

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
LABORATORIO DE ELECTRONICA III

DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

INTEGRANTES: TULIO MOLINA, CI: 24608773; JUAN ORTEGA, CI: 24879443

PROYECTO

**Planteamiento del Problema**

Se plantea un intercomunicador digital de dos puntos, cada punto con micrófono y audífonos para llevar a cabo la recepción y transmisión de la señal.

Componentes a usar:

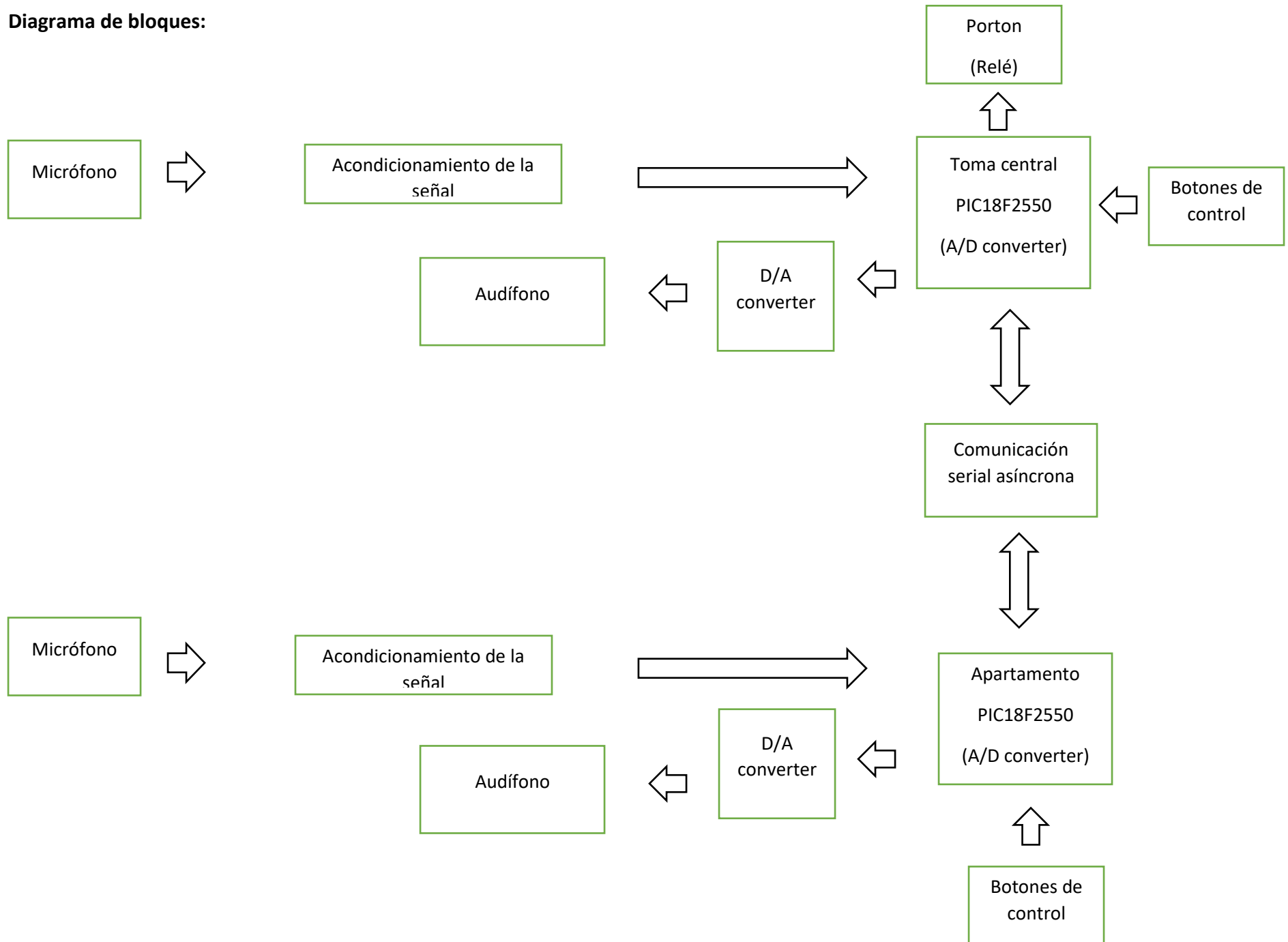
- 2 PIC's 18F2550
- 2 micrófonos y 2 audifonos
- Cables para la comunicación entre cada punto
- 2 amplificadores para señal proveniente de los micrófonos
- 2 conversores digital-analógico
- Componentes electrónicos necesarios para la elaboración de cada etapa del circuito acondicionador de las señales

**Estructura y funcionamiento del proyecto**

Se plantea establecer comunicación entre la base central y un apartamento o viceversa. En ese sentido, desde la base central se debe marcar el botón de llamada al apartamento para iniciar la comunicación, y en el apartamento se debe contestar la llamada pulsando otro botón. En este momento se inicia la conversación entre los microcontroladores de base central y apartamento a través del protocolo USART. Para llamar desde el apartamento a la central, se procede de la misma manera que en el sentido central-apartamento, explicado anteriormente, además el apartamento tendrá un botón extra para decidir si abrir un portón eléctrico.

Cuando se inicia una llamada, los micrófonos reciben vibraciones que se transforman en niveles de voltajes muy bajos, por lo que se hace necesario amplificar la señal de entrada para que esté a voltajes aptos para el circuito de digitalización; luego se filtra con el fin de eliminar señales de frecuencias no deseadas, a toda esta etapa se le llama acondicionamiento de la entrada. Esta señal analógica es convertida a digital con el mismo microcontrolador y es transmitida a otro microcontrolador mediante el protocolo serial asíncrono. Ahora se debe convertir de nuevo a analógica por medio de un DAC, para que luego dicha señal sea ahora reproducida por medio de los audífonos.

**Diagrama de bloques:**



### Descripción del proyecto:

- Etapa 1, Recepción de la señal de audio a través del micrófono
- Etapa 2, Acondicionamiento de la señal
  1. Filtrado paso alto
  2. Seguidor de tensión
  3. Filtrado paso bajo
  4. Amplificación
  5. Traslación
  6. Limitador
- Etapa 3, Digitalización de la señal
- Etapa 4, Procesamiento de la señal
  - Envío
  - Recepción
- Etapa 5, Conversión digital/analógica y reproducción de la señal

### Descripción de las etapas:

- Etapa 1, Recepción de la señal de audio a través del micrófono:

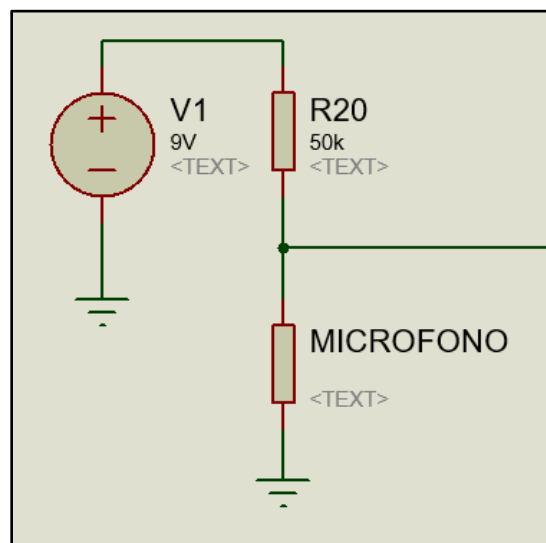


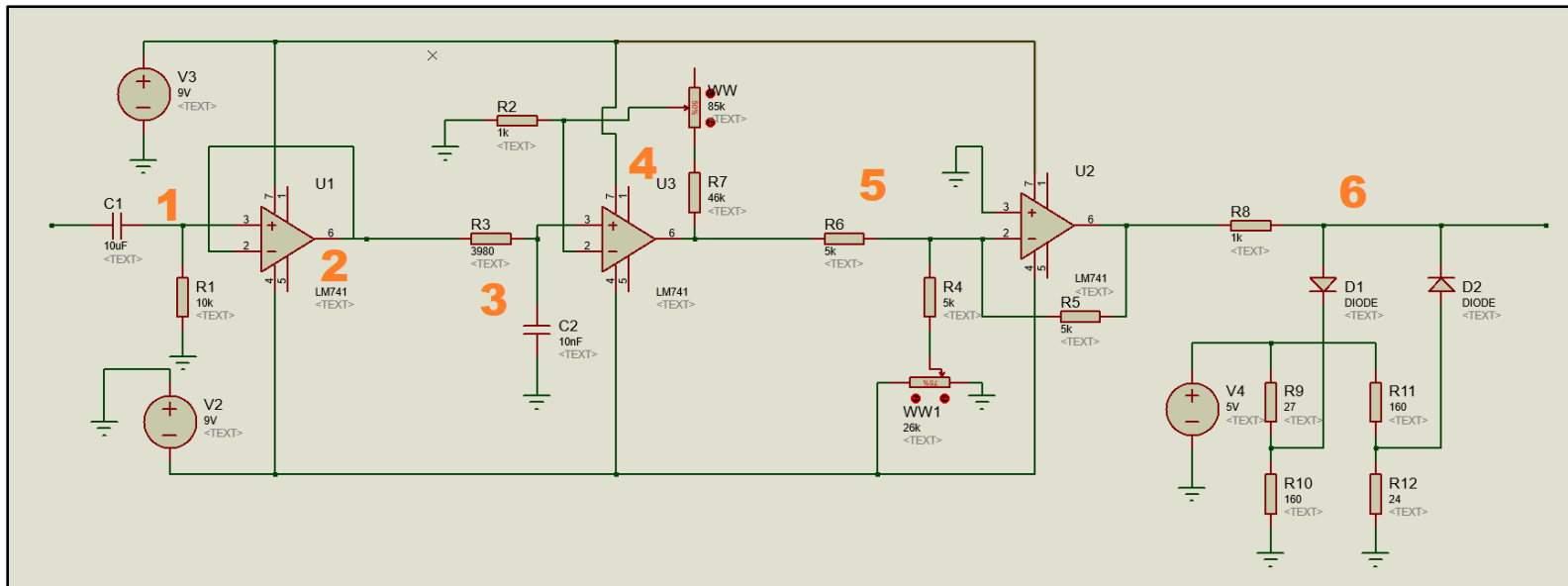
Figura 1. Conexión Micrófono

Para la recepción del audio se utilizó micrófonos de audífonos comunes de teléfono, estos son micrófonos electret, son muy buenos para captar la voz humana ya que tiene una muy

buena respuesta en frecuencia (50 a 15.000 Hz), además, destaca su insensibilidad a la humedad y el calor y su elevada relación calidad/precio. Las características mencionadas hacen a este el mejor micrófono para este tipo de aplicaciones.

El micrófono tiene una resistencia asociada (alrededor de 1,6 kohm), la forma de utilizarlo consiste en polarizarlo con una señal dc alrededor de 1,5 V y al recibir sonido variará el voltaje disipado en él gracias a unas placas magnetizadas que tiene instaladas, esta variación de voltaje será la señal de sonido transformada a señal eléctrica que recibe el circuito. En la *Figura 1* se puede observar un esquema de su conexión en el circuito, se polariza con 9 V ya que este es un voltaje de trabajo del circuito y se coloca una resistencia limitadora de 50 kohm.

- Etapa 2, Acondicionamiento de la señal:



*Figura 2. Acondicionamiento Completo de la señal*

La señal original recibida del micrófono tiene una componente dc y una amplitud de alrededor de 0,04 V, se quiere eliminar el ruido de esta señal y amplificarla y trasladarla para que este entre 0 y 5 V que son los valores de voltaje del conversor analógico digital del microcontrolador utilizado. En la *Figura 2* se puede ver todas las partes del acondicionamiento de la señal marcadas con números para su mejor identificación.

1. Filtro Paso Alto: Un filtro pasivo paso alto formado por un capacitor y una resistencia, su finalidad es eliminar la componente dc que trae la señal por la polarización del micrófono. Es más eficiente trabajar con una señal centrada en 0 V y después trasladarla que trabajarla con una componente dc. Su frecuencia de corte es de 16 Hz y se calcula con la siguiente formula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

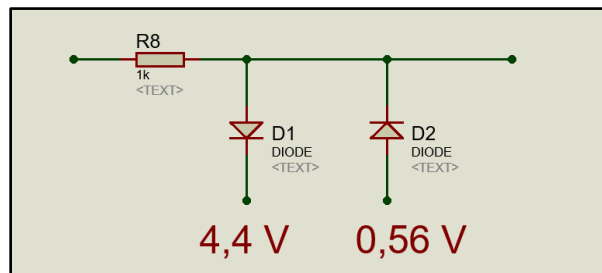
En la formula anterior se tiene un grado de libertad así que el valor del capacitor se fija y se busca el valor de la resistencia.

2. Seguidor de tensión: Un amplificador operacional LM741 conectado como seguidor de tensión, su finalidad es separar la etapa anterior y la siguiente, las cuales son un filtro paso alto y uno paso bajo respectivamente, y así evitar que estas dos etapas interactúen y el efecto de los filtros no sea el deseado.
3. Filtro Paso Bajo: Un filtro pasivo paso bajo formado por un capacitor y una resistencia, tiene por finalidad eliminar componentes de frecuencia muy altas que no están en el espectro de la voz y son por ende solo ruido. Su frecuencia de corte es de 40 kHz y se calcula con la siguiente formula:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Igual que para el filtro paso alto se tiene un grado de libertad así que el valor del capacitor se fija y se busca el valor de la resistencia.

4. Amplificación: Se utiliza un amplificador operacional LM741 para amplificar la señal, se tiene una amplificación de alrededor de 90 veces, además esta etapa sirve también como seguidor de tensión para separar la etapa anterior y la siguiente.
5. Traslación: Ya después de tener la señal filtrada y amplificada es necesario trasladarla para que se encuentre entre 0 y 5 V como se quiere, para esto se usa un amplificador operacional LM741 con una configuración de sumador inversor (invertir una señal de audio no la afecta), se suman la señal y un voltaje dc a través de resistencias iguales de 5 kohm lo cual hace que se traslade la señal. El voltaje dc a sumar se obtiene a través de -9 V y un potenciómetro, el voltaje que se usa es alrededor de -2,5 V.
6. Limitador: Esta señal entra al microcontrolador, el cual tiene limites de 0 y 5 V, si estos límites se sobrepasan se puede dañar el microcontrolador. La señal fue amplificada y tratada para que al hablar normal al micrófono se obtenga una señal que se ubica entre 1 y 4 V, pero al hablar muy fuerte se pueden obtener picos de 8 y -8 V correspondientes a donde se saturan los amplificadores operacionales. Para proteger al microcontrolador se colocan dos diodos como se observa en la *Figura 2*



*Figura 3. Conexión Diodos*

con una configuración inversa y conectados a voltajes de 0,56 V y 4,4 V, el voltaje correspondiente de cada diodo se muestra en la *Figura 3*. El objetivo de colocar los diodos de esta manera es que cuando la señal sea menor que 0 V o mayor que 5 V, estos diodos entren en la zona de conducción y limiten el valor de voltaje ya sea a 0 o 5 V. El valor de los voltajes que se utilizaron se calcula tomando en cuenta a qué valor de voltaje se desea limitar y cuál es el valor de voltaje directo del diodo, para el caso de limitar a 5 V se necesita que en ese valor un diodo empiece a conducir así que a 5 V se le restan 0,6 V (voltaje directo del diodo), se obtienen 4,4 V, y ese valor es el necesario para que cuando la señal llegue a mas de 5 V ya se tenga el suficiente potencial para romper la inercia del diodo (0,6 V) y este empiece a conducir y por ende limitar el voltaje a 5 V. Los voltajes que se conectan a los diodos de obtiene de divisores de tensión como se muestra en la *Figura 2*. También se conecta una resistencia de 1 kohm en serie con la señal para que cuando los diodos conduzcan esta limite el valor de la corriente y no sea muy elevado para proteger a los elementos del circuito.

- Etapa 3, Digitalización de la señal

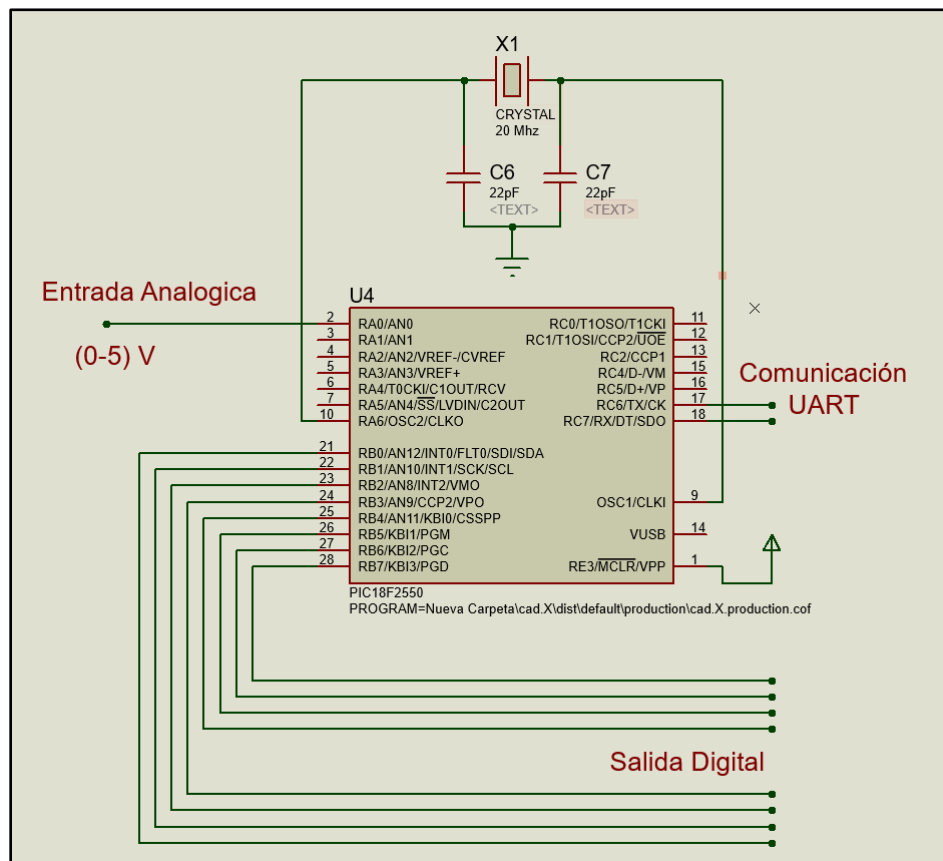


Figura 4. Microprocesador PIC18f2550

La señal analógica a la salida de circuito acondicionador entra al microcontrolador por uno de los pines del puerto A y se utiliza el conversor analógico digital del microcontrolador para convertir esta señal a digital, se realiza una conversión a 8 bits.

Por ser un valor entre 0 y 5 V y la resolución de la conversión es de 8 bits (256 espacios), la resolución en voltaje o el valor mínimo al cual es sensible el conversor es de:  
 $5V/256 = 0.01953 V$ .

- Etapa 4, Procesamiento de la señal

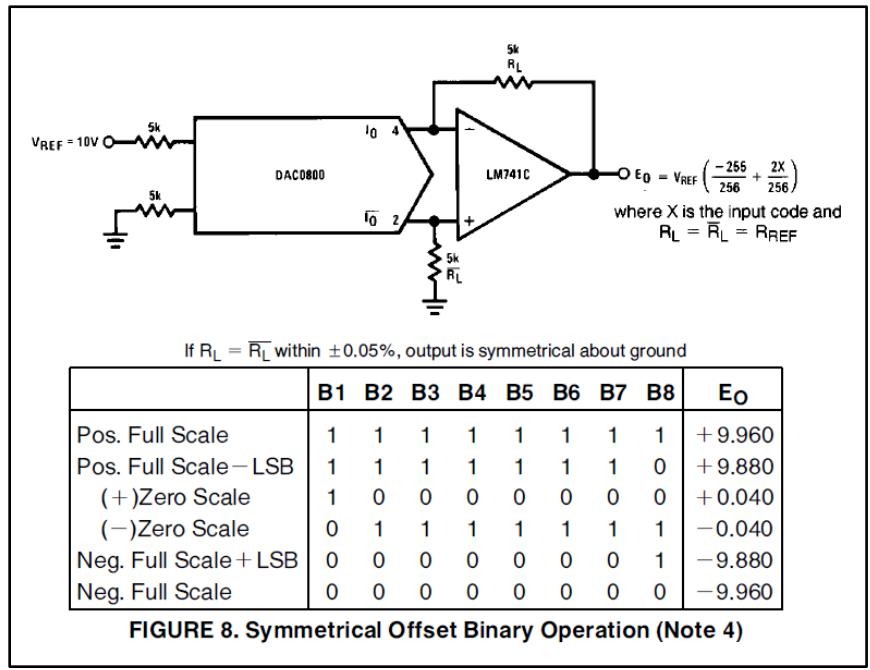
En esta etapa se procede a explicar la programación de los microcontroladores, la cual se compone básicamente de la palabra de configuración que es el código en el cual se designan las configuraciones de operación del microcontrolador, como por ejemplo los pines a usar, la activación del módulo de conversión A/D, la selección del oscilador a usar, entre otros.

Por otra parte, se encuentra el bloque de código del programa que el microcontrolador va a ejecutar en su bucle infinito. Es importante mencionar que ambos microcontroladores tienen el mismo programa puesto que ambos solo cumplen la función de convertir A/D, enviar dicha conversión y finalmente recibir el paquete de datos que el otro microcontrolador envió, para pasar estos datos en tiempo real al conversor D/A.

Se utilizó el protocolo de comunicación serial asíncrona UART de la forma half-duplex, donde fueron usadas la función `UART_put (char)` para enviar, la cual manda una palabra de 8 bits al otro microcontrolador, y `UART_get ()` para recibir dicha palabra. Cabe destacar que, aunque la comunicación es half-duplex, la velocidad de conversión, envío y recepción es tan rápida que no hay pérdida de datos ni distorsión en el audio que se recibe. La comunicación está configurada a 57600 bps.

- Etapa 5, Conversión digital/analógica y reproducción de la señal

La conversión digital a analógica se lleva a cabo desde la salida digital de 8 bits del microcontrolador con un integrado de nombre DAC0800, el cual convierte la señal digital a dos corrientes proporcionales a este valor, y estas corrientes, mediante una configuración con un amplificador operacional, se convierten a un voltaje. La conexión utilizada es simétrica para valores positivos y negativos, es decir que la salida tendrá un rango desde un valor de voltaje negativo hasta uno positivo, siendo estos voltajes iguales en módulo y dependientes del valor con que se polarice el DAC0800 y el amplificador operacional. A continuación, se muestra la configuración utilizada extraída del datasheet del integrado y la conexión completa en proteus.



*Figura 5. Configuración utilizada en el DAC*



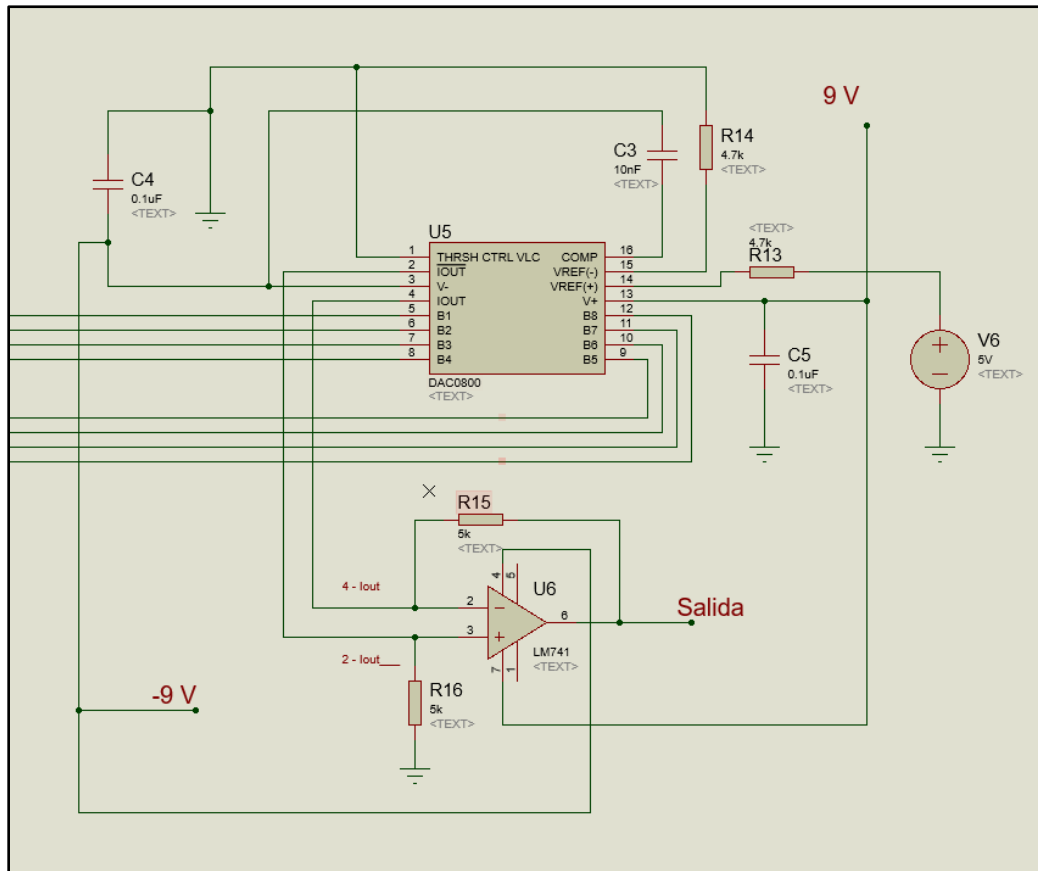


Figura 6. Conexión completa del DAC

En la Figura 6 se puede observar toda la conexión de la sección de conversión DAC, la salida de este circuito va hacia audífonos comunes de teléfono, pasando por una resistencia de 700 ohm para limitar la corriente que les entrega el amplificador a los audífonos.

## **Análisis de resultados**

Al realizar el montaje de cada una de las etapas que conforman los dos circuitos, se fueron probando para poder depurar fácilmente los errores y fallas por componentes.

Las etapas de acondicionamiento y conversión A/D y D/A funcionaron satisfactoriamente al funcionar en conjunto, pues la señal recibida por el micrófono fue reproducida con gran calidad en los audífonos a la salida del conversor D/A.

Luego, al implementar la comunicación y probar ambos circuitos completos se observó que inicialmente todo funcionaba como era de esperarse pues el sonido recopilado por un micrófono era reproducido a la perfección en el audífono del otro circuito y viceversa; pero al cabo de unos 5 segundos en uno de los circuitos se dejaba de recibir la señal que se pretendía enviar desde el otro, pero en este último si era posible seguir recibiendo y reproduciendo el audio del otro punto que dejó de recibir; es decir, al cabo de este tiempo la comunicación solo quedó enviando y recibiendo en un sentido.

## **Conclusiones**

Toda la parte de la electrónica analógica usada para acondicionar la señal fueron implementados exitosamente, pues trabajan con normalidad al ser probadas dichas etapas.

La programación o implementación del protocolo de comunicación no se llevó a cabo como se esperaba, debido en gran parte a falta de tiempo para trabajar en este problema ya que es algo que solo se podía probar en el laboratorio, y las oportunidades de trabajar en dicho espacio fueron muy limitadas y accidentadas desde el inicio hasta el fin del semestre por distintos factores que son de conocimiento de todos.

## **Recomendaciones**

Solucionar el problema concerniente a la falla en la comunicación probando con distintas configuraciones de las funciones de la librería a usar.

Implementar el protocolo RS 485 para aumentar la distancia entre punto y punto e implementar una comunicación maestro-multiesclavo, así como agregar pulsadores en la toma central (maestro) para hacer llamadas a los apartamentos o tomas secundarias (esclavos) y viceversa, o ejecutar acciones como abrir un portón eléctrico desde uno de estos apartamentos.

Implementar este circuito en una baquelita para mejorar el funcionamiento de la parte analógica y evitar ruidos o fallas por conectores o protoboard.

Cada una de estas recomendaciones se hace con el fin de seguir este proyecto para un trabajo de grado e incluso producto que pueda llegar a competir en el mercado habiendo

hecho un estudio de costos y calidad, respecto a las ofertas actuales de intercomunicadores residenciales.