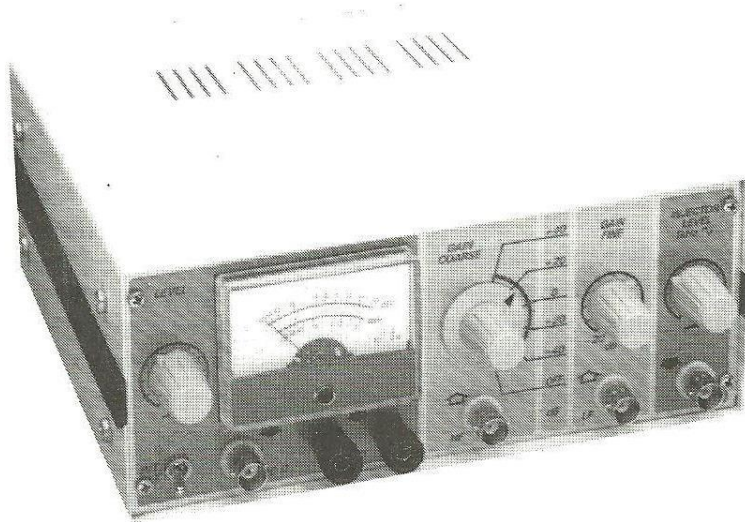


GENERADOR DE SEÑALES BF/AF

Un completo instrumento de medida, de características universales.

Este completo y compacto instrumento reúne, en un mismo equipo, un generador de señal digital, un amplificador de medida, un milivoltímetro y un amplificador de audio con salida para altavoz o auriculares. Este dispositivo constituye un conjunto multifunción muy práctico para realizar mediciones, hacer experimentos o simplemente buscar el origen de una avería.

El montaje aquí propuesto permitirá al lector disponer de un instrumento electrónico cuya realización no resultará cara y cuyas características resultarán sensiblemente superiores a las de un aparato del mismo tipo que se pudiera encontrar en el circuito comercial.



Al observar la fotografía del montaje, puede verse que el generador de BAJA FRECUENCIA / ALTA FRECUENCIA, dispone de todo lo necesario para efectuar todas las mediciones necesarias; además, se puede empezar a trabajar con este equipo, inmediatamente después de haber acabado su montaje. Un preamplificador integrado dotado de etapa de salida y conexión para altavoz, permitirá pasar todo tipo de señales al campo de lo audible. Por otra parte, se podrán utilizar por separado todos los diferentes sub-sistemas de medida que lo componen. Es posible disponer en todo momen-

to de un preamplificador de ganancia fija pero conmutable, de un generador de señal senoidal, de un milivoltímetro o, finalmente, de un amplificador de audio con su propio altavoz.

El circuito de entrada

Nuestro generador de señales incluye dos entradas (véase figura 1); la entrada de Baja Frecuencia (LF, del inglés LOW FREQUENCY), conectada directamente al divisor de tensión de entrada de alta impedancia ($1M\Omega$), y la entrada de Alta Frecuencia (HF), que se

realiza mediante un diodo de germanio (D_1) y un condensador C_1 . Las mediciones de tensión alterna se realizarán mediante conexión en la entrada de LF, mientras que las mediciones de señales moduladas en amplitud (AM), se realizarán en la entrada HF; estas señales de frecuencias más elevada pueden encontrarse en la circuitería electrónica de los receptores.

El diodo rectifica la onda senoidal sólo en un semiciclo. El condensador elimina la componente de tensión continua de la señal rectificada; con lo cual a la entrada del divisor de tensión de entrada y a la entrada del amplificador IC_1 , solo se encontrará la señal de modulación. Además de utilizar la entrada de señal HF para la reparación de receptores o emisores de AM, también se puede emplear esta entrada de señal para analizar sistemas de FI (Frecuencia Intermedia, en vídeo).

El conmutador rotativo de dos circuitos S_1 sirve, por una parte, para realizar la conmutación entre los diferentes niveles del divisor de tensión (parte S_1A) y por otra parte, efectúa el corte de tensión de alimentación (S_1B). El nivel de la tensión de ambas entradas llega

hasta 100 V como máximo, y viene determinado por la capacidad de retención de tensión del condensador de entrada. En la posición extrema (OFF) del conmutador (borna 6 de S1A), en teoría, podría permitir un nivel de hasta 1000 V. De cualquier forma, el condensador de entrada no soporta estos valores extremos y, como por otra parte nos encontramos en el circuito, con un miligalvanómetro que indica decibelios, un valor de tensión tan elevado no tiene sentido. Por esta razón no se utilizarán más que las posiciones 1 a 5 del conmutador, pudiendo de esta forma seleccionar entre una gama de tensiones de entrada de 5 niveles (por décadas): partiendo de 10 mV en la posición 1, hasta un máximo de 100 V en la posición 5. Como se indicó anteriormente, la posición 6 (terminal 12 de S1B) permite el corte de alimentación a través del segundo circuito. Se ha considerado que un valor de 100 V es ampliamente suficiente, ya que en el caso de un amplificador cuya carga sea de 4Ω , un pico de tensión de 100 V representaría un valor de salida de 1250 W. El presente aparato de medida está diseñado para trabajar con señales de BF y HF normales. Para realizar mediciones sobre tensiones de red es más aconsejable emplear un polímetro cualquiera.

La resistencia R_{10} , asociada a los diodos D_7 y D_8 , tiene como función proteger el amplificador también de alta impedancia situado después del divisor de tensión de entrada. Esta protección es necesaria para evitar los daños que pudieran causar al circuito operacional, valores de sobretensión superiores a 100 V. Una sobretensión sostenida, continuada durante un cierto tiempo, podría llegar a reventar el condensador de entra-

da y quizás también produciría una sobrecarga de la resistencia R_{10} , así como el deterioro de los diodos D_7 y D_8 .

Podría considerarse el aumentar del valor de la resistencia R_{10} para poder utilizar una tensión de servicio más elevada, pero esto actuaría en detrimento del ancho de la banda pasante.

Puesto que se ha optado por una entrada de alta impedancia ($1 M\Omega$), las capacidades parásitas de las resistencias y del conmutador rotativo ejercen tal influencia negativa sobre la banda pasante,

que se hace necesaria una compensación del divisor de tensión. El medio adoptado para efectuar dicha compensación es la inserción de los condensadores C_2 a C_8 , que garantizarán una banda pasante de -3 dB a 350 kHz.

El circuito integrado TLC271 tiene unas características idóneas para utilizarlo como amplificador de entrada ideal en nuestro decibelio-milivoltímetro: una resistencia de entrada muy elevada (debido a su tecnología CMOS), una buena banda pasante, y una amplia tolerancia con alimentaciones poco ortodoxas. El hecho de bajar la

Características Técnicas

Rangos de medida:

- * En Tensión alterna
 - 40dB (10mV)
 - 20dB (100mV)
 - 0dB (1V)
 - + 20 dB (10 V)
 - + 40 dB (100V)
- * Banda pasante
 - 15 Hz a 350KHz (- 3 dB)
 - 30 Hz a 200 KHz (- 1 dB)
 - > 1 M Ω
- * Impedancia de entrada

Amplificador de medición:

- * Impedancia de salida 600 Ω
- * Banda pasante ver " Rangos de medidas "
- * Ganancia 40 dB (100 x)
- (nivel de 10mV, regulación fina a 0dB)

Amplificador Audio

- * Banda pasante 35 Hz a 21 KHz (- 3 dB)
- * Tensión de salida 0 a 6V_{pp} (2,12 V_{eff}) (sin distorsión)
- * Impedancia nominal 8 Ω
- * Potencia de salida nominal 560 mW

Generador de señal senoidal

- * frecuencia 1 KHz
- * Amplitud de salida 0 a 4, 25 V_{cc}
- * Relación de distorsión inferior a 0,005% (segundo armónico unicamente)
- * Impedancia de salida 0 a 3 K Ω como máximo (en función de la posición del potenciómetro)

Alimentación

- * Tensión continua de entrada (Alimentación a red) 11V (no regulable) mínimo
- * Corriente en reposo 5mA (S1 abierto)
- Alimentación red (11 V) 18 mA (S1 cerrado)
- Alimentación por pila (9V) < 0,1 μ A (S1 abierto)
- 13mA aprox. (S1 cerrado)
- * Corriente máxima de consumo 125mA aprox. (alimentación 9V por pilas)
- (Amplificador de audio a la máxima potencia) 115mA aprox. (alimentación 8V con regulador de tensión)

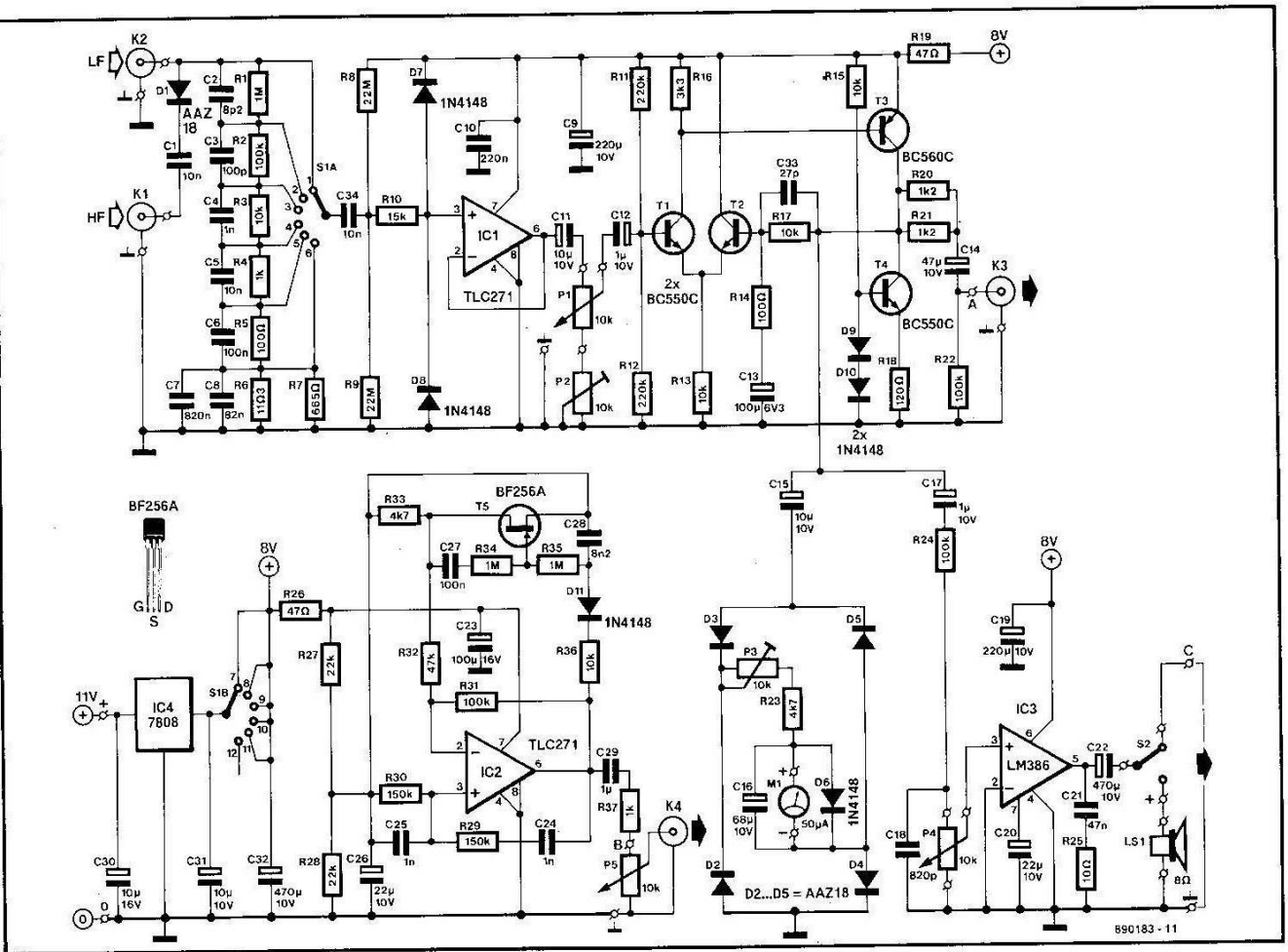


Fig 1: Esquema electrónico del GENERADOR DE SEÑALES y disposición de patillaje del transistor FET BF256A.

tensión aplicada a la entrada no inversora de este operacional a la mitad del valor de la tensión de servicio mediante las resistencias R8 y R9, garantiza una modulación óptima. El valor extremadamente elevado de las referidas resistencias (22 M Ω permitirá al amplificador tampón tener una resistencia de entrada del orden de los 10 Mohmios, sin que esto conlleve una sobrecarga del divisor de tensión.

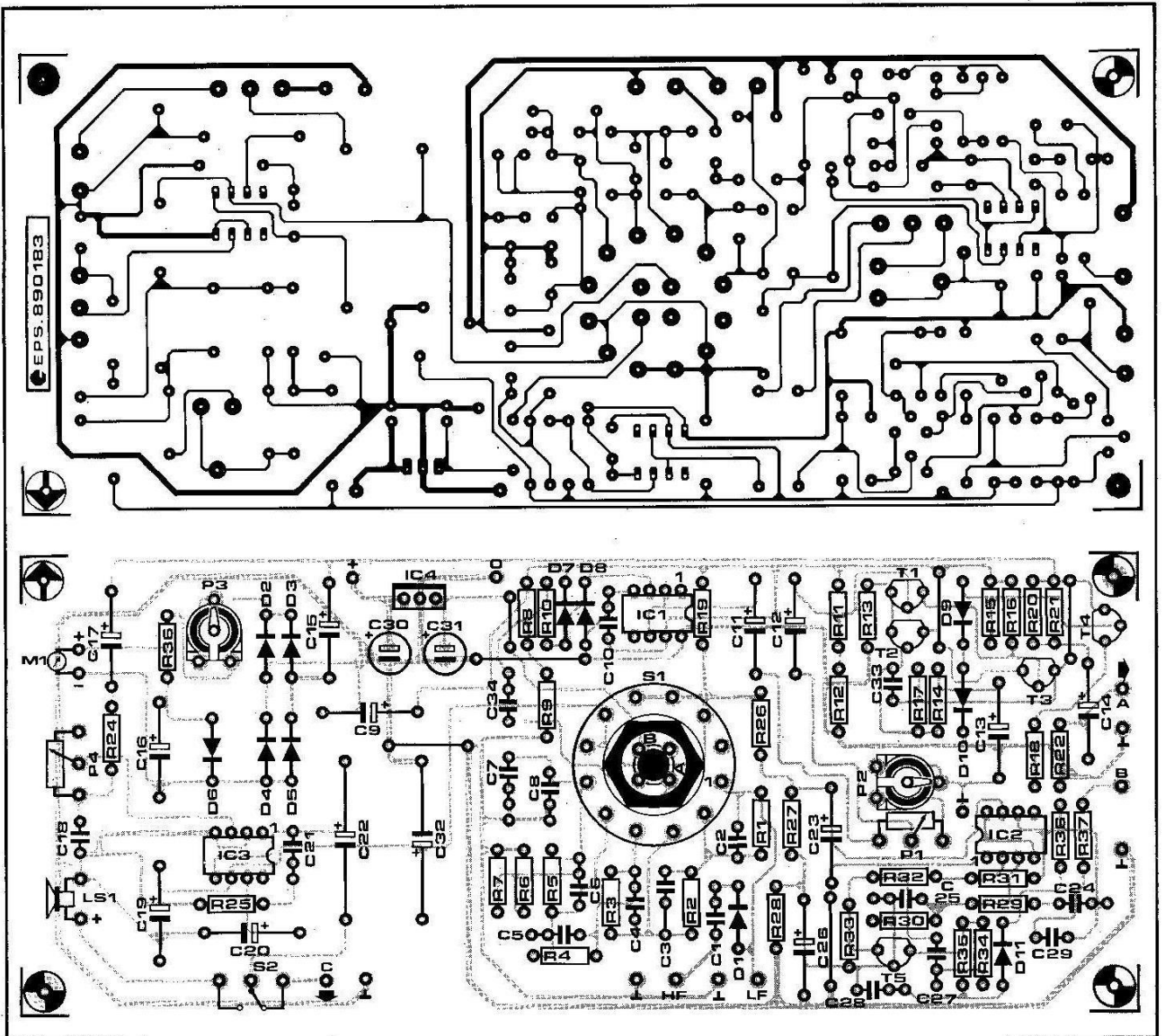
El amplificador de medición

Si se observa el circuito de izquierda a derecha se puede ver que, a continuación del amplificador IC1, se encuentra el potenciómetro lineal P1 seguido del amplificador de medición propiamente dicho;

este último circuito integrado está realizado en tecnología discreta. La resistencia variable ajustable P2 está montada en serie con el potenciómetro P1 y permite fijar el nivel de ganancia exactamente a 20 dB. De esta forma, el potenciómetro entra continuamente en el campo de acción de todos y cada uno de los niveles del divisor de tensión de entrada; estos escalones son todos de 20 dB. El ajuste "fino" de la atenuación permitirá posicionar la aguja del galvanómetro en el punto de referencia deseado para un valor determinado de señal. Cuando se realicen mediciones de una señal decreciente, el galvanómetro indicará de una forma muy clara que el nivel de la señal en cuestión llega a -3 dB ó -6 dB (dándose por supuesto que se ha ajustado el nivel de referencia a 0 dB).

La anchura de la banda pasante del amplificador de medida es de 800k Hz., valor mayor que el de la etapa de entrada. El desacoplo de la resistencia R14, gracias al condensador C13 fija a 16Hz la frecuencia de corte. Una banda pasante aún más ancha podría alcanzarse aumentando el valor del condensador; la duración de la carga después del encendido es de 1 seg. en el presente caso práctico; este parámetro es el que aumentará si se realiza la adaptación mencionada.

La señal disponible en la salida de baja impedancia del amplificador de medida se transmite, por una parte al circuito del galvanómetro mediante el condensador C15 y, por otra parte, a través del condensador C14 al conector K3 cuya im-



pedancia de 600Ω es fijada por las resistencias R_{20} y R_{21} . De esta forma, se dispone de una impedancia de $10 M\Omega$ en la entrada (conector de BF) y de sólo 600Ω a la salida de un amplificador escalonado de aplicaciones universales. Por otra parte, este amplificador dispone de una banda pasante muy ancha cuya ganancia puede ser ajustada paso a paso, entre 20 , $+40$ dB y -40 dB. Este mismo amplificador ofrece una posibilidad de atenuación continua de 20 dB.

Los indicadores

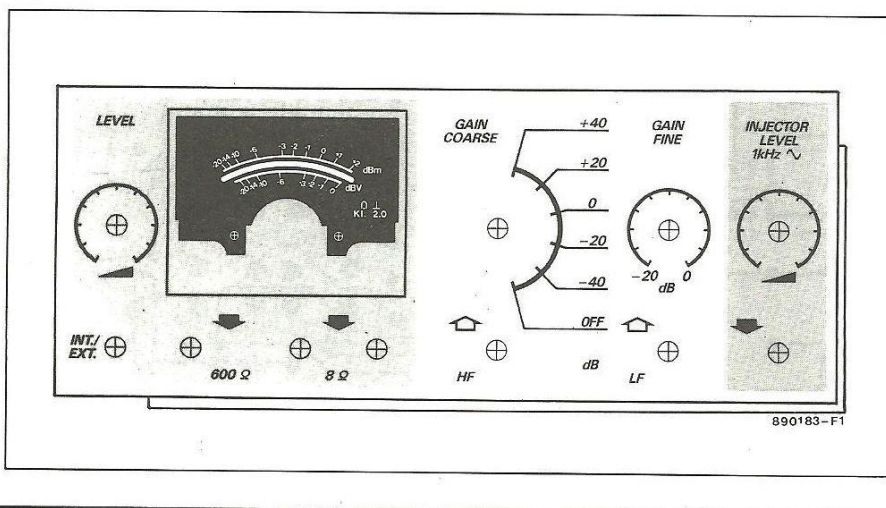
El único dispositivo indicador que se empleará en este caso es un galvanómetro. Este tipo de instrumento analógico permite realizar un seguimiento y una interpretación más sencillos. Otra ventaja de este sistema indicativo es que el hecho de utilizar una escala graduada especialmente dimensionada permitirá una visión directa del nivel de dB.

La elección de un rectificador pa-

sivo constituido por los diodos de Germanio D_2 a D_5 introduce varias ventajas: permite obtener una importante banda pasante sin problemas dinámicos, se logrará una evolución ligeramente logarítmica en la parte baja de la escala del galvanómetro; esta última característica favorece la lectura de la escala graduada en dB. Estas características se han tenido en cuenta en el diseño de la escala del galvanómetro del instrumento descrito. En la figura 2 se muestra gráfica-

Fig 2: Circuito impreso del montaje por ambas caras, con disposición de implantación de componentes.

Fig 3: Diseño de la carátula del equipo.



mente lo que hasta ahora se ha descrito.

Las características típicas de los diodos D₂ a D₅ (AAZ18) son una tensión de 0,15 V y una corriente de 50 μA; esto hace que no tengan prácticamente influencia sobre la linealidad de la parte baja de la escala. La mayoría de los diodos de Germanio pueden ser utilizados para este circuito, sin embargo, si se elige un tipo de diodo diferente del mencionado en el esquema, es posible que haya que llevar a cabo una verificación de la corrección de escala, en función de las características del semiconductor en cuestión. En el caso en el que las diferencias de lectura sean muy importantes, habría que modificar algunos componentes o incluso rediseñar la escala.

El condensador electroquímico C₁₆ que se pone en paralelo con el galvanómetro sirve para asegurar una indicación estable cuando se esté trabajando con frecuencias poco elevadas. De todas formas, no conviene darle al condensador D₁₆ un valor demasiado grande para que el procedimiento de determinación del valor medio no sea

complicado en exceso. El diodo de silicio D₆ (1N4148) limita la tensión a 0,6 V protegiendo de esta forma al galvanómetro de las sobrecargas.

La puesta a punto del equipo se hace ajustando la resistencia variable de limitación P₃. Se conecta una fuente de tensión alterna de 1 V_{eff} a la entrada BF y se coloca el conmutador S₁ y el potenciómetro P₁ en posición de 0 dB. Posteriormente se ajusta P₃ hasta fondo de escala. Los valores de lectura corresponderán a las posiciones del conmutador S₁ siguientes: 10 mV (-40 dB), 100 mV (-20 dB), 10 V (+20 dB) y 100 V (+40 dB).

Como puede comprobarse, se podría haber ajustado la escala del galvanómetro en voltios (después de haber modificado el inicio de la misma, cuya evolución no es del todo lineal, como se indicó anteriormente). Aquí se ha optado por una escala doble graduada en dBm y dBV que es mucho más práctica para las mediciones de las frecuencias más bajas. La escala superior está graduada en dBm (1 mW por 600 Ω); por consiguiente la tensión en el punto 0 dB corres-

ponderá a 775 mV. Cuando se produzca una batida, a fondo de escala de 1 V, la aguja subirá ligeramente por encima de +2 dBm. El punto 0 dBV de la escala inferior se encuentra en el extremo derecho de la misma, correspondiendo a un valor de 1 V.

El amplificador de audio

La señal que procede del amplificador de medición llega al amplificador integrado de audio IC₃ a través del condensador C₁₇. El amplificador IC₃ es el conocido operacional LM386. El potenciómetro P₄ regula el volumen. Se ha previsto una resistencia limitadora R₂₄ de 100 KΩ, por dos razones: por una parte para que el barrido a fondo de escala del galvanómetro corresponda a la modulación de frecuencia máxima del LM386, y por otra parte, en función del nivel ya suficientemente importante de la señal en procedencia del amplificador de medición. La tensión de salida del amplificador es, en tales condiciones, del orden de los 6 V pico a pico, lo que corresponde a 2,12 V_{eff} (es decir una disipación de 0,56W para 8 Ω). El inte-

ruptor S₂ permite dirigir la señal hacia el conector de salida de 8 Ω situado en la cara delantera del circuito; a este conector se le podrá acoplar un altavoz o unos auriculares para realizar pruebas.

El generador de señal senoidal

En el presente montaje se ha previsto un generador de señal senoidal de muy baja distorsión que permitirá descubrir fácilmente grados de distorsión producidos por el circuito que se tenga en prueba.

El oscilador consiste en un circuito integrado TLC271 (amplificador operacional) combinado con un puente de Viena, cuya estabilidad se ve notablemente mejorada por los condensadores de desacople C₂₃ y C₂₆. El divisor de tensión, en este caso constituido por las resistencias R₂₇ y R₂₈, permite la regulación de tensión continua. La parte "Viena" del circuito se compone de la resistencia R₂₉, del condensador C₂₄ y de la resistencia R₃₀, condensador C₂₅. La contrareacción obtenida con respecto a la masa, a través de las resistencias R₃₁, R₃₂ y el transistor FET (T₅), es la que determina la ganancia en bucle cerrado del oscilador. El circuito fuente-drenador del FET sirve de resistencia variable para la regulación de la ganancia, en función de la tensión de salida. Esta última tensión rectificada por el diodo D₁₁, gobierna a su vez la tensión de puerta del FET. La resistencia R₃₃ cumple dos misiones: en primer lugar define la ganancia mínima en caso de bloqueo del FET y en segundo lugar es el componente que hace lineal la evolución de la regulación.

El resultado de esta última parte del desarrollo confluye en una re-

lación de distorsión muy baja, sensiblemente inferior al 0,05 %, mientras que, por el contrario, la amplitud del segundo armónico se sitúa en -75 dB.

La frecuencia se ha fijado en 1 kHz. El potenciómetro P5 permite regular la amplitud de 0 a 1,5 V_{eff}.

La alimentación

El circuito incluye su propio regulador de tensión de 8 V. Si a este montaje se le acopla una fuente de alimentación cuya salida sea superior a 12 V, se podrá utilizar un regulador de tensión de 9 V, tipo 7809, muy fácil de localizar en el mercado. El presente montaje, al funcionar a 9 V también puede alimentarse mediante 6 pilas de 1,5 V; en este caso (alimentación por pilas) **no deberemos implantar el regulador de tensión IC₄** en el circuito impreso, sino que se sustituirá IC₄ por unos puentecitos de cableado uniendo los puntos correspondientes a la entrada y salida del regulador en cuestión.

El consumo del montaje depende prácticamente del nivel de modu-

lación del amplificador de audio, es decir, de su volumen. Para una utilización a volumen moderado, el consumo puede ser de entre 15 y 18 mA.

La realización práctica

El circuito impreso se montará de forma paralela al frontal del equipo y próximo a él, con el fin de reducir al máximo el cableado; esta última precaución supone un medio eficaz para evitar capacidades parásitas y para evitar influencias externas. Tanto el conmutador rotativo como el divisor de tensión de entrada, se encuentran localizados en el propio circuito impreso.

Se recomienda colocar un conector en la parte trasera de la caja para acoplar la alimentación. En cualquier caso, el lector decidirá si le resulta más práctico dotar a este montaje de su propia alimentación. Por último, el tipo de caja aquí empleada y que puede observarse en la fotografía de cabecera del artículo, permite montar un altavoz. ■

Lista de componentes:

Resistencias:

R₁ = 1MΩ 1%
 R₂ = 100KΩ 1%
 R₃ = 10KΩ 1%
 R₄ = 1KΩ 1%
 R₅ = 100Ω 1%
 R₆ = 11Ω 3 1%
 R₇ = 665Ω 1%
 R₈, R₉ = 22MΩ
 R₁₀ = 15KΩ
 R₁₁, R₁₂ = 220KΩ
 R₁₃, R₁₅, R₁₇, R₃₆ = 10KΩ
 R₁₄ = 100Ω
 R₁₆ = 3KΩ 3
 R₁₈ = 120Ω
 R₁₉, R₂₆ = 47Ω
 R₂₀, R₂₁ = 1KΩ 2
 R₂₂, R₂₄, R₃₁ = 100KΩ
 R₂₃, R₃₃ = 4KΩ 7
 R₂₅ = 10Ω
 R₂₇, R₂₈ = 22KΩ
 R₂₉, R₃₀ = 150KΩ
 R₃₂ = 47KΩ
 R₃₄, R₃₅ = 1MΩ
 R₃₇ = 1KΩ

P₁ = 10 KΩ LIN.
 P₂, P₃ = 10KΩ AJUS.
 P₄, P₅ = 10KΩ LOG.

Condensadores:

C₁ = 10nF cerámico
 C₂ = 8pF2
 C₃ = 100pF
 C₄, C₂₄, C₂₅ = 1nF
 C₅, C₃₄ = 10nF
 C₆, C₂₇ = 100nF
 C₇ = 820nF
 C₈ = 82nF
 C₉, C₁₉ = 220μF 10V
 C₁₀ = 220nF
 C₁₁, C₁₅ = 10μF 10V
 C₁₂, C₁₇ = 1μF 10V
 C₁₃ = 100μF 6V3
 C₁₄ = 47μF 10V
 C₁₆ = 68μF 10V
 C₁₈ = 820pF
 C₂₀, C₂₈ = 22μF 10V
 C₂₁ = 47nF
 C₂₂, C₃₂ = 470μF 10V
 C₂₃ = 100μF 16V
 C₂₈ = 8nF2
 C₂₉ = 1μF MKT
 C₃₀ = 10μF 16V
 C₃₁ = 10μF 10V radial

C₃₃ = 27pF

Semiconductores:

D₁ a D₅ = AAZ18 (PHILIPS / RTC)
 D₆ a D₁₁ = 1N4148
 T₁, T₂, T₄ = BC550C
 T₃ = BC560C
 T₅ = BF256A
 IC₁, IC₂ = TLC271
 IC₃ = LM386 (Texas Instruments)
 IC₄ = 7808

Diversos:

S₁ = Conmutador rotativo 2 circuitos 6 posiciones
 S₂ = inversor simple
 M₁ = Galvanómetro de bobina móvil 50μA
 HP₁ = Altavoz 8Ω 500mW
 K₁ a K₄ = Conectores BNC aislados
 PCB tipo 890183