

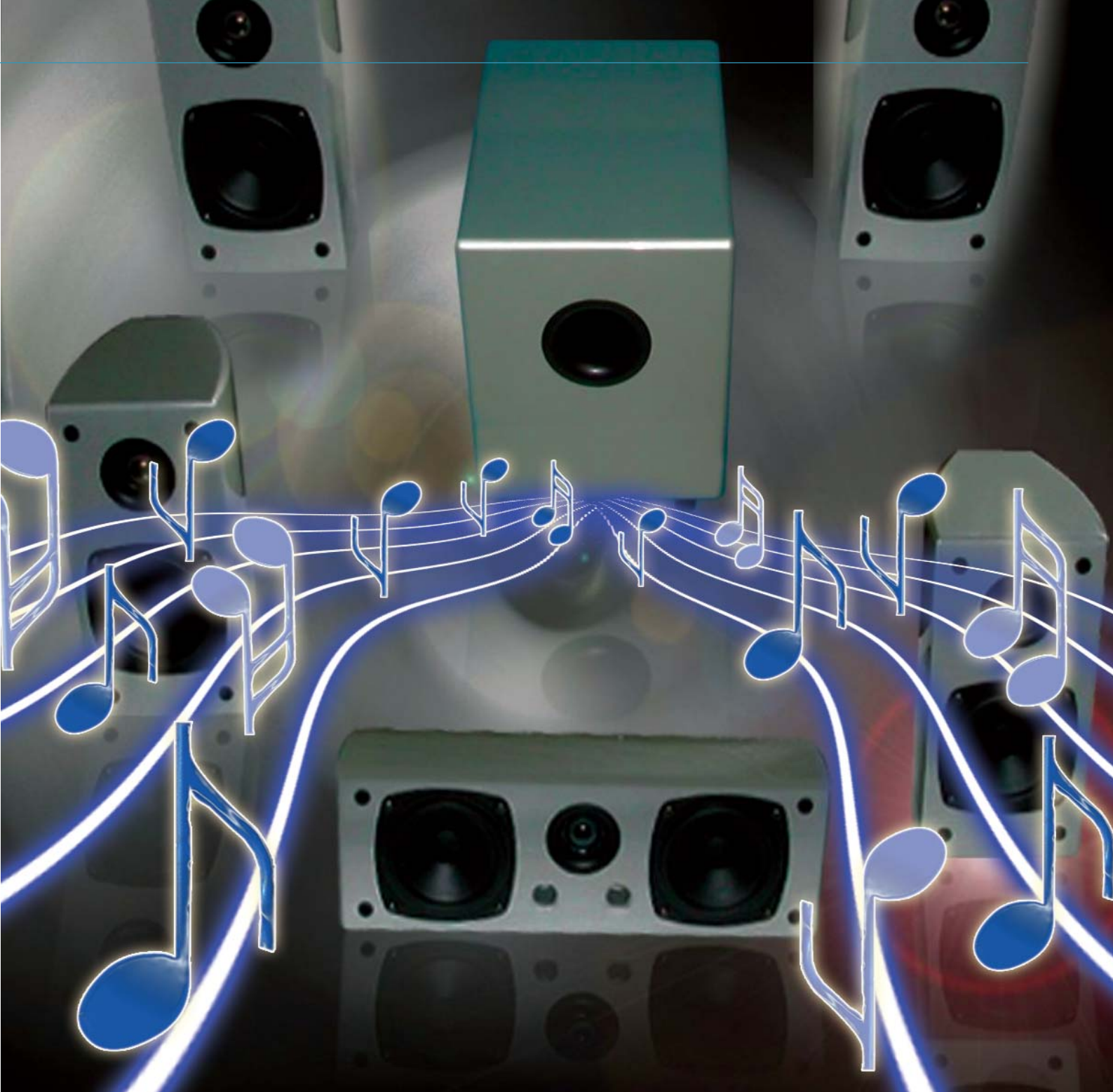
# Difusión inalámbrica de audio digital

por *Franco Tagliabue*

Sistema de sonorización inalámbrica a 2,4 GHz realizado con dos nuevos módulos híbridos Aurel. Se utiliza la modulación digital FSK, garantizando una calidad sorprendente y una elevada inmunidad a parásitos. Se dispone de 8 canales seleccionables con un pulsador.

Ciertos espacios particularmente amplios, o no previstos para este fin, pueden resultar muy difíciles de sonorizar, especialmente en el caso de eventos esporádicos como una manifestación, una exposición, una fiesta campera, etc. El tendido de cables tiene un elevado coste de mano de obra, precisa de bastante tiempo y puede dar lugar a problemas de seguridad. En el ámbito doméstico se dan menos dificultades; por ejemplo: una buena instalación de Home Theatre (la última moda) comprende las habituales cajas acústicas frontales y otros altavoces situados detrás del espectador. Las

primeras pueden colocarse bastante cerca del televisor, con cables relativamente cortos; las posteriores, en cambio, seguramente necesitan líneas de cierta longitud que, aparte de la disconformidad de la pareja en el aspecto decorativo (los cables por medio: ese motivo de discusión familiar) deben instalarse en superficie: no todas las viviendas disponen de un sistema de canaletas o líneas empotradas que puedan aprovecharse para este fin. La solución ideal es la conexión inalámbrica: puede resultar más económico que los cables, se instala en diez minutos y puede retirarse tan deprisa como se

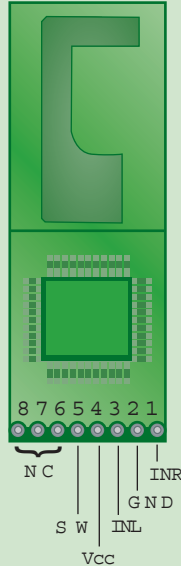


instaló. El presente artículo presenta un sistema transmisor-receptor capaz de resolver la situación: se basa en dos nuevos módulos híbridos de radiofrecuencia producidos por la casa Aurel, denominados TX-AUDIO-24 y RX-AUDIO-24. Operan con una portadora en la banda de 2,4 GHz modulada en FSK; la señal estereofónica de entrada se digitaliza en un converti-

dor S/D de 16 bits y la salida de datos digitales modula la portadora de radio. Se dispone de 8 canales seleccionables, lo que permite utilizar simultáneamente varias parejas TX-RX sin que se interfieran mutuamente; también pueden sintonizarse varios receptores en la misma frecuencia de un transmisor único. La modulación digital FSK garantiza una elevada inmunidad

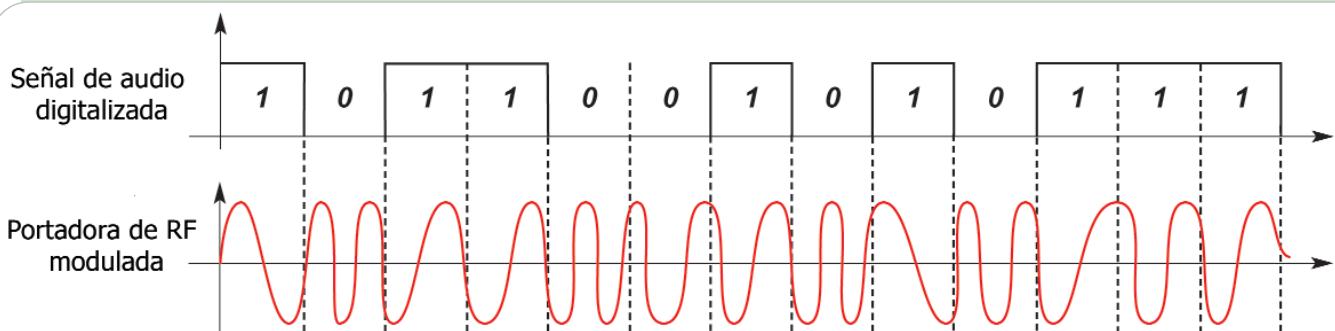
contra parásitos electromagnéticos. La señal de audio se muestrea a 44,1 kHz con una resolución de 16 bits (calidad CD); el paso de banda es considerable y la supresión de parásitos resulta sumamente eficaz. Como detalle de calidad del sistema, la señal de salida se corta en ausencia de portadora, evitando el molesto “ruido de fritura”. El recuadro adjunto reúne las caracte- >

## El módulo transmisor TX-AUDIO-24



Descripción	Valor
Tensión de alimentación	3,6-5V c.c.
Consumo	115 mA (Típico)
Temperatura de trabajo	-10 ~ +60°C
Gama de frecuencias en RF	2.400 ÷ 2.486,5 MHz
Modulación	FSK (Modulación índice 0,5)
Número de canales	8
Anchura del canal	9 MHz
Frecuencia de canal	2.410, 2.419 ~ 2.473 MHz
Estabilidad en frecuencia	±100 kHz
Potencia del TX	EIRP +10dBm
Impedancia de entrada BF	>10 kilohmios
Nivel de entrada BF	4 V pp (Máx.)
Respuesta en frec.	20 ~ 20 kHz a -1 dB
Gma dinámica	92 dB (Típico)
Separación	80 dB (Típico)
Relación S/R	87 dB (Típico)
THD	0,1 % (Típico)

El módulo Aurel TX-AUDIO-24 trabaja en la banda de 2,4 GHz, dispone de 8 canales y digitaliza la señal estereofónica de audio presente a la entrada mediante un convertidor analógicodigital de 16 bits. El muestreo se efectúa a 44,1 kHz, obteniendo la denominada "calidad CD", con una banda pasante en BF comprendida entre 20 y 20.000 kHz. La potencia de la portadora de radiofrecuencia es de +10 dBm (10 mW), modulada FSK. El recuadro adjunto detalla el principio de funcionamiento de la modulación FSK (Frequency-Shift Keying): a dos portadoras de diferente frecuencia se asignan los valores 0 y 1 que conforman el tren de datos digitales que, en este caso concreto, es la señal de audio digitalizada. Este tipo de modulación presenta una extraordinaria inmunidad a toda clase de interferencias, ya que siempre se dispone de al menos una de las señales transmitidas, a diferencia de la modulación ASK (Amplitude-Shift Keying), en donde la señal digital modula una sola portadora sinusoidal haciendo variar su amplitud de modo que corresponda un 1 lógico a la propia portadora y un 0 lógico a la ausencia de portadora. En este último caso, un impulso interferente puede poner el receptor en apuros, ya que no consigue establecer si se trata de un parásito o un impulso digital válido.

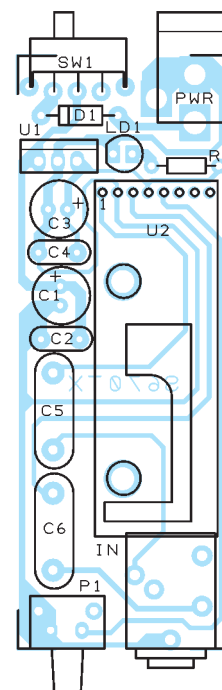
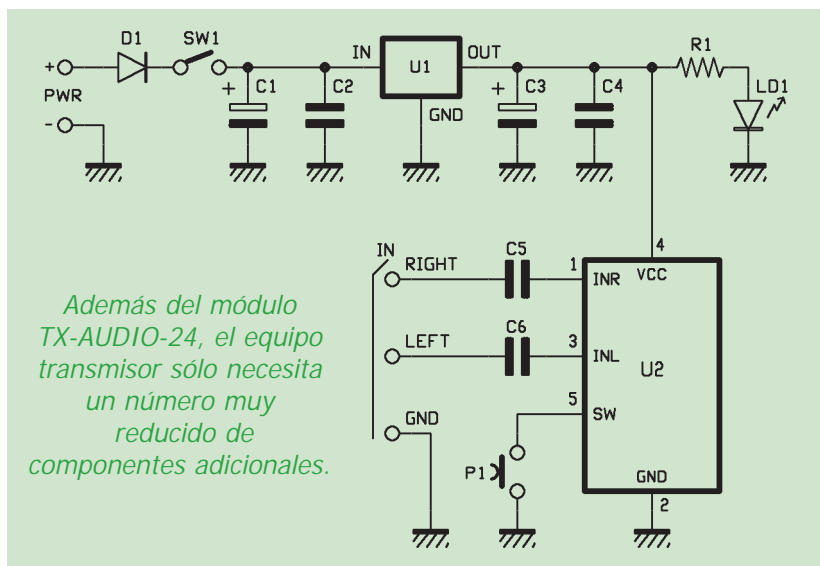


rísticas principales del módulo transmisor TX-AUDIO-24; la señal estéreo presenta a la entrada (INL y INR) se muestrea a 44,1 kHz, se convierte en digital y modula la portadora de 2,4 GHz. Posteriormente se amplifica y filtra antes de llevarla a la antena integra-

da en el circuito impreso. El módulo presenta 8 patillas, de las que sólo se utilizan 5: dos para la entrada de audio, una para la masa, otra para el positivo de alimentación y la última para la selección del canal. Admite alimentación entre 3,6 y 5 voltios, lo que subraya su utilidad

para aplicaciones portátiles alimentadas con pilas de litio o Ni-Cd de 3,6 V. La señal transmitida es captada por el módulo receptor RX-AUDIO-24, donde se desmodula y reconvierte de digital en analógica, hasta obtener una señal estereofónica idéntica a la que llega al módulo

transmisor. El funcionamiento del circuito transmisor se explica mejor teniendo a la vista el esquema eléctrico adjunto: el positivo de alimentación pasa por el diodo D1, que protege el circuito contra una inversión accidental de la polaridad; los condensadores C1 y C2, aguas arriba, y C3 y C4, aguas abajo del regulador de tensión, se cuidan de filtrar los posibles parásitos y transitorios. U1 es un regulador integrado 7805 que entrega 5 voltios perfectamente estabilizados para alimentar el módulo; si el sistema va a funcionar por periodos de tiempo algo prolongados conviene mejorar la refrigeración del 7805 con un pequeño disipador térmico. Los condensadores C5 y C6 desacoplan la entrada de audio y el pulsador P1 sirve para seleccionar secuencialmente uno de los 8 canales disponibles. El TX-AUDIO-24 dispone de una memoria no volátil en la que se memoriza el canal elegido, por lo que la selección no se borra al apagar el transmisor y, al re arranque, la transmisión se reanuda en el mismo canal. Finalmente, SW1 es el interruptor de encendido/apagado, mientras que LD1 indica la presencia de alimentación. El circuito del receptor tampoco es demasiado complicado y se basa en el módulo Aurel RX-AUDIO-24. Al primer vistazo se aprecia que este módulo es más complejo que el transmisor, aunque sólo sea por el número de patillas. También tiene la antena integrada en el circuito impreso y dispone de 8 canales seleccionables en la banda de 2,4 GHz. Se alimenta con 5 voltios, obtenidos por una etapa en todo idéntica a la del transmisor: el diodo D1 protege contra inversiones accidentales de polaridad y el regulador 7805 (U1) proporciona los 5 V; los condensadores C1, C2, C3 y C4 cumplen la misma función de filtrado. Para funcionar, el módulo RX-AUDIO-24 precisa de algún componente periférico más >



### LISTA DE COMPONENTES:

R1: 470 ohm  
 C1: 220  $\mu$ F 25 VL electrolítico  
 C2: 100 nF multicapa  
 C3: 220  $\mu$ F 25 VL electrolítico  
 C4: 100 nF multicapa  
 C5: 1  $\mu$ F 100 VL poliéster  
 C6: 1  $\mu$ F 100 VL poliéster  
 U1: 7805  
 U2: TX-AUDIO-24  
 D1: 1N4007

LD1: led 3 mm verde  
 SW1: conmutador deslizante, 90°  
 P1: microinterruptor, 90°

Varios:

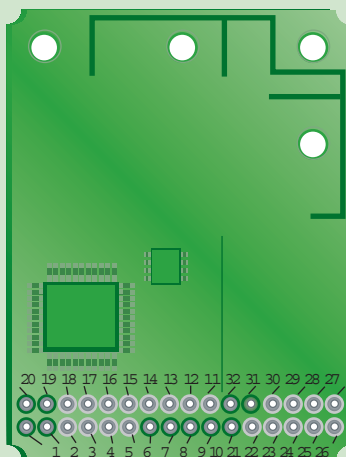
- coaxial alimentación
- jack hembra 3,5 mm
- 8 contactos tira de cortar, paso 2 mm
- Circuito impreso 0670TX

## El módulo receptor RX-AUDIO-24

Descripción	Valor
<b>Sección Alimentación</b>	
Tensión de alimentación	5 ± 0,1 V c.c.
Consumo	70 mA a 5 V c.c. (Típico)
<b>Sección Audio</b>	
Respuesta en frecuencia	20 ~ 20 kHz a -1dB
Gama dinámica	90 dB (Típico)
Separación	80 dB (Típico)
Relación S/R	90 dB (Típico)
THD	-75 dB (Típico)
Nivel de salida	3,4 V pp (Máx.)
Impedancia de salida	<1 kilohmio
<b>Sección RF</b>	
Gama de frecuencia	2.400 ~ 2.483,5 MHz
Demodulación	FSK
Número de canales	8
Anchura del canal	9MHz
Frecuencia del canal	2.410, 2.419 ~ 2.473 MHz
Estabilidad en frecuencia	±100 kHz
Sensibilidad RX	-85 dBm (Típico)
Temperatura de trabajo	-10 ~ +60°C



PIN	Descripción
1	PWR_ON
2	MUTE
3	USER_BIT
4	FORMAT
5	OB
6	TACT_SW
7	VCC
8	DAC_L
9	GND
10	DAC_R
11	ID2
12	ID3
13	SW0
14	ID3
15	ID2
16	-
17	ID0
18	CH_MODE
19	TACT_SCAN
20	CTINU
21	GND
22	DC_IN
23	GND
24	CH_R
25	GND
26	CH_L
27	DAC_L
28	-
29	AMP_R
30	AMP_L
31	GND
32	TACT_SW



Este módulo es un completo receptor de audio estéreo multicanal PLL en la banda de 2,4 GHz, con desmodulador de FM y convertidor digitalanalógico de 16 bits; la interfaz I2S garantiza una banda pasante en BF comprendida entre 20 y 20.000 Hz. Es el complemento ideal del transmisor TX-AUDIO-24: se le ha dotado de 8 canales sintonizados en las mismas frecuencias que sus homólogos del transmisor y su convertidor A/D es complementario del utilizado en aquél. Análogamente, la antena está integrada en el circuito impreso. El recuadro adjunto detalla las principales características del módulo, que mide exactamente 32 x 44 milímetros. Se alimenta a 5 V, con un consumo de 70 mA. Presenta una sensibilidad de -85 dBm, con una estabilidad en frecuencia de ±100 kHz. La frecuencia intermedia es de 95 MHz. Los canales son de 9 MHz, como en el transmisor. De entre las diversas modalidades de funcionamiento destaca la posibilidad de seleccionar el canal de forma manual o automática.

que el transmisor: entre las patillas 1 y 2 debe conectarse el diodo D2 y el resistor R2, mientras que el led rojo LD2 se ha incluido para indicar la presencia de portadora de radiofrecuencia. Esto permite conocer cuándo se sintoniza un canal ocupado por una transmisión; al apagarse advierte de que se ha interrumpido la transmisión en curso y que el módulo ha pasado a “mute”, eliminando el soplido de

fondo. Entre las patillas 19 y 20 se coloca un jumper que permite llevar a masa una u otra: al poner la patilla 20 a 0 voltios (pulsando brevemente P1) se elige la selección automática de canal: el receptor se sintonizará automáticamente en el primer canal ocupado que encuentre. Contrariamente, llevando a masa la patilla 29 se elige la sintonía manual: a cada pulsación sobre P1 el módulo pasa al canal sien-

te. Las salidas de audio se desacoplan con los condensadores C6 y C7. En lo que se refiere a las secciones de baja frecuencia, la banda pasante del transmisor está comprendida entre 20 y 20.000 Hz; la amplitud de la señal de entrada no debe ser superior a los 4 voltios de pico o se “disfrutará” de una “espléndida” distorsión; la impedancia nominal de entrada es de 10 kilohmios. Estas especificaciones

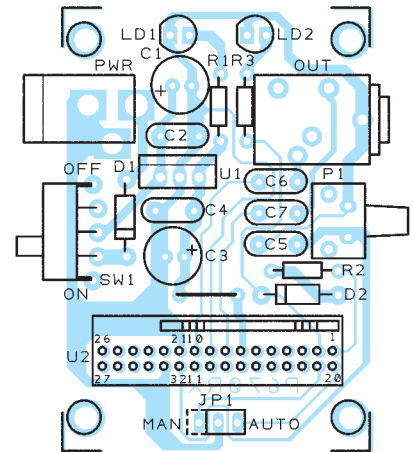
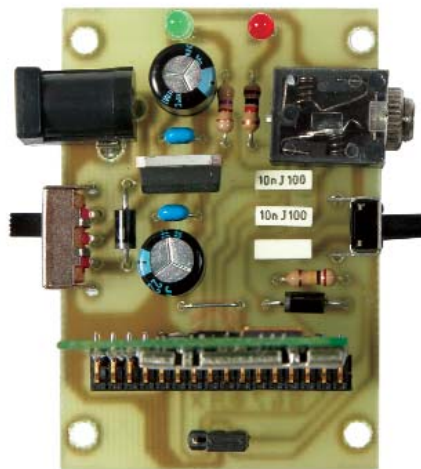
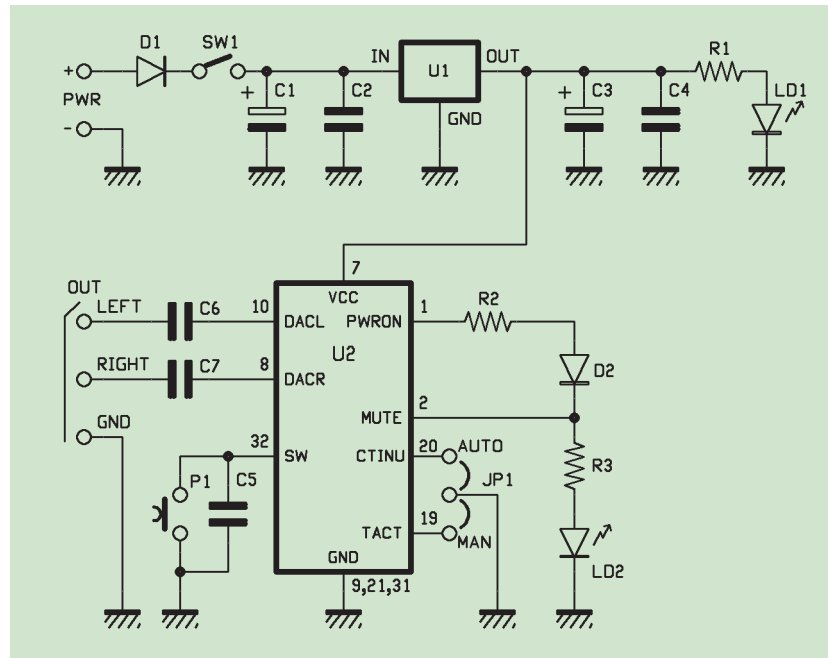
indican que a la entrada puede conectarse una fuente de audio preamplificada, como la salida de un mezclador o de una instalación de Home Theater. La señal de baja frecuencia que aparece a la salida del receptor puede atacar directamente cajas acústicas amplificadas o la entrada de una instalación de audio ya existente.

## Realización práctica

Se necesitan muy pocos componentes para completar ambos circuitos: los módulos Aurel se encargan de todas las tareas, de modo que su realización está al alcance de cualquiera. No hay que ejecutar operación alguna de tarado o ajuste ni se necesitan instrumentos sofisticados. Conviene mantener a la vista el diagrama de montaje y el esquema eléctrico, y utilizar un soldador de calidad. Comenzar por el transmisor, montando primeramente C2, C4, R1, D1 y la tira de 8 contactos hembra de paso 2 mm; acto seguido podrán montarse C1, C3 y U1, que tienen polaridad, que deberá respetarse con especial atención. Finalmente, insertar cuidadosamente el módulo TX-AUDIO-24 en el conector de contactos de tira recientemente montado y el circuito queda listo. El receptor se monta tomando las mismas precauciones: con el diagrama de montaje y el esquema eléctrico a mano, soldando primeramente los componentes de perfil más bajo y luego los demás, procediendo de dentro hacia fuera y verificando la polaridad de los componentes que la tengan. El paso final es insertar el módulo Aurel. Cuando los dos circuitos estén terminados, habrá que procurarse dos alimentadores adecuados.

## La alimentación

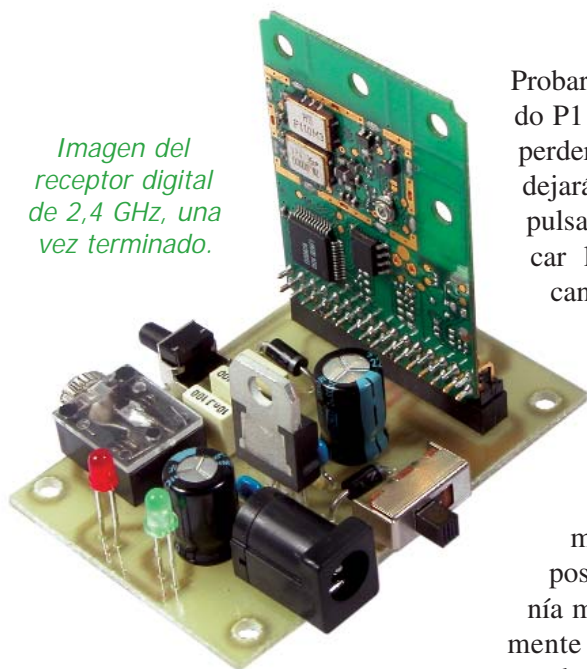
Para las pruebas puede utilizarse cualquier fuente o pila; en la insta-



## LISTA DE COMPONENTES:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| R1: 470 ohm                    | LD1: led 3 mm verde                                  |
| R2: 100 kohm                   | LD2: led 3 mm rosso                                  |
| R3: 1 kohm                     | SW1: conmutador deslizante, 90°                      |
| C1: 470 µF 25 VL electrolítico | P1: microinterruptor, 90°                            |
| C2: 100 nF multicapa           | Varios:  |
| C3: 470 µF 25 VL electrolítico | - Coaxial alimentación                               |
| C4: 100 nF multicapa           | - jack hembra, 3,5 mm                                |
| C5: 1 nF 100 VL poliéster      | - tira 3 contactos de cortar, macho                  |
| C6: 10 nF 100 VL poliéster     | - jumper   |
| C7: 10 nF 100 VL poliéster     | - tira 16 x 2 contactos de cortar, hembra, paso 2 mm |
| U1: 7805                       | - Circuito impreso 0670RX.                           |
| U2: RX-AUDIO-24                |  |
| D1: 1N4007                     |  |

*Imagen del receptor digital de 2,4 GHz, una vez terminado.*



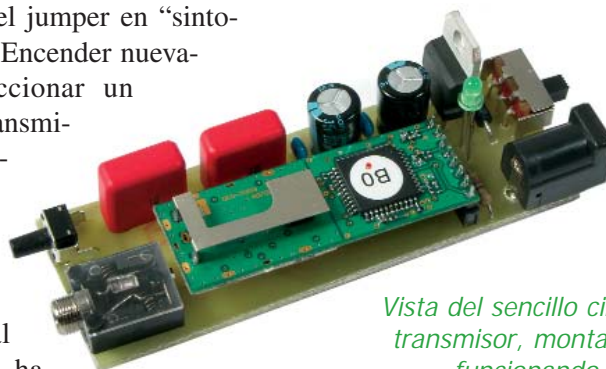
lación definitiva conviene aplicar dos adaptadores de red que entreguen 12 V en c.c., con una corriente de unos 200 a 300 mA, que hoy en día son bastante económicos. Separar transmisor y receptor unos metros para evitar interferencias. Conectar a la entrada del transmisor una fuente de audio (un reproductor de CD, la salida de una tarjeta de audio de un PC, etc.) y un par de cajas acústicas amplificadas (altavoces de PC, por ejemplo) a la salida de audio del receptor. Posicionar el jumper del receptor en la posición de búsqueda automática y alimentar ambos circuitos: si se ha montado bien, el conjunto debe funcionar a la primera, reproduciendo en los altavoces la señal de audio inyectada en el transmisor.

Probar de cambiar el canal pulsando P1 en el transmisor: el receptor perderá la portadora, de modo que dejará de emitir sonido. Ahora, pulsar P1 del receptor para arrancar la búsqueda automática de canal: el receptor deberá saltar de canal en canal, deteniéndose cuando encuentre nuevamente la transmisión. Luego puede verificarse si la sintonía automática funciona correctamente: apagar el receptor y posicionar el jumper en "sintonía manual". Encender nuevamente y seleccionar un canal en el transmisor; luego, pulsar P1 en el receptor hasta que el led rojo se ilumine, señal de que se ha encontrado la portadora: los altavoces reproducirán el sonido original.

### Consejos para el uso

El uso de este enlace inalámbrico en el ámbito doméstico no exige particulares precauciones, aunque deba prestarse un poco de atención. Para empezar, supóngase que se pretende llevar una señal de audio a un par de altavoces activos ya situados en su ubicación definitiva. Se

precisa una unidad transmisora y una receptora; si no fuera posible llevar el cable desde el receptor a alguno de los dos altavoces, o a ambos, se precisará un receptor para cada uno de ellos. Obviamente, la señal de un transmisor puede captarse por varios receptores, sintonizados en el mismo canal; por ejemplo: para sonorizar toda la casa habrá de utilizarse un receptor en cada habitación, conectado a un amplificador de sonido.



*Vista del sencillo circuito transmisor, montado y funcionando.*

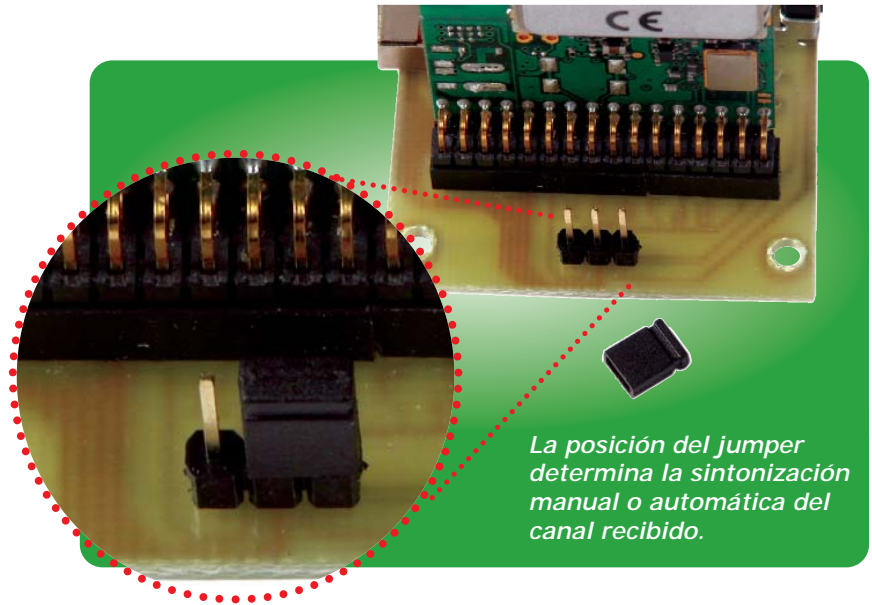
Podría ser que el vecino de al lado utilizara un equipo igual: ¿qué puede suceder, en este caso? Nada. En primer lugar, la potencia del sistema permite un alcance máximo de 50 a 100 metros en espacio abierto, mientras que en el interior de un edificio las paredes y forjados lo limitan considerablemente. Pero si llegase a aparecer alguna interferencia basta con emigrar a otros de los 8 canales: sus frecuencias están suficientemente separadas para que

## Disponibilidad del material

Todos los componentes son fácilmente localizables en cualquier comercio del ramo, excepto los módulos Aurel de 2,4 GHz, que pueden adquirirse en IberFutura al precio de Eur 32,00 (el transmisor TX-AUDIO-24) y Eur 44,00 (el receptor RX-AUDIO-24). Todos los precios incluyen el IVA.

IberFutura SL, Passatge Gomis 5, 08023 Barcelona  
Tel: 934 188 971 Fax: 934 187 975 [www.iberfutura.es](http://www.iberfutura.es)

no se produzcan interferencias cruzadas. Al disponer de tantos canales, el sistema puede utilizarse de otra forma: disponiendo varias fuentes de sonido aplicadas a sendos transmisores sintonizados en diferentes canales, tantos receptores como se desee pueden elegir en cualquier momento la fuente de audio preferida, empleando la “sintonía manual”. Esta puede ser una solución válida para conferencias y congresos, en los que las fuentes de audio pueden ser las traducciones simultáneas a diferentes lenguas: cada asistente puede seleccionar su idioma cambiando de canal con el pulsador. Una recomendación para un óptimo funcionamiento del sistema: no instalar el transmisor ni el receptor en una caja metálica que pudiera tapar la antena, apantallando el campo electromagnético. El material plástico es perfectamente



*La posición del jumper determina la sintonización manual o automática del canal recibido.*

adecuado para este uso. Las excepcionales prestaciones de estos nuevos módulos Aurel, concretamente la elevada calidad de reproducción de la señal y la ausencia de parásitos o interferencias, elevan estos

elementos a la categoría de “uso profesional” y les abren amplias perspectivas de utilización: esta Revista dedicará próximamente más espacio a nuevas aplicaciones.