

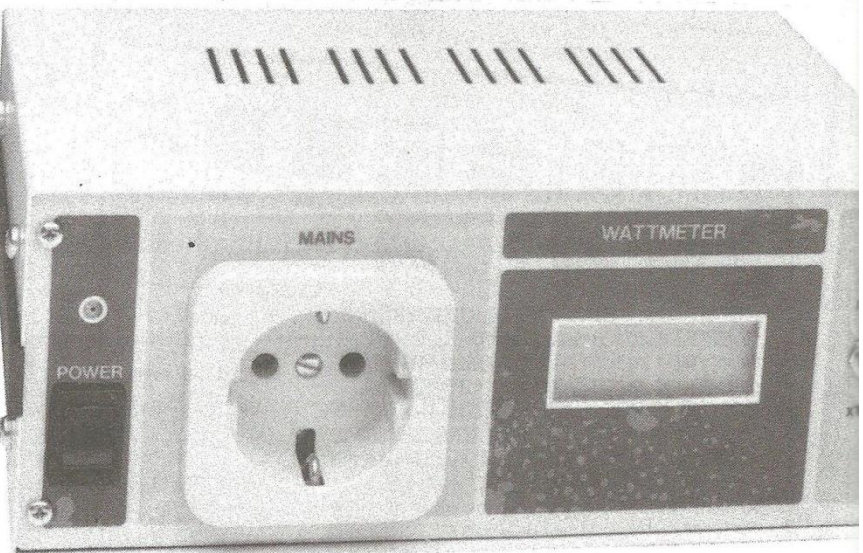
# VATIMETRO

La medida de la potencia activa de los aparatos alimentados a partir de la red es un hecho desafortunado pero bien conocido y puede llegar a ser bastante complicado. Mientras las cargas no reactivas como son las bombillas son principalmente cosa de coser y cantar, los equipos que presentan cargas inductivas o capacitivas nos obligan a repasar nuestros conocimientos de la teoría de las formas de onda de las señales.

## Introducción.-

Dado que las cargas inductivas y capacitivas generan un desplazamiento de fase entre la tensión y la corriente, su potencia activa real no se puede medir multiplicando la tensión aplicada por la corriente consumida en la carga. Este tipo de medidas sólo producen un resultado fiable cuando se conoce el ángulo del desplazamiento de fase y se incluye éste en el cálculo de la potencia activa. Un problema similar surge con las ondas que no son sinusoidales. Este tipo de ondas a menudo son las que generan los reguladores luminosos, cuyas tensiones de salida parecen tener cualquier tipo de forma de onda excepto la pura onda senoidal. Aunque se puede emplear un osciloscopio para establecer la potencia activa de una carga alimentada a través de un regulador, este tipo de medidas es engorroso e impreciso.

Un método más sencillo para medir la potencia activa alterna consiste en utilizar un multiplicador de cuatro cuadrantes. Este dispositivo de cálculo analógico es capaz de medir la corriente que fluye por una carga junto con el valor instantáneo de tensión en sus terminales. Calculados estos dos parámetros, se multiplican los dos valores y el resultado se visualiza sobre cualquier tipo de indicador. Si este método de medida parece un conjunto de operaciones algo complejas a alguno de nuestros



lectores, no deberá preocuparse dado que actualmente, y afortunadamente, disponemos de este tipo de multiplicadores en forma de circuitos integrados. Por tanto, un multiplicador de cuatro cuadrantes es todo lo que necesitamos para el instrumento que pretendemos realizar. Bastará añadir una fuente de alimentación, un divisor de tensión, dos amplificadores operacionales y unas pocas resistencias ajustables para disponer de un completo vatímetro capaz de medir potencias de hasta 3.5 kW.

## Descripción del circuito.-

El diagrama de circuito del vatímetro es simple y fácil de analizar dado que consta de dos secciones: el circuito medidor propiamente dicho y

### Especificaciones generales

- .Indicación exacta de la potencia activa en alterna.
- .Multiplicador de cuatro cuadrantes que maneja cargas óhmicas y reactivas.
- .LCD de 3 1/2 dígitos
- .Fácil de conectar.
- .Dos rangos: resolución de 1W o de 10W.
- .Mediciones de hasta 3.500 W

el circuito de presentación. El diagrama de circuito mostrado en la figura 1 corresponde con el convertidor potencial-tensión ( $P/U$ ) mientras que en la figura 2 se ofrece el diagrama de circuito de la unidad de presentación a cristal líquido (LCD). En la esquina superior izquierda de la figura



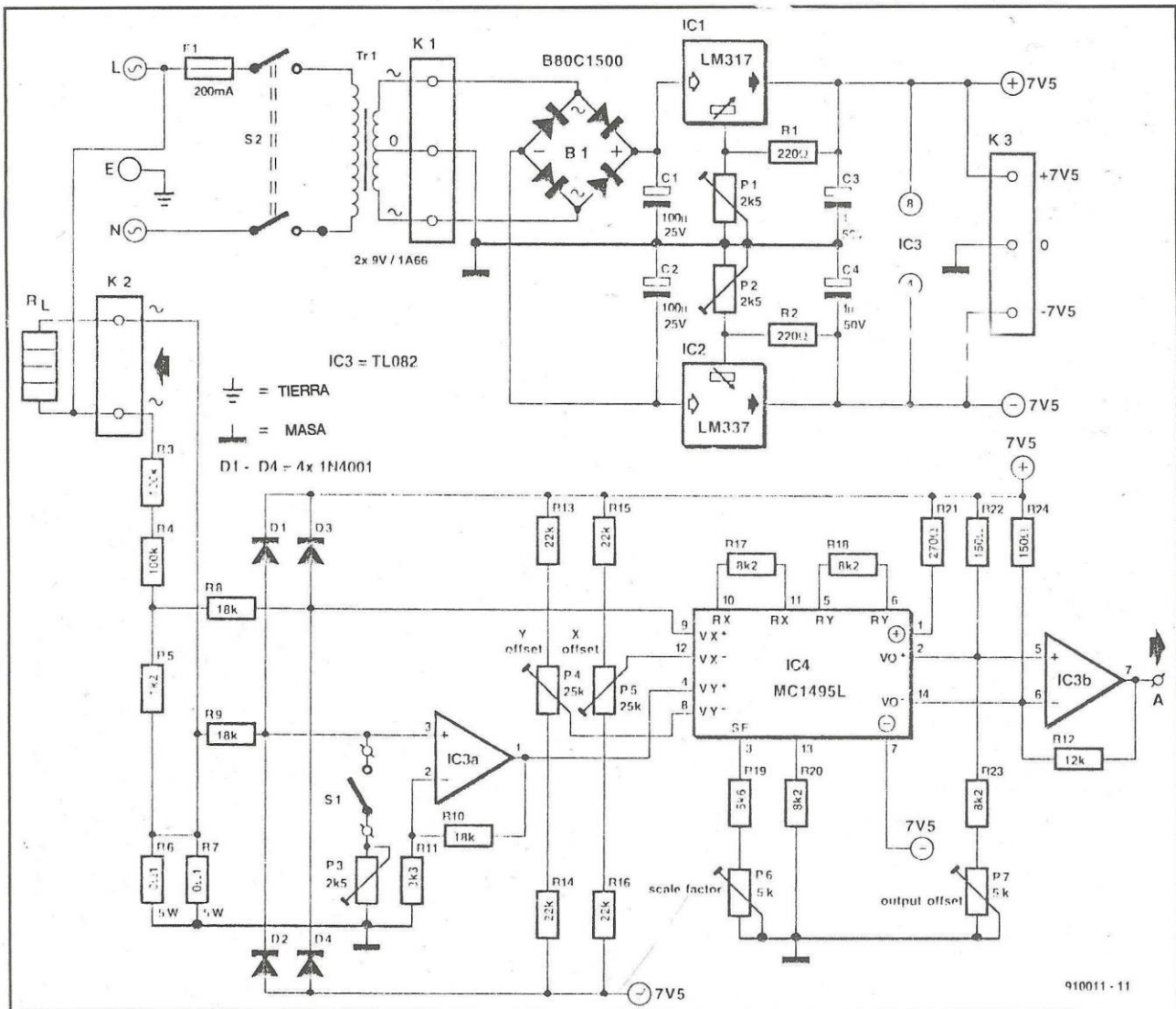


Figura 1: El circuito principal de medición es un convertor de potencia a tensión basado en un multiplicador de cuatro cuadrantes del tipo MC1485L de Motorola.

1 podemos observar la resistencia de carga,  $R_L$ , la cual se conecta al conector K2. Este conector es el que se emplea para realizar la conexión de la carga alimentada con la tensión de red, por ejemplo, un motor, una bombilla, un receptor de TV, etc. Las dos resistencias conectadas en paralelo  $R_6$  y  $R_7$  conducen la corriente consumida por la carga. La resistencia efectiva y la potencia máxima disipada por estas resistencias son  $0.05\Omega$  y  $10\text{ W}$  respectivamente. Las dos resistencias convierten la corriente que fluye por la carga en una tensión proporcional, la cual se amplifica aproximadamente 6 veces, por medio del amplificador operacional IC3a, antes de que ésta se aplique a la entrada del multiplicador

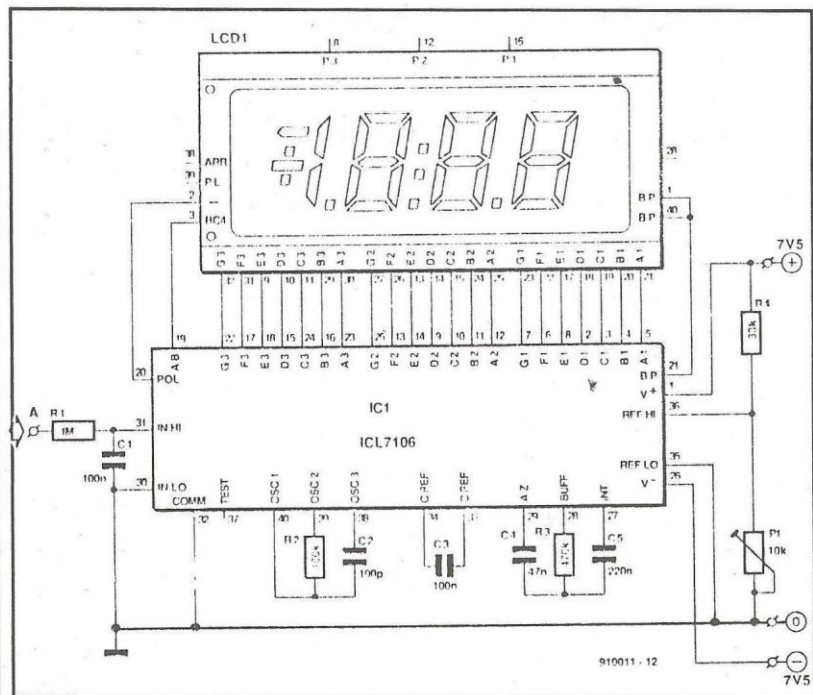


Figura 2 Esquema electrico de la unidad de display de cristal líquido basada en el

de cuatro cuadrantes IC4. El interruptor S1 presente en la entrada del amplificador operacional constituye el selector de escalas.

En paralelo con la carga se ha incorporado un divisor de tensión formado por las resistencias R4 y R5. La resistencia R8 aplica la tensión de salida de este divisor de tensión a la entrada VX+ del multiplicador IC4. Se emplean dos resistencias conectadas en serie en la rama superior del divisor de tensión para mantener la tensión por debajo del valor máximo que se puede aplicar a una resistencia de 0.125 W. Dado que normalmente este valor viene especificado a 200 V, es mas seguro emplear dos resistencias iguales conectadas en serie si tenemos en cuenta que la tensión de red puede llegar a ser 250 V. Con dos resistencias iguales en serie, la tensión que cae en cada una de ellas apenas excederá el valor máximo permisible.

Los diodos D1 a D4 protegen las entradas del amplificador operacional y del multiplicador contra impulsos tanto positivos como negativos presentes en las líneas de alimentación.

El funcionamiento básico del multiplicador analógico, modelo MC1495L de Motorola, es evidente a partir de su estructura interna mostrada en la figura 3. El circuito integrado emplea las tensiones de entrada, Vx y Vy, para generar una tensión de salida, Vo, que viene dada por la siguiente expresión :

$$V_o = k V_x V_y [1]$$

En esta ecuación, la constante k viene determinada por los componentes externos, según la siguiente expresión :

$$k = 2 R_L / R_x R_y I_3 [2]$$

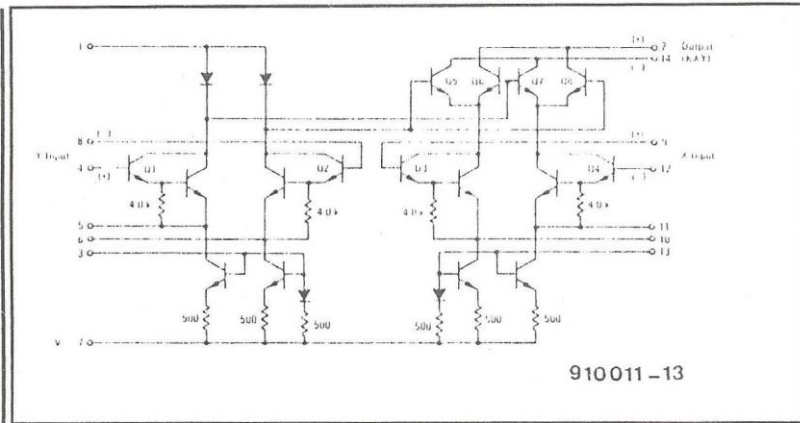


Figura 3: Esquema interno del multiplicador de cuatro cuadrantes MCL1495L.

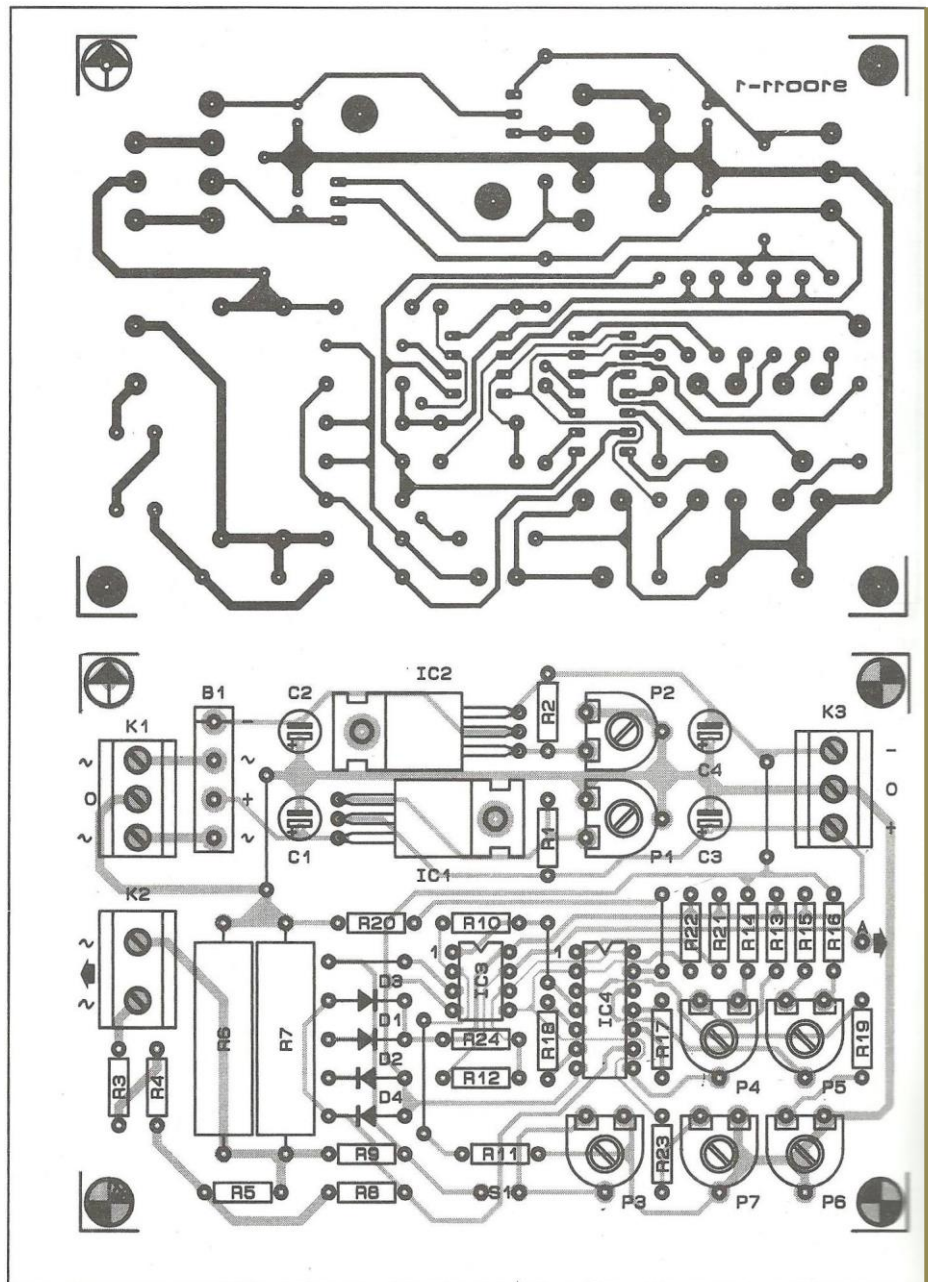


Figura 4: Circuito impreso de una sola cara para el convertidor de potencia-tensión.



**LISTA DE COMPONENTES**

**TARJETA DE MEDICION**

**Resistencias:**

- 2 220W R1,R2.
- 2 100kW R3,R4
- 1 1kW2 R5
- 2 0W1 5W R6,R7
- 3 18kW R 8,R9,R10
- 1 3kW3 R11
- 1 12kW R12
- 4 22kW R13,R16
- 4 8kW2 R17,R18,R20,R23
- 1 5kW6 R19
- 1 270W R21
- 2 150W R22,R24
- 2 5kW preset H P6,P7
- 3 2kW5 preset H P1,P2,P3
- 2 25kW preset H P4,P5

**Condensadores:**

- 2 100µF 25V radial C1,C2
- 2 1µF 63 V radial C3,C4

**Semiconductores:**

- 4 1N4001 D1-D4.
- 1 LM317 IC1
- 1 LM337 IC2
- 1 TL082 IC3
- 1 MC14951 IC4
- 1 B80C1500 B1

**Varios:**

- 3 bloques de tornillos K1,K2,K3
- montaje para tarjetas de circuito impreso.
- 1 interruptor SPST S1
- 1 fusible lento de 200mA F1
- 1 Transformador Tr1
- red 2 x 9V @ 1.66A
- 1 interruptor red tipo DPDT. S2
- 1 tarjeta circuito impreso 910011-1

En el presente circuito, la resistencia RL está compuesta por las dos resistencias de 150 , R22 y R24, presentes en la salida del circuito integrado multiplicador, mientras Rx y Ry se corresponden con las resistencias conectadas a los terminales 10- 11 y 5-6 del circuito integrado. La corriente I3 incorporada en la ecuación [2] es la que fluye desde el terminal 3 de IC4 a la línea de masa, y se puede ajustar por medio de la resistencia ajustable de factor de escala P6. Cada una de las resistencias ajustables P4 y P5 proporcionan un ajuste de la tensión de offset para las entradas VX- y VY-. Estas tensiones sirven para ajustar la diferencia de tensión en la entrada correspondiente del circuito integrado multiplicador.

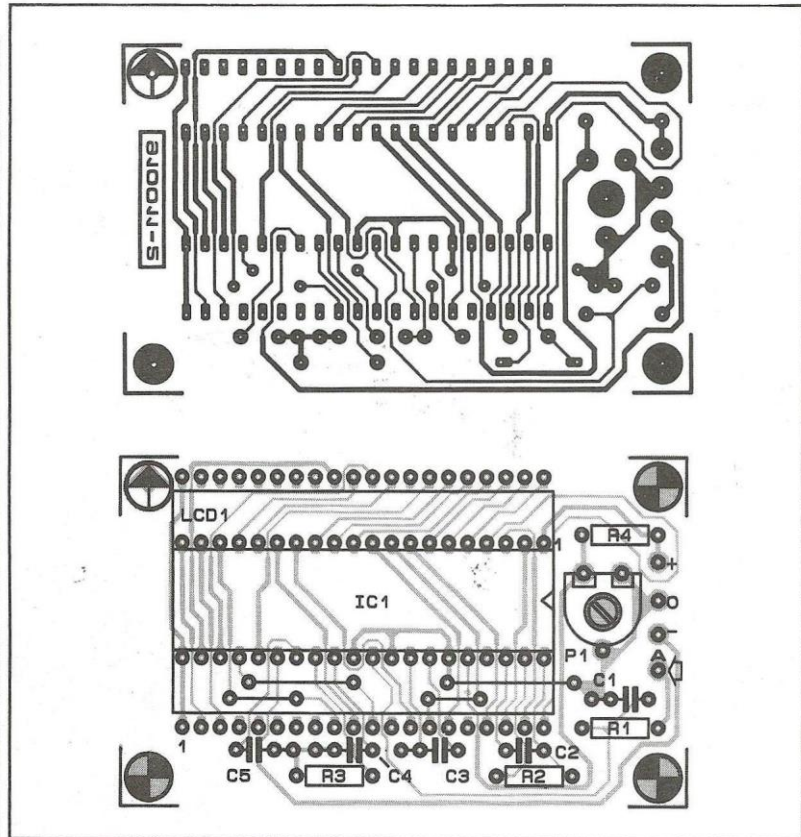


Figura 5: Tarjeta de circuito impreso para la unidad de display de cristal líquido.

El segundo amplificador operacional del circuito, IC3b, sirve para amplificar la señal de salida del multiplicador antes de que ésta se aplique al controlador excitador de la unidad de presentación.

El diagrama de circuito de la sección de presentación se basa en el popular circuito ICL7106 y se muestra en la figura 2. La resistencia ajustable P7 incorporada en el circuito multiplicador se emplea para la compensación del offset. El circuito ICL7106 consta de un convertidor analógico a digital (A/D) y un excitador para indicador a cristal líquido. El ICL7106 se ha utilizado en el circuito de aplicación estándar, el cual requiere tan sólo un puñado de componentes externos para configurar el oscilador interno ( R2, C2 ), la función de auto cero ( R3, C4 ) y la capacidad de referencia ( C3 ).

Volviendo sobre la figura 1, la fuente de alimentación se basa en dos reguladores de tensión integrados y ajustables modelos

LM317 y LM337. Los reguladores de valor fijo no son adecuados en el presente diseño en vista de la estabilidad requerida a las tensiones de alimentación. Asimismo, la tensión de alimentación de +/- 7.5 V deber ser exactamente simétrica, lo cual obliga a que los reguladores de tensión dispongan de un ajuste. En el presente circuito, las tensiones de alimentación se emparejan con la ayuda de las resistencias ajustables P1 y P2.

**Realización práctica: lo primero la seguridad.-**

Puesto que el presente circuito se conecta directamente a la tensión de red, la realización práctica del mismo demanda un gran cuidado y atención para evitar cualquier riesgo de shock eléctrico. Con esta premisa en la mente, no nos debe sorprender que el cableado del instrumento requiera mucha mas atención que la realización práctica de las dos tarjetas de circuito impreso, las cuales son diseños re-



LISTA DE COMPONENTES  
CIRCUITO DEL DISPLAY

## Resistencias:

1	1M $\Omega$	R1
1	100k $\Omega$	R2
1	470k $\Omega$	R3
1	33k $\Omega$	R4
1	10k $\Omega$ preset H	P1

## Condensadores:

2	100nF	C1,C3
1	100pF	C2
1	47nF	C4
1	220nF	C5

## Semiconductores:

1	7106	IC1
---	------	-----

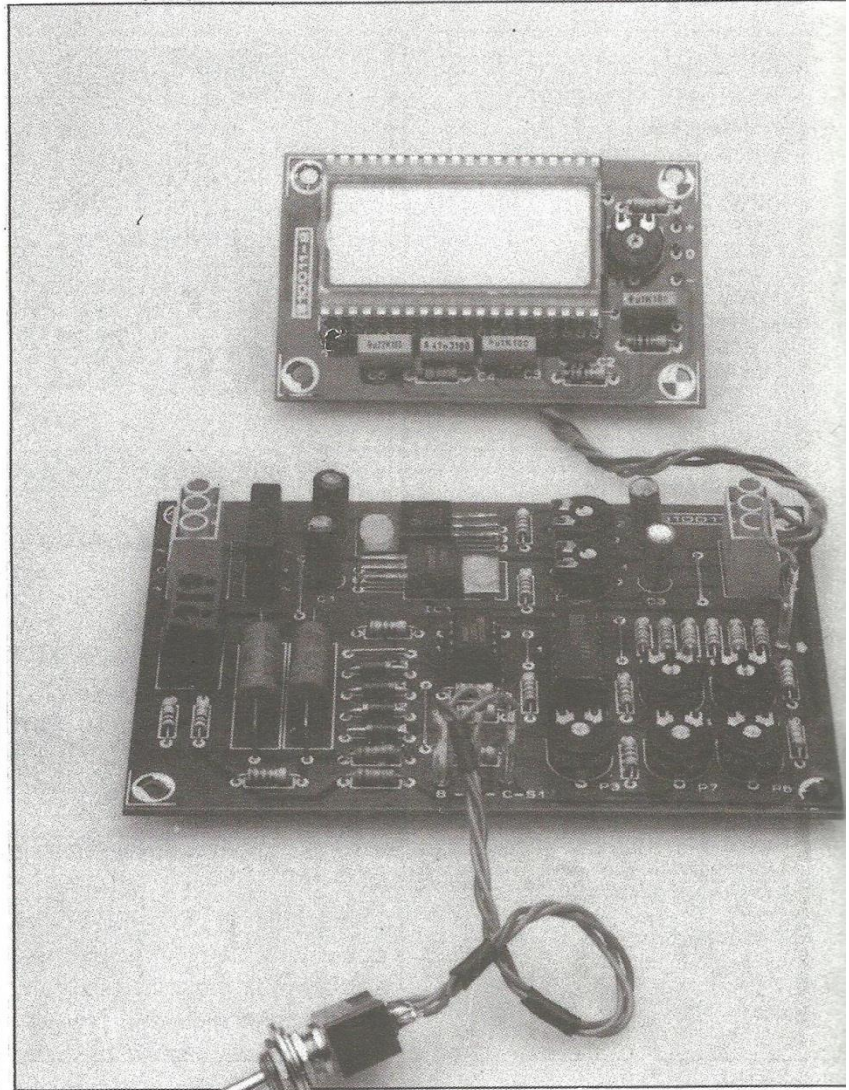
## Varios:

1	3 1/2 LCD digital	LCD1
1	circuito impreso	910011-2

lativamente sencillos ( ver figuras 4 y 5 ). Aunque es posible emplear un cable de entrada de red que disponga de un conector hembra aislado e insertarlo a través de arandelas de goma a la caja que albergue el vatímetro, fijándose con abrazaderas por dentro de la caja, es mas seguro utilizar un conector hembra, como el mostrado en la fotografía de nuestro prototipo, que soporte hasta 13 A. La salida del circuito se conecta al conector de red ubicado en el panel frontal de la caja.

Esta conexión deberá realizarse con hilo aislado de sección igual o superior a 2.5 mm. Por motivos de seguridad, se deberá cubrir cada punto de soldadura entre el conector de red y el cable empleado por medio de un macarrón aislante termorretráctil. Recordar que las normas de seguridad obligan a conectar todas las partes metálicas del vatímetro a tierra.

El panel frontal se deberá cortar y taladrar para albergar el zócalo de red, la unidad de presentación, el interruptor de encendido / apaga-



do y el conmutador de escalas. Obsérvese asimismo que aunque para el zócalo de red se puede emplear otro tipo de conector, las normas o regulaciones de baja tensión obligan a la utilización de un zócalo con toma de tierra lateral.

Para ofrecer un aspecto profesional al vatímetro, hemos diseñado un panel frontal adhesivo en dos colores, que está disponible a través de los servicios de la revista. El aspecto de este panel adhesivo se puede observar en la fotografía de la introducción del presente artículo.

Finalmente, se deberá fijar una pletina de plástico o de ABS y de unos 3 mm de gruesa entre la tarjeta de circuito impreso de la unidad de presentación a LCD y el panel frontal de la caja. Esta pleti-

na sirve como aislante y debe ser al menos 3 mm más larga y más ancha que el circuito impreso de la unidad de presentación.

### Ajuste del vatímetro.-

El vatímetro se ajusta con la ayuda de un multímetro digital y un generador de onda sinusoidal.

Primeramente, se deberán ajustar las resistencias P1 y P2 hasta que las tensiones de alimentación del circuito sean exactamente + 7.5 V y - 7.5 V. Seguidamente, conectaremos el generador de onda sinusoidal al terminal 3 del circuito integrado IC3. Debemos ajustar el generador para que ofrezca una tensión de salida de unos 3 V y una frecuencia comprendida entre 50 y 200 Hz. Si es posible, también deberemos ajustar el offset de continua de la salida



del generador a 0 V.

Si algún lector no dispone de un generador de onda sinusoidal, se puede emplear un pequeño transformador de red que tenga un secundario que ofrezca unos 3 V.

El siguiente paso consistirá en cortar R19, la resistencia de realimentación de IC3a, conectar el terminal 9 de IC4 a masa y abrir el interruptor S1. Efectuados estos pasos, deberemos ajustar la resistencia P4 ( VY offset ) hasta obtener la mínima tensión alterna en la salida A del circuito principal de medida ( todas las tensiones se miden con respecto a masa ).

Seguidamente, deberemos conectar la salida del generador al terminal 9 de IC4 y conectar el terminal 3 de IC3a a masa. Con estas condiciones realizadas, procederemos al ajuste de la resistencia P5 ( VX offset ) hasta obtener la mínima tensión alterna en la salida A del

circuito principal de medida. Con los ajustes de P4 y P5 realizados, deberemos minimizar la componente continua presente en el terminal A de salida, por medio del ajuste de la resistencia P7.

El proceso de ajuste continuará aplicando una carga no reactiva, por ejemplo una bombilla de 100 W, a la salida del vatímetro y midiendo la tensión en bornas de la bombilla, y la corriente alterna. Esta medida es mejor realizarla con un instrumento de verdadero valor eficaz ( RMS ). Con las medidas efectuadas deberemos calcular la potencia activa de la bombilla. La tensión continua presente en el terminal A debería ser aproximadamente 100 mV, que corresponde a una sensibilidad de 1 mV/watt. Si es necesario, deberemos corregir el ajuste de P6. Seguidamente, deberemos ajustar la resistencia P1 incorporada en el circuito de presentación a LCD hasta que aparezca la potencia activa calculada anteriormente.

El último ajuste tiene que ver con la segunda escala de medida. Primeramente deberemos cerrar el interruptor S1 y ajustar la resistencia P3 hasta que la tensión presente en el terminal A sea un décimo del valor medido anteriormente. Esta operación completa el ajuste del vatímetro.

Una vez ajustado el vatímetro, estamos listos para comprobar su precisión con cargas reales cuyas potencias activas deseamos comprobar contra las especificaciones ofrecidas por los fabricantes. Recordar que sólo se pueden medir potencias de hasta 3.5 kW. La precisión del instrumento es aproximadamente del 5 ó incluso bajo las condiciones menos favorables, por ejemplo, cuando se conecta una carga altamente capacitiva o inductiva, o cuando se distorsiona la tensión de red por medio de un circuito de regulación.