

un transmisor de FM de gran calidad



Para disipar posibles dudas nos gustaría comenzar aclarándoles que nuestro diseño tiene poco en común con los micrófonos sin hilos que normalmente se pueden encontrar en las tiendas. Se trata de un auténtico micrófono sin hilos profesional, un transmisor en miniatura con unas características de sonido muy buenas. El receptor es, simplemente, una versión modificada del «Personal FM» publicado en el número 43 de ELEKTOR (diciembre de 1983).

micrófono sin hilos

Quizás algunos de ustedes piensen que un micrófono sin hilos no es un proyecto muy propio para una revista de electrónica como Elektor ya que existe una importante variedad de estos dispositivos en el comercio listos para funcionar. No obstante, si profundizan un poco en sus características técnicas, verán que no son más que juguetes. Y no sólo eso: dado que utilizan las frecuencias de FM reservadas para las emisoras comerciales los usuarios quedarán en una situación ilegal. El micrófono sin hilos profesional que les presentamos es otra historia, por supuesto. Transmite a una distancia razonable un sonido de bastante calidad. Por sus extremadamente buenas características de estabilidad en frecuencia, ancho de banda, atenuación de armónicos y demás, se trata de un dispositivo realmente digno de tener en cuenta.

Un micrófono sin hilos necesita un receptor apropiado. Usaremos un diseño ya existente para simplificar las cosas: el «Personal FM», un receptor compacto y con buenas especificaciones que lo hacen adecuado para esta aplicación.

El transmisor

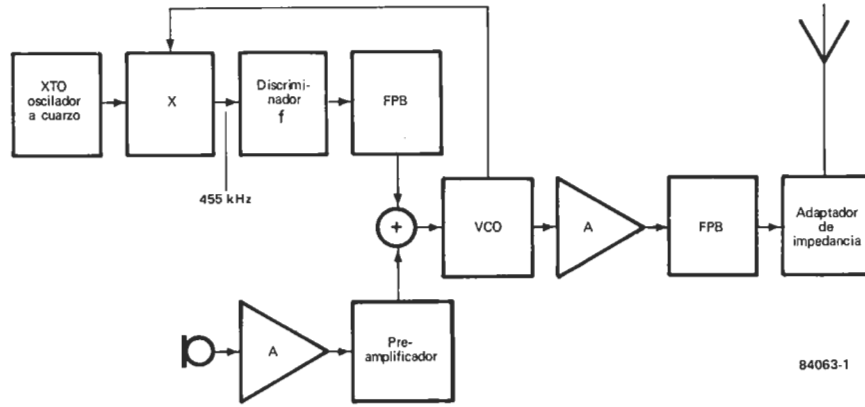
Dejando aparte el receptor (que es una unidad diferente) el micrófono sin hilos consta de dos partes: un micrófono y un transmisor. El trans-

Características técnicas:

frecuencias de emisión: 35...40 MHz
 potencia de salida: 3...10 mW
 potencia efectiva radiada: 0,5...1,5 mW
 atenuación de armónicos: ≥ 60 dB
 radiación de parásitos: ≤ -60 dB
 estabilidad de la frecuencia: mejor que 10 KHz
 excursión de frecuencia: ≤ 180 KHz
 señal de micrófono: mín. 1 mV, máx. 200 mV
 ancho de banda de audio: 40 Hz...15 Hz
 (± 2 dB)
 consumo de corriente: 25...30 mA
 (para $U_B = 9...18$ V)

misor suele montarse dentro de la armadura de un gran micrófono o bien en una caja lo suficientemente pequeña como para que quepa en un bolsillo. Para nuestro diseño escogeremos esta última opción. El micrófono puede ser electrostático o dinámico, ya que su amplificador asociado puede presentar diferentes impedancias de entrada con la sola variación de tres resistencias, como se verá después. Un transmisor de FM precisa para funcionar sólo una etapa de modulación en frecuencia, un oscilador, un amplificador y un filtro de salida, no obstante nos hemos tomado la libertad de añadir algunos extras, tal y como muestra el diagrama de bloques de la figura 1. Evidentemente no lo hemos hecho porque sí; la razón es que la desviación de frecuencia requerida para alta fidelidad es difícil de combinar con la estabilidad necesaria en alta fre-

1



84063-1

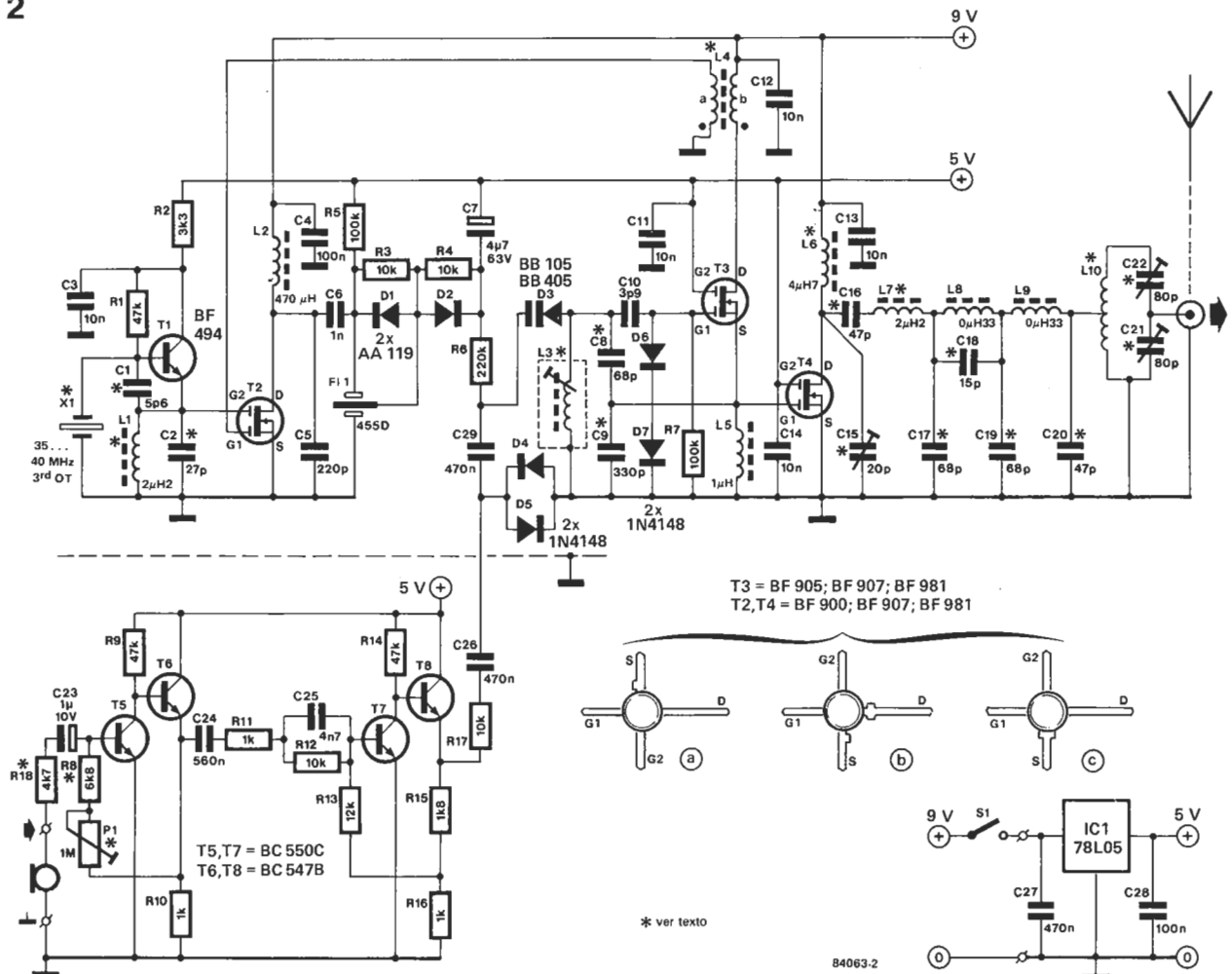
Figura 1. Para mantener la frecuencia de transmisión lo más estable posible el VCO es controlado continuamente por un oscilador a cristal de cuarzo.

cuencia para un transmisor en miniatura. Una desviación de frecuencia de 100 ó 200 KHz es fácil de conseguir con un simple VCO (oscilador controlado por tensión), pero entonces la estabilidad que se obtiene deja mucho que desear. Si se emplea un oscilador de cuarzo sucede justo lo contrario: la estabilidad es buena, pero en cambio no lograremos la desviación necesaria para el ancho de banda de FM.

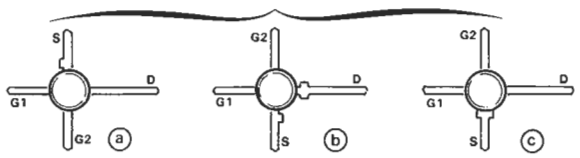
Hace falta, por tanto, encontrar otra solución. ¿Se les ocurre alguna a ustedes? Nosotros, como puede ver en la figura 1, hemos empleado un VCO modulado por la señal del micrófono después de pasarla por el amplificador y la etapa preamplificadora. De esta forma conseguiremos una desviación de la frecuencia adecuada. Para ayudar a lograr una estabilidad «como la del cristal» hemos incluido también un sencillo AFC (control automático

Figura 2. Cada una de las partes del diagrama de bloques es fácilmente identificable en el circuito. A pesar de su complejidad todo el montaje cabe en una pequeña placa de circuito impreso.

2



T3 = BF 905; BF 907; BF 981
T2, T4 = BF 900; BF 907; BF 981



* ver texto

84063-2

Figura 3. A pesar de su reducido tamaño la placa de circuito impreso (de doble cara) no cabe en la mayoría de las cajas de los micrófonos comerciales. La solución que proponemos es introducirla en una pequeña caja metálica que pueda transportarse fácilmente en un bolsillo.

Lista de componentes

— Emisor

Resistencias:

(todas de 1/8 W)

R1, R9, R14 = 47 k

R2 = 3k3

R3, R4, R12, R17 = 10 k

R5, R7 = 100 k

R6 = 220 k

R8 = 6k8

R10, R11, R16 = 1 k

R13 = 12 k

R15 = 1k8

R18* = 4k7

P1* = 1 M ajustab.e

Condensadores:

C1* = 5p6

C2* = 27 p

C3, C11...C14 = 10 n
cerámico

C4, C28 = 100 n

C5 = 220 p

C6 = 1 n

C7 = 47 μ /63 V

C8*, C17*, C19* = 68 p

C9* = 330 p

C10 = 3p9

C15* = 20 p ajustable

C16*, C20* = 47 p

C18* = 15 p

C21*, C22* = 80 p ajustable

C16*, C20* = 47 p

C18* = 15 p

C21*, C22* = 80 p ajustable

C23 = 1 μ /10 V

C24 = 560 n

C25 = 4n7

C26, C27, C29 = 470 n

Bobinas:

L1, L7* = 2 μ H2

L2 = 470 μ H

L3 = bobina VHF MC 120
style, no. 100078 (Ambit)

L4: a = 4 vueltas, b = 2
vueltas de \varnothing = 0,3 mm en una
barra de ferrita
de 3,5 x 3,5 mm

L5 = 1 μ H

L6 = 4 μ H7

L8, L9 = 0 μ H33

L10 = 15 vueltas, con una
toma en la tercera desde
masa, de CuL de
 \varnothing = 0,8...1 mm con
núcleo de aire

Semiconductores:

D1, D2 = AA 119

D3 = BB 405, BB 105

D4...D7 = 1N4148

T1 = BF 494

T2, T4 = BF 900, BF 907,
BF 981

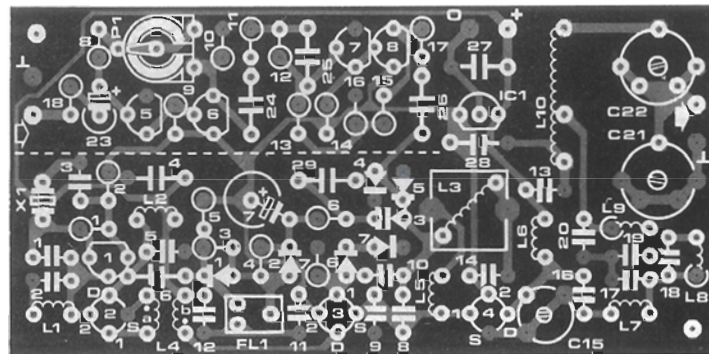
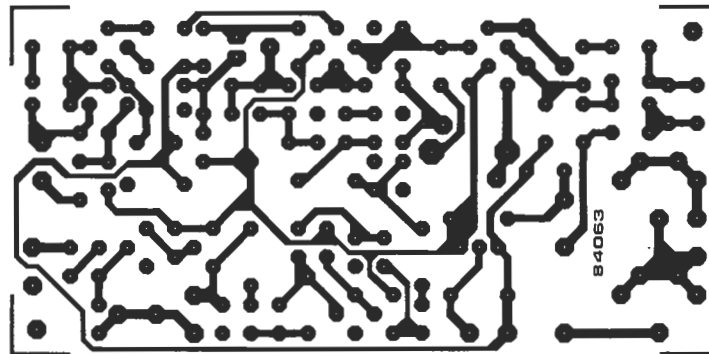
T3 = BF 905, BF 907,
BF 981

T5, T7 = BC 550C

T6, T8 = BC 547B

IC1 = 78L05

3



de frecuencia). Esto se logra situando el oscilador en un bucle de enganche de frecuencia (FLL) en el cual el VCO queda controlado por un oscilador de cuarzo (XTO).

Las señales procedentes de ambos osciladores son aplicadas a un mezclador (bloque X) y sus diferencias, registradas por un discriminador de frecuencias, pasan a través de un filtro paso bajo al VCO para corregir su frecuencia de oscilación.

La señal del oscilador es entonces amplificada, filtrada y enviada a la antena.

El circuito

Visto el diagrama de bloques de la figura 1, el circuito principal que aparece en la figura 2 es fácil de seguir.

Los transistores T5...T8 y sus componentes asociados constituyen el amplificador y la etapa de preamplificación de la señal del micrófono. T3 es el corazón del VCO y T1 el del oscilador de cuarzo. T2 se utiliza como mezclador y T4 como etapa de salida. Como se puede ver en el diagrama del circuito empleamos varios transistores MOSFET de dos puertas, pues presentan excelentes características en alta frecuencia y precisan de un mínimo de componentes externos para su funcionamiento.

Comencemos con el VCO: las bajas capacidades de la pequeña deriva térmica de los MOSFETs utilizados dan a este oscilador, incluso sin el control automático de frecuencia (AFC), una estabilidad que nunca podría ser obtenida con un transistor bipolar ordinario. El circuito oscilador es una versión modificada del Colpitts, donde la condición de oscilación

se consigue realimentando la fuente de T3 a la primera puerta a través del circuito capacitivo formado por L3/C8/C9. La amplitud de la señal en esta puerta está limitada por los diodos D6 y D7, para evitar que la estabilidad en frecuencia pudiera ser afectada por unos niveles de tensión demasiado altos.

Parte de la señal entregada por el oscilador es aplicada a través de L4 a la puerta 1 del mezclador T2. En la otra puerta se recibe la señal del oscilador de cuarzo constituido en torno a T1. Este oscilador trabaja a una frecuencia 455 KHz por debajo de la del VCO. La señal de salida del mezclador debería por tanto tener una frecuencia constante de 455 KHz. Si no fuera así la causa sería la variación de la frecuencia del VCO, lo que provocaría su corrección por parte del control automático de frecuencia (AFC). Para lograr esto aplicamos la señal de 455 KHz a un discriminador de frecuencia formado por el filtro FL1, los diodos D1 y D2 y las resistencias R3 y R4. El filtro cerámico de 455 KHz introduce un desplazamiento de la fase, función de la frecuencia de la señal de entrada, que tiene un efecto beneficioso. Cuando la frecuencia de entrada difiere de la ideal se produce una caída de tensión en los diodos que es convertida en una señal de control, la cual actúa sobre el diodo varicap D3 (en el circuito del oscilador) a través del filtro paso bajo R5/C7. La salida del amplificador de modulación también se aplica al varicap. Este amplificador consta de dos etapas (T5, T6 y T7, T8) con una red preamplificadora (R11/R12/C25) entre ambas. El índice de modulación se fija ajustando la ganancia de la primera etapa con P1. Si emplea los valores señalados para los componentes la entrada del amplificador será adecuada para micrófonos electrostáticos

4

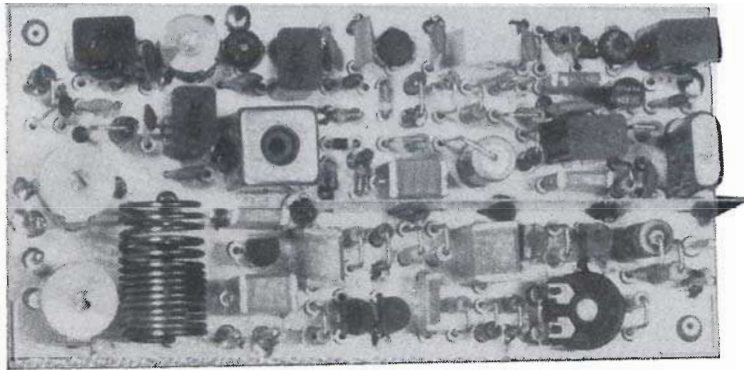
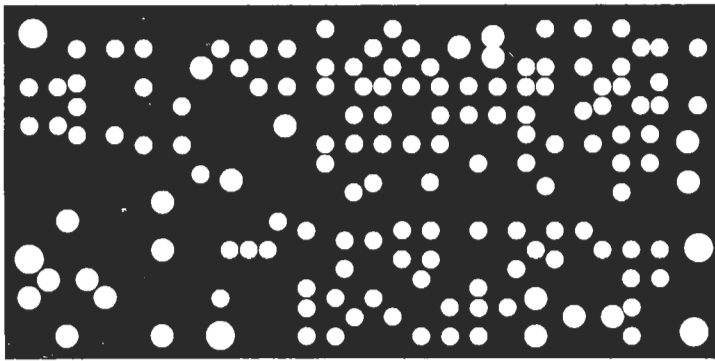


Figura 4. La pantalla metálica que puede apreciar en la fotografía del prototipo puede ser de estaño o cobre. Su situación viene indicada con una línea de puntos en la figura 3.

Varios:

FL1 = discriminador cerámico de 455 kHz, p. e. 455D de Toko (*Ambit*)

S1 = conmutador monopolar

X1* = cristal de cuarzo, 35...40 MHz (tercer armónico)

* = ver texto

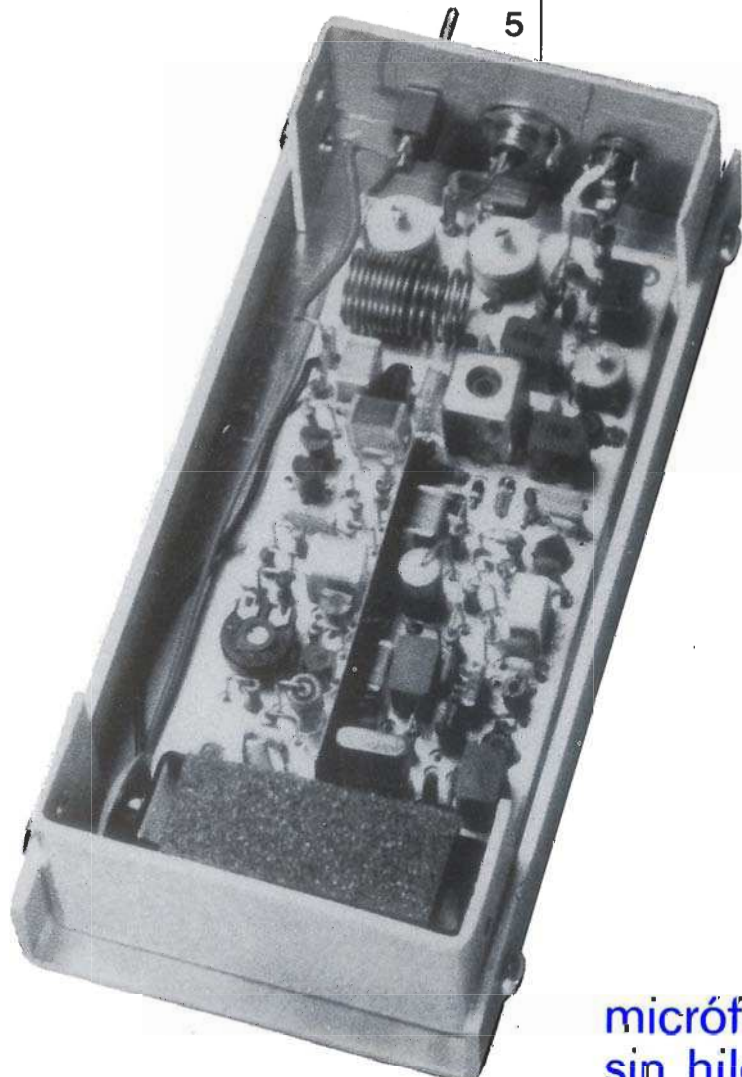
Figura 5. Apariencia final del montaje alojado, junto a una pila de 9 V, en una pequeña caja metálica.

(alta impedancia). Para micrófonos dinámicos, con una impedancia de, por ejemplo, 500 Ω los valores indicados deberán ser los siguientes: R18 = 470 Ω, R8 = 680 Ω y P1 = 100 KΩ. Incluimos un limitador (formado por C26, C29, D4 y D5) entre el amplificador del micrófono y el varicap como medida de seguridad para impedir que el desplazamiento de la frecuencia de oscilación supere el máximo permitido.

La señal modulada a la salida del VCO se lleva desde la fuente de T3 a la puerta 1 de T4 (etapa de salida). Todos los armónicos indeseables contenidos en la señal de salida del amplificador son cuidadosamente filtrados antes de pasar, a través de la red de adaptación de impedancias L10/C21/C22, a la antena. Podrían utilizar una antena telescópica, pero con un cable de un metro de longitud es más que suficiente. Si el filtro de salida está correctamente ajustado, los 3...10 mW proporcionados por T3 se convertirán en una potencia radiadefectiva de 1mW.

Otras frecuencias

Al ver la figura 2 seguramente se habrá preguntado cuál es el significado de los asteriscos que aparecen en la misma. Pues bien, aunque el transmisor está preparado para trabajar en una banda de frecuencias, puede ser usado también en otras. Con los valores señalados el circuito funciona en la banda de 35 a 40 MHz, pero si se cambian los componentes marcados con un asterisco puede trabajar próximo a los 90 MHz. Para frecuencias distanciadas menos de un 20% de la banda de 35...40 MHz es suficiente con modificar uno de los componentes (bobina



**micrófono
sin hilos**

o condensador), mientras que para el resto de las frecuencias deberán variarse ambos.

Montaje

En las figuras 3 y 4 se muestra la placa de circuito impreso, diseñada en doble cara y lo más compacta posible. El montaje no presenta ninguna dificultad; para simplificarlo muchos de los componentes se colocan en posición vertical sobre la placa. Es necesario situar una pequeña pantalla metálica (marcada con línea de puntos en la figura 3) para separar las secciones de alta y baja frecuencia del circuito.

Todas las bobinas, excepto L4 y L10, pueden adquirirse en el mercado. L4 (a y b) se construye arrollando 4 y 2 espiras (respectivamente) de hilo de cobre esmaltado de 0,3 mm de diámetro sobre una barra de ferrita de aproximadamente 3,5 x 3,5 mm. L10 se logra con 15 vueltas de hilo de cobre esmaltado de 0,8...1 mm de diámetro sobre un lapicero redondo corriente que luego hay que retirar, por supuesto, para dejar el núcleo de aire. La toma intermedia de L10 se toma de la tercera espira partiendo del extremo de masa. Los MOSFETs utilizados se encuentran disponibles comercialmente en varios encapsulados (ver figura 2). Si es posible les recomendamos utilizar el tipo C, pues es el único que permite una identificación fácil de sus patillas.

Para la elección del cristal de cuarzo hay que tener presente que su frecuencia debe ser 455 KHz más baja que la frecuencia de salida deseada. Una transmisión de 39,7 MHz requiere un cristal de 39,245 MHz. Puede uti-

lizar un cristal en su tercer armónico, para lo cual tendrá que hacerlo funcionar en modo paralelo con un condensador de 10 pF puesto en paralelo con él. También es posible hacerlo funcionar en modo serie conectándolo en serie con un condensador de 30 pF; lo que sucedería entonces es que la frecuencia de oscilación resultante estaría unos 2,2 KHz por encima de la nominal, por lo que la frecuencia del cristal debería elegirse teniendo en cuenta este aumento. En el ejemplo antes citado debería ser de 39,243 MHz.

La caja que utilice deberá ser metálica y dotada de una toma para la antena con una conexión a la placa de circuito impreso lo más corta posible. La alimentación para el transmisor debe estar comprendida entre 9 y 18 voltios, por tanto bastará una pila de 9 voltios.

El receptor

Se trata simplemente de una versión modificada del «Personal FM» publicado en el número 43 de ELEKTOR, correspondiente a diciembre de 1983. Sólo se requieren algunas modificaciones para cambiar el rango de frecuencia inicial de 87,5...104 MHz a 33,5...40,5 MHz. En el circuito de la figura 6 están reflejados con claridad estos cambios. L1, L2, L3, R1, R2 y C2 son los componentes que toman nuevos valores, además de una nueva salida en baja frecuencia a través de C24.

La sensibilidad del receptor es de aproximadamente 2 µV. Utilizando una antena de 50 cm puede recibir la señal del micrófono a una distancia de unos 100 m. Las características de intermodulación del receptor no son lo suficientemente buenas como para que podamos usarlo con más de un micrófono a la vez.

Figura 6. Resulta muy sencillo modificar el «Personal FM» para que actúe como receptor de nuestro micrófono sin hilos. En este caso ya no es recomendable usar como antena el cable de los auriculares. La salida puede cogerse de la toma auxiliar que hemos añadido (C24) o bien oírse incluyendo un amplificador (por ejemplo el LM386) y un altavoz mejor que auriculares.

6

