



VU-METER de PRECISIÓN

Con el circuito que presentamos en estas páginas se pueden controlar instrumentos Vu-Meter para obtener una indicación con escala en dB del nivel de salida de una señal BF proporcional al sonido realmente percibido por el oído.

Muchas veces, cuando escuchamos música en nuestro equipo **Hi-Fi**, la mirada se fija de forma casi involuntaria sobre la aguja del **medidor** de la **intensidad sonora**.

Suele suceder que la aguja del **Vu-Meter analógico** no se mueve hasta que no llega un sonido muy fuerte, como por ejemplo el sonido de un tambor, para luego volver a la posición más baja, manteniéndose casi sin variación hasta que se produce otro sonido muy fuerte.

¿Por qué sucede esto?

Existen muchas posibles causas: El **volumen** es muy **bajo**, la música que estamos escuchando está compuesta por sonidos producidos por **ins-**

trumentos similares, el instrumento de medición está roto o bien porque el **circuito de control** es **muy sencillo** (y barato). Estos circuitos están basados en una rectificación básica de la señal, una nivelación mediante un condensador y se puede ajustar la sensibilidad mediante un trimmer.

En la Fig.1 se muestra el esquema eléctrico de un Vu-Meter de este tipo. Hasta que el sonido no supera los **0,6 voltios** (tensión de umbral del diodo) la señal **no** se aplica al instrumento de medida. De esta forma los sonidos con amplitud inferior al umbral del diodo **no** serán interpretados por el **instrumento**.

Por otra parte, aunque se regule el trimmer perfectamente para compensar las señales de amplitud mayor, **nunca** se lograrán controlar **todos los**

niveles de la música. Además, si se ajusta para indicar los sonidos sensibles, se corre el riesgo de que un **sonido fuerte dañe el instrumento**.

Para comprender perfectamente el funcionamiento de un Vu-Meter hay que tener en consideración los **parámetros fundamentales del sonido**:

-Intensidad: Presión que el aire, o el agua si estamos sumergidos, ejerce sobre el tímpano y que nos da la sensación de sonido.

-Frecuencia: El sonido que llega al oído es la suma de varias frecuencias cuya fundamental nos da la sensación de timbre. Las frecuencias que normalmente se pueden distinguir son unas **2.000**. Los músicos entrenados pueden llegar a distinguir muchas más, casos particulares de talentos naturales como Mozart pueden llegar a distinguir varios miles.

Cuando se expresa la **intensidad** del sonido hay que pensar siempre en la presión que el aire ejerce sobre el **tímpano**.

La **unidad de medida** que se suele utilizar en el campo del sonido son los **watt/cm²** (se lee: Vatios por centímetro cuadrado). Se trata de **vatios mecánicos** no de vatios eléctricos.

La intensidad del sonido es de naturaleza **lineal** ya que si se duplica el volumen se duplica la potencia.

Para medir la intensidad sonora, y en concreto de la música, es muy común la utilización de una **medida logarítmica**, el **decibelio (dB)**. La utilización de medidas logarítmicas es interesante cuando el rango a cubrir es muy amplio y se quiere representar en un espacio relativamente pequeño.

con escala en dB

Fig.1 Esquema eléctrico de un Vu-Meter elemental utilizado para controlar un microamperímetro. Hasta que la señal BF de audio no supera la tensión de umbral del diodo DS1 (0,6 voltios) dicha señal no se aplica al instrumento de medida.

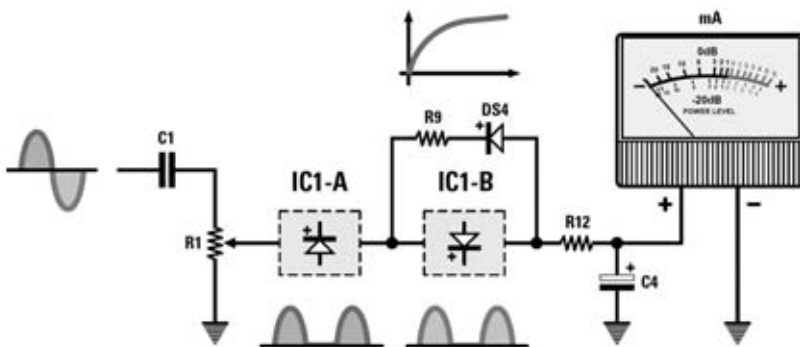
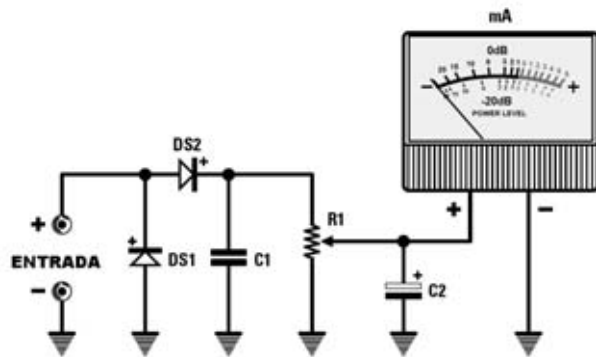
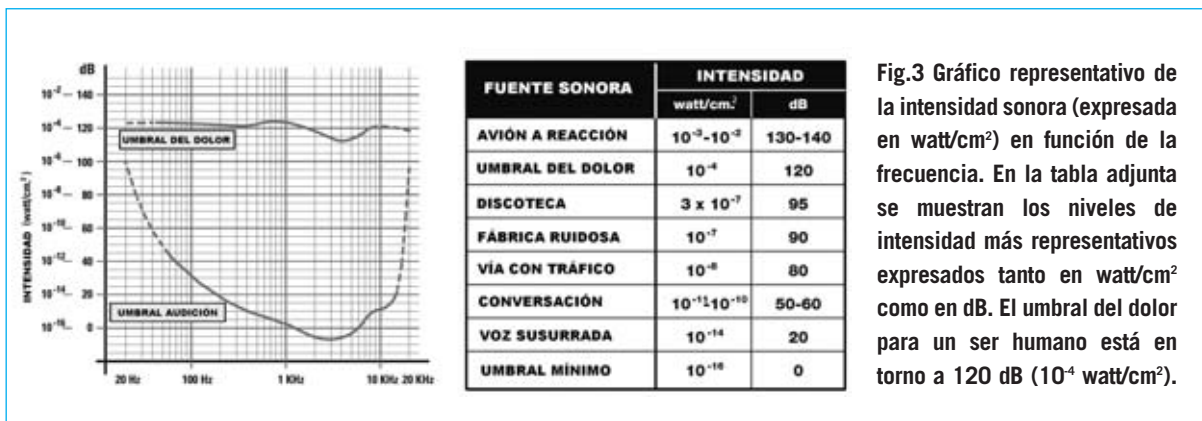


Fig.2 En nuestro circuito hemos utilizado dos operacionales como rectificadores de doble semionda que permiten llevar la señal de entrada al instrumento de medida constantemente.



Para realizar cálculos es **más práctico** utilizar el **dB** ya que se utilizan intervalos numéricos más manejables y se pueden visualizar las medidas en una **escala numérica**.

El **umbral del dolor** está en unos 10^{-4} watt/cm² mientras que el **umbral mínimo de audibilidad** está en torno a 10^{-16} watt/cm².

Realizando unos sencillos cálculos se puede ver como se obtienen los conocidos **120 dB** (intensidad sonora cercana al **dolor**) o los **0 dB** (**umbral mínimo de audición** del ser humano).

$$UDolor = 10^{-4} = 0,0001$$

$$UMínimo = 10^{-16} = 0,0000000000000001$$

La intensidad sonora máxima aceptable, cercana al **dolor**, tiene un valor de:

$$IMax = 10 \times \log(UDolor/UMínimo) = 120$$

Mientras que la intensidad sonora **mínima**:

$$IMin = 10 \times \log(UMínimo/UMínimo) = 0$$

Localización del SONIDO en el ESPACIO

En una sala con muchos sonidos, e incluso en presencia de ruidos, solemos ser capaces de **localizar** donde se encuentra una **fuerza de sonido concreta**.

Por **encima** de los **3.000 Hz** la dirección de **procedencia** del sonido se basa exclusivamente en la **intensidad sonora**.

El sonido percibido por el oído que se encuentra orientado en dirección a la **fuerza so-**

nora es indudablemente **más intenso** que el percibido por el oído opuesto.

A **frecuencias superiores** a **3.000 Hz** los sonidos tienen una longitud de onda menor de **10 cm**, por lo tanto la **cabeza** se interpone como una **pantalla** entre las dos orejas, lo que determina en nosotros la **conciencia** de **dirección** del sonido.

En cambio a **frecuencias inferiores** a **3.000 Hz** el factor importante para la localización del sonido es el **retraso** entre un estímulo sonoro y el siguiente. Son suficientes tiempos de **20 microsegundos**.

El volumen del sonido depende de la frecuencia

Si escuchamos un sonido a **1.000 Hz** con una intensidad de **30 dB** tendremos cierta sensación auditiva. Si escuchamos un sonido a **100 Hz** para tener la misma sensación auditiva tenemos que llevar la intensidad a **60 dB**, es decir **1.000 veces más**.

Esto quiere decir que nuestro **oído** no percibe los sonidos de forma lineal sino **logarítmica**. Puesto que nuestro oído percibe los sonidos de este modo las agujas de los **instrumentos** de medición tienen que moverse según la **relación matemática** de la **potencia sonora**.

El esquema eléctrico de este proyecto ha sido diseñado para obtener un **Vu-Meter** que indica de forma **precisa** la **intensidad** de sonido que realmente percibimos.

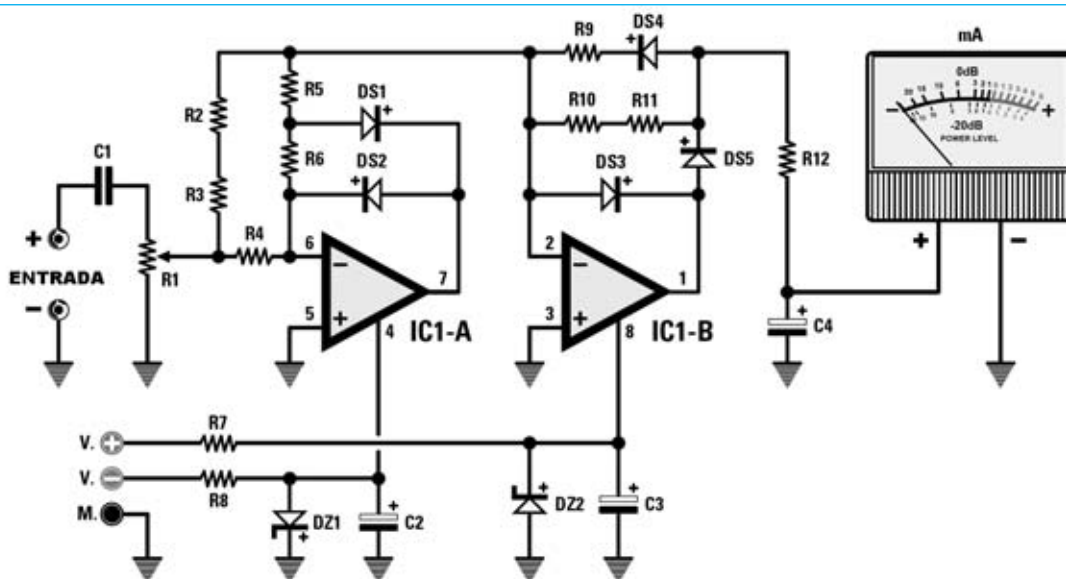


Fig.4 Esquema eléctrico del Vu-Meter de precisión LX.1688. Los dos operacionales incluidos en el integrado TL.082 están configurados como rectificadores de precisión. La red formada por DS4-R9-R12-C4 da a la señal una forma logarítmica proporcional a la intensidad y a las frecuencias del sonido.

LISTA DE COMPONENTES LX.1688

R1 = Trimmer 100.000 ohmios
 R2 = 100.000 ohmios
 R3 = 100.000 ohmios
 R4 = 100.000 ohmios
 R5 = 100.000 ohmios
 R6 = 100.000 ohmios
 R7 = 8.200 ohmios
 R8 = 8.200 ohmios
 R9 = 100.000 ohmios
 R10 = 100.000 ohmios
 R11 = 100.000 ohmios

R12 = 10.000 ohmios
 C1 = 220.000 pF poliéster
 C2 = 10 microF. electrolítico
 C3 = 10 microF. electrolítico
 C4 = 10 microF. electrolítico
 DS1-DS5 = Diodos 1N.4150
 DZ1 = Diodo zéner 7,5V 1/2W
 DZ2 = Diodo zéner 7,5V 1/2W
 IC1 = Integrado TL.082
 MA = Microamperímetro 200 _A

NOTA: Todas las resistencias utilizadas en este circuito son de 1/4 vatio.

ESQUEMA ELÉCTRICO

El esquema eléctrico está basado en un integrado **TL.082**. Se trata de un doble operacional CMOS con entradas de **alta impedancia**.

El operacional, y el resto del circuito, han de ser alimentados con una tensión dual que luego se estabiliza a **7,5 voltios** mediante el diodo zéner **DZ2** y a **-7,5 voltios** mediante el diodo zéner **DZ1**.

Si se dispone de un alimentador en el final de audio con una **tensión no estabilizada muy elevada** se puede reducir utilizando un estabilizador **7815** para la **tensión positiva** y un **7915** para la **tensión negativa**.

La señal a insertar en la **entrada** de nuestro circuito se puede obtener directamente de las **cajas acústicas** conectando un cable en paralelo.

El condensador **C1** se utiliza para limitar eventuales restos de tensión continua. El trimmer **R1** limita la señal de entrada para adaptar la amplitud de señal del amplificador al **Vu-Meter**.

Como se puede ver en el esquema a bloques (ver Fig.2) los dos operacionales contenidos en el **TL.082** están configurados como **rectificadores** de precisión de **doble semionda**, junto con los diodos **DS1-DS2-DS3-DS5** (diodos Ultra Fast Switching).

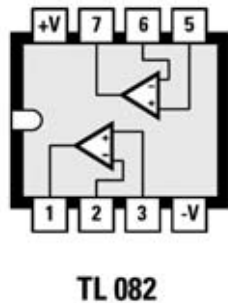


Fig.5 Conexiones del integrado CMOS TL.082, vistas desde arriba y con la muesca de referencia orientada hacia la izquierda.

Las dos semiondas de la señal rectificada se mezclan en la red formada por **DS4-R9-R12-C4**, que otorga a la señal resultante una forma **logarítmica** proporcional a la intensidad y a las frecuencias del sonido.

Hemos construido el circuito para un instrumento de medida **retroiluminado** y con escala en **dB**. Se trata de un **microamperímetro** de **200 µA** fondo de escala.

La última consideración a tener en cuenta es su flexibilidad de alimentación. La **máxima** tensión de alimentación dual aplicable es **+/-60 voltios**. Ahora bien, como hemos expuesto, si es superior y no está estabilizada es conveniente utilizar circuitos integrados estabilizadores.

Como se puede ver en el esquema eléctrico las ramas **-V** y **+V** son dos circuitos estabilizadores simétricos formados cada uno por un **zéner** de **7,5 voltios (DZ1-DZ2)**, un condensador de **10 microFaradios (C2- C3)** y una resistencia de **8.200 ohmios (R7- R8)**.

En el caso de que vuestro amplificador tenga una tensión de alimentación **mayor** de **60 voltios** y se utilice para alimentar el Vu-meter hay que **reemplazar** las **resistencias R7-R8**. Para calcular su valor hay que utilizar la Ley de Ohm, teniendo en cuenta que el circuito absorbe **6 mA** y que está diseñado para trabajar con una tensión estabilizada de **7,5 voltios**. Sabiendo que:

$$\text{ohmios} = \text{voltios} : \text{amperios}$$

$$\text{vatios} = \text{voltios} \times \text{amperios}$$

Teniendo en cuenta los valores anteriormente citados, y suponiendo que lo alimentamos a **70 voltios**, se obtiene:

$$\text{Resistencia} = (70 - 7,5) / 0,006 = 10416,7 \text{ ohmios}$$

Y su potencia ha de ser superior a:

$$\text{Potencia} = (70 - 7,5) \times 0,006 = 0,375 \text{ vatios}$$

Así pues, alimentando el circuito con **70 voltios** podemos utilizar como valores óhmicos **10.000 ohmios** para **R7-R8** con **1/2 vatio** de potencia.

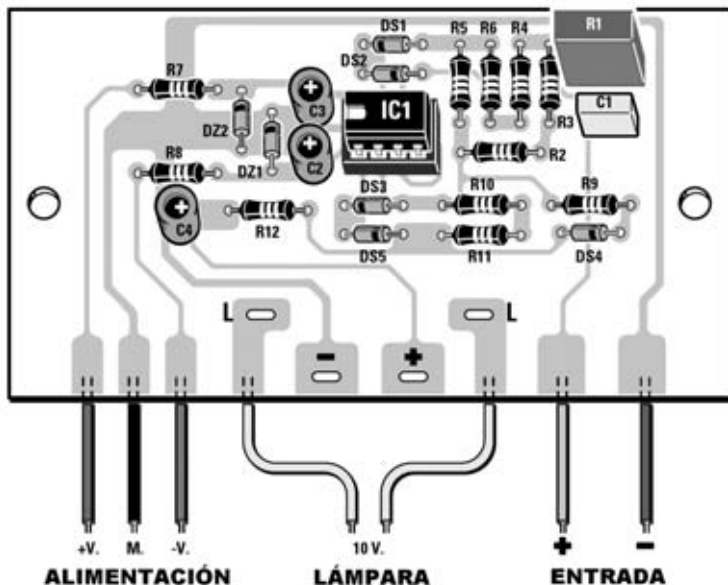


Fig.6 Esquema de montaje práctico del circuito impreso del Vu-Meter LX.1688. En el kit se incluyen todos los componentes necesarios para su realización, a excepción del microamperímetro.

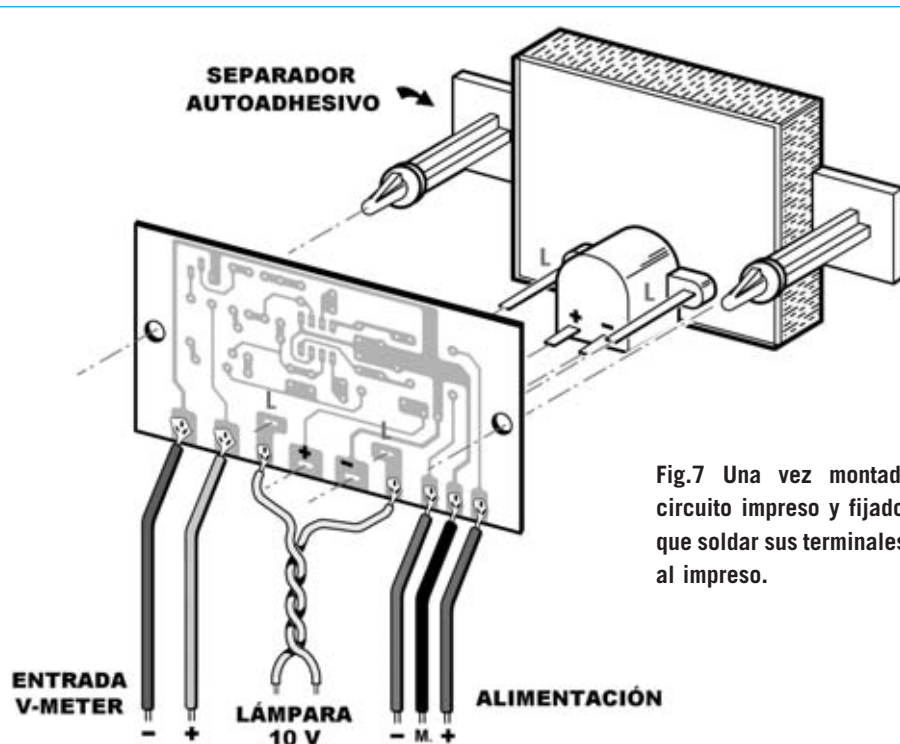
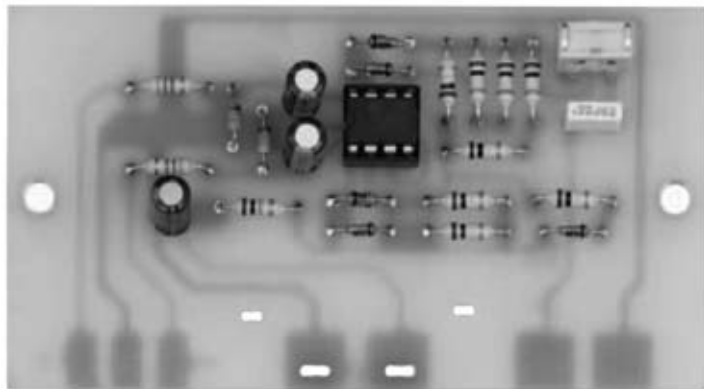


Fig.7 Una vez montados los componentes del circuito impreso y fijado el microamperímetro hay que soldar sus terminales de conexión directamente al impreso.

Fig.8 Aspecto del circuito impreso prototipo del Vu-Meter con todos sus componentes montados. El integrado TL.082 ha de instalarse con su muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda.



REALIZACIÓN PRÁCTICA

Hemos integrado todos los componentes en una tarjeta muy pequeña para que sea sencillo instalarla dentro de **cualquier amplificador de potencia**.

Aconsejamos comenzar el montaje con la instalación de las **resistencias**, incluyendo el trimmer **R1**.

A continuación se pueden instalar los dos **diodos zéner** y los **diodos rectificadores**, orientando la franja indicadora de la polaridad tal como se muestra en la Fig.6.

También los **condensadores electrolíticos** deben instalarse respetando la polaridad de sus terminales. Después se puede montar el **condensador de poliéster**.

Acto seguido hay que instalar el **zócalo** para el circuito integrado **IC1**, orientando su muesca de referencia en coincidencia con la serigrafía del circuito impreso.

Llegado este momento hay que dar la vuelta al circuito impreso y soldar los **terminales tipo pin** utilizados para conectar la **alimentación dual**, para conectar la **alimentación** de la **lám-**

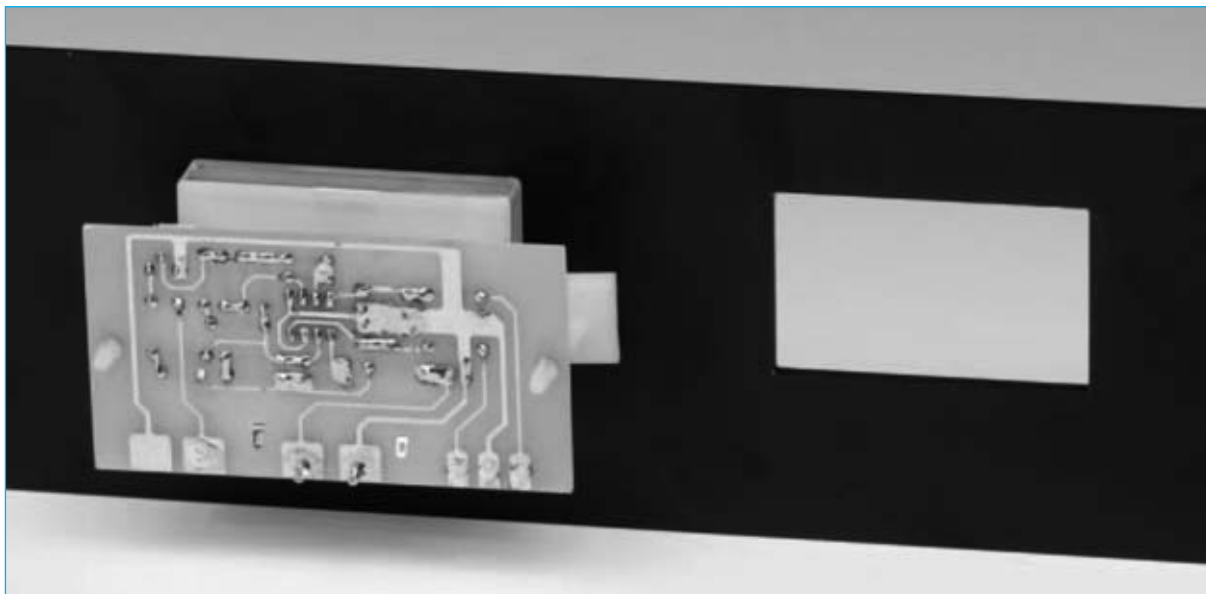


Fig.9 Como se puede apreciar en esta fotografía los separadores de plástico instalados en los agujeros correspondientes del impreso sirven para fijar el circuito al panel del amplificador. Antes de fijar definitivamente el circuito al panel hay que ajustar el trimmer R1 siguiendo el procedimiento indicado en el texto del artículo.

para interna que retroilumina el **Vu-Meter** y para mandar la **señal** al instrumento de medida.

Ahora hay que instalar, en su zócalo correspondiente, el operacional **TL.082 (IC1)**, orientando hacia la izquierda su muesca de referencia en forma de **U**.

En los agujeros realizados al efecto hay que instalar los **dos separadores** de **plástico** con base autoadhesiva utilizados para fijar el circuito al amplificador. Una vez fijado el **microamperímetro** hay que soldar sus terminales al circuito impreso.

El montaje ha concluido. Para una etapa final **estéreo** hay que montar un **segundo circuito** completamente idéntico.

REGULACIÓN del TRIMMER

El circuito recién montado puede conectarse a amplificadores de cualquier potencia ya que es posible **ajustar** la **amplitud** de la señal en función de la potencia con la ayuda del trimmer **R1**.

Antes de instalar el circuito en el panel del amplificador se puede probar conectando a los cables de **alimentación** dos pilas de **9 voltios**.

Al terminal de **Entrada** del **Vu-Meter** (ver Figs.6-7) hay que aplicar la **señal BF** obtenida de los terminales de **salida** del **amplificador** a los que están conectadas las **cajas acústicas**.

A continuación hay que encender el amplificador y regular el **volumen** al **máximo nivel sin distorsión**.

Ahora hay que **ajustar** el cursor del **trimmer R1** hasta que el instrumento indique **0dB**. Bajando el volumen se constatará que siempre **indica** la **potencia sonora** presente en la salida.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX.1688: Precio de los componentes necesarios para realizar el **Vu-Meter de precisión** (ver Fig.6 y Fig.8), excluido el microamperímetro17,30 €

NOTA: Los componentes incluidos en el kit corresponden a un canal. Quienes deseen realizar un **Vu-Meter estéreo** tienen que montar **dos kits LX.1688**

VU5.1: Instrumento de medición **200 microamperios**18,00 €

LX.1688: Circuito impreso4,15 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.