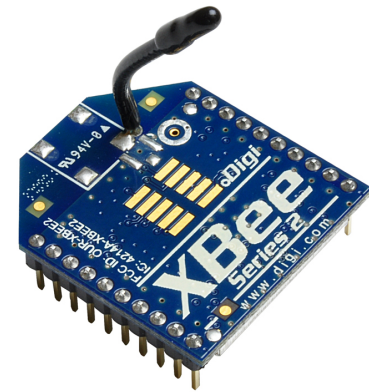


Figure 9. Módulo de comunicación inalámbrica Xbee

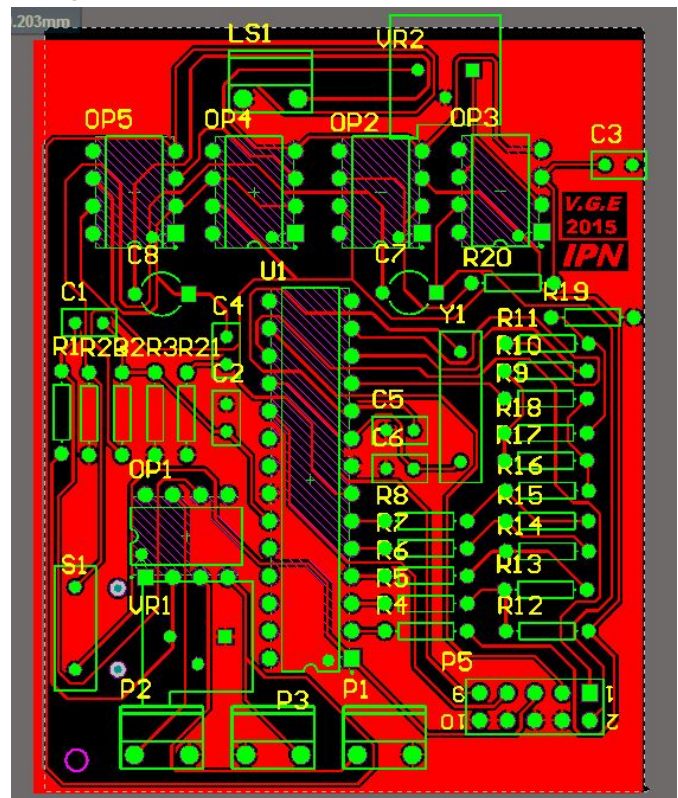


Figure 10. Primer prototipo

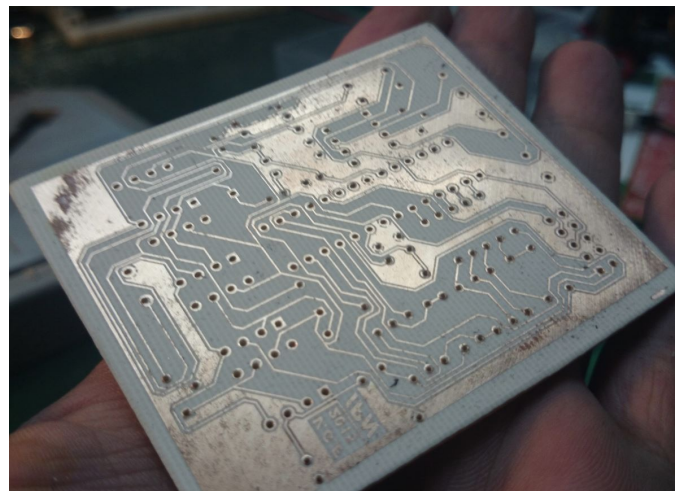


Figure 11. Amplificador no inversor