

	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

4. ETAPA DE AMPLIFICACIÓN DE AUDIO

En este apartado explicaremos, tras haber hecho el mezclado y el control de las diferentes señales, cómo se amplifican éstas señales para escucharlas finalmente con un volumen adecuado para el oído humano. De todas formas, como ésta no era una de las partes más importantes del proyecto, se buscó un diseño que nos diera una ganancia aceptable sin ser muy complicado. Veamos pues, cuál fue este diseño

4.1 La elección del amplificador

El amplificador escogido para la implementación del amplificador estéreo fue el TPA1517 de Texas Instruments. Una descripción detallada del mismo se encuentra en el anexo (una reproducción del datasheet dado por el fabricante).

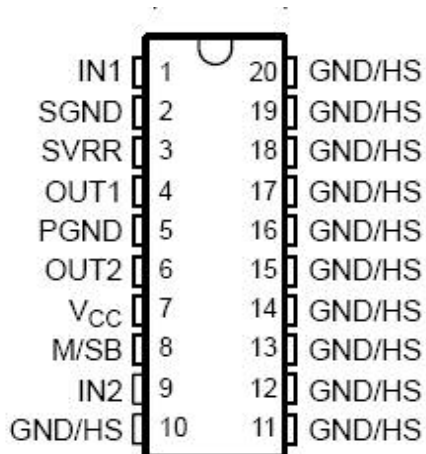


Ilustración 4.1: El TPA1517

El principal motivo por el que escogimos éste amplificador es su fácil manejo (el fabricante nos da el diseño completamente realizado), potencia de salida de 6 W, así como el estar disponible en formato DIP, para su soldadura en placa. El fabricante, además, nos facilitó varias muestras gratuitas para su uso.

	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

Además de esto, destacar que este integrado se había analizado a fondo en un proyecto anterior, con lo que se partía de una base bastante fiable de lo que podía ofrecernos este dispositivo y lo que no.

Las características que da el fabricante para nuestro trabajo son:

- Relativamente alta potencia de salida en estéreo de 6 W por canal.
- Ganancia fija de 20 dB por canal.
- Extraordinarias características, de ruido y distorsión.
- Posibilidad de modos de funcionamiento normal, mute y standby.
- Posibilidad de encontrarlo en DIP de 20 pines.
- Facilidad de montaje y puesta en funcionamiento, incluyendo varios diseños de la placa de prueba proporcionados por el propio fabricante.

Como se verá por las pruebas realizadas, el amplificador resultó poseer unas características adecuadas, tanto en cuanto a la amplificación como en la calidad de sonido a su salida.

4.1.1 Características del TPA1517P

Las características a tener en cuenta a la hora de utilizar el TPA1517P (DIP20) son:

- Rango de tensiones de alimentación: de 9'8V a 18V. En este proyecto lo hemos polarizado casi siempre a entre 10 y 15 V, comprobándose que su funcionamiento es el correcto. Generalmente, la polarización exacta fue de 12V.

- Tensión máxima de alimentación: 18V (recomendada), 22V (máximo absoluto).
- Ganancia: entre 18'5 y 21 dB.
- Tensión en DC a la salida: 4-5V.
- Impedancia recomendada de entrada del siguiente bloque (típicamente, un altavoz): 4Ω.

	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

- Impedancia de entrada: 60K Ω .

Así mismo, llamó la atención la repetida insistencia en la hoja del fabricante sobre la posibilidad de calentamiento excesivo del amplificador, esto es debido a la alta potencia que utiliza en un área muy pequeña, y que debe ser disipada. Para ello se usaron placas de doble cara con el único propósito de dejar toda la parte de arriba conectada a tierra, fuertemente estañada al zócalo, con el fin de disipar todo este calor. Por eso, todos los pines del 11 al 20 (situados a la derecha del chip) y el pin 10 deben estar unidos al plano de tierra, ya que por ellos se va a la mayor parte de este calor.

Para comprobar el correcto funcionamiento del amplificador y sus desviaciones respecto de las características que da el fabricante, se realizaron tres placas de prueba, una para cada 2 canales de audio, sobrándonos 1 (al ser 5 los canales) y se observó repetidas veces su comportamiento, realizándole 2 tipos de pruebas: pruebas preliminares y pruebas sistemáticas. Los resultados de todas ellas se detallan más adelante.

4.1.2 Descripción de los pines del TPA1517P y de la placa de prueba

Para comentar este apartado, veremos para qué se utilizó cada uno de los pines del integrado. Para ello veremos la tabla de descripción de pines que nos da el fabricante, y que conexiones se establecieron sobre ellos.

TERMINAL			I/O	DESCRIPTION
NAME	DWP NO.	NE NO.		
IN1	2	1	I	IN1 is the audio input for channel 1.
SGND	4	2	I	SGND is the input signal ground reference.
SVRR	5	3		SVRR is the midrail bypass.
OUT1	7, 8	4	O	OUT1 is the audio output for channel 1.
PGND	9, 12	5		PGND is the power ground reference.
OUT2	13, 14	6	O	OUT2 is the audio output for channel 2.
V _{CC}	16	7	I	V _{CC} is the supply voltage input.
M/SB	17	8	I	M/SB is the mute/standby mode enable. When held at less than 2 V, this signal enables the TPA1517 for standby operation. When held between 3.5 V and 8.2 V, this signal enables the TPA1517 for mute operation. When held above 9.3 V, the TPA1517 operates normally.
IN2	19	9	I	IN2 is the audio input for channel 2.
GND/HS	1, 10, 11, 20	10-20		GND/HS are the ground and heatsink connections. All GND/HS terminals are connected directly to the mount pad for thermal-enhanced operation.

Ilustración 4.2: Descripción de los pines del TPA1517

	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

El amplificador cuenta con 2 pines de entrada de audio (uno por cada canal estéreo, denominados IN1 e IN2), que son los pines 1 y 9. Entre estos pines y la entrada de audio es conveniente conectar sendos condensadores del orden de $1\mu\text{F}$, que sirva para desacoplar la componente continua a la entrada(recordemos que anteriormente se le añadió a la señal una continua de 2,5 V para que los potenciómetros digitales pudieran trabajar con ella). El fabricante recomienda que ambos condensadores sean cerámicos, por lo siguiente: los condensadores de aluminio electrolítico y de tantalum suelen tener corrientes de leakage muy elevadas. Para esta aplicación necesitamos que esas corrientes sean pequeñas, en concreto del orden de menos de $1\mu\text{F}$. Es por esto por lo que se recomiendan otro tipo de condensadores, especialmente los cerámicos.

Igualmente, entre los pines de salida (pines 4 y 6) es conveniente colocar un condensador del orden de los $100\mu\text{F}$. En este caso el fabricante recomienda condensadores de $470\mu\text{F}$ y de aluminio electrolítico.

El pin 2 es la referencia de tierra de ambas entradas de audio. En nuestra aplicación hemos referido todas las tensiones a la misma tierra, con lo que este pin está conectado a GND.

El pin 3 necesita ser conectado a un condensador de $2\cdot 2\mu\text{F}$ con la otra pata a tierra. Al igual que para las capacidades de entrada, las corrientes de leakage necesitan ser muy pequeñas, por lo que de nuevo se eligieron capacidades cerámicas.

El pin 7 se conecta a la tensión de alimentación. Como se comentó, esta tensión fue, generalmente, de entre 10 y 15 voltios.

El pin 8 gobierna el estado de funcionamiento del amplificador, distinguiendo entre 3 estados. Éstos serán comentados más adelante.

Todos los pines del 10 al 20 deben ser fuertemente conectados al plano de tierra, para permitir una correcta disipación del calor, como anteriormente hemos explicado. Esta razón imposibilitó el uso de zócalos para el amplificador: si los hubiéramos usado, estos pines probablemente no hubieran estado suficientemente unidos a GND, con el consiguiente recalentamiento y posible rotura del integrado.

Por último, tanto a la entrada de sonido como a la salida se usaron unas bornas para su conexión con cables a las distintas etapas de procesado 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

4.1.3 Modos Standby y Mute

El amplificador cuenta con 3 modos de funcionamiento: normal, mute y standby. El modo de funcionamiento viene determinado por la tensión en el pin 8, y puede ser variado durante el normal funcionamiento del circuito.

- Si la tensión en el pin está entre 9'2 y V_{cc} (máximo, 22V), el amplificador se encuentra en modo normal.
- Si la tensión está entre 8'8 y 3'4V, está en modo mute.
- Si la tensión está entre 2 y 0 V, el modo de funcionamiento es standby.

En modo normal el amplificado funciona de forma normal, esto es, amplificando la entrada en 20 dB. En modo mute el amplificador sigue su funcionamiento internamente, pero no permite el paso de la señal amplificada hacia fuera. Por último, en modo standby el amplificador se encuentra apagado, con lo que se reduce la potencia consumida.

El fabricante recomienda un sencillo circuito de control de esta tensión (ver layout del PCB o anexos: datasheet del amplificador y del módulo de evaluación) que no es más que un interruptor conectado a V_{cc} y a tierra a través de dos resistencias. Este interruptor selecciona entre modo normal (interruptor abierto) y otro modo (cerrado). Para elegir entre modo standby y mute se coloca un segundo interruptor en paralelo con la resistencia de tierra. Si está cerrado la tensión en el pin será 0 y estaremos en modo standby, y en caso contrario el modo será mute. Éste fue el método escogido para la realización de la placa, ya que con un par de jumpers se puede controlar todos los estados del amplificador. Además nos otorga la posibilidad de anular algunos de los grupos de altavoces usados, es decir delanteros, trasero o central, sin necesidad de pulsar repetidas veces los botones.

Otro método propuesto por el fabricante de control del modo de funcionamiento es a través de un circuito con dos transistores que se conecta a un control con tensiones TTL. Este método, al ser más complejo y aparentemente innecesario, fue descartado, y no lo comentaremos en esta memoria.

4.2 Esquemático y Fotografía del circuito

A continuación muestro el esquemático realizado en P-CAD para la realización del amplificador estéreo:

	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

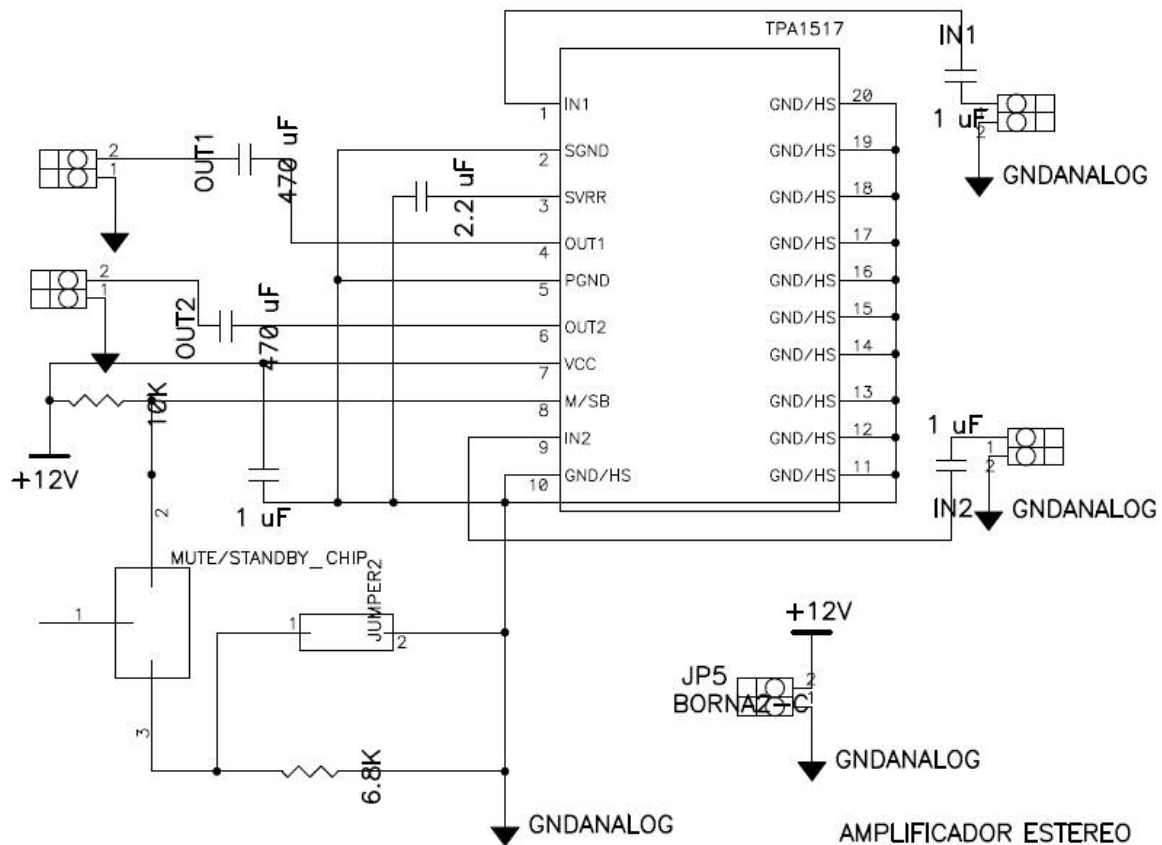


Ilustración 4.3 Diseño en PCAD de la placa de prueba

Destacar algunas cosas de este fotolito. En primer lugar las pistas por donde circula nuestra señal son especialmente anchas, esto es así porque estas pistas, al tener cierta resistencia, nos generan distorsión en la señal. Con esta medida nos aseguramos que este ruido va a ser mínimo.

Por otro lado, exponemos la fotografía de una de las placas estéreo realizadas

	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

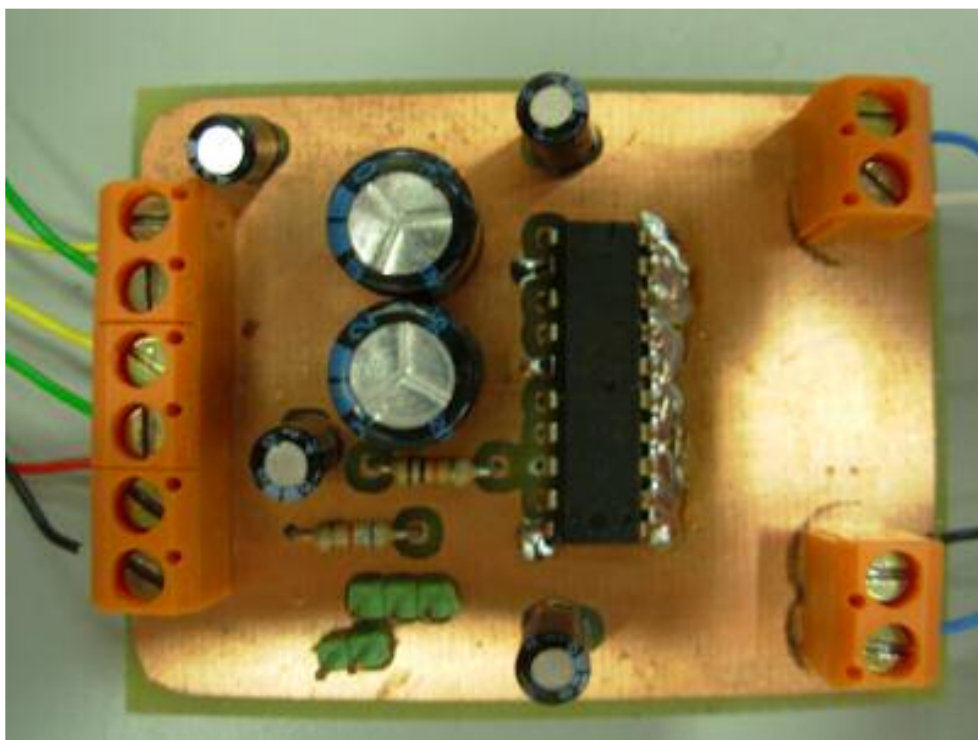


Ilustración 4.4: Fotografía de la placa de pruebas

4.3 Pruebas preliminares

Una vez realizado el circuito nos dispusimos a probarlo por primera vez. Como se dijo anteriormente, realizamos 2 tipos de pruebas: preliminares y sistemáticas. Las primeras pruebas consistieron en lo siguiente:

- En primer lugar comprobamos que el circuito realmente podía amplificar una señal sinusoidal de entrada a frecuencia de audio. Efectivamente, tras colocar una carga de $4'7\Omega$ se demostró una amplificación de alrededor de 10 veces a la salida.
- En segundo lugar probamos a variar la frecuencia de la señal sinusoidal de entrada, haciéndola pasar por los valores extremos del espectro audible. Esto dio como consecuencia un descenso de la ganancia al llegar a los 200 Hz, efecto que en un principio no nos debe preocupar, por un lado porque es poco significativo, y por otro por la inclusión de un subwoofer dentro del sistema de audio, que

	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

precisamente está diseñado para suplir esta disminución de los sistemas estéreo convencionales.

- Por último colocamos en la salida un pequeño altavoz. Introdujimos todo tipo de tonos de diferentes frecuencias y comprobamos que eran perfectamente audibles a la salida (eso sí, los atenué mucho a la entrada, ya que la escucha de tonos puros a un volumen elevado es peligrosa para el oído). Una salida típica era de entre 100 y 200 mV, siendo la máxima salida observada de alrededor de 1 y 2 V.

4.4 Pruebas sistemáticas

4.4.1 Comportamiento en frecuencia

Llegados a este punto, decidimos hacer una pequeña caracterización experimental del amplificador estéreo. En esta caracterización es por encima de todo importante comprobar las frecuencias de corte en que la ganancia comienza a disminuir, así como el grado en que lo hace. Realmente lo que nos interesa es comprobar que este amplificador es capaz de procesar las frecuencias típicas del oído humano, sin necesidad de que se comporte bien para sonidos graves (porque como ya sabemos hemos incluido un subwoofer). Por lo tanto no realizamos una caracterización exhaustiva del mismo. Nos basta con tener una idea más o menos precisa de su frecuencia de corte y una idea aproximada de cuándo y cuánto deja de amplificar.

Para realizar estas pruebas colocamos a la salida una resistencia de potencia (tenía que soportar potencias relativamente altas, del orden de 4 ó 5 W) de valor 47Ω , que simulara la carga de un altavoz (típicamente entre 4 y 8Ω). Con una fuente de señal senoidal como entrada comprobamos rápidamente que una tensión pico a pico aproximadamente a la mitad de lo que permite el amplificador sin saturar es del orden de los 100mV. Por tanto, fijamos la tensión de entrada a $91.2mV_{pp}$ y la alimentación a 13V. Para realizar las pruebas, aplicamos el método de aumentar la frecuencia hasta que se observara un cambio apreciable en la salida. De esta forma obtuve más medidas en las frecuencias en que la ganancia cambia más rápidamente y se pueden observar mejor algunos efectos.

Obtuve una tabla para bajas frecuencias. Para todo el rango de frecuencias intermedias de funcionamiento del amplificador, simplemente comprobé que la ganancia se mantiene totalmente estable, sin que se pueda observar ningún cambio en la salida. Por último, para altas frecuencias, al tener ganancia estable por encima de los 4KHz, no

	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

consideraré oportuno realizar este estudio, ya que amplifica perfectamente todos los tonos superiores audibles por el ser humano.

Para el caso de frecuencias bajas obtuve estos valores:

FREC(Hz)	1	12	19	23	28	33	39	57	77
Ganancia(dB)	-	2.6	7.85	8.99	10.54	11.86	13.32	15.4	17.01
FREC(Hz)	140	185	250	1000					
Ganancia(dB)	18.4	18,88	19.16	19.85					

Ilustración 4.5: Tabla de comportamiento en bajas frecuencias del TPA1517

La frecuencia de corte de 3dB se sitúa en torno a 70 Hz. A partir de aquí y hacia atrás la atenuación es evidente, lo cual, como comentamos, no nos afecta mucho. En teoría, el oído humano puede oír hasta los 20 ó 30 Hz., y aunque se podría proporcionar estas frecuencias con este amplificador, es mucho mejor hacerlo con la etapa del subwoofer, que está realizada expresamente para eso. Aún así, este amplificador permite escuchar algo estas frecuencias.

A partir de 1000Hz la ganancia permanece perfectamente plana con valor de 19'85 dB, hasta llegar a unos 45 KHz en que la ganancia vuelve a decrecer.

4.4.2 Otras consideraciones

Entre los efectos observados cabe destacar:

- El calentamiento significativamente superior al introducir señales muy altas en el amplificador (alrededor de 1V), ante una alimentación de 12V (fue la alimentación escogida porque es la misma que tienen otros integrados del proyecto, a la hora de hacer el montante completo facilita mucho las cosas). Esto es así porque las señales de entrada suelen ser del orden de 100mV.
- El crosstalk que se produce entre los dos canales de salida: es de 65dB.