

# Amplificador estéreo de 20 vatios de CLASE D



*¡La clase D está servida!  
20+20 vatios estéreo con la exclusiva tecnología de Texas Instruments. Un amplificador de pequeño tamaño que puede conectarse a Ipod, mp3 y que, incluso con los altavoces más viejos os devolverá la dinámica de la música.*

Válvulas, IGBT, MOSFET y transistor thermaltrack: **Nueva Electrónica** utiliza en sus amplificadores todas estas tecnologías con gran éxito. De nuestra lista, sólo faltaba la **clase D** y finalmente se le ofrece con este nuevo amplificador de **20+20 vatios**. Un amplificador eficiente (92%), pequeño, bien diseñado, creado para escuchar la dinámica de la música: ésta es nuestro **LX.1794**.

Una vez construido, se puede conectar a cajas de 4 o de 8 ohms. El proyecto es eficaz porque genera poco calor y es de pequeñas dimensiones, lo que permite poner el amplificador en cualquier entorno, incluso una caravana o un coche. Además, la entrada de alimentación puede variar desde **12** hasta **35 voltios**, es muy versátil, y con una pila de 12 V se convierte en un amplificador portátil.

*¿Qué tal suena?* Ésta es la primera pregunta que surge ante un nuevo amplificador. El sonido es una cuestión subjetiva: por nuestra parte podemos asegurar que

hemos sometido este nuevo proyecto a una larga serie de pruebas que han producido excelentes resultados.

Los beneficios que obtendréis usando este amplificador son los siguientes:

- **20 WRMS** sobre **8 ohmios** por canal de potencia con fuente de alimentación de **19 V**, que se puede ser una fuente de alimentación común para ordenador portátil.
- **10 WRMS** sobre **8 ohmios** con una potencia de **12 V**, que pueden ser utilizados para el coche o la caravana [**15 W** sobre **4 ohmios**] y añadiendo un batería para una aplicación portátil.
- si se tiene una salida balanceada también se proporciona la entrada diferencial.

## ■ ALGO MÁS DE INFORMACIÓN

Los amplificadores de audio convencionales han desempeñado su papel durante varias décadas pasando por diversas tecnologías de válvulas, transistores y MOSFET. La difusión de los sistemas de sonido multi-canal y "home cinema" así como la reducción de espacio en las viviendas dio lugar a la necesidad de amplificadores pequeños de baja generación de calor, como los de clase D. Este tipo de amplificación se ha obtenido en los últimos años con la mejora de los MOSFET y técnicas de integración. Esto ha conducido a una disminución de costes y complejidad de este tipo de circuitos, favoreciendo su difusión entre el "consumidor medio".

Desde los años 50 hasta ahora, los fabricantes de semiconductores -de la mano con el progreso de la técnica- han presentado una gran variedad de circuitos integrados. El laboratorio de **Nueva Electrónica** ha puesto a prueba varios de estos dispositivos, encontrando sus rendimientos inadecuados para un kit. Sólo ahora con la llegada de los nuevos integrados de Texas Instruments hemos cambiado de opinión y estamos aquí para ofrecer este nuevo proyecto.

■ **PRINCIPIOS de FUNCIONAMIENTO**

El campo de utilización de amplificadores de clase D está dividido en tres grandes categorías:

- **baja potencia, 10 mW - 5 W**
- **potencia media, 5 W - 80 W**
- **alta potencia, 80 W - 1400 W**

La **baja potencia** se utiliza en teléfonos móviles, reproductores MP3 y ordenadores portátiles, donde el bajo consumo y el funcionamiento a baja tensión son fundamentales, además de otros aparatos alimentados con pilas.

La **potencia media** ha crecido en importancia con la introducción de los televisores LCD cada vez más “planos”, y los sistemas “home cinema”. La demanda de aparatos más eficientes desde el punto de vista energético, ha acelerado el desarrollo en este segmento.

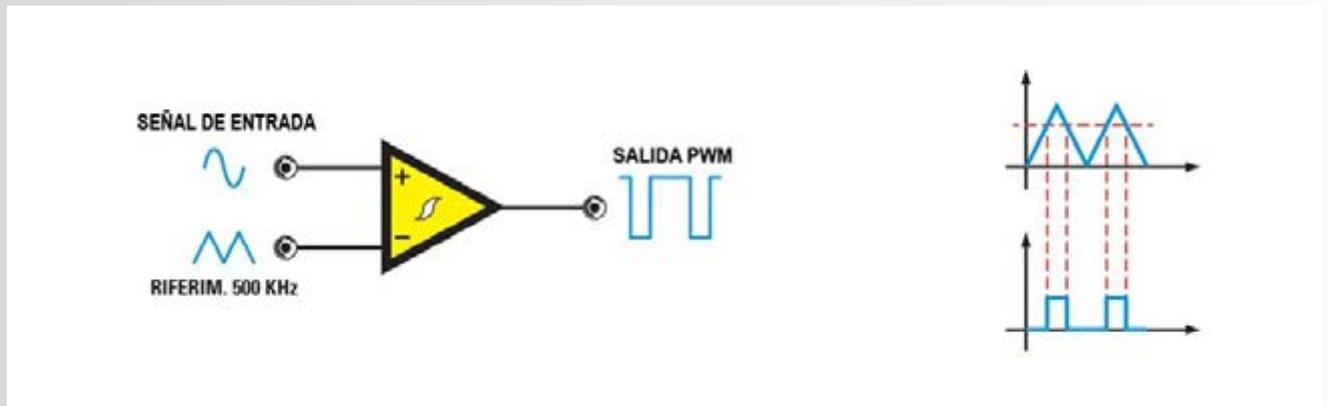
La **alta potencia** es para usos más profesionales como conciertos, cines, estadios y eventos públicos.

Hablemos ahora de las técnicas que son la base de los amplificadores de clase D. En la fig.2 se puede ver el esquema del circuito que convierte una señal analógica en una **señal digital PWM** (también conocido como modulador PWM). El comparador es del tipo con **histéresis**, tiene la señal analógica aplicada a la entrada + y una onda triangular de **500 kHz** de entrada.

Cuando la señal analógica es más positiva que la onda triangular de referencia, se produce de salida un pulso positivo cuya anchura depende del tiempo que la señal permanece por encima del umbral. En la práctica hay una **proporción lineal** entre el ancho de pulso y la amplitud de la entrada. Cuando la entrada está **por debajo** del umbral (que cambia con el tiempo) debido a la onda triangular, la salida del comparador se vuelve **negativa**. La salida de onda cuadrada del comparador tiene un ciclo de trabajo proporcional a la amplitud de la señal de entrada.



**Fig. 1 Así es el amplificador LX.1794 de clase D una vez concluido el montaje.**



**Fig. 2 Diagrama de bloques y formas de onda de un modulador PWM y a la derecha sus formas de onda características.**

Si la salida del comparador maneja los MOSFET, como ilustra la fig.3, la tendencia de la señal de salida refleja la señal de entrada multiplicada por la tensión de alimentación. Para extraer la señal de salida de audio desde los MOSFET basta filtrarla con un filtro de paso bajo de tipo **LC** como hemos mostrado en la fig.3. El filtro también evita las interferencias electromagnéticas debidas a la onda cuadrada de la salida.

La ganancia de fase la da la relación entre el pico de la onda triangular y la tensión de alimentación de los MOSFET. Suponiendo que la onda triangular tiene un valor pico de **2,5 voltios** y la tensión de alimentación de **50 voltios**, la ganancia es igual a **20**.

### ■ CLASE D digital y Clase D analógica

El circuito mostrado en la fig.3 es un **amplificador de Clase D de tipo analógico** ya que el modulador se hace con un comparador con histéresis. La señal **PWM** puede ser generada digitalmente con diversas técnicas, la más común de los cuales son la **PCM** y la **PDM**.

### ■ Clase D SÍNCRONA y ASÍNCRONA

El modulador **PWM** que se muestra en la fig.2 es de tipo síncrono ya que la frecuencia de onda cuadrada es fija y lo que varía es el valor del ciclo de trabajo.

**Nota: DC significa ciclo de trabajo (duty cycle).**

La **clase D asíncrona** presenta una frecuencia de oscilación variable con la señal de entrada como en el caso de los amplificadores auto oscilantes.

### ■ CONVERTIDOR BUCK

La tecnología utilizada para los amplificadores de **clase D** tiene muchas similitudes con la utilizada para las fuentes de alimentación conmutadas. La configuración más útil para explicar el amplificador de **clase D** es el convertidor buck.

El reductor o convertidor buck actúa reduciendo la tensión de entrada a un valor inferior y prefijado de salida, del que podemos ver un ejemplo clásico en la fig.4.

El tiempo de cierre del interruptor **S1** determina la cantidad de energía transmitida a la carga y en consecuencia, la tensión. La conducción del interruptor se obtiene con un controlador **PWM**.

Suponiendo que la corriente continua sea del **50%**, el voltaje de entrada de **12 voltios** en la carga se convierte en **6 voltios**. La carga **Rc** de **3 ohmios** absorbe **2 amperios** con una tensión de salida de **6 voltios**. En un circuito real del interruptor **S1** se sustituye por un MOSFET.

Durante el primer semiperíodo **S1** está cerrado, el voltaje de entrada se aplica a la inductancia **L1** y aumenta linealmente con el tiempo (como se ve en la fig.4), hasta llegar a su valor máximo. Cuando **S1** está abierto, la corriente continúa circulando en **L1** hasta un colapso del campo magnético. La energía almacenada por la inductancia se devuelve en forma de corriente que fluye a través de la carga **Rc**. Esta corriente, denominada de conmutación, es forzada a circular a través de **C-Rc** por la presencia de **DS1**.

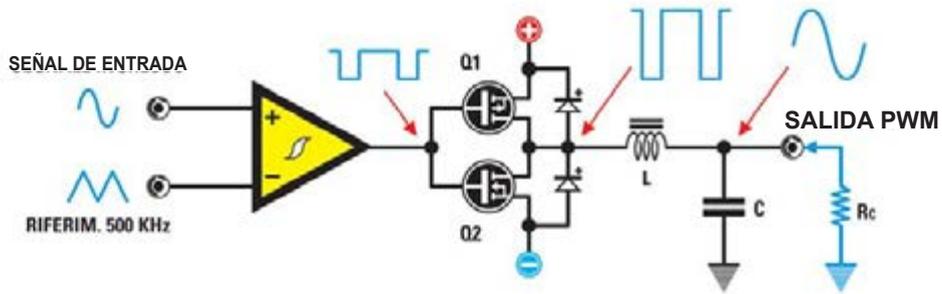


Fig. 3: Diagrama de máxima de un amplificador de clase D y sus formas de onda.

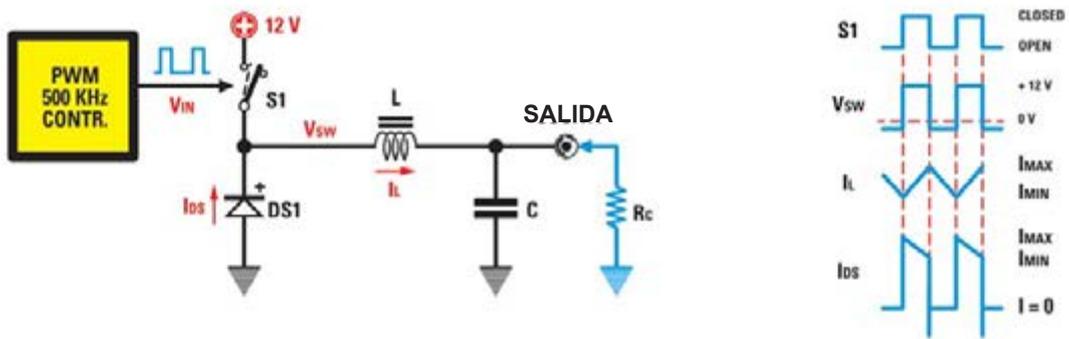


Fig. 4 Alimentador conmutado de tipo buck y sus formas de onda.

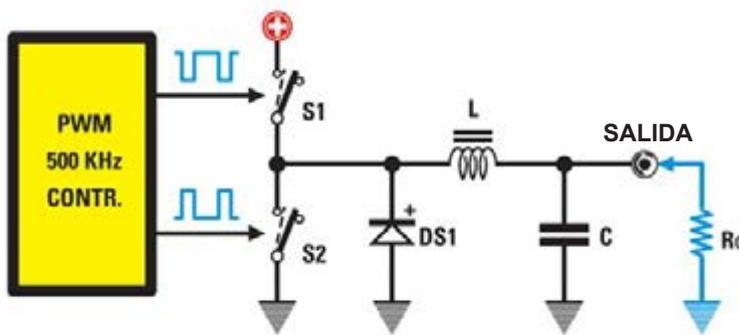


Fig. 5 Esquema de principio de un alimentador conmutado de tipo buck síncrono.

Durante el segundo semiperíodo la corriente disminuye linealmente con el tiempo hasta su valor mínimo  $I_m$ , como se muestra en la fig.4. La frecuencia de conmutación y el valor de la inductancia deben seleccionarse para obtener un  $I_m$  mayor que cero. El promedio de  $I_{max}$  e  $I_{min}$  es la corriente de salida que atraviesa la carga. La diferencia entre  $I_{max}$  e  $I_{min}$  se denomina corriente de ripple o de ondulación. El diodo se llama “**diodo freewheeling**” o diodo de recirculación.

En la fig.4 puede verse **DS1** en conducción a final del semiciclo, cuando **S1** se cierra y la tensión pasa de **-0,7 voltios** a **+12 voltios**. El diodo debería pasar de la conducción a la interdicción en un tiempo nulo. Pero un diodo real tiene limitaciones físicas debidas a fenómenos de recombinación de las cargas que ralentizan la conmutación. Este fenómeno se denomina **recuperación inversa** y da lugar a un pico de corriente cuando **S1** se cierra. Este fenómeno no deseado también da lugar a una disipación de energía y a interferencias electromagnéticas que pueden remediarse utilizando diodos rápidos o shottky.

### ■ **CONVERTIDOR BUCK SÍNCRONO**

En la fig.5 vemos el diagrama básico del convertidor buck síncrono en el que **DS1** tiene un conmutador **S2** en paralelo. Se llama de **rectificación** síncrona y tiene la ventaja de que incrementa la eficiencia del circuito. **S1** y **S2** trabajan con un desfase de  $180^\circ$ , cuando **S1** está activado, **S2** está desactivado y viceversa. Suponiendo que el **DC** de **S1** esté al 75%, tendremos **9 voltios** en una **Rc** igual a **3 ohmios** con una corriente de **3 amperios**. El comportamiento del circuito es muy similar a al de la fig.4, con la diferencia de que la tensión de salida se acerca a cero (no recae sobre **DS1**).

En el convertidor **buck síncrono** lo más peligroso es tener **S1** y **S2** **encendidos** de forma simultánea (cortocircuito hacia tierra). Para superar este inconveniente se inserta el llamado “**dead time**” (**tiempo muerto**) en el que **S1** y **S2** están abiertos durante un corto período de tiempo. Con ambos interruptores abiertos, el campo magnético en **L1** colapsa creando una tensión negativa que, afortunadamente, se ve limitada por **DS1**. En general el **dead time** es bastante corto en comparación con el período de la señal de conmutación para preservar su eficiencia.

En la práctica **S2** es un MOSFET con una **R<sub>DS(on)</sub>** baja, de modo que la caída de tensión en sus extremos es insignificante comparada con la de **DS1**.

El diodo **DS1** se aprovecha del llamado “diodo parásito” **source-drain** que resulta de la tecnología de fabricación del MOSFET. **DS1** se elige generalmente en tecnología scottky por cuestión de velocidad. La forma de la onda de salida depende de la velocidad de conmutación del interruptor alto **S1**. Los frentes de la tensión de salida dependen en gran medida de **S1**, ya que una parte sustancial de la corriente se extrae de los **+12 voltios**, cuando se cierra este interruptor.

El **convertidor buck síncrono** tiene muchas afinidades con un **amplificador de clase D**.

### ■ **FASES DE SALIDA DE CLASE D**

La salida de una amplificador de **clase D** es la parte más difícil de realizar. Se suele trabajar a frecuencias de aproximadamente **500 kHz** y tiempos de subida y bajada de unos **20ns**. Supongamos que tenemos un amplificador de **+ / - 50 voltios**, donde las transiciones de salida son de **100 voltios** en **20ns**, lo que supone una variación de **5000 V / us**.

### ■ **FASES DE SALIDA PUSH-PULL Y DE PONTE H**

En las fig.6 y 7 se pueden ver dos fases típicas de salida para **clase D**.

La push-pull utiliza dos MOSFET complementarios y precisamente el **canal P** para la rama positiva y el **canal N** para la rama negativa, que se llama también circuito de **medio puente**.

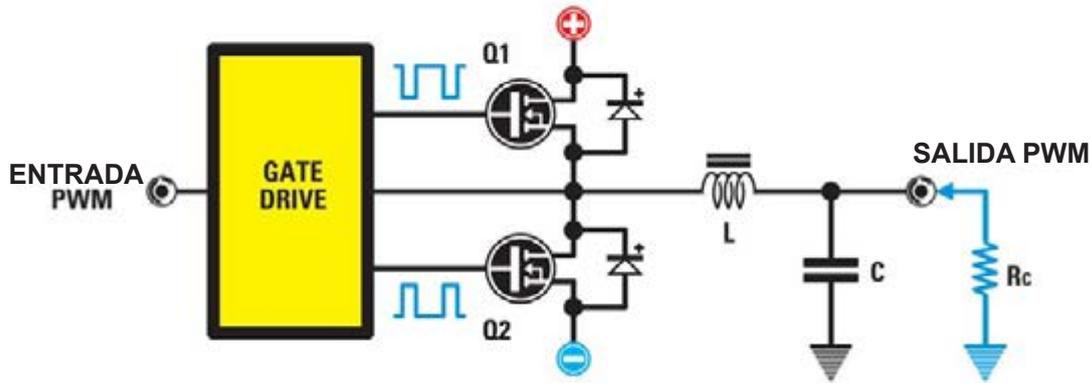
La de **puente en H** se acciona de tal manera que un lado está alto y el otro bajo: con esta configuración se duplica la potencia aplicada a la carga. Cuando ambos lados están altos o bajos la corriente eléctrica, no lo atraviesa.

El **puente en H** requiere dos veces más componentes con respecto a la push-pull: la ventaja consiste en poder utilizar la mitad de tensión de alimentación. El puente en H se utiliza generalmente en los amplificadores de alta potencia.

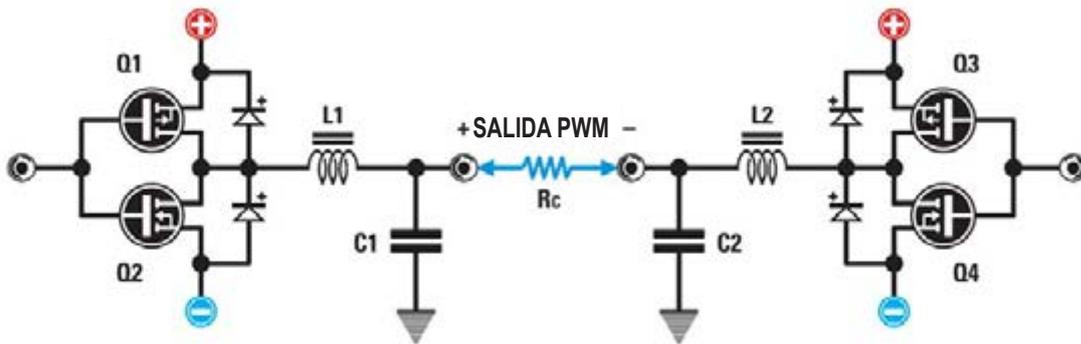
### ■ **FASE DE SALIDA CON DOS MOSFET N**

Los MOSFET de **canal N** tienen mejores características de conmutación que los **canal P** y por esta razón los usamos. En la fig.6 se puede ver un circuito de salida con **dos MOSFET de tipo N**; este circuito requiere un driver un poco complejo para polarizar el MOSFET superior.

Hay circuitos integrados especiales, como el **IR2110**, que tienen un circuito llamado **bootstrap** para



**Fig. 6 Fase de salida en clase D del amplificador de medio puente con 2 MOSFET de tipo N.**



**Fig. 7 Fase de salida en clase H del amplificador con MOSFET complementarios P y N.**

generar el voltaje correcto para polarizar el MOSFET alto.

■ **CÓMO ACCIONAR EL GATE**

La impedancia de entrada de un MOSFET es alta para bajas frecuencias y baja para altas frecuencias y también hay que tener en cuenta la **capacidad Miller**. Las corrientes de control del gate son amperios y los tiempos son importantes para la distorsión. El problema se resuelve utilizando los circuitos especializados.

■ **CONTROL del DEAD TIME**

En el esquema de la fig.6 podría verificarse que los dos MOSFET están cerrados, con consecuencias que podrían llevar a la destrucción del estadio de salida. Como hemos explicado anteriormente, la circuitería genera un pequeño dead time [tiempo muerto] en el que ambos MOSFET están cerrados. La presencia de este dead time es, por desgracia, una fuente de distorsión de la señal de salida.

El dead time puede variar con la temperatura y las condiciones de trabajo del circuito y es por eso que se recurre a circuitos que lo controlan de forma independiente para el MOSFET superior y para el inferior.

El control del dead time se realiza de forma dinámica con técnicas que pueden ser tanto analógicas y digitales.

### ■ **EL INTEGRADO TPA3100D2**

El circuito integrado de **Texas Instruments** es capaz de generar **20 vatios** por canal en altavoces conectados por puente, en clase D. El **TPA3200** también puede conducir cargas de **4 ohmios** con una eficacia del **92%** sin ningún tipo de disipador.

En la fig.8 se ve el esquema de bloques del integrado y en la fig.9 el esquema simplificado.

Los pines **LOUTN (39-40)** y **LOUTP (41-42)** son las salidas del medio puente de los MOSFET a las que se conecta el altavoz.

Los condensadores de **220.000 picofaradios** conectados a **BSLN (38)** y **BSLP (43)** son los condensadores bootstrap, que sirven para generar la tensión de polarización del MOSFET superior del medio puente. Observando el esquema de la fig.9, en la parte superior izquierda se pueden ver dos pines llamados **Gain Select** (selección de ganancia) que permiten seleccionar diferentes ganancias como se puede ver en la Tabla N °1. En la misma tabla también se puede ver que la resistencia de entrada cambia con la ganancia y esto es consecuencia de que se conmutan las resistencias.

**INPUT "L"** es la señal de entrada para el canal izquierdo acoplado al pin **LINP (3)** a través de un condensador de **1 uF**.

El pin **LINN (2)** es el negativo de la entrada diferencial (canal izquierdo) que, en este caso, se conecta a tierra a medida que entra con una señal no balanceada.

La resistencia conectada entre el pin **ROSC (14)** y la tierra determina, con el condensador interno, la frecuencia de funcionamiento del amplificador.

**Sync Control** son dos pines que se utilizan para sincronizar los osciladores en sistemas multiamplificados.

**Shutdown Control** sirve para apagar el integrado poniéndolo en modo de consumo mínimo de corriente.

**Mute Control** sirve para apagar el estadio de salida y puede servir cuando se conmutan las entradas de audio.

**Fault Flag** indica la presencia de un cortocircuito en la

salida del amplificador y verifica que la parte de salida se haya desconectado (para proteger el circuito).

Comparemos ahora la modulación utilizada en los amplificadores de **clase D** y la que utiliza nuestro integrado.

### ■ **La modulación en la clase D tradicional**

En el caso de un amplificador de **clase D** de tipo tradicional y que tiene salidas de puente, éstas están desfasadas **180°** como hemos visto en este artículo.

La excursión de la tensión de salida varía entre alimentación y tierra. Las respectivas formas de onda (antes del filtro de salida) son visibles en la fig.11 y se indican como **OUTP** y **OUTN**.

La señal indicada como tensión en el altavoz es la tensión diferencial en los extremos del transductor.

Cuando corriente **DC** es del **50%** la tensión filtrada es igual a **cero**: en estas condiciones tenemos la corriente máxima en la carga y la mayor disipación (consumo de corriente máximo absorbida por la carga).

### ■ **La modulación en el integrado TPA3100D2**

Para tener una disipación menor y, por consiguiente, una mayor eficiencia, **Texas Instruments** ha estudiado un sistema de modulación particular. Como se puede ver en la fig.12, en caso de que no haya señal de entrada el integrado trabaja con una tensión única.

**OUTP** y **OUTN** están en fase, mientras que con el voltaje de salida positivo tenemos:

**OUTP** tiene un **DC superior al 50%**

**OUTN** tiene un **DC inferior al 50%**

En el caso de una señal negativa se invierten las cosas.

Como muestra la fig.13, el voltaje en la carga es **cero** para una gran parte del período de conmutación, con la consecuente reducción de la corriente y la disipación. Con este tipo de modulación, el filtro de salida **LC** es atravesado por corrientes **bajas** y, en consecuencia, se necesitan componentes de menor rendimiento que con una modulación de tipo tradicional.

En caso de que el altavoz esté conectado a una distancia de unos **10 cm**, no son necesarias las inductancias.

### ■ **ESQUEMA ELÉCTRICO**

Después de esta explicación teórica consideremos ahora el esquema final de nuestro **amplificador de clase D**.

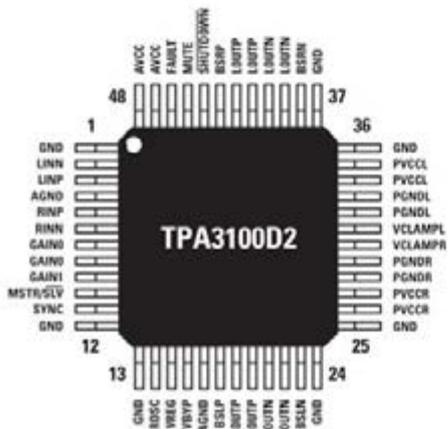
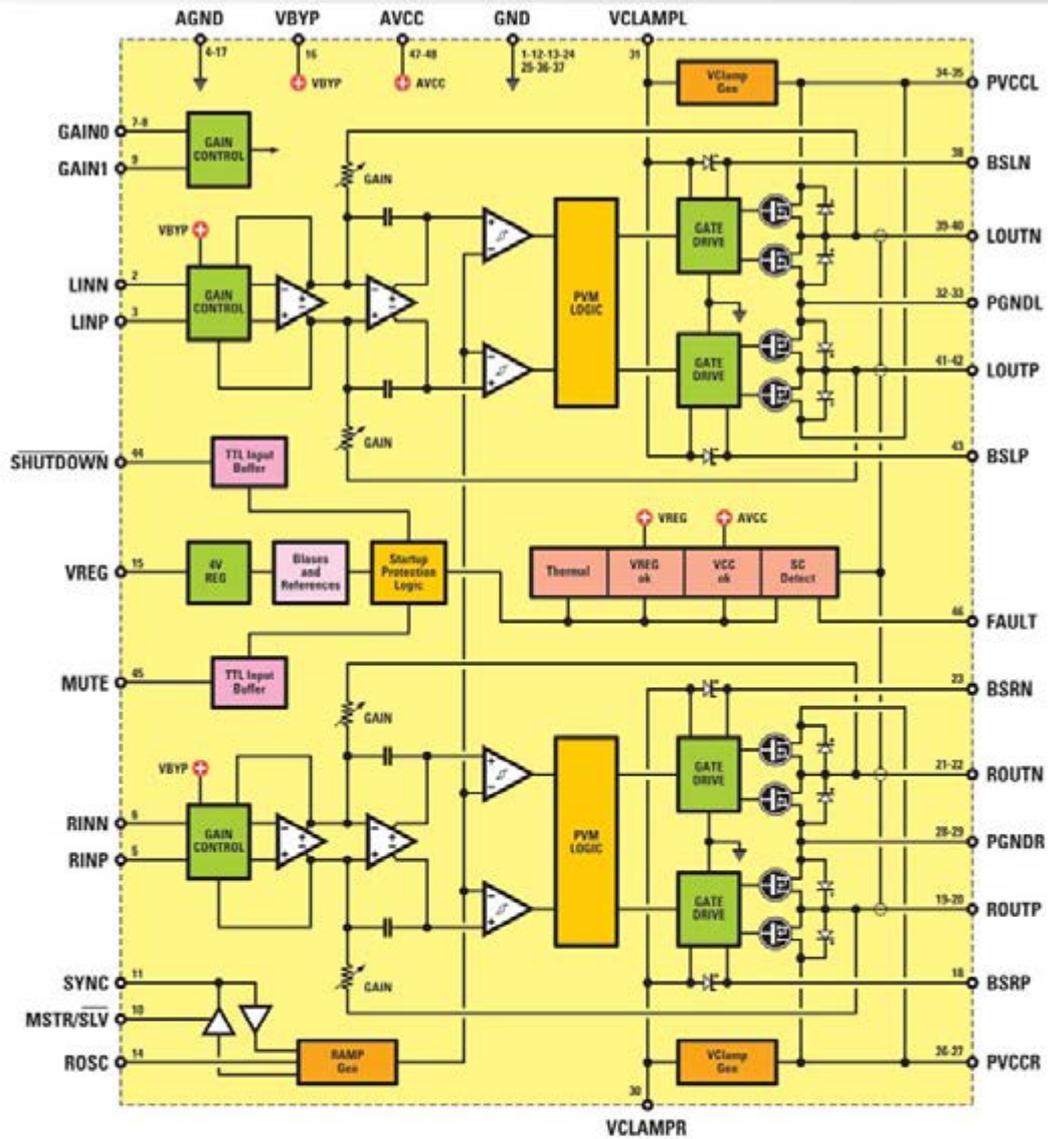
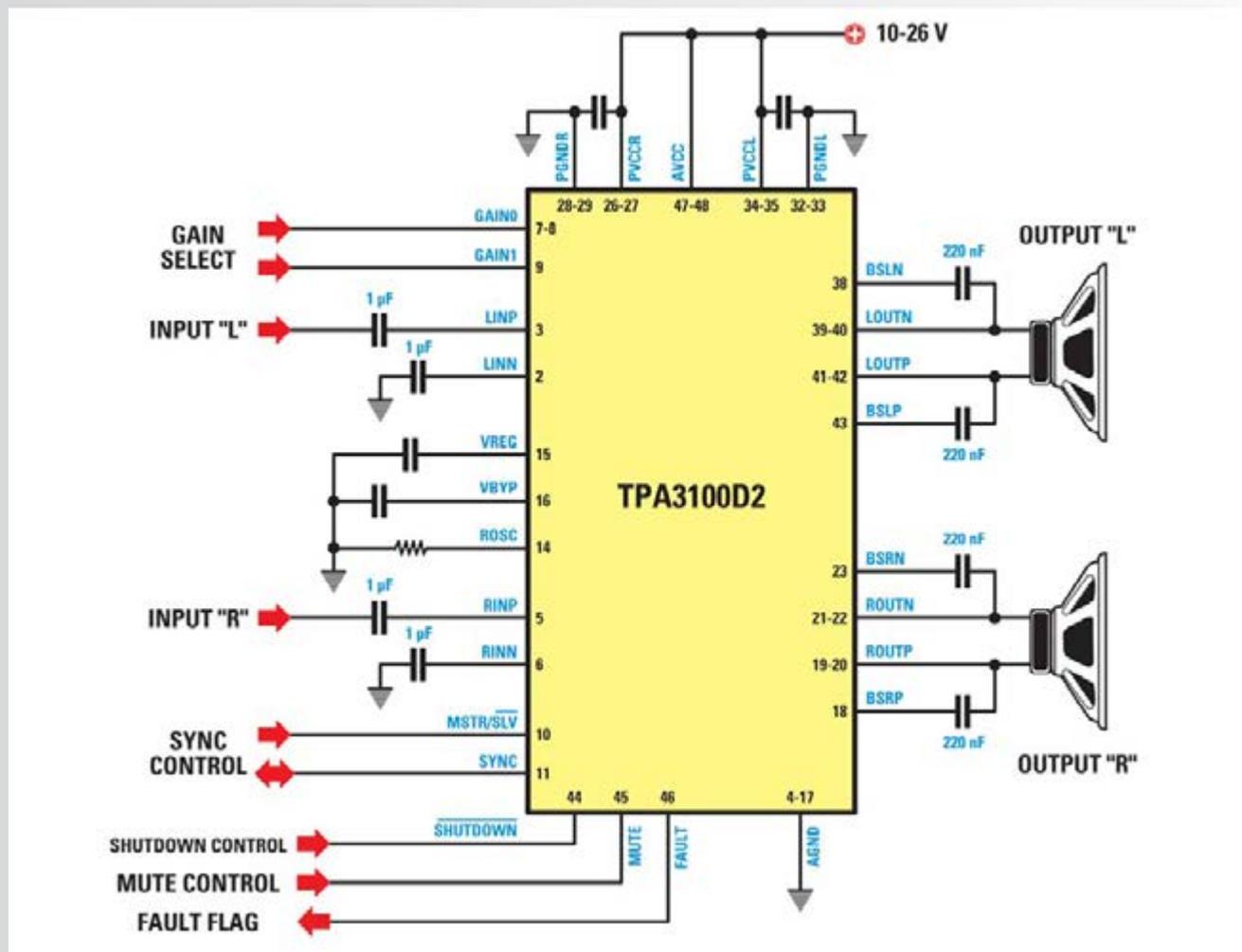


Fig. 8 Diagrama de bloques del integrado TPA3100D2 y sus pinouts. En el artículo de describen todos así como sus funciones principales.



**Fig.9** Para entender mejor el principio de funcionamiento del integrado TPA3100D2 en la figura está su esquema de funcionamiento simplificado. Para obtener información más detallada recomendamos la lectura de este artículo.

Observando la fig. 10 arriba a la derecha vemos la toma de entrada que puede suministrar entre de **10 a 26 voltios**. El diodo **DS1** sirve para proteger el circuito de la polaridad invertida.

Los condensadores **C6 a C11** se utilizan para filtrar y desacoplar la fuente de alimentación y las distintas secciones del integrado.

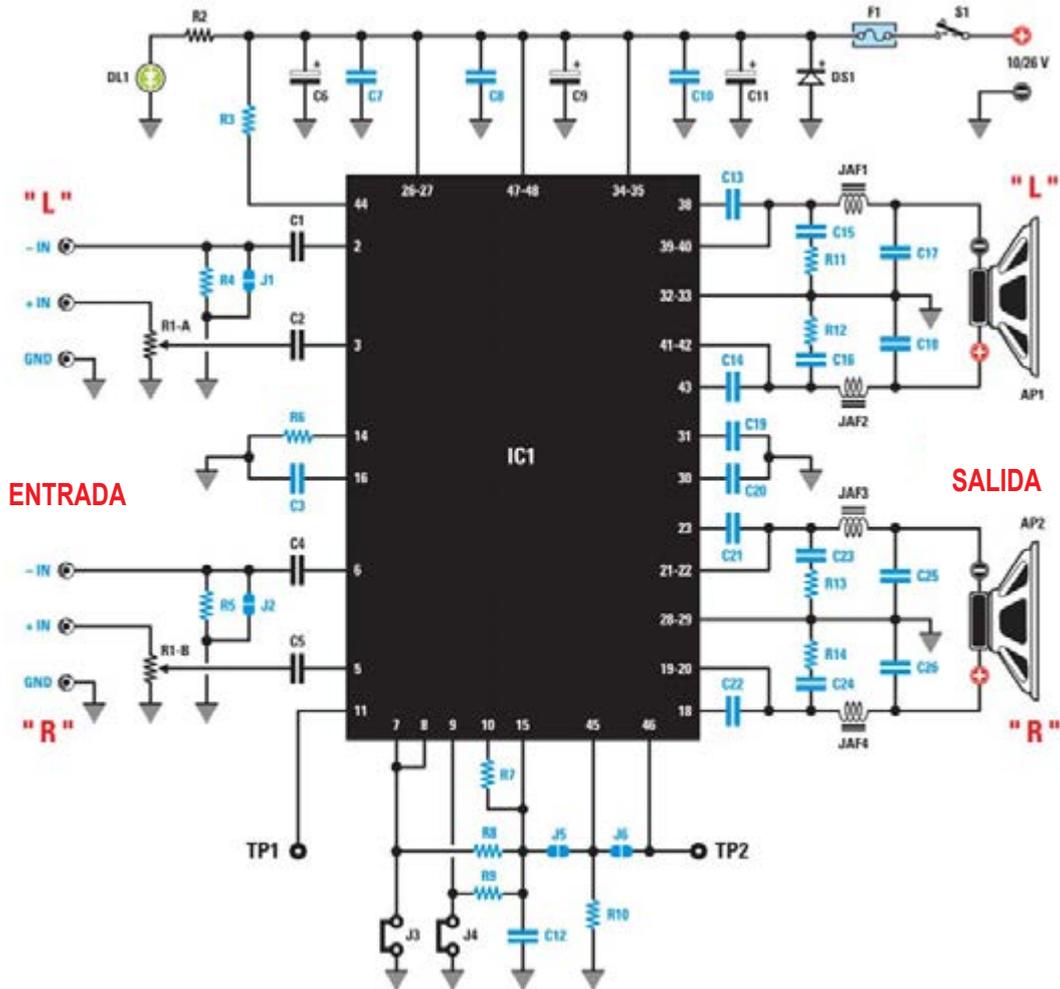
A la izquierda de **IC1** se pueden ver las entradas **BF "L"** y **"R"** que pueden ser configuradas balanceadas o no balanceadas. Dado que en nuestro caso el amplificador es "estéreo", vamos a considerar solo los componentes del canal **"L"**.

Básicamente nuestro circuito proporciona una entrada no balanceada (conector **RCA**), que en el caso de la entrada de **BF "L"** se conecta entre **GND** y **+ IN**.

Hemos previsto un ajuste de volumen con el potenciómetro **R1A**: en este caso la entrada **-IN** se conecta a tierra cerrando **J1**. Si se necesita para su aplicación una entrada balanceada, se puede crear una conexión entre **-IN** y **+IN** dejando abierto **J1**.

Los condensadores **C13** y **C14** son los condensadores **bootstrap** para accionar los MOSFET del lado superior.

Los grupos **RC, C16, R12** y **C19**, son dos **snubber**



**Fig.9** Para entender mejor el principio de funcionamiento del integrado TPA3100D2 en la figura está su esquema de funcionamiento simplificado. Para obtener información más detallada recomendamos la lectura de este artículo.

**LISTADO DE COMPONENTES DEL LX.1794**

R1A+B = 100.000 ohm pot. lin.  
 R2 = 1.000 ohm 1/4 vatios  
 R3 = 100.000 ohm  
 R4 = 100.000 ohm  
 R5 = 100.000 ohm  
 R6 = 100.000 ohm  
 R7 = 100.000 ohm  
 R8 = 100.000 ohm  
 R9 = 100.000 ohm  
 R10 = 100.000 ohm  
 R11 = 22 ohm  
 R12 = 22 ohm  
 R13 = 22 ohm  
 R14 = 22 ohm  
 C1 = 1 microF. poliéster  
 C2 = 1 microF. poliéster  
 C3 = 1 microF.

C4 = 1 microF. poliéster  
 C5 = 1 microF. poliéster  
 C6 = 220 microF electr. 50 V.  
 C7 = 1 microF.  
 C8 = 1 microF.  
 C9 = 10 microF. electr. 63 V.  
 C10 = 1 microF.  
 C11 = 220 microF. electr. 50 V.  
 C12 = 100.000 pF  
 C13 = 220.000 pF  
 C14 = 220.000 pF  
 C15 = 1.000 pF  
 C16 = 1.000 pF  
 C17 = 1 microF.  
 C18 = 1 microF.  
 C19 = 1 microF.  
 C20 = 1 microF.

C21 = 1 microF.  
 C22 = 1 microF.  
 C23 = 1.000 pF  
 C24 = 1.000 pF  
 C25 = 1 microF.  
 C26 = 1 microF.  
 JAF1 = imped. 33 microhenrios  
 JAF2 = imped. 33 microhenrios  
 JAF3 = imped. 33 microhenrios  
 JAF4 = imped. 33 microhenrios  
 DS1 = diodo tipo 1N4007  
 DL1 = diodo led  
 IC1 = integrado tipo TPA3100  
 J1-J6 = puentes  
 F1 = fusible de 3 A.  
 S1 = interruptor

**Tabla N ° 1 Ajuste de la ganancia**

GANANCIA 1	GANANCIA 0	GANANCIA AMPLIFICADOR (dB)	IMPEDANCIA DE ENTRADA (kΩ)
J3	J4	TiP	TiP
0	0	20	32
0	1	26	16
1	0	32	16
1	1	36	16

**Ganancia 1 Ganancia 0 Ganancia del amplificador (dB) Impedancia de entrada (kΩ)**  
**J3 J4 TiP TiP**

que sirven para limitar los picos conmutación de la señal de salida, mejorando la distorsión y las emisiones electromagnéticas.

**JAF1, C17 y JAF2, C13**, constituyen dos grupos de filtrado de segundo orden con una frecuencia de corte de aproximadamente **28 kHz** que filtran la señal que acciona el altavoz.

En la parte inferior del esquema, bajo **IC1**, hay varios puentes de los que explicaremos las características.

Seleccionando **J3** y **J4** se puede cambiar la ganancia de **20 a 36 dB**, como se ha mostrado en la tabla N°1.

El pin **46 "FAULT"** se pone bajo; en caso de que el estadio final vaya protegido, hemos previsto la posibilidad de tomar la señal de **TP2** y conectarla a la clavija **45 "MUTE"** a través de **J6**.

En la práctica, si el pin **FAULT** se pone alto (amplificador protegido), el estadio final se pone en posición **MUTE**.

El pin **11 de "SYNC"** (sincrónico) del integrado **IC1** se hace accesible a través de **TP1** y se utiliza en los sistemas multiamplicados.

**Tabla N ° 1 Ajuste de la ganancia**

**Ganancia 1 Ganancia 0 Ganancia del amplificador (dB)**  
**Impedancia de entrada (kΩ)**

**J3 J4 TiP TiP**

**0 0 20 32**

**0 1 26 16**

**1 0 32 16**

**1 1 36 16**

En la tabla se puede ver cómo se puede cambiar el ganancia del amplificador conectando los puentes **J3-J4**.

### ■ REALIZACIÓN PRÁCTICA

Como se puede ver en la fig.14, en el circuito impreso este amplificador **LX.1794** ya vienen instalados algunos componentes **SMD**, que el listado de piezas se muestran en color azul. Por tanto, se debe completar su instalación mediante la inserción de los componentes restantes que se incluyen en el kit. Se empieza con el diodo de silicio orientando hacia la parte superior la banda blanca que hay en su cuerpo y se continúa con los condensadores de poliéster **C1-C2-C4-C5**, colocándolos en las posiciones indicadas (véase la fig.15).

Se sigue con los electrolíticos **C6-C9-C11**, orientando el lado de sus cuerpos marcados por el signo +, tal y como se muestra en la fig.15.

Se introducen las 4 impedancias **JAF1-JAF2-JAF3-JAF4** soldando con precisión sus reóforos a sus correspondientes almohadillas.

A continuación ya se puede montar el diodo led **DL1** doblando sus reforos en forma de L de manera que quede en horizontal (véase la fig.15) con respecto a la superficie del circuito impreso.

Después se introducen los dos puentes **J3-J4** y el portafusibles donde se inserta el fusible de **3 amperios** (Véase la Fig.15).

En este punto ya se pueden montar las tomas de conexión externas que se introducirán en las ventanitas que se encuentran ya preparadas en el panel trasero del chásis.

Empezando desde la izquierda en el dibujo de la fig.15, se inserta la toma de entrada **BF**, la toma de salida faston, relativa al canal **CH. "L"**, en el centro la toma de **alimentación**, luego la toma faston de salida y la toma de

entrada **BF** correspondiente al canal **CH "R"**.

Abajao, se puede completar el montaje soldando a la izquierda los dos cables de conexión con el interruptor **S1** y, a la derecha, el doble potenciómetro **R1 / R1 + A / B**, cortando el pasador a 10 mm, de modo que sobresalga lo justo del panel frontal del chásis.

■ **Funciones de los puentes**

Con respecto a la función realizada en el circuito por los puentes, especificaremos que: **J3 y J4** controlan la ganancia del amplificador de acuerdo con la tabla N.1. En la configuración de la fig.15 la ganancia es de **36 dB**.

**J1 y J2** se utilizan para configurar la entrada en modo "balanceado / no balanceado". En el caso más común "No balanceada" se cierran con una gota de estaño.

**J5 y J6** se dejan abiertos.

En este punto sólo queda meter el circuito montado en el chásis especialmente dispuesto para proceder a la su prueba.

■ **PRUEBAS**

Antes de introducir el amplificador en el chásis, conviene realizar una prueba corta.

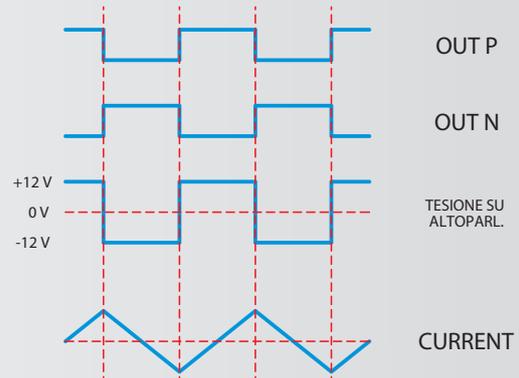
Lo primero es hacer una inspección visual rápida del circuito, para comprobar las soldaduras y la adecuada polaridad de los condensadores electrolíticos.

Con una gota de estaño se cortocircuitan los puentes **J1 y J2**.

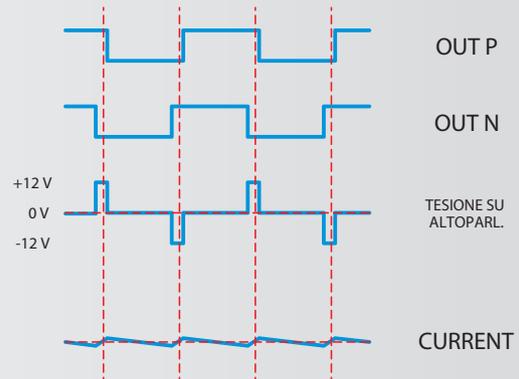
Se colocan los **jumper** sobre los puentes **J3 y J4** como se ve en la fig.15, con el fin de obtener una ganancia de **20 dB**.

Se conectan dos altavoces a las salidas, se coloca una señal de audio en las entradas BF y se alimenta con una tensión de entre **12-26 voltios**.

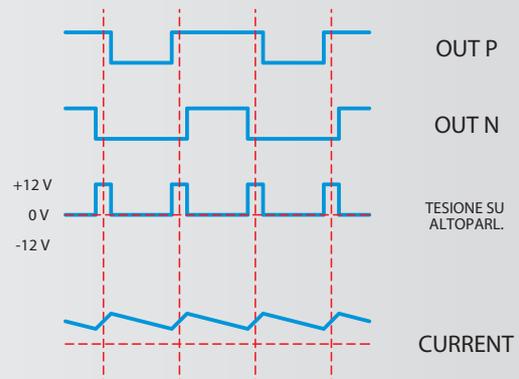
Si todo va bien, ya puede disfrutar finalmente de su música favorita.



**Fig. 11 Formas de onda de un amplificador de Clase D tradicional antes del filtro de salida.**



**Fig. 12 Formas de onda del integrado TPA3100D2 antes del filtro sin la señal de entrada.**



**Fig. 12 Formas de onda del integrado TPA3100D2 antes del filtro sin la señal de entrada.**

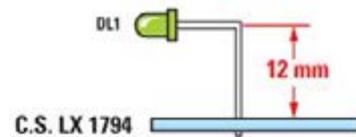
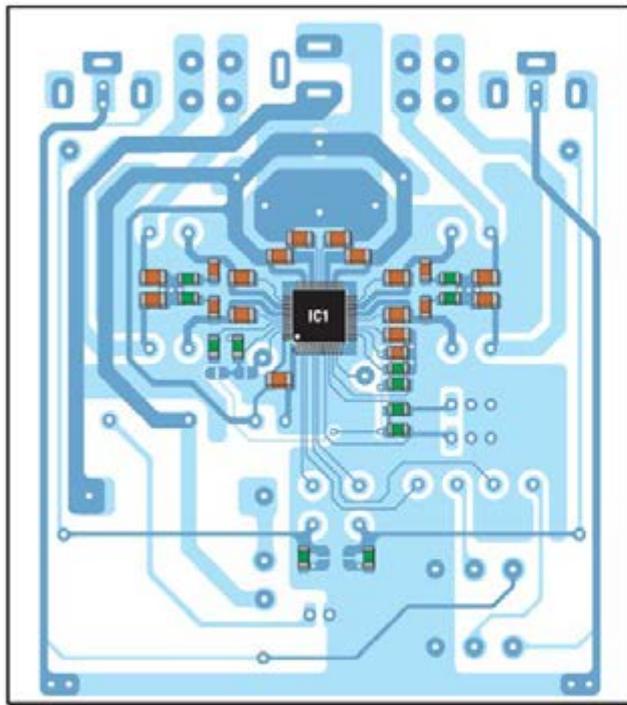


Fig.14 El en circuito impreso que se le proporcionará con el kit, se encuentran ya montados los componentes SMD. Para completar el circuito se deben soldar los componentes restantes en las posiciones asignados. Arriba se puede ver cómo va plegado el terminal del diodo para permitir su salida a través del agujero que hay en el frontal del chasis.

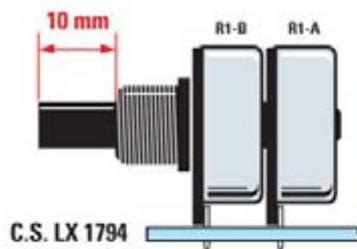
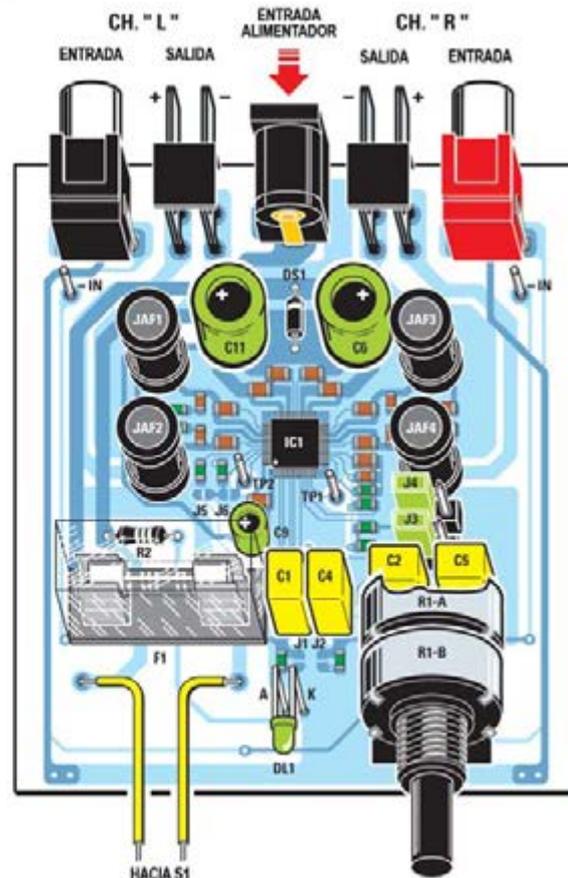
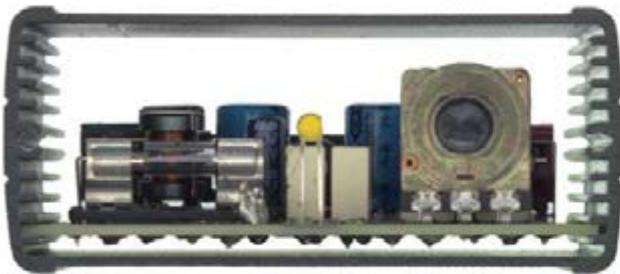
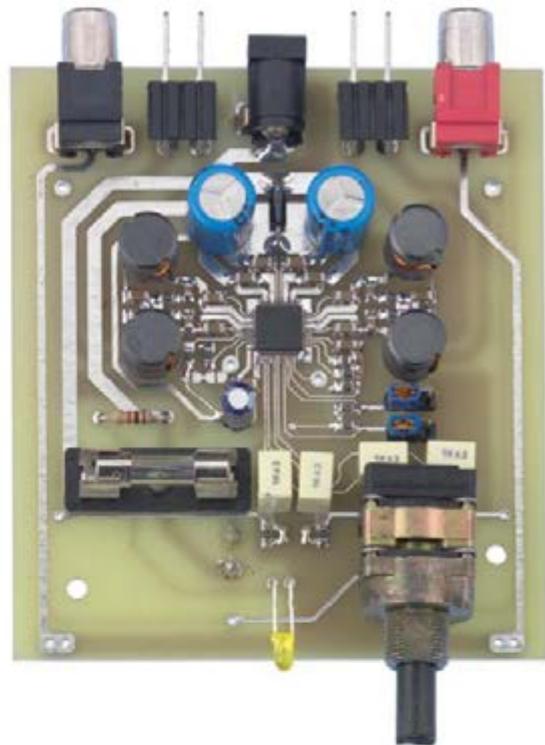


Fig. 15 Así queda el circuito del amplificador una vez completado el montaje de los componentes. Obsérvense arriba las tomas de entrada y salida relativas al canal L y al canal R. Como se puede ver en la imagen reproducida en la parte superior, la longitud útil del pasador del potenciómetro R1-A/R1-B es de 10 mm.



**Fig. 16** Esquema de montaje del amplificador de Clase D LX.1794.



**Fig. 17** Foto del amplificador hecho para nuestra prueba laboratorio, insertado en chásis de metal preparado especialmente para ellos. Arriba, el circuito en el chásis y visto en la sección delantera y trasera.



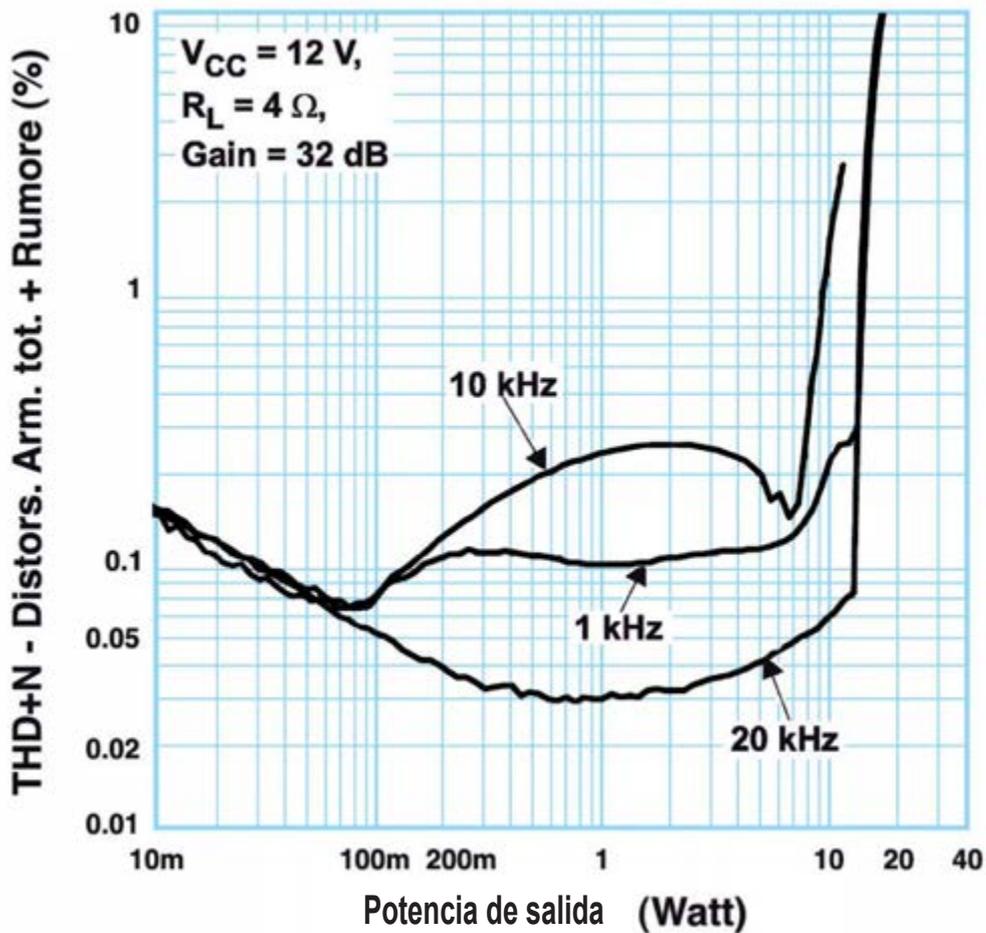


Fig. 18 El gráfico muestra la tendencia de la distorsión del ruido en el amplificador alimentado por 12 voltios y con una carga de 4 ohmios.

## ■ COSTE DE REALIZACIÓN

Todos los componentes necesarios para lograr amplificador **LX.1794** de clase D (Ver fig.10), incluyendo la placa de circuito impreso **LX.1794K** con componentes **SMD** ya montados: **90,90** Euros.

el chásis **MO.1794** con panel frontal y posterior perforados y serigrafiados: **39,70** Euros.

Sólo el circuito impreso **LX.1794**: **14,50** Euros.

Los costes **no** incluyen el **IVA**, ni los gastos de envío a domicilio.