

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

3. CIRCUITO DE CONTROL DE VOLUMEN

A continuación, expondremos el circuito desarrollado para el control de los 5 canales generados anteriormente por el circuito de entrada. Destacar también aquí que el control de subwoofer no está incluido en esta placa, principalmente porque se necesitaba realizar una placa con un filtrado y procesamiento de la señal, a la que se prefirió añadir un control de volumen independiente del resto.

3.1 Descripción funcional

Comenzaremos este apartado con un diagrama acerca de los diferentes bloques funcionales que componen el control de volumen, así como las diferentes interconexiones entre los diferentes bloques presentes en esta placa:

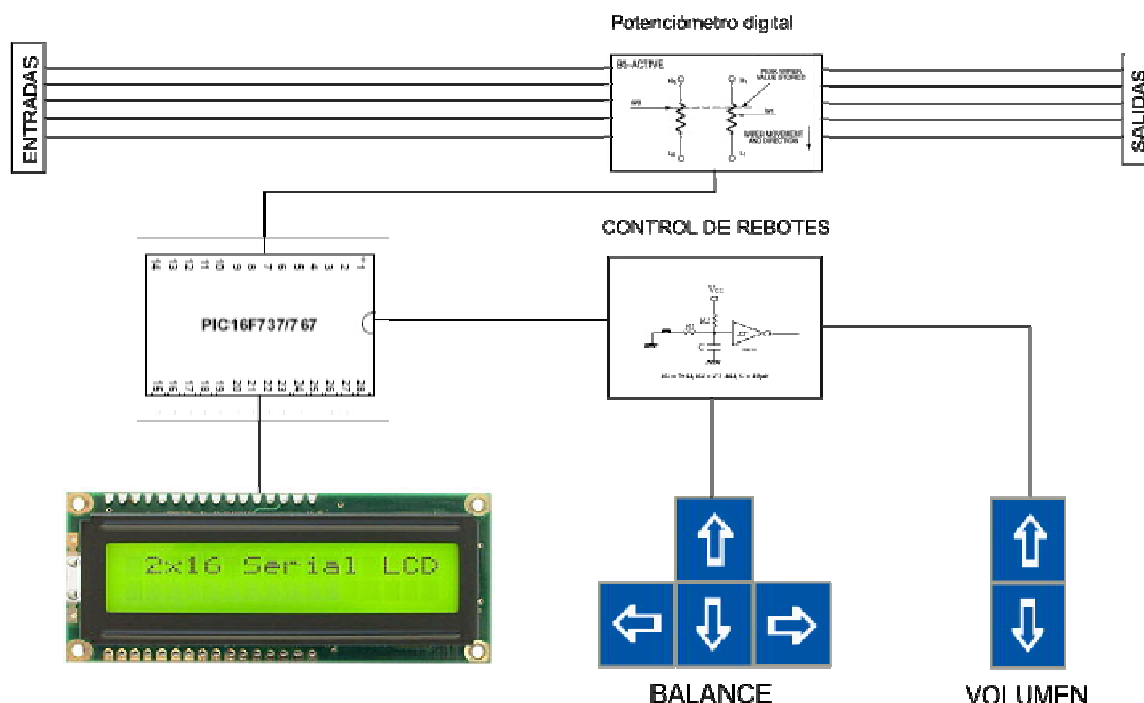


Ilustración 3.1: Diagrama funcional de la placa de control de volumen

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Brevemente, las funciones realizadas por cada bloque son:

- PIC16F737: Se encarga de controlar los dos dispositivos presentes en la placa, tanto los potenciómetros digitales como el LCD.
- LCD: Display que recibe las señales del PIC del estado del volumen de los diferentes canales y los muestra por pantalla independientemente en forma de barras.
- Pot. Digital: Recibe datos del PIC para establecer el estado del potenciómetro en cuestión, de tal forma que deje pasar más o menos señal en función del dato de volumen que reciba.
- Balance y Volumen: Son 6 botones que se le han introducido a la placa para el control externo de los diferentes canales. Por un lado, el balance se encarga de dirigir la potencia hacia las diferentes posiciones de los altavoces (izquierda, derecha, delante, detrás). Por otro lado, un control de volumen para amplificar o atenuar los diferentes canales.
- Control de rebotes: Circuito que se encarga de recibir las pulsaciones de los botones, y transformarlas en una sola señal de pulsado, de tal forma que el PIC no reciba pulsaciones de más cuando se presione un botón.

Con esto, terminamos este resumen inicial, a continuación iremos repasando a fondo cada uno de los distintos componentes, el porqué de su elección, así como la interacción con el resto de la placa.

3.2 El Potenciómetro digital DS1802

Para controlar el volumen de los diferentes canales de forma independiente se optó por realizarlo con potenciómetros, que pudieran ser controlados externamente mediante algún tipo de microcontrolador, y que, a su vez fuera adecuado para audio. Es por esto que se escogió el DS1802, puesto que es un potenciómetro de dos canales, muy versátil, y que nos otorga múltiples posibilidades a la hora de diseñar con él, además de un buen comportamiento ante señales de audio.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

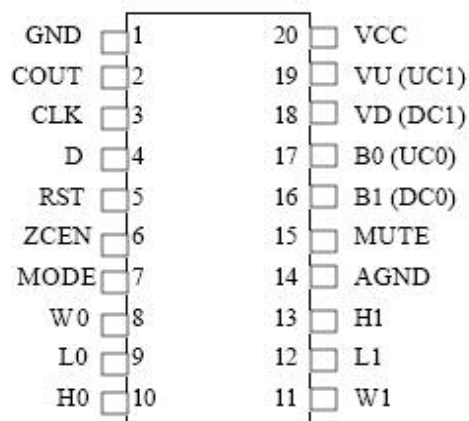


Ilustración 3.2: El potenciómetro digital DS1802

3.2.1 Factores clave para la elección del DS1802

El principal factor por el que nos decidimos por éste dispositivo es que, actualmente es complicado encontrar un dispositivo que nos permita controlar 5 canales independientes de forma barata. El DS1802 incorpora un modo de configuración en serie, el cual mediante una señal serie, un reloj y un enable (que son los pines RST, D y CLK del integrado) permite su control. Aunque en principio sólo nos permite hacerlo con 2, incorpora un pin denominado COUT que nos permite conectarlo en serie con otros DS1802, de tal forma que podemos anidar los canales que queramos, de la siguiente manera

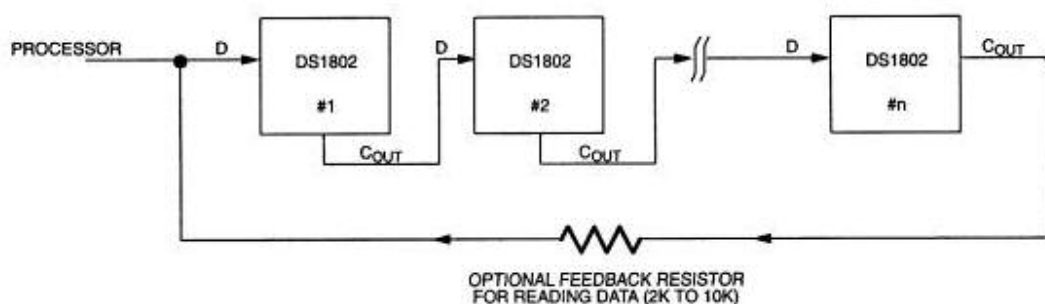


Ilustración 3.3: Funcionamiento en cascada del DS1802

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Así, mediante un solo canal serie podemos controlar todos los canales de una forma rápida y sencilla.

Por otro lado, los potenciómetros son de 45k Ω (adecuado para audio), con comportamiento resistivo logarítmico y 64 posiciones configurables, lo que nos otorga un amplio rango de volúmenes diferentes.

El DS1802 viene en formato DIP20, indispensable para poder incluirlo en la placa y poder trabajar con él de forma manual.

En este apartado cabría destacar también los dos modos de funcionamiento que posee este dispositivo. Uno, el controlarlo por puerto serie ya lo hemos comentado. El otro, consiste en el control directo mediante botones, a través de los pines B0, B1, V0 y V1, de tal forma que directamente, y sin necesidad de añadir microcontrolador alguno, mediante unos botones se pueden manejar las diferentes posiciones de los potenciómetros. Aunque para ésta placa no lo hemos usado, más adelante veremos cómo se realizó el control del volumen del subwoofer de esta manera, ya que se diseñó para que fuera independiente del resto. Cabe destacar de estos modos, que, aunque esta placa sólo se ha diseñado para el modo serie, en el caso de que se emplearan los dos a la vez, el modo serie prevalecería sobre el control directo mediante botones.

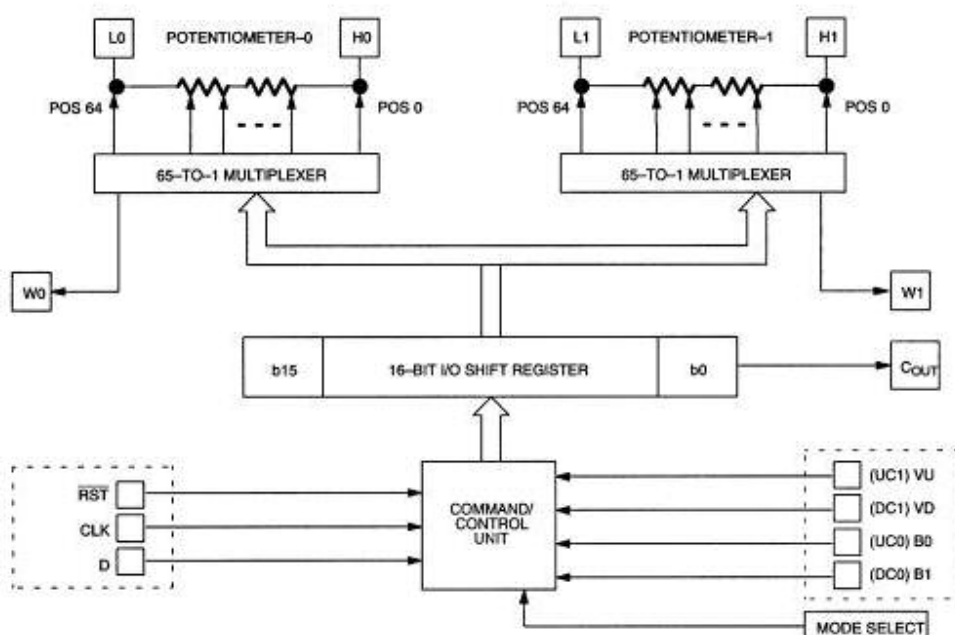


Ilustración 3.4: Esquema de los dos modos de funcionamiento del DS1802

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Por último, aunque no menos importante, habría que mencionar que con anterioridad ya se había trabajado con este integrado en el departamento, lo que da una seguridad adicional a la hora de trabajar con él.

3.2.2 Conexión con el PIC16F737. Entrada y salida de audio

Como ya hemos comentado anteriormente, en esta placa, el DS1802 funciona mediante un puerto serie. Estas señales vendrán generadas por el PIC, a través de los pines RC2 (RST), RC3 (CLK) y RC5 (D), actuando el potenciómetro únicamente como esclavo, sin generar ningún tipo de señal.

Por otro lado, el audio entra al integrado, como no podría ser de otra manera, por los pines H0 y H1, y salen hacia la etapa de amplificación por los pines W0 y W1, que son los que marcan las posiciones intermedias de los potenciómetros en cuestión, atenuándose tantos dBs como le hayamos indicado a través del PIC.

3.3 El LCD

Para tener constancia del control ejercido sobre el volumen de los distintos canales se detectó la necesidad de tener algún dispositivo que nos indicara de forma visual cómo iba transcurriendo el funcionamiento de la placa. Para ello se barajaron distintas opciones, decantándose al final por la representación en un display fijo en la placa, ya que era una opción relativamente fácil de implantar, y se adaptaba perfectamente a lo que necesitábamos, que no era otra cosa que representar por pantalla el estado de las diferentes señales



Ilustración 3.5: El GDM1602A

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

3.3.1 Elección del LCD. El GDM1602A

¿Porqué se escogió este display?, puesto que necesitábamos sacar por pantalla caracteres especiales, distintos de los ASCII, en forma de barras indicando el estado del volumen, el primer punto que nos surgió aquí fue el poder generar estos caracteres de una forma fácil. El GDM1602A ofrece la posibilidad de generarlos y de almacenarlos en su memoria CGRAM, de tal forma que cada vez que queramos imprimirlos en pantalla no tengamos más que acceder a la posición de memoria en la que están.

Aparte de la generación de caracteres, el display nos ofrece una representación en pantalla a doble línea, con caracteres de resolución de 8x5 bits con cursor interno, y un controlador interno (en este caso el KS0066U). También es reseñable que, al igual que en el caso del DS1802, este dispositivo es de común uso en el departamento, lo cual da una experiencia previa importante a la hora de manejarse con él.

3.3.2 Conexión con la placa. Comunicación con el PIC

Para poder comunicarnos con el dispositivo, lo primero que necesitábamos es decidir cómo se iba a establecer la comunicación con él, ya que te permite la oportunidad de realizar la comunicación mediante 4 y 8 bits. Como en principio no había ninguna razón para escoger una u otra, se optó por hacer la comunicación a 8 bits, conectando todos los pines DB al PORTB del PIC. A su vez, fue necesario generar una señal de Enable para activar el display (mediante el pin RC7 del PIC), así como una señal entrante al pin RS para guardar los diferentes símbolos de barras de volumen (generada por el RC6).

El LCD va alimentado a 5V. Además, se tuvo que incluir un potenciómetro conectado entre alimentación y tierra, con su pin central conectado a la entrada VO del display; cuya función no es otra que ajustar el contraste de la pantalla, variando la resistencia del potenciómetro. El valor del potenciómetro utilizado es de 10 K Ω .

Como curiosidad, comentar en este aparatado que el pin R/W no ha sido utilizado en este caso, puesto que todas las órdenes necesarias para manejar el display eran de escritura, por lo que se dejó este pin conectado a tierra permanentemente.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

PIN NO	Symbol	Function
1	VSS	GND
2	VDD	+5V
3	V0	Contrast adjustment
4	RS	H/L Register select signal
5	R/W	H/L Read/Write signal
6	E	H/L Enable signal
7	DB0	H/L Data bus line
8	DB1	H/L Data bus line
9	DB2	H/L Data bus line
10	DB3	H/L Data bus line
11	DB4	H/L Data bus line
12	DB5	H/L Data bus line
13	DB6	H/L Data bus line
14	DB7	H/L Data bus line
15	A	+4.2V for BKL
16	K	Power supply for BKL(0V)

Ilustración 3.6: Descripción de los pines del GDM1602A

3.3.3 Secuencia de arranque

Una vez descrito las características técnicas del dispositivo, veamos como se empieza a funcionar con él. Para ello, y mediante diagramas de flujo, veremos las distintas funciones que se han implementado para el correcto funcionamiento del display, empezando lógicamente por la función de arranque. El diagrama de flujo de esta función es el siguiente:

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

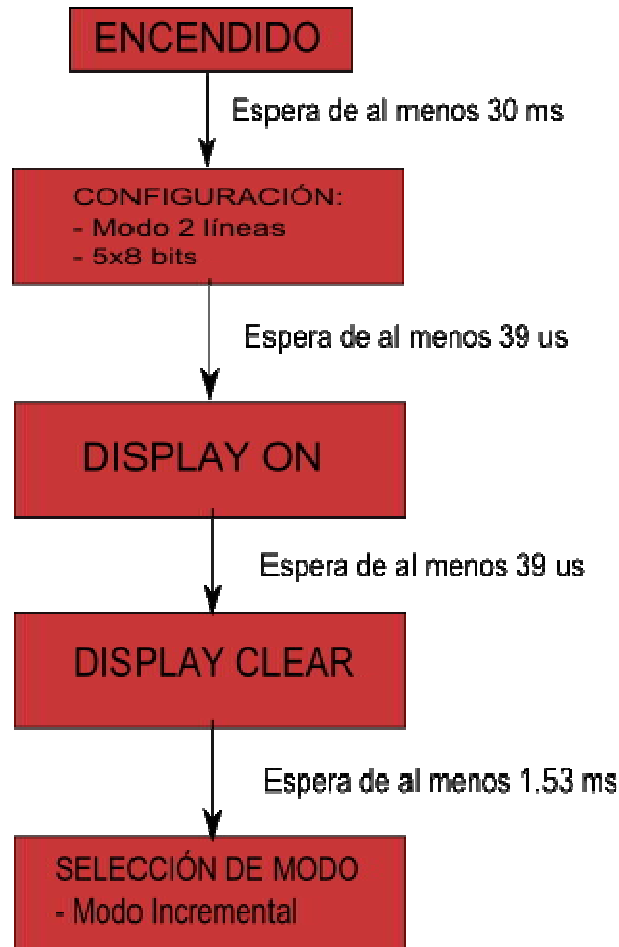


Ilustración 3.7: Diagrama de flujo de la función de arranque

Veamos qué significa exactamente cada una de las órdenes usadas en esta función de inicialización:

- Configuración: Aquí se selecciona el número de líneas a representar por pantalla (1 o 2), así como la resolución que queremos por carácter, en nuestro caso tuvimos suficiente con 5x8 bits para representar unas barras. También se le indica con esta orden al display de qué modo se va a realizar la comunicación, si mediante con 4 o con 8 bits, que como ya hemos comentado, se escogió de 8 para este proyecto.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

- Display ON/OFF: Con esta orden, indicamos al dispositivo si queremos que la pantalla esté encendida, así como tener el cursor encendido en pantalla y el cursor blink. En nuestro caso, evidentemente configuramos la pantalla en ON, y se decidió apagar ambos cursores.
- Display Clear: Limpia toda la pantalla de caracteres anteriormente escritos y coloca el puntero del display en la posición inicial. Es necesario activar esta función al menos una vez antes de comenzar a representar caracteres por pantalla.
- Selección de Modo: Esto nos permite que el puntero con el que nos movemos a través de la memoria del display se vaya incrementando o decrementando a medida que vamos accediendo a diferentes posiciones de memoria. En un principio se decidió configurar en modo incremental, aunque a la hora de programar la representación en pantalla no se hizo uso de él.

3.3.4 Secuencia de escritura de nuevos caracteres

En este apartado veremos cómo se programó el PIC para poder guardar en la memoria CGRAM del display los caracteres que nosotros queríamos sacar por pantalla. El diagrama de flujo para esta función es el siguiente:

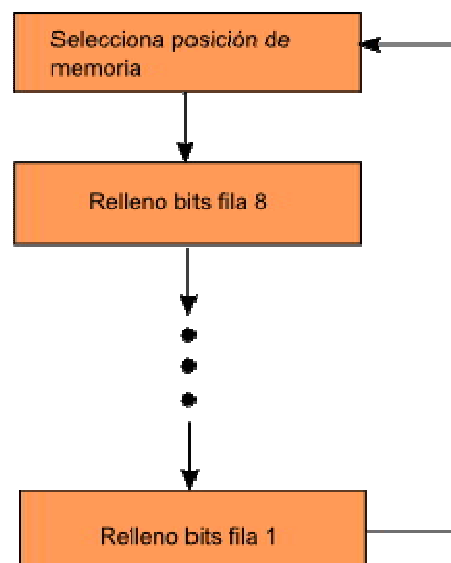


Ilustración 3.8: Diagrama de flujo de la secuencia de escritura de nuevos caracteres

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Como podemos ver es una función sencilla, que sólo consiste en ir seleccionando las diferentes posiciones de la memoria CGRAM, e ir escribiendo línea por línea que bits del carácter creado debe estar encendido y cual no. Puesto que los caracteres a crear estaban compuestos por líneas enteras encendidas o apagadas, programamos dos funciones denominadas FILA0 y FILA1 que realizaban la tarea de forma automática.

Cabe destacar aquí que los diferentes caracteres de barras creados se guardaron de menos barras a más barras. El porqué de esto no es arbitrario, ya que al guardarlos en ese orden, se aprovechó una variable denominada Barras en el código (la cual nos indica el número de barras a representar), para acceder al carácter que queremos para representar, lo cual ayudó bastante a simplificar el programa.

3.4 Señales de control de entrada al circuito.

Llegados a este punto nos planteamos qué controles deberíamos incluir en el circuito para manejar cada canal de audio. Aunque el control de cada canal es independiente, la realidad es que normalmente no se suelen usar así (a excepción del subwoofer, claro está), sino que se suelen manejar por zonas, es decir, nos interesa incrementar los altavoces traseros o los de la derecha, no uno en concreto. Dicho esto se incluyó como control del volumen, además de dos botones que nos suben y bajan de forma global el volumen de cada canal, unos botones a modo de cursor, de tal forma que según la zona donde esté situado el cursor, al pulsar éste, se ven potenciados los canales de esa zona, y atenuados los contrarios.

3.4.1 Circuito de control de rebotes

Una vez colocados los diferentes botones, nos encontramos con la problemática de que cuando se pulsa uno de estos botones, se generan múltiples pulsos de señal, haciendo recibir señales de entrada erróneas al PIC, y por tanto registrando erróneamente el control del volumen. Para evitar esto se incluyó un circuito como el mostrado en la figura, el cual se encarga de que al microcontrolador sólo llegue un pulso limpio, sin ninguna repetición.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

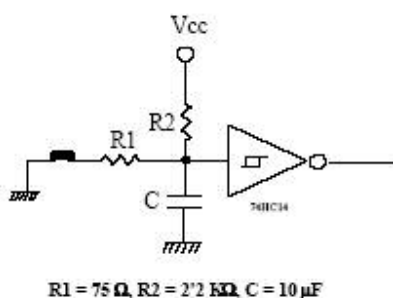


Ilustración 3.9: Circuito de control de rebotes

Este circuito se encarga de, cuando se pulsa el botón, poner un ‘0’ lógico a la entrada del inversor 74HC14, mediante un divisor resistivo, de tal forma que tengamos un ‘1’ lógico a la salida, o lo que es lo mismo, a la entrada del PIC. En cuanto se suelta el botón, el condensador presente en el circuito filtra los posibles transitorios de la señal, impidiendo el paso de ‘0’ lógicos al 74HC14, y por tanto, impidiendo que más ‘1’ lógicos lleguen a los pines de entrada del PIC.

Por último, destacar que se conectaron las 6 señales de salida a los diferentes pines del PORTA del PIC, en concreto se ocuparon del 0 al 5.

3.5 El Microcontrolador PIC16F737

3.5.1 Elección del microcontrolador

Llegados a este punto me gustaría recapitular todos los integrados y periféricos presentes en la placa, para así poder ver qué conexiones teníamos que controlar, y qué dimensión y características debía tener el PIC escogido para que se pudiera realizar todas las funciones requeridas:

- Señales de entrada: 6 pines correspondientes a los 6 pulsadores.
- Señales de control del display: 8 pines para transmisión en paralelo, más dos pines de control de RS y E.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

- Señales de envío de datos a los DS1802: Un pin SPI, otro con un CLK, más un tercer pin con una señal de Enable.

De lo que extraemos que el PIC escogido debería tener al menos 3 puertos bidireccionales, así como un puerto serie. El PIC16F737 cumple todos estos requisitos, además de venir en formato DIP28, que también es fundamental a la hora de escoger el microcontrolador a programar.

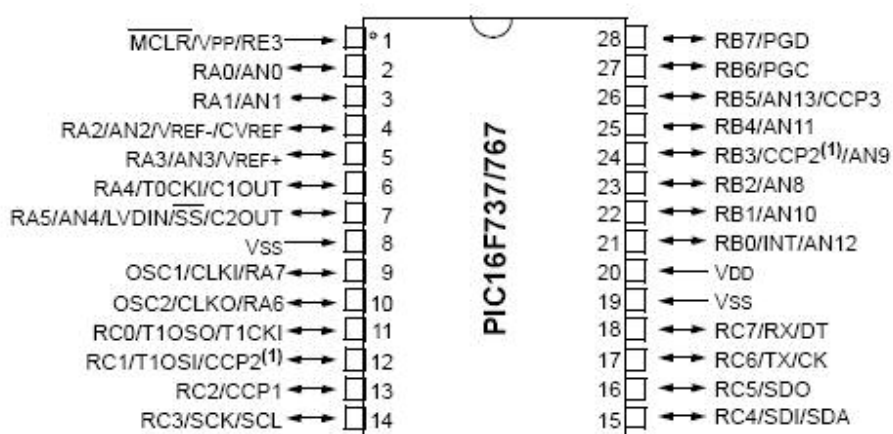


Ilustración 3.10: El PIC16F737

3.5.2 Conexiones con la placa

Aunque en cada apartado de cada dispositivo hemos ido comentando las diferentes conexiones con el PIC, haremos un cuadro resumen de todas las conexiones, para así exponerlas de una forma más clara y concisa. Veamos pues cómo quedaría este cuadro resumen

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

<u>DISPOSITIVO</u>	<u>PINES DISPOSITIVO</u>	<u>PINES CORRESP. PIC</u>
DISPLAY	DATOS DB0 – DB7	RB0 – RB7
	ENABLE	RC7
	RS	RC6
POT. DIGITAL	D	SDO (RC5)
	CLK	CLK (RC3)
	ENABLE	RC2
PULSADORES	6 SALIDAS	RA0 – RA5

Ilustración 3.11: Tabla resumen de las conexiones del pic16F737

Además de estos pines, para el correcto funcionamiento del PIC, hay que alimentarlo a 5V, a través del pin Vdd, tierra a ambos pines Vss, así como un reloj que generara la señal de CLK adecuada para el PIC. El circuito recomendado por el fabricante y montado por nosotros es el siguiente

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

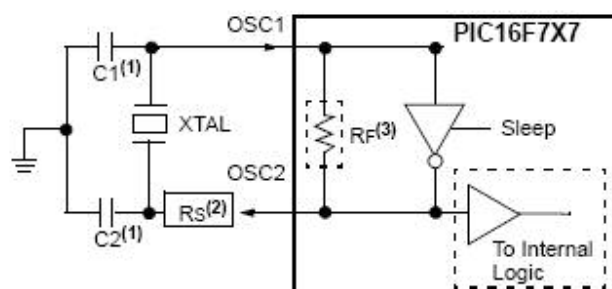


Ilustración 3.12: Conexión del XTAL al PIC16F737

Recomendado para relojes de XTAL, que es el escogido para la placa. Para la aplicación desarrollada en principio es indiferente la elección del reloj, así que escogimos uno de fácil soldadura en placa. También, en principio es indiferente la velocidad del mismo, así que escogimos una de las recomendadas por el fabricante, en concreto la de 2 Mhz. Para esta velocidad, el valor de los condensadores recomendado (y montado) es de $C = 15\text{pF}$, siendo la resistencia prescindible para el modo en el que funcionamos.

3.5.3 Programación del PIC. Rutina principal

Una vez comentado todo el conexionado de los diferentes dispositivos, pasaremos a exponer las diferentes rutinas desarrolladas para el correcto funcionamiento del PIC. Ya hemos explicado algunas en el apartado del display, específicas de ese dispositivo, y ahora expondremos el resto, así como dónde encajan estas rutinas ya explicadas.

Antes de comenzar a hablar del código desarrollado, comentar que para realizar los programas del PIC se usó el MPLAB, y los programas se realizaron en lenguaje ensamblador.

A su vez, para la programación, se emplearon 2 programadores diferentes, el Labprog+, y el Smartprog2, siendo la única diferencia entre éstos que uno va conectado al puerto serie y el otro a USB, lo que se traduce en una mayor velocidad de programación por parte del segundo, por supuesto. El software empleado se llama Elnec PG4UW v2.21, y es proporcionado por el propio fabricante de los programadores de forma gratuita.

Pasaremos a ver ahora el diagrama de flujo de la rutina principal del programa

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

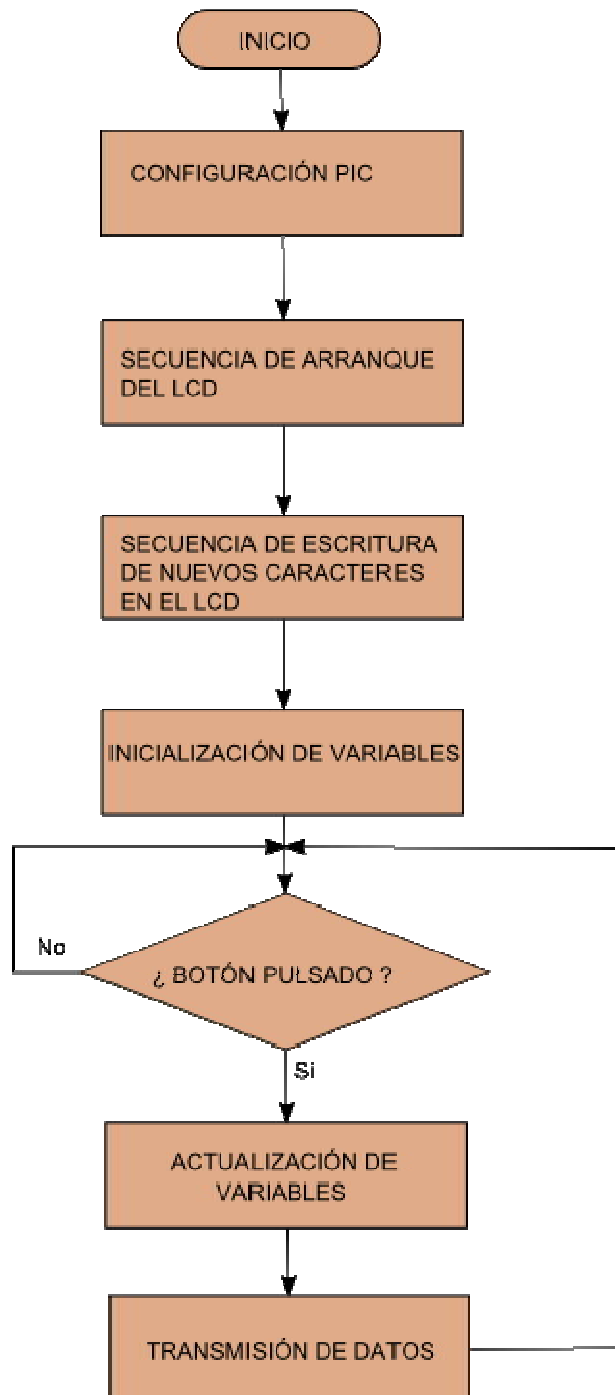


Ilustración 3.13: Diagrama de flujo del programa principal

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Como se puede apreciar, es un diagrama de flujo sencillo, en el que, tras configurar tanto el PIC como el LCD (funciones las cuales ya se han explicado con anterioridad en su correspondiente apartado), se reinician las diferentes variables, que en este caso son los 5 estados de volumen de los diferentes canales, poniéndolos éstos en un principio a la mitad del volumen posible. Posteriormente se entra en un bucle infinito que está continuamente comprobando si se pulsa algún botón, y en caso afirmativo, cambia las variables según el botón pulsado, para después mandarlos a través del puerto serie a los potenciómetros digitales. Veamos más en profundidad cada una de estas funciones.

3.5.4 Configuración del PIC

Veamos que registros del PIC hubo que configurar para que éste funcionara de la forma deseada:

- TRISA, TRISB y TRISC: Son los registros que le indican al PIC qué pines de los puertos A, B y C son de entrada ('0') y cuáles de salida ('1'). En nuestro caso, configuramos TRISA todo a '1', TRISB y TRISC todo a '0'.
- ADCON1: En este registro simplemente hay que poner la secuencia '1111' en los bits 0-3, para que todas las señales de los pines sean consideradas digitales por el microcontrolador.
- Para configurar el puerto serie, hubo que configurar dos registros: el SSPSTAT y el SSPCON. Del registro SSPSTAT sólo nos importaba el bit 6, que había que ponerlo a '1' para que la transmisión de los bits por el puerto serie se produzcan cuando la señal CLK pase de '1' a '0'. Por otro lado, del registro SSPCON hubo que modificar varios bits, por un lado el bit 5 (SSPEN) activo, para configurar los pines RC3, RC4 y RC5 como puerto serie, y por otro lado los bits 0-3 con la secuencia '0001', que le indica que el SPI es maestro, y que oscila a $f_{osc}/16$ (que viene a ser una frecuencia de 125Khz). Esta frecuencia se escogió así, en principio porque el PIC sólo permite 3 frecuencias disponibles ($/4$, $/16$, $/64$), y porque las otras 2 nos dieron algún tipo de problemas, la de $/4$ por ser demasiado rápida para poder ser apreciada por pantalla, y la de $/64$ era demasiado lenta para realizar la transmisión bien.

Hay que comentar de esta configuración que es importante rellenar estos registros en este orden, ya que si lo hacemos al contrario, al modificar el registro TRISC, el microcontrolador se olvida de la configuración del puerto serie, funcionando estos pines como entradas o salidas normales.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Adjunto el código fuente de la configuración del PIC

```
BCF    STATUS, RP0
BCF    STATUS, RP1
CLRF   PORTB      ; Initialize PORTB by clearing output data latches
CLRF   PORTC      ; Initialize PORTC by clearing output data latches
CLRF   PORTA      ; Initialize PORTA by clearing output data latches
BSF    STATUS, RP0 ; Select Bank 1
CLRF   TRISB      ; Configure all pins as digital outputs
MOVLW  B'00000011'
MOVWF  TRISC
MOVLW  B'11111111'
MOVWF  TRISA
MOVLW  0fh        ; = all digital
MOVWF  ADCON1
BSF    SSPSTAT,6   ; Transmit occurs on transition from active to Idle clock state
BCF    STATUS, RP0 ; Select Bank 0
CLRF   SSPCON
MOVLW  B'00100001'
MOVWF  SSPCON      ; Enables serial port and configures SCK, SDO, SDI and SS
as serial port pins
```

3.5.5 Recepción de señales de los pulsadores

Como hemos comentado antes, el programa, tras reiniciar los dispositivos, entra en un bucle infinito que está continuamente leyendo el PORTA para ver si se ha pulsado algún botón. También se han incluido esperas tras ser pulsados los botones, para asegurarnos aún más de que sólo se recibe una señal del pulsador. Por otro lado, ocurre lo siguiente con cada variable cuando se pulsan los siguientes botones:

- Botón delantero: Se incrementa en 1 la variable de los altavoces centrales y delanteros, a la vez que se decrementan los altavoces traseros.
- Botón derecho: Se incrementan en 1 ambos altavoces derechos, tanto el delantero como el trasero, a la vez que se decrementan los izquierdos. El central permanece invariable.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

- Botón izquierdo: Se incrementan en 1 ambos altavoces izquierdos, tanto el delantero como el trasero, a la vez que se decrementan los derechos. El central permanece invariable.
- Botón trasero: Se incrementan en 1 ambos altavoces traseros, mientras que los delanteros y el central se decrementan en 1.

Por último, decir que estos cambios suponen en los canales en sí una variación de 1db cada vez que pulsamos un botón.

Una vez dicho esto, nos encontramos con el siguiente problema: cada dispositivo necesita los valores de las diferentes variables de forma distinta, por una lado al display le tenemos que mandar un número que indique la posición de memoria donde almacena el carácter que nos interesa. Por otro lado, el DS1802 recibe los datos empezando por el LSB, mientras que el puerto serie del PIC los manda al contrario, con lo que hay que hacer otra conversión.

Por partes; comenzaremos con la conversión con el display. Para ello, usamos una función llamada CONT_BARRAS, que almacena en una variable llamada Barras el resultado. Como el rango de atenuación del potenciómetro es de 0 a 64 dbs de atenuación, y el display posee 2 líneas con 8 filas cada una (16 en total), la conversión simplemente es dividir entre 4 el grado de volumen de cada canal.

Por otro lado, para comunicarse con el DS1802, además del problema ya comentado, conforme avanzamos con la programación, nos encontramos con un problema añadido, y es que se estaba identificando un mayor valor de las variables con una potencia más elevada en los canales, al contrario que lo entiende el DS1802, que cuanto mayor sea el valor que le pasemos, más atenúa la señal. Así que hubo que hacer dos conversiones, por un lado restar a 64 el valor de las variables para transformarlos en los valores correctos entendidos por el potenciómetro, y por otro invertir todos los bits uno a uno para que le llegaran en el orden adecuado. Esta conversión se realizó mediante la función CAMBIO.

3.5.6 Lectura de datos en la pantalla

Como no podía ser de otra manera, para actualizar los datos representados por pantalla después de haber pulsado un botón, se realizó una función independiente llamada REFRESH, a la cual se llamaba después de haber detectado la pulsación de un botón. El diagrama de flujo de esta función, para cada canal, es el siguiente

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

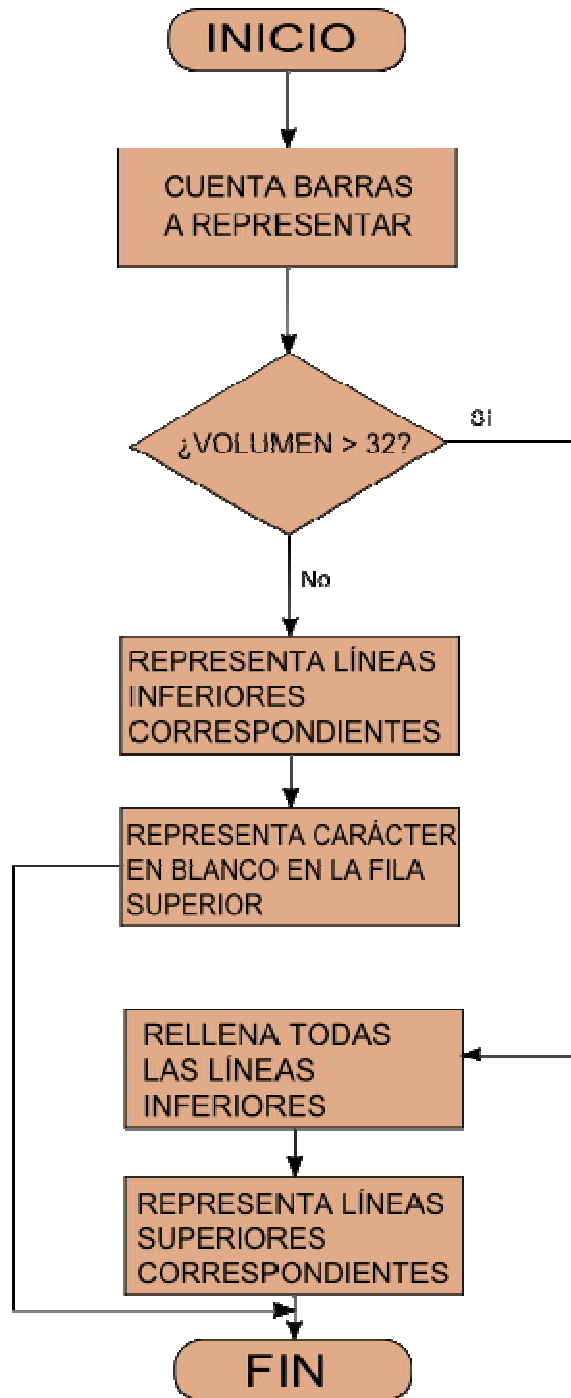


Ilustración 3.14: Diagrama de flujo de la función de representación de datos.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Estos son pues, los pasos que se siguen para representar por pantalla el estado de volumen de cada uno de los diferentes canales, vamos a comentarlos ahora con un poco más de profundidad. En primer lugar, se calculan las barras a representar en pantalla como se comentó anteriormente. Posteriormente, dependiendo de si la representación en pantalla nos va a ocupar una o dos filas (es decir, si el valor del volumen está por encima o por debajo de la mitad, o sea 32), se realizan los siguientes pasos:

- En caso de que el valor sea menor que 32, en la variable Barras tenemos un valor a representar entre 0 y 7, que justamente es la posición de memoria donde se encuentra almacenado el carácter de barras correspondiente en el LCD. Teniendo esto, se posiciona puntero de la pantalla en la posición correspondiente, mediante la función LINEA_ABAJO, y se le manda al display el carácter almacenado en Barras, para que represente el número de barras correspondiente. Por último, se escribe en la parte superior del display un espacio en blanco, mediante la función LINEA_VACIA, con el fin de limpiar los caracteres almacenados anteriormente en esa posición de memoria.
- En caso de que el valor sea mayor que 32, se representa el carácter con todas las líneas pintadas en la línea inferior mediante la función LINEA_LLENA. Ahora tenemos en la variable Barras un valor comprendido entre 9 y 16, que no se corresponde con las posiciones donde tenemos almacenados los caracteres a representar por pantalla, con lo que mediante la función LINEA_ARRIBA, se le resta 8, para ajustarlo a las posiciones de memoria del display, y se representa en la línea superior.

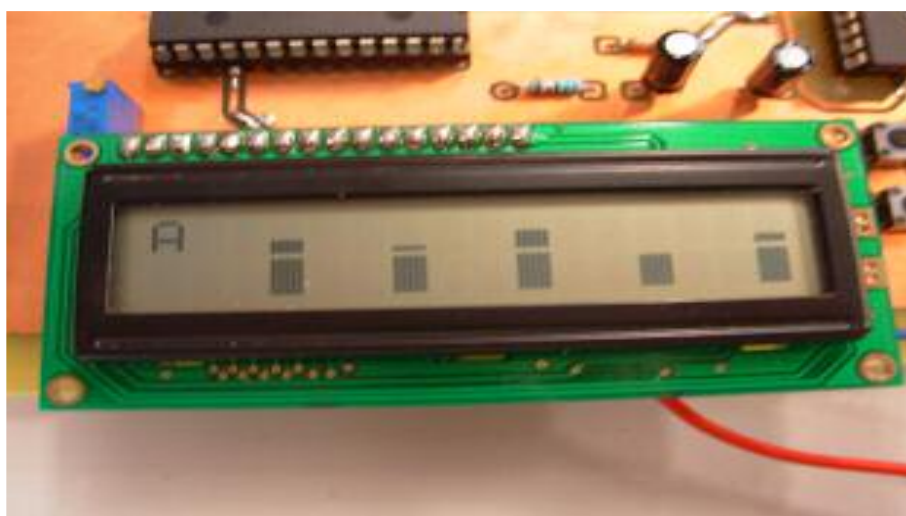


Ilustración 3.15: Detalle del volumen de los distintos canales reflejados en el display

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

3.5.7 Comunicación con el DS1802

Por último, nos queda comentar cómo se realiza la conexión con el potenciómetro digital para mandarle los datos almacenados en el PIC. En este caso veamos cómo quedó el lenguaje ensamblador final

TRANSMISION

```

DATO1      BSF      PORTC,2          ; Enable on
              MOVLW    B'11101111'    ; data transmission
              MOVWF    SSPBUF
              MOVLW    8
              MOVWF    auxiliar
              DECFSZ   auxiliar,1
              GOTO     DATO1           ; Check collision
              MOVLW    3fh
              MOVWF    auxiliar        ; Change values
              MOVF     Central,W
              CALL     CAMBIO
              MOVWF    SSPBUF          ; data transmission
              MOVLW    8
              MOVWF    auxiliar
DATO2      DECFSZ   auxiliar,1        ; Check collision
              GOTO     DATO2
              MOVLW    3fh
              MOVWF    auxiliar
              MOVF     Trasero_derecho,W
              CALL     CAMBIO
              MOVWF    SSPBUF
              MOVLW    8
              MOVWF    auxiliar
DATO3      DECFSZ   auxiliar,1
              GOTO     DATO3
              MOVLW    3fh
              MOVWF    auxiliar
              MOVF     Trasero_izquierdo,W
              CALL     CAMBIO
              MOVWF    SSPBUF
              MOVLW    8
              MOVWF    auxiliar

```

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

```

DATO4    DECFSZ    auxiliar,1
           GOTO      DATO4
           MOVLW     3fh
           MOVWF     auxiliar
           MOVF      Delantero_derecho,W
           CALL      CAMBIO
           MOVWF     SSPBUF
           MOVLW     8
           MOVWF     auxiliar
DATO5    DECFSZ    auxiliar,1
           GOTO      DATO5
           MOVLW     3fh
           MOVWF     auxiliar
           MOVF      Delantero_izquierdo,W
           CALL      CAMBIO
           MOVWF     SSPBUF
           MOVLW     8
           MOVWF     auxiliar
DATO6    DECFSZ    auxiliar,1
           GOTO      DATO6
           BCF       PORTC,2           ; Enable off

RETURN

```

Ya comentamos la configuración de esta conexión, ahora comentaremos cómo se realiza. En primer lugar se activa la señal ENABLE que habilita todos los dispositivos a la vez. Es curioso este paso porque cuando se realizó esta función, se pensó en un principio en ir activando cada uno de los potenciómetros de forma individual para ir metiendo todos los datos uno a uno en donde nos convenga. Todo lo contrario, la realidad es que, cada potenciómetro almacena los 2 bytes que se les manda, y si reciben 2 más, los 2 que tenían dejan de almacenarlos para sacarlos por la salida COUT, con lo cual se simplifica mucho más tanto el software como el hardware.

Para mandar el dato por el puerto serie, se escribe en el registro SSPBUF, y es en ese momento cuando se produce la comunicación, generando el PIC las señales correspondientes si se configuró de forma correcta. Se añadió un bucle de espera para asegurar la comunicación, de tal forma que el programa no pisara unos datos con otros. De todas formas, experimentalmente se comprobó que de las 3 frecuencias disponibles (500Khz, 125 Khz y 30Khz), para las dos más veloces funcionaba sin ningún problema. Si se quiere hacer funcionar la comunicación a menor velocidad, sólo habría que hacer el

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

cálculo de los ciclos de reloj que habría que esperar para que al PIC le diera tiempo a mandar los datos sin problemas. De todas formas, como no era algo importante con lo que trabajar, no se realizó este cálculo.

Como detalle importante, decir que la conversión que explicamos anteriormente de los valores con los que nos manejamos se realiza aquí, justo antes de mandarlos al potenciómetro. Para ello se llama a la función CAMBIO y se le pasa el valor 64 por la variable auxiliar, para que realice la conversión de datos. Esta función devuelve en el registro W el dato listo para enviar por el puerto serie, con lo que directamente se escribe en el registro SSPBUF.

Por último, decir que el primer dato que se les envía a los potenciómetros es inservible, pero que hay que mandarlo para rellenar los 6 bytes totales de la comunicación, de tal forma que no de a error la transmisión entre los potenciómetros. Cuando acaba la comunicación, se desactiva la señal de Enable de los potenciómetros y se vuelve a la rutina principal.

3.6 Esquemático y Fotografía del circuito

Para finalizar este capítulo, vamos a exponer el diseño del circuito en Pcad. El PCB del mismo viene incluido en los anexos del proyecto.

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

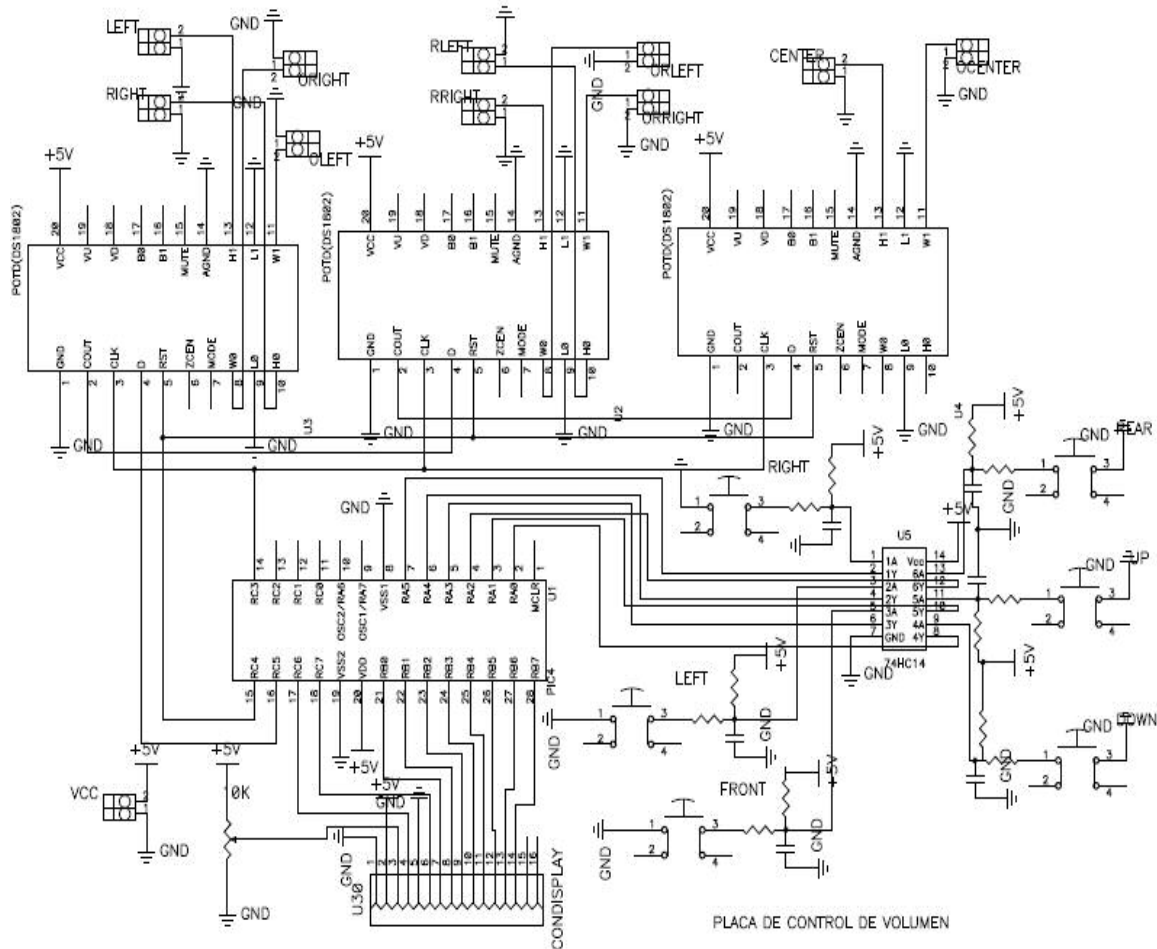


Ilustración 3.16: Diseño en PCAD de la placa de prueba

	ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO 5.1 CONTROLADO DIGITALMENTE	
	Fecha de creación 07/04/2005 18:38:00	Autor: José Ángel Olmo Agudo Tutor: Manuel Perales Esteve

Y por último, se incluye una fotografía de la placa de pruebas

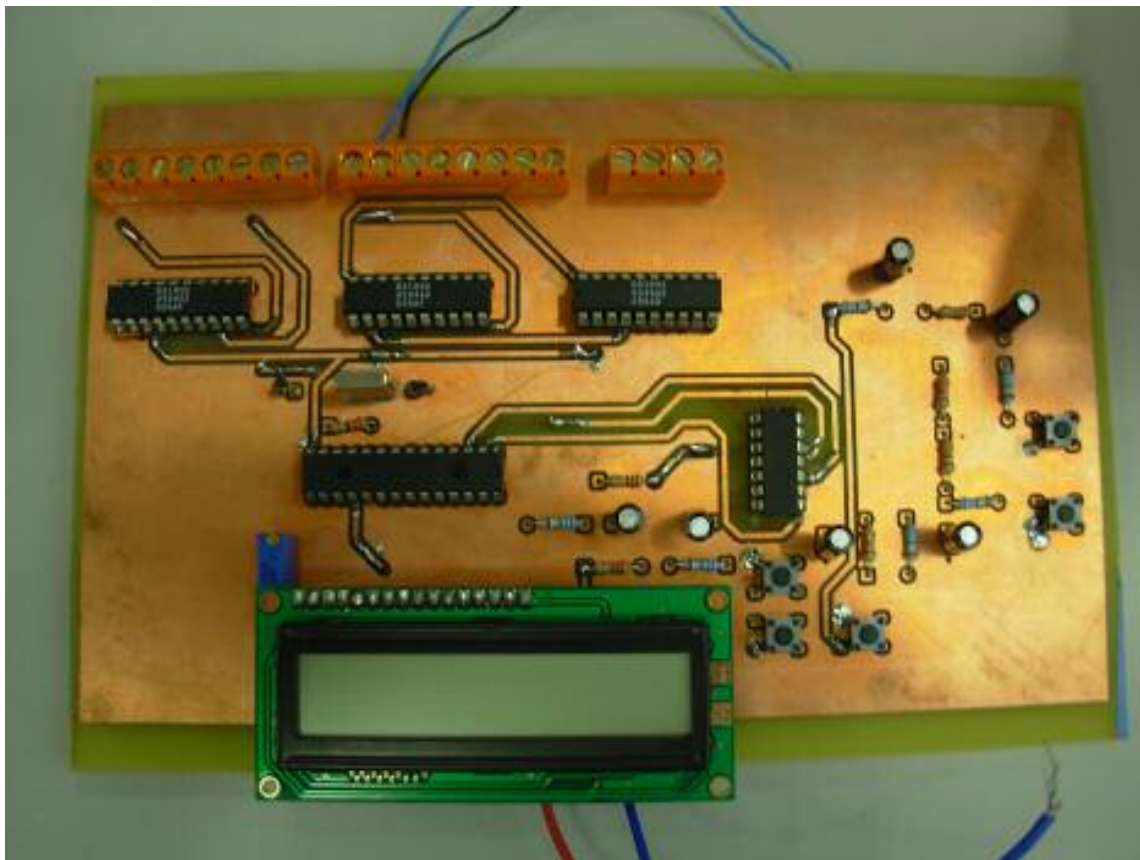


Ilustración 3.17: Fotografía de la placa de pruebas