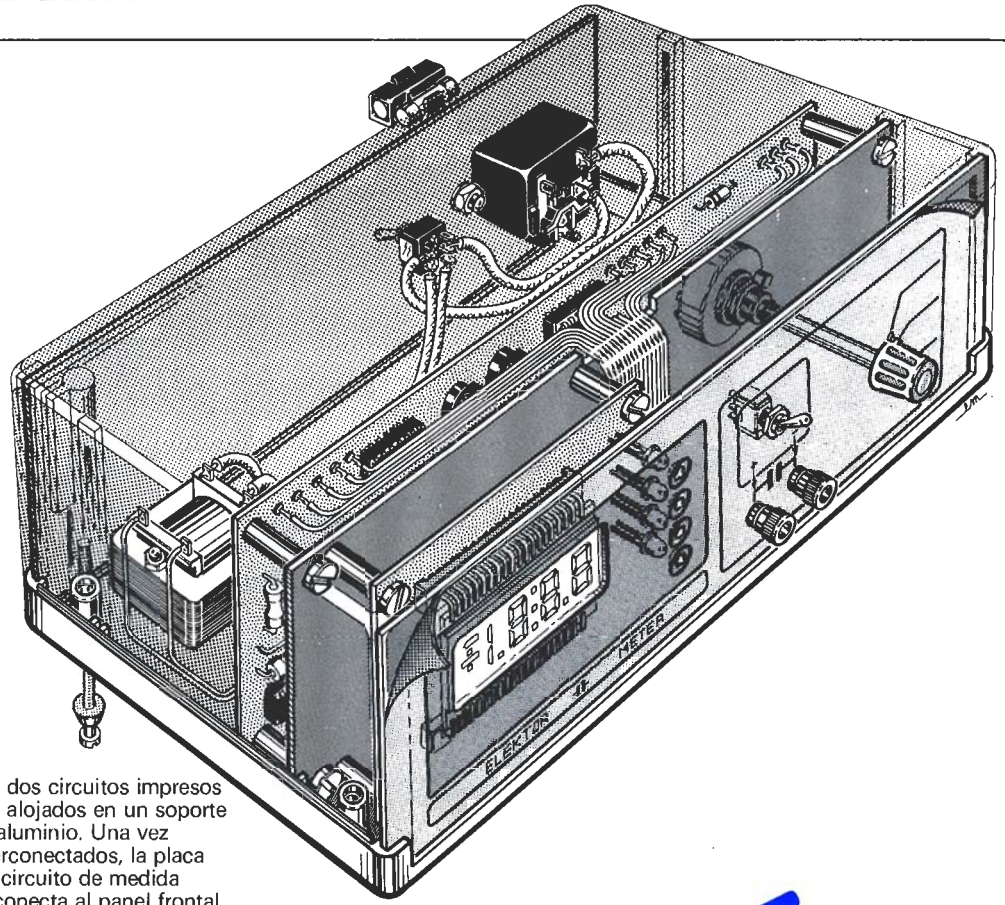


Los dos circuitos impresos van alojados en un soporte de aluminio. Una vez interconectados, la placa del circuito de medida se conecta al panel frontal. El conjunto resultante desliza fácilmente sobre las ranuras previstas al efecto.

capacímetro

... para seguir la pista de los escurridizos faradios

Todos conocemos las ofertas que realizan de vez en cuando los grandes establecimientos de venta de componentes: ¡Restos de stock! ¡Un buen puñado de condensadores al fabuloso precio de...! Ahora bien, ¿sabemos realmente qué es lo que compramos, los valores exactos de los condensadores, si su tolerancia entra en los márgenes que deseamos? A partir de ahora se acabaron estos problemas: aquí está el nuevo capacímetro de Elektor

- Rangos de medida: 200 pF, 20 nF, 2 µF, 200 µF, 2000 µF, 20 mF.
- Precisión: 1% si se calibra con un condensador referencia del 1% o menos. En el rango 20 mF la precisión es del 10 al 15%.
- Visualización en un display de cristal líquido de $3^1/_2$ dígitos.
- La corriente de fugas no influye en la medida.
- Mide capacidades inferiores a 1 pF.
- Sirve para medir capacidades de diodos varicap.
- Visualiza el valor de la capacidad en 1 s.
- Realiza la medida a la frecuencia especificada por los fabricantes (excepto en el rango de 20 mF).
- Puede emplearse con cables de medida (excepto en el rango de 200 pF).

Las funciones más usuales de los condensadores son los de amortiguamiento y/o filtrado, y definición de la frecuencia en BF y AF. Si los condensadores se utilizan en filtros su valor debe ser lo más cercano posible al deseado. Pero, como probablemente ya sepa, un condensador con una tolerancia del 1% es algo más raro que un rinoceronte blanco en El Escorial, así que no será habitual encontrarle en una oferta de componentes a bajo precios (y si lo encuentra..., mejor tírelo). El remedio suele consistir en emplear condensadores de gran estabilidad y en determinar su valor real con un instrumento de medida fiable... y aquí entra en juego nuestro capacímetro: con él podrá determinar el valor exacto del condensador fácil y cómodamente, así como averiguar qué condensadores deben ser sustituidos. Se trata de un instrumento de precisión con un visualizador a cristal líquido de $3^1/_2$ dígitos, que permite la medición de capacidades desde 0,1 pF a 20.000 µF en seis campos de medida.

Medida de capacidades

En los primeros tiempos de la Electrónica, los valores de condensadores e inductancias (denominados entonces resistencias aparentes) se determinaban midiendo su impedancia con circuitos en puente. Dichos puentes de medida estaban constituidos además de por un oscilador, una fuente de alimentación y un amplificador de sensibilidad, por bobinas y condensadores de referencia muy precisos

Figura 1. Ilustración del principio que permite determinar la capacidad de un condensador «desconocido» midiendo tan sólo una tensión. Para U = 3 V, f_o = 1 kHz, R_3 = 100 ohmios y U_1 (medida) = 3 mV, los cálculos dan un valor de la capacidad C_x de 1,6 nF.

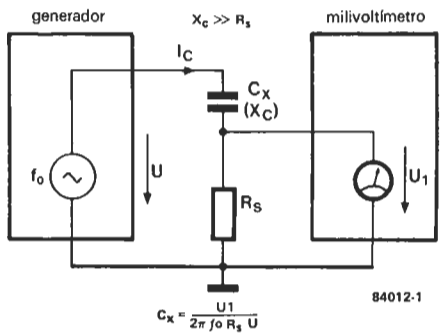


Figura 2. Esquema del circuito del capacímetro. Además de los elementos descritos en la figura 1 hay un rectificador síncrono/detector de fase y un voltímetro digital (VD).

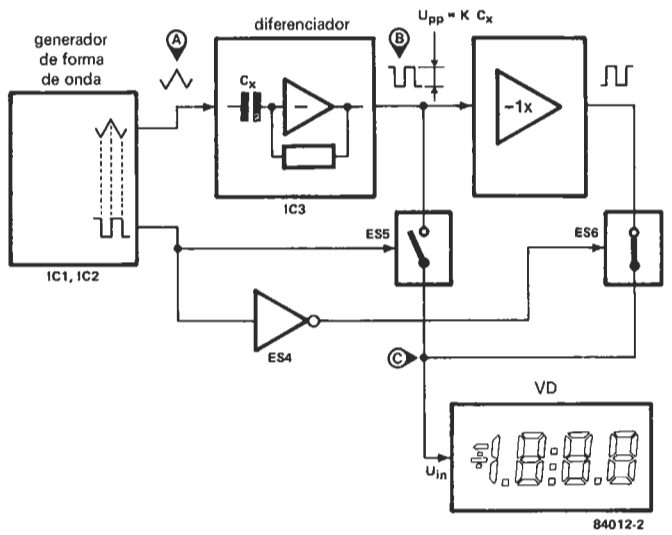
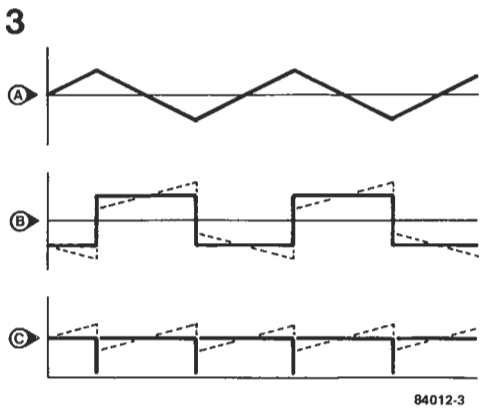


Figura 3. El generador de formas de onda suministra la señal triangular A. Después de la diferenciación a través de C_x se obtiene la señal rectangular B, a la que se puede superponer una señal parásita debida a la corriente de fuga (líneas de trazos). Después del filtrado por el rectificador esta señal queda como se muestra en C (libre ya de parásitos).



y, por consiguiente, muy caros. Por otra parte, el manejo correcto de estos puentes no era «empresa fácil». Ni que decir tiene que las ventajas de los puentes de medida no admiten discusión alguna: permiten la rápida determinación del factor de calidad y de las pérdidas, entre otros datos importantes para conocer el comportamiento (la respuesta) de uno de estos componentes en el circuito y la propia impedancia de éste.

Pero, por lo general, para un «aficionado» a la Electrónica no es necesario disponer de todas estas informaciones. Los capacímetros sencillos y de fácil manejo suelen requerir que el «condensador desconocido» C_x se instale en un circuito oscilador. La frecuencia de la señal resultante se mide con un frecuencímetro o con un voltímetro (después de su conversión a una tensión proporcional) y su magnitud se envía a un visualizador correctamente graduado. Son numerosos los circuitos capaces de realizar esta tarea y, en su mayor parte, se basan en un temporizador del tipo 555 (como, por ejemplo, el «Módulo capacímetro» presentado en ELEKTOR, núm. 30, noviembre de 1982).

Un método diferente de medida es el que ilustra la figura 1. La clave de este procedimiento radica en el hecho de que la capacidad del condensador desconocido, C_x, se determina por diferenciación (con la ayuda de la red C_x/R_s) de la señal de entrada mediante una medida de la tensión. Tomando el valor de R_s mucho más pequeño que la impedancia X_c, el valor de C_x puede calcularse a partir de:

$$C_x = \frac{U_1/U}{2 \cdot \pi \cdot f_o \cdot R_s}$$

en donde π, f_o, R_s y U son constantes conocidas y por ello basta introducir el valor medido de U_1 en la fórmula para encontrar el valor de C_x.

Como no es cuestión de enviar a nadie a determinar el valor de cada condensador con lápiz, papel y calculadora de bolsillo, tendremos que procurarnos una forma de visualización directa. Esta es la razón del circuito de ampliación ilustrado en la figura 2, base de nuestro capacímetro.

La salida triangular del generador se aplica a C_x, que se ha conectado a un circuito diferenciador. La salida de este último circuito es una onda cuadrada de amplitud proporcional al valor de C_x (como U_1 en la figura 1). La señal de onda cuadrada se transforma luego en una tensión continua con la ayuda de un rectificador síncrono/detector de fase; el nivel de la tensión resultante se mide en un voltímetro digital.

El término «rectificador síncrono/detector de fase» parece corresponder a un dispositivo muy complejo pero, en realidad, lleva más escribir su nombre que describir su función. La salida de onda cuadrada del diferenciador se aplica al conmutador electrónico ES5 (en fase con la salida rectangular del generador) y al conmutador electrónico ES6 (en contrafase con dicha salida). Los conmutadores están sincronizados con la forma de onda triangular y sólo dejan pasar las partes positivas de las ondas cuadradas. Las dos ondas cuadradas resultantes son objeto de suma para obtener una tensión continua.

La relación entre las formas de onda aparece en la figura 3. Las líneas de trazos representan señales parásitas producidas por la corriente de fugas que atraviesa a C_x. Esta corriente, producida por la salida triangular del generador, no afecta a la medida pues, por un lado, «desaparece» en el momento del proceso de obtención del valor medio (figura 3B) y por otro, al estar desfasada 90° con respecto a la señal triangular, no es aceptada por el rectificador selectivo de fase. En un circuito ideal, la

tensión triangular parásita no se distingue de la tensión continua de la figura 3C, a la que se superpone (o se integra, según sea el caso).

El circuito

Los amplificadores operacionales IC1 (disparador Schmitt) e IC2 (integrador) constituyen la base del generador de formas de onda. Cuando la salida del integrador alcanza el nivel de disparo superior del disparador Schmitt, su entrada se invierte, con lo cual la salida desciende bruscamente hasta el nivel de disparo inferior del disparador Schmitt. De esta forma IC1 genera una señal rectangular e IC2 produce una señal triangular.
La salida de IC2 es la tensión de prueba para C_x y a través de él está conectada a la entrada inversora del diferenciador IC3. La salida del diferenciador es, pues, una tensión rectangular cuyo nivel es proporcional al valor de C_x.
El rectificador, basado en los conmutadores electrónicos ES5 y ES6, recibe sus señales de dos fuentes: directamente de IC3 e invertida de IC4. La señal de control para los conmutadores se toma de IC1 y se aplica directamente a ES5 e invertida (por ES4) a ES6. Las señales de salida de ES5 y de ES6 se suman y aplican al voltímetro digital a través de R20 (ver figuras 4 y 5).

El filtro paso bajo, constituido por P1, R6 y C2, transforma la tensión de onda cuadrada disponible en la salida de IC1 en una tensión triangular de pequeña amplitud que se aplica a la entrada de IC3 a través de C3. Como la señal de prueba está en contrafase respecto a esta segunda señal resulta muy fácil «hacer desaparecer» la inevitable capacidad parásita debida a las puntas de prueba. En la práctica esto significa ajustar P1 con los terminales de prueba abiertos, de modo que el voltímetro digital dé una lectura «0».
En el caso de que se haya seleccionado un margen de medida erróneo IC5 activa al conmutador electrónico ES7 con un cierto nivel de entrada. Cuando sucede esto una tensión de c. c. de gran magnitud se aplica al voltímetro digital a través de R21 y el visualizador da una indicación de «capacidad rebasada» (overflow).
Cuando el valor de C_x es demasiado alto para el margen de medida seleccionado IC3 ya no funciona como diferenciador, sino más bien como comparador para la señal triangular presente en su entrada. El resultado es que aparece una señal rectangular a la salida de IC3, desfasada 90° con respecto a la señal que hubiera aparecido en condiciones correctas. Por consiguiente, el rectificador no proporciona tensión de salida y el voltímetro da una indicación «cero».

$$f_{a\ldots c} = \frac{R_2}{4R_1C_6\,(P_2+R_8)}$$

$$f_{d,e} = \frac{R_3}{4R_1R_7C_6}$$

$$f_f = \frac{R_3}{4R_1R_7\,(C_4+C_5+C_6)}$$

4

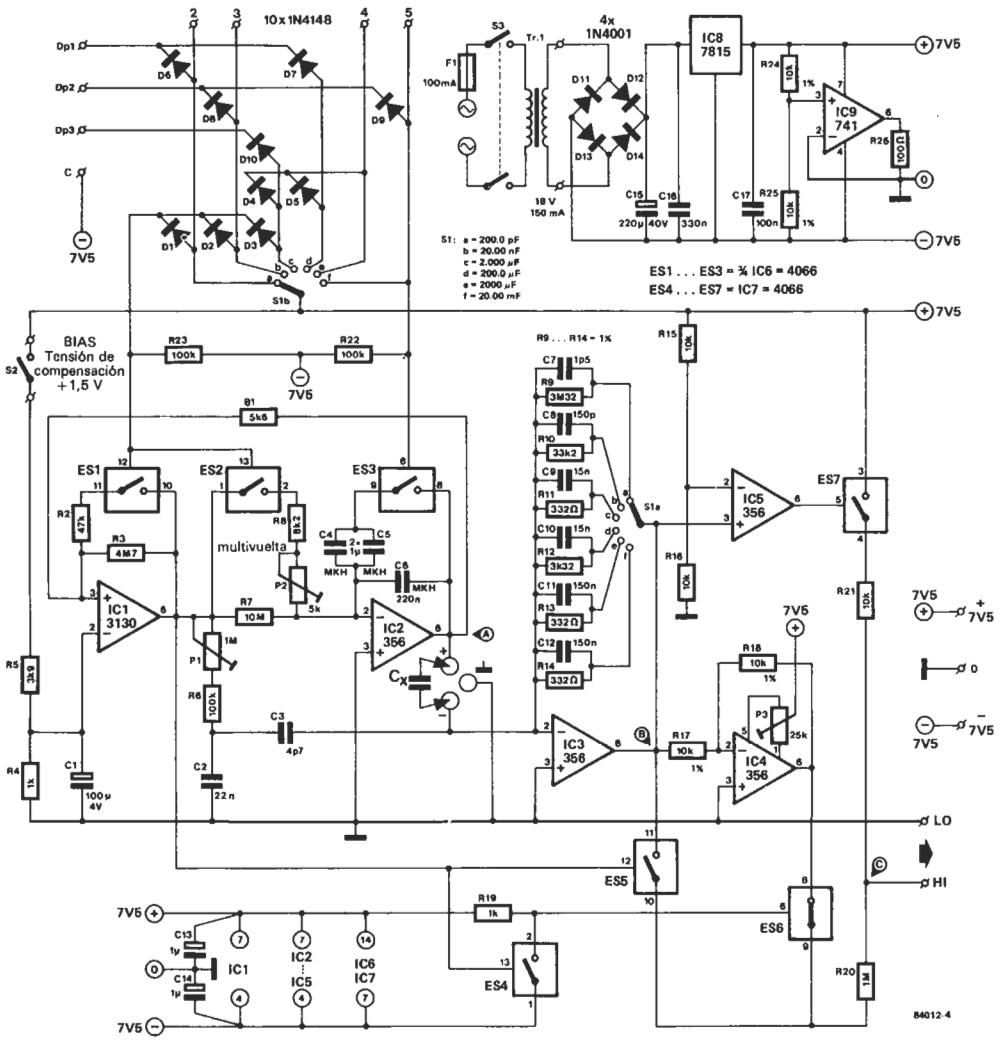
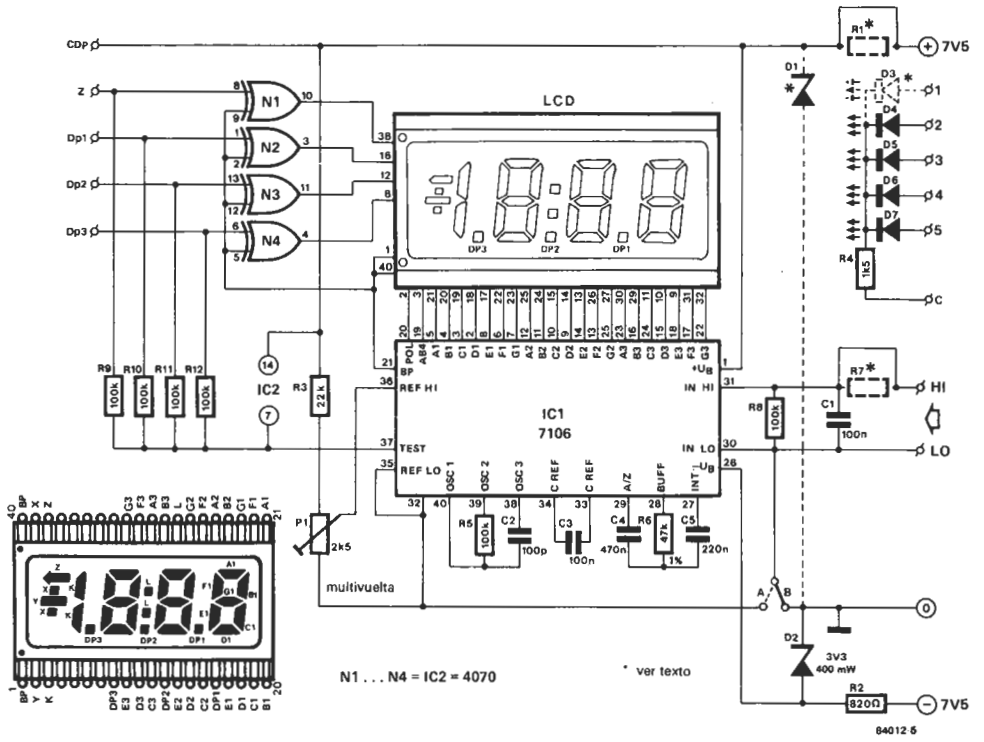


Figura 4. Este circuito de la placa de medida contiene el generador de formas de onda (basado en IC1 e IC2), el diferenciador de C_x, IC3 y el rectificador basado en los conmutadores electrónicos ES4, ES5, ES6 e IC4. Con los conmutadores S1 y ES1 . . . ES3 seleccionamos las escalas. El conmutador S2 proporciona una tensión de compensación («offset») en los terminales de C_x para anular la capacidad parásita de los elementos de medida (cable + pinzas de cocodrilo). IC5 y ES7 constituyen el detector de «capacidad rebasada».

Figura 5. Esquema de la sección de visualización. Se trata, esencialmente, de un voltímetro digital provisto de un visualizador a cristal líquido (LCD). Este circuito puede emplearse independientemente como un medidor con visualización a LCD.

5



Sección de medida:

P_1 pone a «0» el display en la escala «a»
P_2 calibra las escalas «c» y «d»
P_3 pone a «0» el display en la escala «f»

Sección de visualización:

P_1 calibra con el valor de referencia.

No están de más algunas observaciones adicionales sobre las escalas de medida y las señales de prueba. El conmutador S1 es el selector de escalas. Para condensadores entre 0 y 2 microfaradios, la amplitud de la señal triangular es de unos 1,8 V_{pp} a una frecuencia aproximada de 1000 Hz (los interruptores ES1 y ES2 estarán cerrados). Esto permite la medida de todos los condensadores no electrolíticos en tres márgenes de medida, ajustándose las condiciones de prueba a las especificaciones del fabricante. Las tres escalas suplementarias permiten medir la capacidad de un condensador electrolítico. Se trabajará, entonces, con amplitud y frecuencia reducidas (f = 100 Hz, U_{prueba} = 18 m V_{cc}, ES1 y ES2 abiertos). Una vez más se respetan las condiciones de prueba preconizadas por los fabricantes de condensadores.

En la gama «f» la frecuencia se reduce a unos 10 Hz (con ES3 cerrado) puesto que a 100 Hz la corriente que atraviesa al amplificador operacional (unos 72 mA) representaría un cambio demasiado importante para este último. Por consiguiente, la precisión de la medida sólo alcanza un valor del 10% al 15% en esta escala. Afortunadamente ello no es tan malo como parece, habida cuenta de que el valor exacto de los condensadores electrolíticos, en este campo de medida, no suele ser muy importante. En las otras escalas la precisión alcanza casi el 1%. Si se quiere medir un condensador electrolítico en el margen «c», el conmutador S2 eleva la señal de prueba en unos 1,5 voltios (BIAS) para asegurar que sea siempre positiva la tensión de prueba. En los otros márgenes la pequeña tensión negativa de 9 milivoltios pico a pico no produce ningún daño.

En el circuito de la figura 5 el punto decimal se conmuta con S1b y la matriz de diodos asociada. Los diodos LEDs D3 a D7 indican la gama elegida.

Montaje

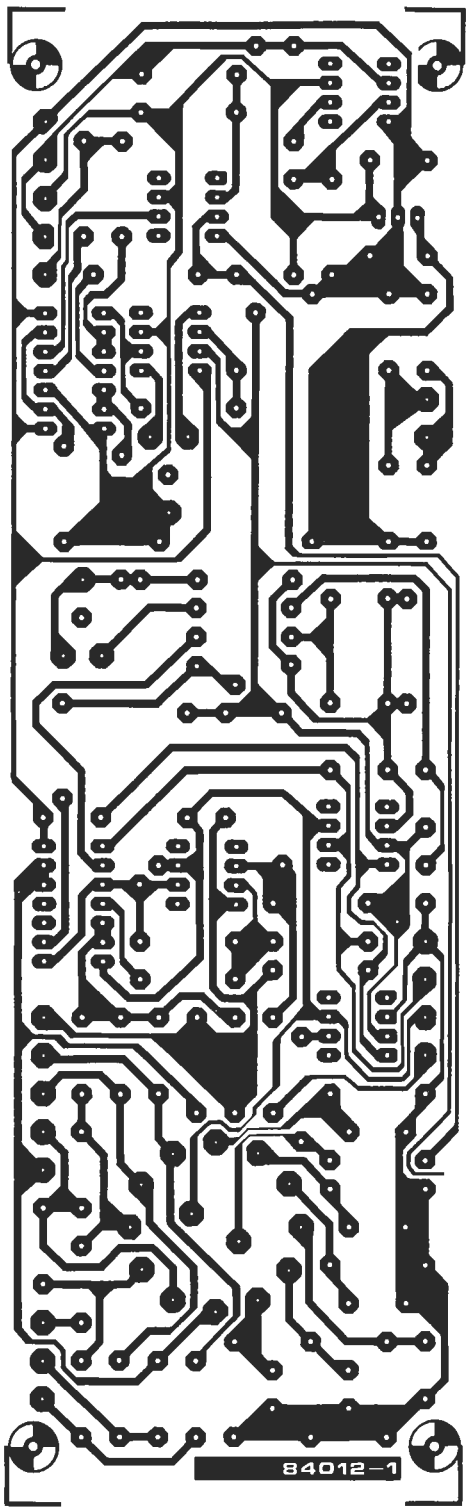
La primera operación consiste en colocar los componentes (sin soldarlos aún) en el circuito impreso de la figura 6, a excepción de R12 y C10. Para estos dos componentes resulta preferible usar unos espadines que permitan la soldadura después del calibrado. El segundo circuito impreso (figura 7) es el del voltímetro a LCD y en él se montan todos sus componentes excepto R1, R7, D1 y D3. El visualizador y los LEDs se instalan en el lado de cobre de la placa. La longitud de las patillas de los LEDs debe ser la que permita alinearlos al nivel del visualizador a LCD. Han de soldarse los LEDs de modo que queden bastante separados del visualizador. De momento, R1 y R7 han de sustituirse por puentes de cableado y en lugar de los diodos D1 y D3 no se pone nada (todo ello va indicado con línea de trazos en la figura 5). Para concluir queda por añadir el puente B.

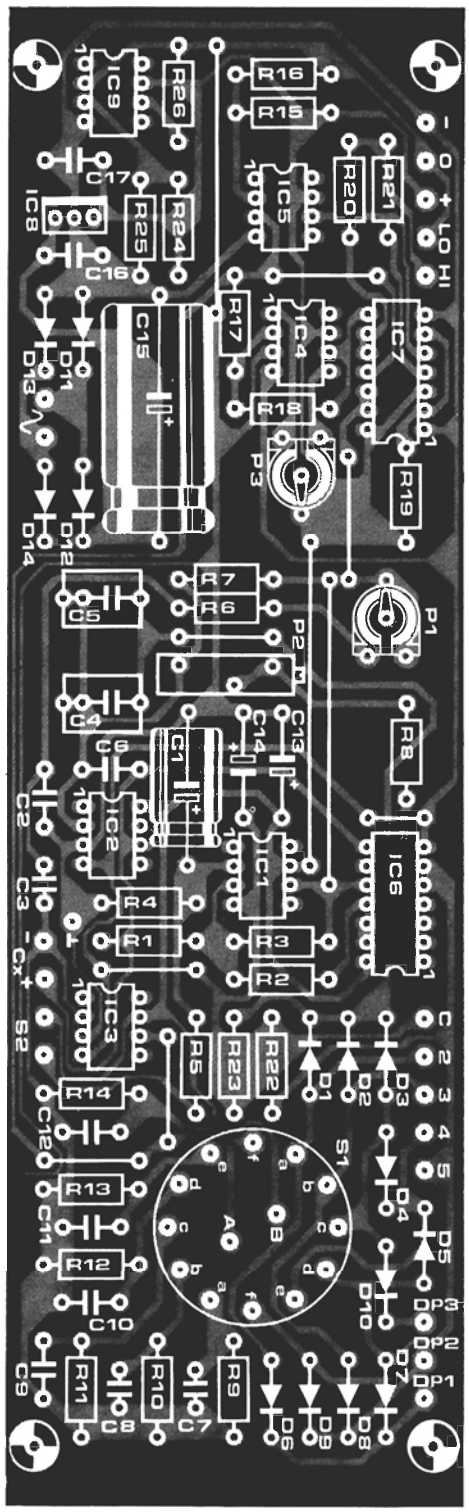
En el dibujo de la figura 8 damos un ejemplo de la presentación final del capacímetro. Hemos utilizado una caja normalizada, especialmente adaptada, en la que la bandeja de montaje (de aluminio) puede insertarse fácilmente después de la calibración. Las dos placas de circuito impreso están montadas en esta bandeja: la placa del visualizador en la cara frontal y la placa de medida en la parte trasera. De esta forma, se asegura también el apantallamiento entre ambos circuitos.

Los terminales con la misma denominación en las dos placas deben interconectarse con pequeños trozos de hilo, pero manteniendo libres los terminales «1», «CDp» y «Z» de la placa del visualizador.

Los bornes de conexión del condensador C_x han de unirse a la placa del circuito de medida mediante un cable blindado bifilar. Este blindaje debe soldarse *solamente* al terminal de masa común próximo a las patillas de C_x.

6





Ha llegado el momento de conectar S2 a la placa del circuito de medida y a los terminales de masa del panel frontal, y la bandeja de montaje a masa. A continuación, hay que montar el transformador de red, el interruptor de encendido/apagado y el portafusibles, con el fusible, en la caja. El transformador ha de situarse lo más alejado posible de la placa del circuito de medida. Después de haber pegado la película autoadhesiva en el panel frontal, éste y la bandeja de montaje pueden insertarse en las ranuras previstas a tal fin.

Calibración

Hay que comenzar por poner el conmutador-selector S1 en la posición «f» y accionar el potenciómetro ajustable P3 hasta que se tenga una lectura nula en el visualizador. A con-

Lista de componentes Circuito de medida:

Resistencias:

R1 = 5k6
R2 = 47 k
R3 = 4M7
R4, R19 = 1 k
R5 = 3k9
R6, R22, R23 = 100 k
R7 = 10 M
R8 = 8k2
R9 = 3M3, 1%
R10 = 33 k, 1%
R11, R13, R14 = 330 Ω, 1%
R12 = 3k3, 1%
R15, R16, R21 = 10 k
R17, R18, R24, R25 = 10 k, 1%
R20 = 1 M
R26 = 100 Ω
P1 = 1 M ajustable
P2 = 5 k ajustable multivuelta
P3 = 25 k ajustable

Condensadores:

C1 = 100 μ/4 V
C2 = 22 n
C3 = 4p7
C4, C5 = 1 μ
C6 = 220 n
C7 = 1p5
C8 = 150 p
C9, C10 = 15 n
C11, C12 = 150 n
C13, C14 = 1 μ/16 V
C15 = 220 μ/40 V
C16 = 330 n
C17 = 100 n
Condensador 10 nF ± 1% (para calibración)

Semiconductores:

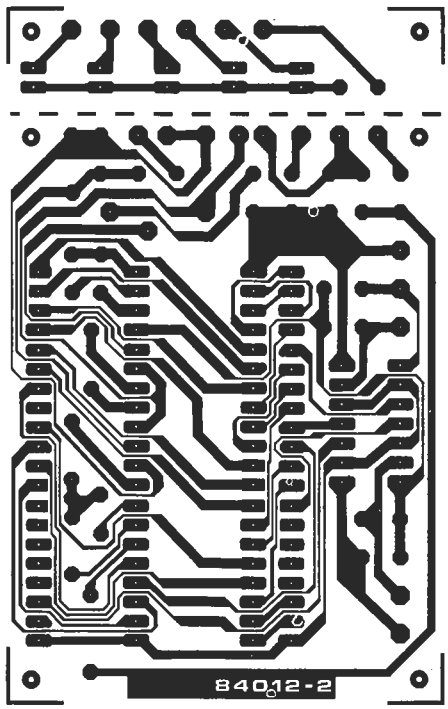
D1 . . . D10 = 1N4148
D11 . . . D14 = 1N4001
IC1 = CA 3130E
IC2 . . . IC5 = LF 356N
IC6, IC7 = 4066
IC8 = 7815
IC9 = 741

Varios:

S1 = interruptor del circuito impreso 2 circuitos, 3 posiciones
S2 = inversor monopolar
S3 = interruptor principal bipolar
Tr1 = transformador de red, 18 V/150 mA secundario
F1 = 100 mA minifusible lento con portador
Caja para el montaje Vero 202-21035F, ESM EB 21/08 FP o EB 21/08 FA

Figura 6. Placa de circuito impreso del circuito de medida y disposición de los componentes. El selector de escalas está soldado en esta placa para reducir las capacidades parásitas.

7



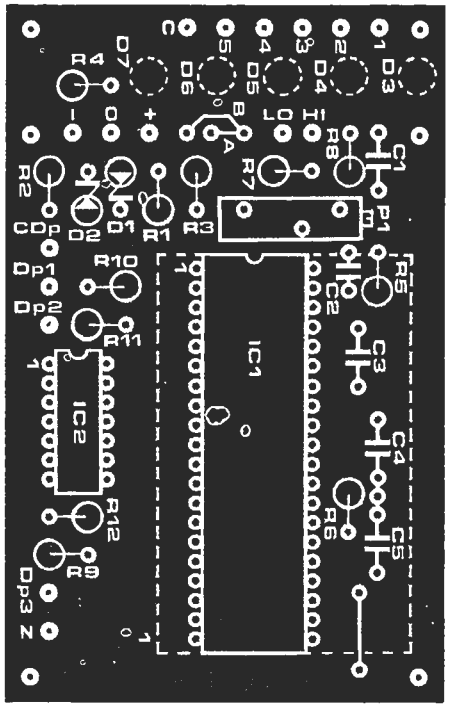


Figura 7. Disposición de los componentes y lado de cobre del circuito de visualización. El display a LCD y los LEDs están instalados en la cara cobreada del circuito impreso. D1 y D2 no se utilizan en este montaje.

tinuación hay que pasar S1 a la posición «a» y, accionando el P1 de la placa de medida, conseguir una indicación cero en el visualizador.
Ahora, desconecte la alimentación del capacímetro y suelde una resistencia de 330 kΩ de gran estabilidad (1%) en la posición de R12, un condensador de 150 pF en la posición de C10 (ambos en la placa del circuito de medida) y otro condensador (no electrolítico) de 1,5 µF en los terminales de C_x. Coloque S1 en la posición «d», conecte de nuevo la alimentación de red y tome nota del valor indicado. Luego, ponga S1 en «c» y ajuste P2 de modo que el visualizador indique el mismo valor que se acaba de registrar (la posición del punto decimal carece de importancia). Retire la resistencia de 330 kΩ y el condensador de 150 pF y suelde, en su lugar, una resistencia de 3,3 kΩ y un condensador de 15 nF. Finalmente, conecte un condensador de 10 nF, con una tolerancia del 1%, a través de los terminales de C_x, sitúe S1 en la posición «b» y ajuste P1 (de la placa del visualizador), de modo que éste dé una lectura exacta de 10,00 nF. Si el condensador de 10 nF utilizado tiene una tolerancia más grande, los resultados de la medida tendrán también una mayor tolerancia. Así se termina la calibración y todos los componentes pueden soldarse ya en su lugar correspondiente.

Aplicaciones

El capacímetro puede utilizarse también como interface para un voltímetro digital; por supuesto, en este caso, no se requiere la placa del visualizador. La resistencia R20 debe ser de 100 kΩ en lugar de 1 MΩ y un potenciómetro multivuelta ajustable de 1 MΩ debe conectarse entre los terminales HI y LO; su cursor hará de salida del interface. El nuevo potenciómetro ajustable se utilizará en lugar de P1 (en la placa del visualizador) para calibrar el circuito. Sólo hay un pequeño inconveniente: el punto decimal no quedará en la posición correcta. ¡Hay que tenerlo en cuenta al hacer las medidas!
Este capacímetro es capaz también de medir la capacidad de un diodo varicap, pero para ello hay que proveerse de una fuente de tensión variable. En la figura 9 se muestra el cableado a realizar. El valor de la capacidad visualizado es proporcional a la tensión aplicada en el momento de la medida. De esta manera, se puede determinar la curva característica del diodo varicap. Hay que tener cuidado de que la tensión aplicada no sea inferior a 2 V, pues en ese caso el diodo varicap podría deteriorarse.
Habida cuenta de que se está trabajando con una tensión alterna el error puede llegar a ser de algunos tantos por ciento. Si examina detenidamente el esquema de la figura 4 observará que el punto correspondiente a la patilla 6 de IC3 está unido al de conexión central de S1a; así sería posible llevar un hilo desde este punto a un borne especial, denominado «varicap», en el panel frontal del capacímetro (como muestra la figura 9).

Observaciones importantes

Antes de medir el valor de un condensador cualquiera, sea o no electrolítico, hay que cerciorarse de que está completamente descargado. Para ello puede conectarlo en paralelo con una resistencia. Cuando desee medir condensadores de pequeña capacidad (escala «a»), no debe utilizar cables provistos de pinzas de cocodrilo, pues su capacidad parásita falsearía la medida.

Lista de componentes Circuito de visualización:

Resistencias:
R1, R7 = puente de hilo
R2 = 820 Ω
R3 = 22 k
R4 = 1k5
R5, R8 . . . R12 = 100 k
R6 = 47 k
P1 = 2k5 preajustable multivuelta

Condensadores:
C1, C3 = 100 n
C2 = 100 p
C4 = 470 n
C5 = 220 n

Semiconductores:
D1, D3 = no usados
D2 = diodo zener 3V3/0,4 W
D4 . . . D7 = LED
IC1 = ICL 7106, fabricado por Teledyne Semiconductor o Intersil
IC2 = 4070
LCD = display de cristal líquido de 3 1/2 dígitos, tipo NDP530-035A-S-RF-P1C o bien HAM 3901 o 3902, HIT LS 007C-C, Data Modul 43DSR03 o SE6902

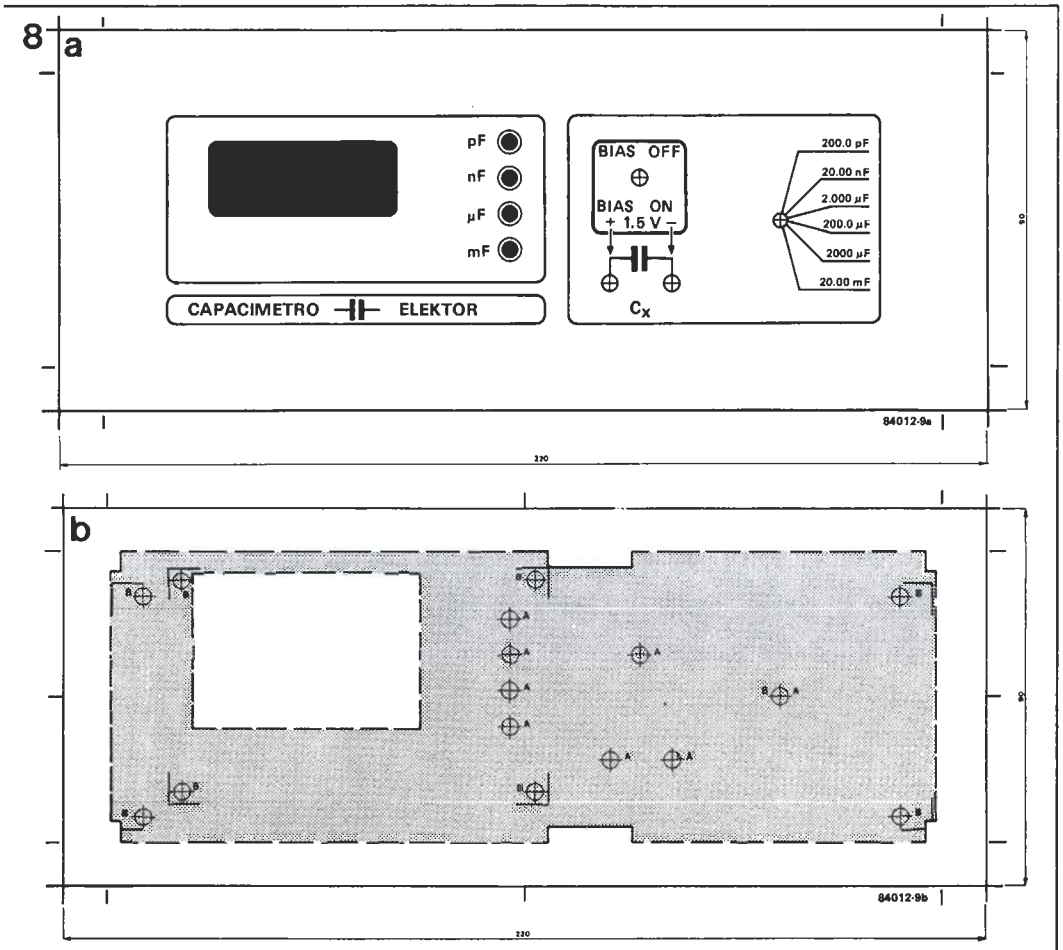


Figura 8. Diseño del panel frontal en película autoadhesiva y sugerencia de su montaje. Si no se emplea la caja de la lista de componentes el montaje será distinto evidentemente.

Antes de terminar...

... nos gustaría atraer su atención sobre algunas peculiaridades de este capacímetro:

- La medida de la capacidad se efectúa a la frecuencia propuesta por los fabricantes.
- La corriente de fugas no tiene influencia apreciable sobre los resultados de las medidas.
- El efecto de las capacidades del cableado se han reducido de tal manera que se pueden medir valores inferiores a 1 pF.
- Después de haber conectado el condensador objeto de prueba, la indicación del visualizador aparecerá en menos de un segundo, ¡incluso en el caso de un condensador de 10.000 µF!

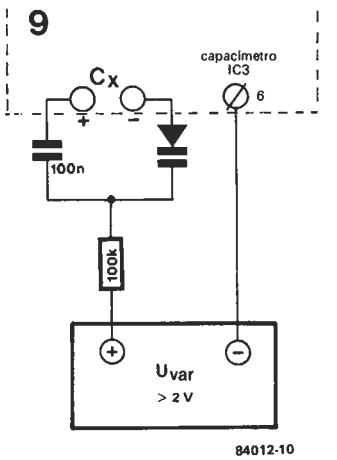
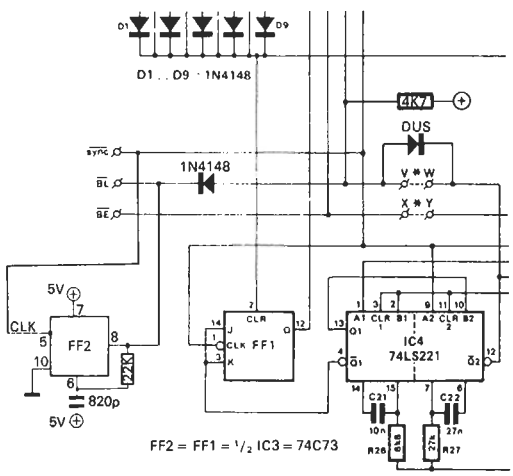


Figura 9. Circuito que permite determinar la curva característica de un diodo varicap.

el duende de elektor

VAM: modulador de audio/video

elektor, núm. 40, septiembre 1983

Se ve que al realizar su última travesura nuestro desvergonzado duende estaba «hambriento». Comparando el esquema adjunto y el que aparecía en la página 52 del Elektor, número 40, podrán hacerse una idea de hasta qué grado tenía «hambre». Se «comió» dos diodos, dos resistencias, un condensador y la mitad de un circuito integrado al que, como postre, cambió de nombre. Estas omisiones deberán corregirse también en las placas.