

# Implementación de un Prototipo de Retardador de Audio utilizando Microcontroladores

Vanessa Guevara, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador  
 Fernando Flores, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito – Ecuador  
 Jorge Rivadeneira, University of Southampton, Southampton-Reino Unido

**Resumen** – Dentro del presente artículo se muestra el proceso de diseño e implementación de un prototipo retardador de audio. El prototipo retarda una señal de audio estéreo en tiempo real manejando cada canal de audio en forma independiente, con su propio microcontrolador y memoria de almacenamiento, para el procesamiento de la señal de audio el prototipo cuenta con el microcontrolador ATmega128A1 y para almacenar la señal de audio se utiliza la memoria externa MT48LC16M4A2. El prototipo puede retardar una señal de audio entre 0,1 y 30 segundos con un retardo variable de 0,1 segundos, con el fin de determinar el tiempo de retardo ingresado por el usuario a través del control remoto el prototipo utiliza el microcontrolador ATmega8. Las pruebas del prototipo fueron realizadas con las transmisiones deportivas, con el objetivo de sincronizar el audio transmitido por radio con el video recibido a través de televisión satelital y medios online.

**Índices** – audio, retardador, microcontrolador, ATmega, memorias.

## I. INTRODUCCIÓN

Las plataformas de TV digital terrestre y satelital presentan un retardo del video en relación a la señal de audio recibida por radiodifusión durante las transmisiones deportivas en directo; por lo que en el presente artículo se aborda la posibilidad de solucionar este problema, retrasando el audio transmitido por la radio, con el fin de escuchar una transmisión deportiva por radio y al mismo tiempo contemplarla por televisión. Se plantea construir un prototipo de retardador de audio utilizando microcontroladores, los cuales son los encargados de recibir una señal de audio estéreo en tiempo real, digitalizarla y almacenarla en una memoria externa, para luego ser reproducida controlando el tiempo de retardo [1], [2]. El prototipo está formado por cinco etapas, las cuales cumplen con una función específica. La etapa de alimentación es la encargada de proporcionar cada uno de los niveles de voltajes necesarios por los dispositivos que conforman las diferentes etapas. La etapa de acondicionamiento de entrada reduce los

niveles de ruido adheridos a la señal de audio y adapta la señal a los niveles de voltajes requeridos por la etapa de procesamiento. La etapa de selección de retardo se encarga de determinar cuál es el tiempo de retardo ingresado por el usuario mientras que la etapa de procesamiento digitaliza y almacena la señal de audio acondicionada en una memoria externa, de acuerdo al tiempo de retardo enviado por la etapa de selección de retardo la señal de audio es convertida nuevamente en analógica. Finalmente la etapa de acondicionamiento de salida adecua la señal de audio para su reproducción.

## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. Audio

El audio es la representación eléctrica del sonido, generado a partir de un transductor que convierte las señales de presión de aire en señales eléctricas, el audio puede ser analógico o digital. El audio analógico es la representación eléctrica del sonido en la cual las variaciones de presión sonora son representadas por variaciones de voltaje, tiene componentes de voltaje positivas y negativas; y se encuentra dentro del rango de frecuencias de 20 Hz a 20000 Hz que corresponde a las frecuencias audibles para el ser humano [3],[4].

El audio digital es la codificación de la señal eléctrica que representa al sonido, una señal de audio digital representa a las señales sonoras mediante una secuencia discreta de números binarios (1 y 0). Las principales ventajas de tener audio digital es que es inmune al ruido y a la interferencia, que comúnmente afecta al audio analógico, además no pierde calidad con el paso del tiempo, puede ser procesado y almacenado en memorias [4].

Las señales de audio digitalizadas pueden ser almacenadas en memorias, la capacidad de la memoria depende de la frecuencia de muestreo, la cantidad de bits que se utiliza para representarla y el tiempo de duración de dicha señal, tal y como se muestra en (1).

$$\text{Capacidad} = \text{Duración} \cdot \frac{\text{muestras}}{s} \cdot \frac{\text{bits}}{\text{muestras}} \quad (1)$$

### B. Televisión Analógica

La televisión es un sistema de transmisión de imágenes y sonido no permanentes a distancia, a través de ondas electromagnéticas propagadas por aire, cable o por cualquier

V. Guevara, es Profesor Ocasional 2 T/C en el Departamento de Formación Básica de La Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, (e-mail: vanessa.guevarav@epn.edu.ec).

F. Flores, es Profesor Principal T/C en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de La Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, (e-mail: fernando.flores@epn.edu.ec).

J. Rivadeneira es Master de la Escuela de Electrónica y Ciencias de la Computación (ECS) de la Universidad de Southampton, Southampton-Reino Unido, (e-mail: jerm1n14@southamptonalumni.ac.uk).

otro medio. Las señales de televisión presentan un retardo como consecuencia a las distancias que deben recorrer desde el emisor hasta el receptor. Una señal de televisión satelital recorre al menos 72000 km, debido a que los satélites geoestacionarios se encuentran a 36000 km de la tierra, lo que introduce un retardo de alrededor de 240 ms, sin embargo esto varía según la posición entre el emisor, el satélite y el receptor, teniendo un rango de retardo entre 250 y 300 ms [5].

A diferencia de las señales de televisión satelital, las señales de televisión terrestre presentan retardos bajos, ya que las distancias que existen entre emisor y receptor son más cortas, las señales de televisión viajan por el aire como ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s) y por cable viajan a una velocidad de  $2 \times 10^8$  m/s. [6]

### III. DISEÑO PROTOTIPO

Para el diseño del prototipo de retardador de audio se consideró que cada canal se maneja de forma independiente, por lo que el diseño de las etapas de acondicionamiento de entrada, procesamiento y acondicionamiento de salida se hace para un solo canal y se replica para el otro.

#### A. Etapa de Acondicionamiento de Entrada

La etapa de acondicionamiento de entrada está formada por tres fases: Offset, Detección de Clipping y filtrado. Para el acondicionamiento de entrada se utiliza los circuitos integrados LM358, que poseen dos amplificadores operacionales internamente, el mismo que es polarizado con una fuente de voltaje de 5 voltios. La entrada de esta etapa está conectada a un conector Jack hembra de 3.5 mm para que el usuario pueda conectar el prototipo al equipo de audio al cual se le va a retardar la señal de audio.

##### 1) Fase de Offset:

Con el objetivo de que la señal de audio varíe entre 0 y 2 voltios se fijó un nuevo nivel de referencia al valor de 1 voltio, para esto se utilizó un amplificador operacional en la configuración no inversora con ganancia igual unitaria [7], el mismo que se muestra en la Figura 1. Las resistencias R2 y R3 forman un divisor de voltaje para fijar el nuevo nivel de referencia, que es igual al voltaje que cae en la resistencia R3. El capacitor C1 forma un filtro para suprimir la componente continua de la señal de audio y R1 es la resistencia de realimentación que determina la ganancia del amplificador.

##### 2) Fase de Detección de Clipping:

La fase de detección de clipping se encarga de verificar si la señal de audio se encuentra fuera del rango de voltaje establecido [7], para esto se utilizó un comparador de ventana, el mismo que está constituido por dos amplificadores operacionales [8], cada uno en la configuración de comparador, el primero se encarga de controlar el voltaje superior (VH) y el segundo controla el voltaje inferior (VL) de los límites establecidos para la señal de audio.

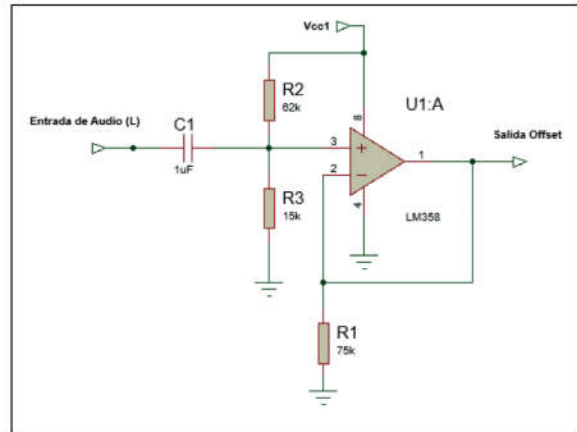


Fig. 1. Fase de Offset-Prototipo

En la Figura 2 se muestra la fase de detección de clipping. A la salida del comparador de ventana se coloca un led rojo que se enciende solo cuando la señal de audio se encuentra fuera de los límites, el led rojo indica al usuario que la señal de audio está sobrepasando los límites por lo que es necesario disminuir el nivel de voltaje de dicha señal.

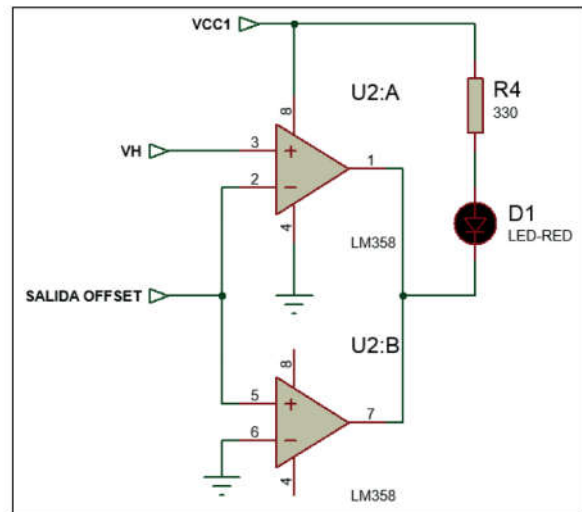


Fig. 2. Fase de detección de Clipping

##### 3) Fase de Filtrado:

Para reducir los niveles de ruido adheridos a la señal de audio en las fases anteriores, es necesario que la señal pase por una fase de filtrado, con el objetivo de atenuar las componentes de frecuencia que sobrepasan la frecuencia de corte [7]. La señal de audio analógico tiene componentes de frecuencia de hasta 20 kHz, por lo que se decidió utilizar un filtro pasa bajo pasivo RC con una frecuencia de corte de 20 kHz. La Figura 3 muestra la fase de filtrado de la etapa de acondicionamiento de entrada, el diseño del filtro se presenta a continuación:

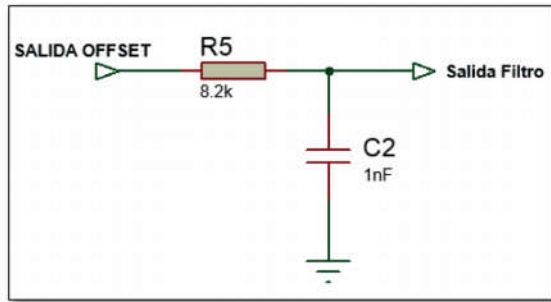


Fig. 3. Fase de Filtrado

### B. Etapa de selección de Retardo

La etapa de selección de retardo se encarga de recibir la señal enviada por el control remoto a través del sensor infrarrojo, con el fin de que el microcontrolador determine el tiempo de retardo y lo envíe a las etapas de procesamiento, además muestra el tiempo de retardo ingresado por el usuario en una pantalla LCD. El software del microcontrolador Atmega 8 fue desarrollado con la herramienta de programación Bascom-AVR versión 2.0.7.7 [8] [9]. El software del microcontrolador Atmega 8 está formado por el programa principal y una subrutina para la interrupción generada por el sensor infrarrojo. El programa principal es el encargado de determinar el tiempo de retardo, mostrarlo en la pantalla del LCD y enviarlo a los microcontroladores de la etapa de procesamiento, en la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

Al inicio del programa se configuró todas las características utilizadas del microcontrolador, a continuación se detalla la secuencia de configuración:

- Configuración de los pines para el LCD.
- Configuración de la comunicación serial.
- Configuración de los pines como entradas y salidas.
- Configuración del temporizador.
- Configuración de la Interrupción Externa.
- Configuración de las variables a utilizarse con sus respectivos nombres y dimensiones.

Dentro del programa principal se ejecutan tres funciones las cuales son: determinar el tiempo de retardo ingresado por el usuario, insertar el punto decimal y enviar el retardo a los microcontroladores de la etapa de procesamiento.

La Función 1 encargada de determinar el tiempo de retardo se ejecuta solo cuando el usuario a presionado un botón correspondiente a un número, entre 0 y 9, si esto sucede el programa se encarga de determinar cuál fue el botón que presionó el usuario para luego determinar el tiempo de retardo ingresado. Si el usuario ingreso un tiempo mayor a 30 segundos se inicializan nuevamente las variables.

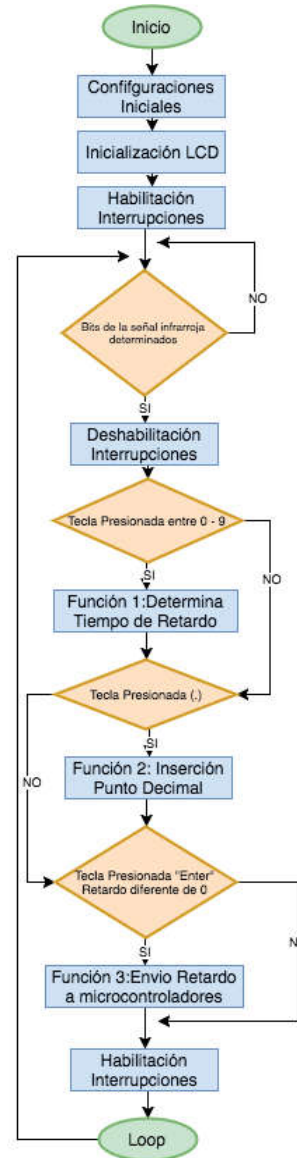


Fig. 4. Diagrama de Flujo del programa del microcontrolador ATmega8

Una vez que ya se ha determinado el tiempo de retardo se transforma la variable tiempo a una cadena de caracteres, con el objetivo de enviar la información a los microcontroladores de la etapa de procesamiento. Además se da el formato numérico correspondiente a la cadena de caracteres con el fin de mostrar el tiempo de retardo en la pantalla LCD, según sea el caso el retardo puede ser decimal o entero.

La Función 2 se encarga de insertar el punto decimal cuando el usuario presiona el botón correspondiente, esta función se ejecuta solamente cuando la variable decimal es cero, es decir no se ha presionado anteriormente el mismo botón. En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo de la función 2.

La Función 3 es la encargada de enviar la cadena de caracteres correspondiente al tiempo de retardo a los

microcontroladores de la etapa de procesamiento e inicializar todas las variables, esta función se ejecuta solo cuando el usuario presiona el botón "ENTER" en el control remoto y además el tiempo de retardo es diferente de cero.

#### 1) Subrutina de Interrupción general por el Sensor Infrarrojo.

La secuencia del programa irá a la interrupción cada vez que la señal recibida por el sensor infrarrojo tenga un nivel bajo (0L), en este caso se determinará cada uno de los bits de la señal enviada por el control remoto [10]

#### C. Etapa de Procesamiento

La etapa de procesamiento se encarga de digitalizar la señal de audio, almacenarla en memoria y convertirla nuevamente en analógica de acuerdo al tiempo de retardo que fue ingresado en la etapa anterior. El hardware de la etapa de procesamiento está formado por el módulo de evaluación Xmega-A1 Xplained, el mismo que consta del microcontrolador ATxmega128A1 y la memoria SRAM externa MT48LC16M4A2, los cuales se comunican a través de la interfaz de bus externo [9] [11].

El software del microcontrolador fue desarrollado con la herramienta de programación Bascom-AVR versión 2.0.7.7, el cual facilita la utilización de las características especiales del microcontrolador ATxmega128A1. [12] [13].

Al inicio del programa se configuró todas las características utilizadas del microcontrolador las mismas que se detallan a continuación:

- Configuración del oscilador.
- Configuración de la comunicación serial.
- Configuración del conversor analógico digital.
- Configuración de la memoria externa.
- Configuración del conversor digital analógico.
- Configuración de los puertos como entradas y salidas.
- Configuración de las variables a utilizarse con sus respectivos nombres y dimensiones.

El software del microcontrolador ATxmega128A1 es el encargado de recibir la cadena de caracteres correspondiente al tiempo de retardo enviado por el microcontrolador, Atmega8. procesarlo para calcular el número de muestras totales que se debe tomar de la señal de audio, almacenar las muestras en la memoria externa, realizar la conversión analógica digital y la conversión digital analógica de la señal de audio [14], en la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del programa del microcontrolador.

#### D. Etapa de Acondicionamiento de Salida

La señal de audio luego de pasar por la etapa de procesamiento es enviada a la etapa de acondicionamiento de salida en donde es filtrada para reducir el ruido que se ha adherido a la señal durante las etapas anteriores [7]. En esta etapa se utilizó un filtro supresor de ruido, el cual está formado por un filtro pasa altos con frecuencia de corte de 20 Hz y un filtro pasa bajos con frecuencia de corte de 20 kHz.

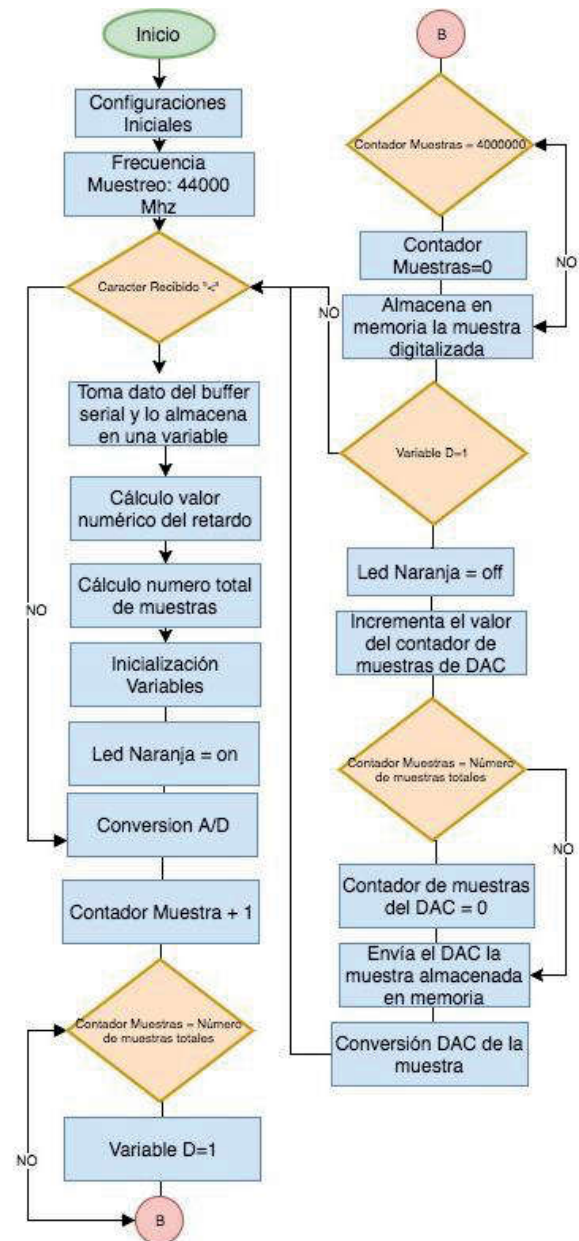


Fig. 5. Diagrama de Flujo del programa del microcontrolador ATxmega128A1

En la Figura 6 se muestra la etapa de acondicionamiento de salida. La salida de esta etapa está conectada a un conector Jack hembra de 3.5 mm para que el usuario pueda conectar el prototipo de retardador de audio a parlantes, audífonos o la entrada de audio de cualquier equipo electrónico.



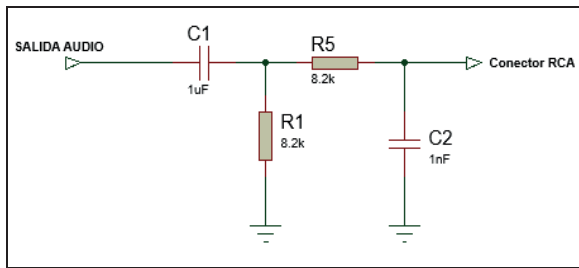


Fig. 6. Etapa de Acondicionamiento de Salida

E. Fuente de Alimentación

Para el funcionamiento del prototipo de retardador de audio se necesitan dos niveles de voltaje 5 y 2 voltios, el primer nivel de voltaje es necesario para polarizar los microcontroladores, el modulo LCD, el sensor infrarrojo y los circuitos integrados LM358 y el segundo nivel de voltaje es necesario para el voltaje del limite superior del comparador de ventana [7].

Para diseñar la fuente de alimentación se consideró la corriente total consumida por el prototipo de retardador de audio, en la Tabla 1 se detallan las corrientes de consumo de cada dispositivo electrónico de acuerdo a los datos técnicos obtenidos del fabricante.

TABLA I  
CORRIENTE DE CONSUMO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS [3][5][6]

Cantidad	Dispositivos	Corriente Máxima de Consumo Individual(mA)	Corriente de Consumo Total(mA)
1	ATMega 8	300	300
1	Módulo LCD	40	40
1	Sensor VS1838B	15	15
2	Xmega-A1	200	400
4	LM358	3	12
3	LEDS	15	45
Corriente de Consumo del Prototipo (mA)			812

Como se observa en la Tabla 1, el prototipo de retardador de audio consume una corriente máxima de 806 mA. El prototipo de Retardador de Audio se alimenta con una fuente de voltaje DC de 9 voltios y 1 amperio como se muestra en la Figura 7, el diodo D1 sirve de protección en caso de polarización inversa.

Para obtener los niveles necesarios para el funcionamiento del prototipo se utilizó el regulador de voltaje LM7805 y un divisor de voltaje para proporcionar los voltajes de 5 y 2 voltios respectivamente [7]. En esta etapa se utilizó un conector Jack DC de 1,65 mm de tres pines para la alimentación externa.

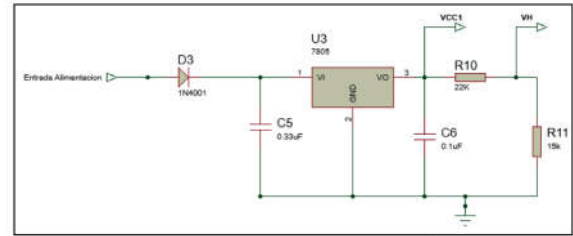


Fig. 7. Fuente de Alimentación

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

La implementación del prototipo de retardador de audio abarca la elaboración de los diagramas circuitales, los circuitos impresos y el montaje del prototipo. Para facilitar la implementación del prototipo y tener mayor facilidad en la colocación del prototipo dentro de la caja, se dividió el prototipo en dos placas.

La placa N°1 está constituida por las etapas de acondicionamiento de entrada de los dos canales de audio, la etapa de selección de retardo y la fuente de alimentación, la placa N°2 corresponde a las etapas de acondicionamiento de salida. Para las etapas de procesamiento no es necesario realizar los diagramas circuitales, ni los circuitos impresos, debido a que se utiliza los módulos de evaluación Xmega - A1 Xplained.

A. Diagramas Circuitales

El diseño y el ruteo de los diagramas circuitales se realizó con la herramienta ARES de Proteus. El ruteo de los circuitos se lo realizó en una sola capa, a continuación se muestra cada una de las placas correspondientes a las etapas del prototipo. La Figura 8 indica el diagrama circual de la Placa No.1, la placa tiene una dimensión de 9,8 centímetros de largo y 6,3 centímetros de ancho (9,8 cm x 6,3 cm) y cuenta con los conectores para la alimentación externa y la entrada de la señal de audio.

Para la alimentación externa se utilizó el conector Jack DC de 1,65 mm de tres pines y para la señal de audio un conector Jack hembra estéreo de 3.5 mm. La placa N°1 se comunica con los módulos de evaluación Xmega - A1 Xplained para enviar las señales de audio acondicionadas para su procesamiento, además de transmitir la señal de caracteres correspondiente al tiempo de retardo ingresado por el usuario. La placa N°1 se encarga también de proporcionar el voltaje de alimentación a los módulos de evaluación Xmega - A1 Xplained.

La placa N°2 corresponde a las etapas de acondicionamiento de salida de los canales de audio L y R. La placa tiene una dimensión de 4 centímetros de largo y 3 centímetros de ancho (4cm x 3cm). La Figura 9 presenta el diagrama circual de la Placa No. 2.

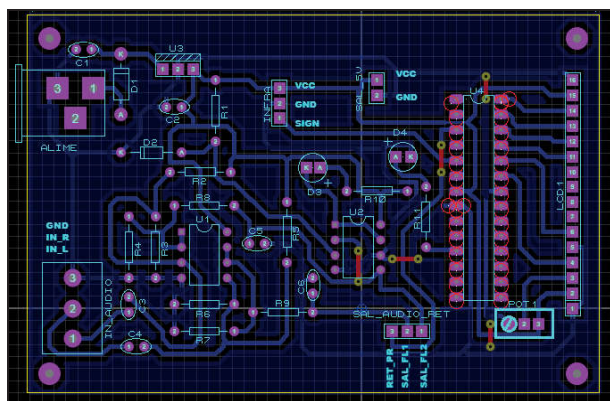


Fig. 8. Diagrama circuital de la Placa No. 1

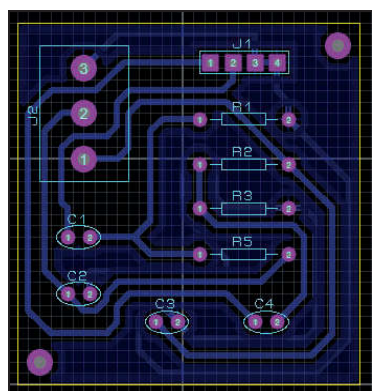


Fig. 9. Diagrama circuital de la Placa No. 2

**B. Montaje del Prototipo**

Dentro de la caja contenedora se colocó cada una de las placas correspondientes al prototipo de retardador de audio, además la caja cuenta con los conectores Jack hembra para la entrada y salida de audio, los led indicadores, el conector Jack DC de alimentación, el sensor infrarrojo y la pantalla LCD adecuados para que el usuario inicie la utilización del prototipo. En la Figura 10 se muestra el resultado final del prototipo.

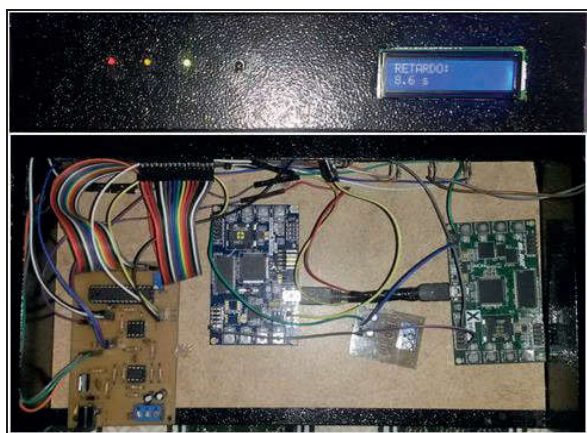


Fig. 10. Prototipo de Retardador de Audio  
El prototipo incluye dos cables de audio estéreo Jack

macho – macho para poder conectar el prototipo a las líneas de entrada y salida de audio, un control remoto para ingresar el retardo y un transformador de 110 a 9 voltios de 1 A.

**V. PRUEBAS Y RESULTADOS**

Para comprobar el funcionamiento del prototipo se conectó la entrada de audio a una radiograbadora y la salida de audio del prototipo a unos parlantes externos. Al conectar el prototipo a la fuente de alimentación, se enciende un led verde para indicar que el prototipo está listo para su utilización, el prototipo reproduce la misma señal de entrada si el usuario no ha ingresado un tiempo de retardo.

Si el usuario ha ingresado un tiempo de retardo el prototipo inicia con el proceso de digitalización de la señal de audio y lo almacena en la memoria durante el tiempo ingresado por el usuario, durante este proceso se enciende un led naranja para advertir al usuario que el prototipo se encuentra almacenando el audio, transcurrido el tiempo de retardo ingresado, el prototipo reproduce la señal de audio retardada.

Las pruebas del prototipo fueron realizadas con las transmisiones deportivas en directo del Campeonato Nacional de Fútbol, con el objetivo de sincronizar el audio transmitido por radio con el video recibido a través de las plataformas de televisión terrestre. La Tabla 2 muestra los resultados de las pruebas realizadas.

TABLA II  
RETARDO EN TRANSMISIONES DEPORTIVAS EN DIRECTO.

Partido	Radio FM	Proveedor TV	Retardo
Fuerza Amarilla vs Barcelona	Area Deportiva 94.5	Directv	1.5 segundos
El Nacional vs Liga de Quito	La Red 102.1	TVCable	2.1 segundos
Macara vs Universidad Católica	Deportiva 99.3	Directv	2.5 segundos
Emelec vs Delfin	La Red 102.1	Directv	2.4 segundos
Liga de Quito vs Macara	Fútbol FM 96.9 (online)	TVCable	3.8 segundos
Delfin vs Clan Juvenil	La Red 102.1	Directv	2.3 segundos
Nacional vs Delfin	Fútbol FM 96.9	Transmisión Online	4.3 segundos
Barcelona vs Independiente del Valle	Area Deportiva 94.5	Directv	1.2 segundos
Clan Juvenil vs Emelec	Area Deportiva 94.5 (online)	TVCable	4.1 segundos

De acuerdo a los datos obtenidos durante las pruebas realizadas se puede observar que el máximo retardo que presenta el video recibido por las plataformas de televisión con respecto al audio transmitido por radio es de 4.1 segundos mientras que para una señal online es de 4.3 segundos, por lo que el prototipo permite sincronizar el audio y el video sin ningún inconveniente.

El prototipo puede retardar audio hasta 30 segundos, por lo que puede ser utilizado en otro tipo de aplicaciones en las que se requiere retardar el audio, por ejemplo se realizó una prueba sincronizando el audio de la emisora armónica transmitido por radio con el audio de la misma emisora recibido a través de internet, para esto se retardo el audio recibido por radio 9.6 segundos.

## VI. CONCLUSIONES

El prototipo de retardador de audio permite retardar señales de audio estéreo en tiempo real hasta 30 segundos en pasos de 0.1 segundos, con el objetivo de sincronizar el audio transmitido por radiodifusión con el video recibido a través de las plataformas de televisión terrestre y satelital en transmisiones deportivas en directo.

Este dispositivo puede ser empleado en aplicaciones en las que el audio se encuentre adelantado con respecto al video, por ejemplo en una videoconferencia, la reproducción de una película o en las transmisiones de televisión, o en aplicaciones en donde sea necesario retardar el audio recibido.

La etapa de selección de retardo evita consumir recursos en los microcontroladores de procesamiento y además garantiza que los dos microcontroladores realicen las mismas tareas, permitiendo la correcta sincronización entre los canales de audio (L y R) durante el funcionamiento del prototipo.

El uso del módulo de evaluación Xmega - A1 Xplained facilita el desarrollo del prototipo ya que permite integrar la memoria SDRAM externa de manera inmediata, sin la necesidad de realizar la respectiva placa de procesamiento, lo que agilizó el proceso de desarrollo.

El prototipo de retardador de audio es amigable para los usuarios que operan el equipo, debido a que es de fácil conexión y brinda mayor interactividad mediante el uso del control remoto, facilitando el ingreso del tiempo de retardo y brindando la flexibilidad de sincronizar el audio con el video recibido.

En la actualidad existe una gran variedad de microcontroladores que han sido desarrollados para trabajar con señales de audio y video, los mismos que cuentan con altas velocidades de procesamiento y brindan facilidades para el desarrollo de aplicaciones, como es el caso de la familia de microcontroladores ATxmega, sin embargo en el mercado existen otros dispositivos que garantizan el adecuado desarrollo de aplicaciones de audio y video como lo son los controladores digitales de señales, los cuales además de tener las características de un microcontrolador incluyen las características de un procesador de señales digitales.

Para retardar señales de audio durante un tiempo mayor a 30 segundos es necesario aumentar la capacidad de la memoria con el objetivo de mantener la misma frecuencia de muestreo

de 44100 Hz a 12 bits y no disminuir la calidad de la señal de audio.

El retardo de la señal de audio durante las pruebas realizadas se efectuó eficientemente, no se produjo pérdida de datos ni desfase entre los dos canales de audio, por lo que el prototipo es confiable, estable y cumple con su objetivo principal.

El prototipo de retardador de audio permite movilidad al usuario en comparación a los retardadores de audio desarrollados en software, ya que puede ser llevado a cualquier lugar sin la necesidad de tener una computadora cerca o software especializado.

El ruido adherido a la señal de audio durante las etapas del prototipo, así como la distorsión de amplitud que puede ser provocada al ingresar señales de audio que sobrepasan los 2 voltios, afectan a la calidad de la señal de audio a la salida del prototipo, las etapas de acondicionamiento garantizan que la señal de audio tenga una calidad adecuada.

## VII. REFERENCIAS

- [1] Horn, D. N., Mane, A. M., y Wellner, "P. D.U.S". Patent No. 5,953,049. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 1999.
- [2] Blessener, B., y Lee, F. F. "An audio delay system using digital technology". In Audio Engineering Society Convention 40. Audio Engineering Society. Abril 1971
- [3] Gago, S. G. "Manual para radialistas. Available: <http://www.analfatecnicos.net/archivos/28>, 2010 PerspectivaHistoricaDeLaAcustica. pdf
- [4] Montante López, R., Villarreal Benítez, J. L., & Heras Lara, L. "Procesamiento digital de audio y video", 2000.
- [5] Wayne, T. "Sistemas de comunicación electrónica". Prentice Hall Hispanoamericana, 1999.
- [6] España Boquera, M. C. "Servicios avanzados de Telecomunicación". España, Ediciones Díaz de Santo, 2003, 816p.
- [7] Boylestad, R. L., y Nashelsky, L. "Electrónica, Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos." Pearson, 2003
- [8] Tocci, R. J., Widmer, N. S., y Moss, G. L. "Sistemas digitales: principios y aplicaciones". Pearson Education, 2003.
- [9] Barrett, S. F., y Pack, D. J. "Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing. Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems", 7(2), 2012, 1-244.
- [10] Semiconductors, V. "Photo Modules for PCM Remote Control Systems". Technical Datasheet, 2001, 1-8.
- [11] Huang, H. W. "The Atmel AVR Microcontroller: Mega and Xmega in Assembly and C". Cengage Learning, 2013.
- [12] Barnett, R. H., Cox, S., y O'Cull, L. "Embedded C programming and the Atmel AVR." Cengage Learning, 2012
- [13] Kuhnel, C. "BASCOM Programming of microcontrollers with ease: An introduction by program examples". Universal-Publishers, 2001
- [14] Pérez, E. M. "Microcontroladores PIC: sistema integrado para el autoaprendizaje". Marcombo, 2007.

VIII. BIOGRAFÍAS



**Vanessa Katherine Guevara Balarezo,**  
Nació en Quito-Ecuador, el 26 de noviembre de 1990. Graduada en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones – 2015. Escuela Politécnica Nacional (EPN). Estudiante de la Maestría en Mecatrónica y Robótica de la EPN. Profesor Ocasional 2 en el Departamento de Formación Básica EPN, Áreas de interés: Visión Artificial,

Informática, Redes, Electrónica,  
(vanessa.guevarav@epn.edu.ec).



**William Fernando Flores Cifuentes,**  
Graduado en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones - 1984 EPN.  
Profesor del DETRI desde Abril de 1982 hasta la fecha. Asesor de Teleinformática en ASETA desde Febrero de 1987 hasta Mayo de 2001. Master en Conectividad y Redes de Telecomunicaciones (fernando.flores@epn.edu.ec).



**Jorge Eduardo Rivadeneira Muñoz**  
Nació en la ciudad de Quito el 16 de septiembre de 1989. Obtuvo su título de Ingeniero en Electrónica y Redes de Información en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2013. Trabajó como Docente en la misma Institución durante los años 2014 y 2015, siendo su responsabilidad las cátedras de

Dispositivos Electrónicos, Circuitos Electrónicos y Sistemas Operativos Linux, además de ser Jefe del Laboratorio de Electrónica General. Master en Cyber Seguridad por la Universidad de Southampton en Reino Unido. Actualmente codirige un proyecto de titulación en la Escuela Politécnica Nacional. Dentro de sus áreas de interés e investigación se encuentran: la Seguridad de la Información, Seguridad Electrónica, Criptografía, Machine Learning, IoT y las Redes de área personales. (jerm1n14@southamptonalumni.ac.uk).