

# DTMF, control remoto vía radio

ALFONS ABASCAL\*, EA3BFL

*El radioaficionado medio que gusta de realizar sus propios proyectos, si se queda al margen de la tecnología de los microcontroladores puede convertirse en una especie de fósil tecnológico.*

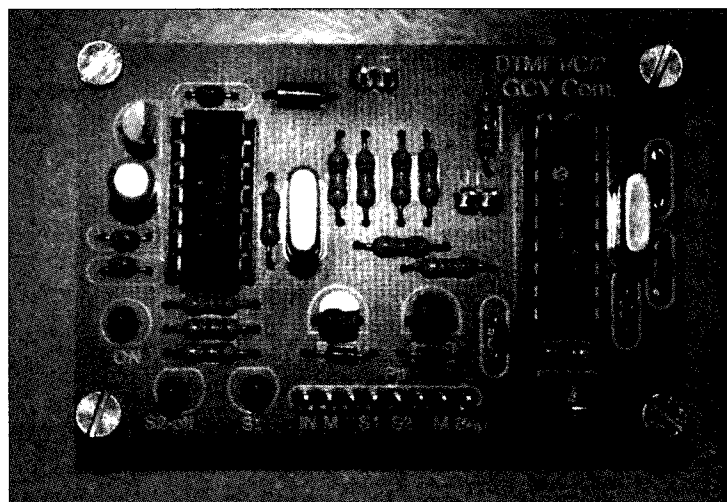
La comunicación vía radio nos abre un mundo lleno de posibilidades, además de comunicarnos podemos controlar cualquier tipo de máquina que esté en un lugar remoto, lógicamente tendremos que utilizar un código que sólo entienda la máquina a la que va destinada la orden. Uno de los códigos empleados es el DTMF, siglas del inglés *Dual Tone Multi Frequency*, que es uno de los sistemas más sencillos y efectivos para enviar «comandos» a través de un canal de audio, ya sea vía cable o vía radio. El menú de posibilidades está servido, podemos encender la calefacción de nuestra casa de campo situada en las afueras de nuestra ciudad, abrir la puerta del garaje, o controlar una grúa para la construcción y muchas más ideas que en estos momentos al lector seguramente se le pasarán por la mente.

Puede que el lector no conozca muy bien el código DTMF, pero seguro que lo utiliza casi diariamente, por ejemplo, gracias a él las centrales telefónicas saben el número de abonado al que va dirigida una llamada telefónica, además de la marcación directa del número de abonado, identificación, etc. Los códigos DTMF se utilizan habitualmente para activar y desactivar un amplio abanico de servicios complementarios que nos ofrecen las compañías telefónicas, prueba de ello es la proliferación de los pequeños interrogadores para acceder a tales servicios desde nuestro teléfono. Muchos de nuestros equipos de radio, sobre todo los *walkie-talkies*, disponen de teclado DTMF y pueden enviar los códigos con suma facilidad a otras estaciones de radio remotas, para sistemas *phone-patch*, alarmas, telemetría, telecontrol *on/off* de repetidores de radio, etc.

Vamos a hablar una vez más sobre los códigos DTMF dentro de nuestro mundo de la radio y cómo utilizarlos en la práctica, para la puesta en marcha de dispositivos remotos, qué circuitería electrónica está más a nuestro alcance y cómo personalizar un sistema para nuestras necesidades particulares.

## Los tonos DTMF

Hagamos un poco de historia; en el año 1930 Marconi<sup>1</sup> experimenta con el poder de la radio para controlar dispositivos a distancia, fue capaz de poner en marcha el sistema de iluminación de una exposición que se celebraba en Sidney cubriendo una distancia de 20.500 km, curioso ¿verdad? Ya a finales de la década de los cuarenta los laboratorios de la Bell desarrollaron el *Touch Tone*,<sup>2</sup> un dispositivo creado para sustituir la marcación de números telefónicos por pulsos. El método de marcación por tonos, conocido hoy en día como DTMF, tal como se ha expuesto anteriormente, se



Placa del sistema de control remoto.

ha implementado como una función más de los populares transceptores de mano, además de su uso en telefonía.

Existen dos tipos de teclados, el estándar de 12 dígitos, que se forma con las combinaciones binarias de siete tonos: cuatro tonos bajos (697, 770, 852 y 941 Hz) y tres tonos altos: 1.209, 1.336 y 1.477 Hz. Así se forman los 12 caracteres que comprenden los números desde el 0 hasta el 9 y los símbolos \* (asterisco) y # (almohadilla). En los teclados de 16 caracteres se añade el tono alto de 1.633 Hz con lo que aparecen cuatro dígitos más, las letras A, B, C y D. En la tabla I se muestran las 16 combinaciones de doble tono y sus correspondientes caracteres. Mediante este sistema se pueden asignar las 26 letras del abecedario, por ejemplo pulsando el dígito «2» al que se le asignan las letras A, B, C y pulsando uno de los caracteres \*, 0 y # puede transmitir la letra C con la secuencia 2#; de forma análoga formaremos las restantes letras.

Básicamente, el sistema de comunicación de doble tono está compuesto por una unidad transmisora con una pareja de osciladores de audio por cada uno de los 16 caracteres, ajustados a la frecuencia de los tonos correspondientes, la salida de

Tono bajo (Hz)	Tono alto (Hz)	Dígito DTMF
697	1209	1
697	1336	2
697	1477	3
770	1209	4
770	1336	5
770	1477	6
852	1209	7
852	1336	8
852	1477	9
941	1336	0
941	1209	*
941	1477	#
697	1633	A
770	1633	B
852	1633	C
941	1633	D

Tabla I. Combinaciones de doble tono y sus correspondientes caracteres.

\* c/ Lluís Companys, 21, 2º, 4ª. 25003 Lleida.

En Hexa	Dígito	D8 (p 13)	D4 (p 14)	D2 (p 1)	D1 (p 2)
01h	1	0	0	0	1
02h	2	0	0	1	0
03h	3	0	0	1	1
04h	4	0	1	0	0
05h	5	0	1	0	1
06h	6	0	1	1	0
07h	7	0	1	1	1
08h	8	1	0	0	0
09h	9	1	0	0	1
0Ah	0	1	0	1	0
0Bh	*	1	0	1	1
0Ch	#	1	1	0	0
0Dh	A	1	1	0	0
0Eh	B	1	1	1	0
0Fh	C	1	1	1	1
00h	D	0	0	0	0

Tabla II. Caracteres DTMF, el patrón binario de 4 bits correspondiente a cada uno de ellos y el número en hexadecimal equivalente

cada pareja de osciladores se mezclan y se envían a través del conducto de audio cuando el código es activado. La unidad receptora está compuesta por una pareja de filtros selectivos para cada carácter que sólo dejan pasar los tonos para los que han sido ajustados. Cuando una pareja de filtros reconoce cada uno de los dos tonos esperados (el *doble tono*), obtendremos un nivel alto en la salida de un dispositivo lógico dispuesto detrás de los filtros, indicando que un determinado código DTMF ha sido recibido correctamente.

## El receptor de DTMF MC145436

En el circuito práctico que vamos a comentar aquí se utiliza un chip específico para el reconocimiento de la secuencia de tonos recibida y la parte lógica para validar la orden en formato BCD. El chip es el MC145436 de Motorola, que es un receptor de tonos DTMF que dispone de una entrada de audio por donde recibirá los tonos y cuatro bits de salida que nos indicarán en código binario cuál de los 16 caracteres DTMF ha sido recibido. Existen «chips» de otros fabricantes y todos funcionan de forma similar. Estos circuitos son sumamente efectivos y distinguen los códigos DTMF aunque lleguen «sumergidos» dentro de cierto nivel de ruido. Asimismo la señal puede contener otras señales de audio, voz, etc., sin que el circuito responda a ninguna de ellas, mientras no detecte exactamente un *doble tono* de código. Esto nos demuestra la importante fiabilidad que nos ofrece un sistema de código tan sencillo como el DTMF. En la tabla II se muestra los caracteres DTMF, el patrón binario de 4 bits correspondiente a cada uno de ellos y el número en hexadecimal (en 8 bits) equivalente que considerará el microcontrolador que va detrás del descodificador (no os asustéis, más tarde hablaremos de ello). La figura 1 es el

esquema de bloques interno del MC145436, donde se observan los filtros de entrada, el oscilador de referencia y el sistema lógico de salida. La hoja de datos completa se puede obtener en formato .pdf en la Web de Motorola: [www.motorola.com](http://www.motorola.com)

## Un sencillo circuito práctico

El esquema eléctrico de la figura 2 es un sencillo pero eficaz sistema de control remoto de un canal, comandado mediante tonos DTMF, denominado DTMF1/C.

El IC1 MC145436 tiene su entrada de audio por la patilla 7 y está conectada al conector *in* por donde entraremos la señal de audiofrecuencia

procedente del equipo de radio; los niveles aceptables de entrada son lo bastante amplios para no tener que preocuparse si se ataca directamente desde la salida de altavoz. El X1 de 3,579 MHz es el cristal para el oscilador de referencia interno de IC1, los bits de salida son las patillas 2, 1, 14, 13 que corresponden a los bits 0, 1, 2, 3, respectivamente.

Estos cuatro bits nos indicarán el código DTMF recibido y están conectados directamente a los cuatro primeros bits del puerto A del microcontrolador PIC16F84 IC2, grabado con un programa creado a propósito<sup>3</sup> para esta función; el cristal del oscilador de reloj es el X2 de 4 MHz.

El programa interno del microcontrolador contempla dos modos de funcionamiento: el modo instantáneo y el modo *latch* o de enclavamiento. Para entrar en el modo instantáneo es necesario quitar el puente J1; sin éste, el microcontrolador está a la espera de recibir la orden de arranque (ON), que es el doble tono (\*) y pondrá la salida RB1 (patilla 7) a un nivel lógico «1» activándose el transistor TR1. Mientras dure la pulsación tendremos activado dicho transistor, lógicamente al dejar de pulsar, la patilla RB1 pasa a nivel «0».

En el modo de enclavamiento tenemos la interesante función de acuse de recibo o confirmación; es decir, hay una comunicación bilateral entre el equipo y el operador. Para entrar en el modo de enclavamiento habrá que colocar el puente J1, la orden de arranque es (\*) y la orden de paro (OFF) es (#). Después de una breve pulsación del dígito (\*) mayor que 40 ms, el dispositivo a controlar se pone en marcha, se activa la patilla RB2 que es la que conmuta el PTT del transceptor y se inyectan dos «bips» seguidos en la entrada de micro, con lo que se confirma la correcta recepción de la orden «ON». Para desconectar la máquina a controlar debemos transmitir la orden «OFF» (#) a lo que el dispositivo nos responde con un «bip» largo.

Asimismo, el DTMF1/C dispone de la posibilidad de programar una palabra clave (*password*) de acceso, que deberá ser antepuesto a las secuencias de arranque y paro, impidiendo que el sistema pueda ser accionado por otras personas.

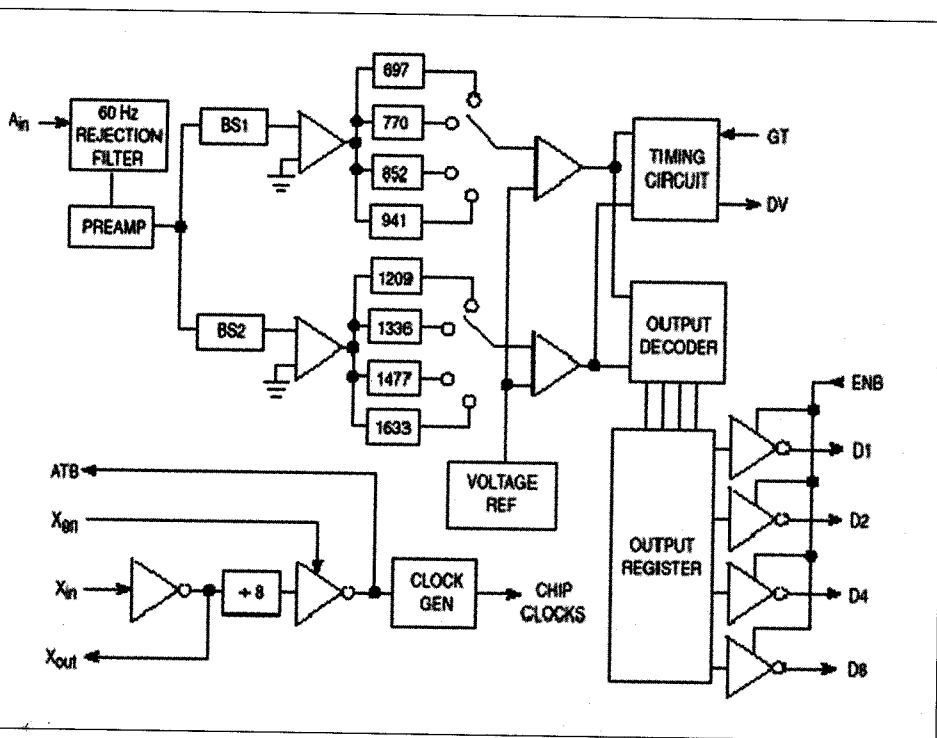


Figura 1. Diagrama de bloques del MC145436.

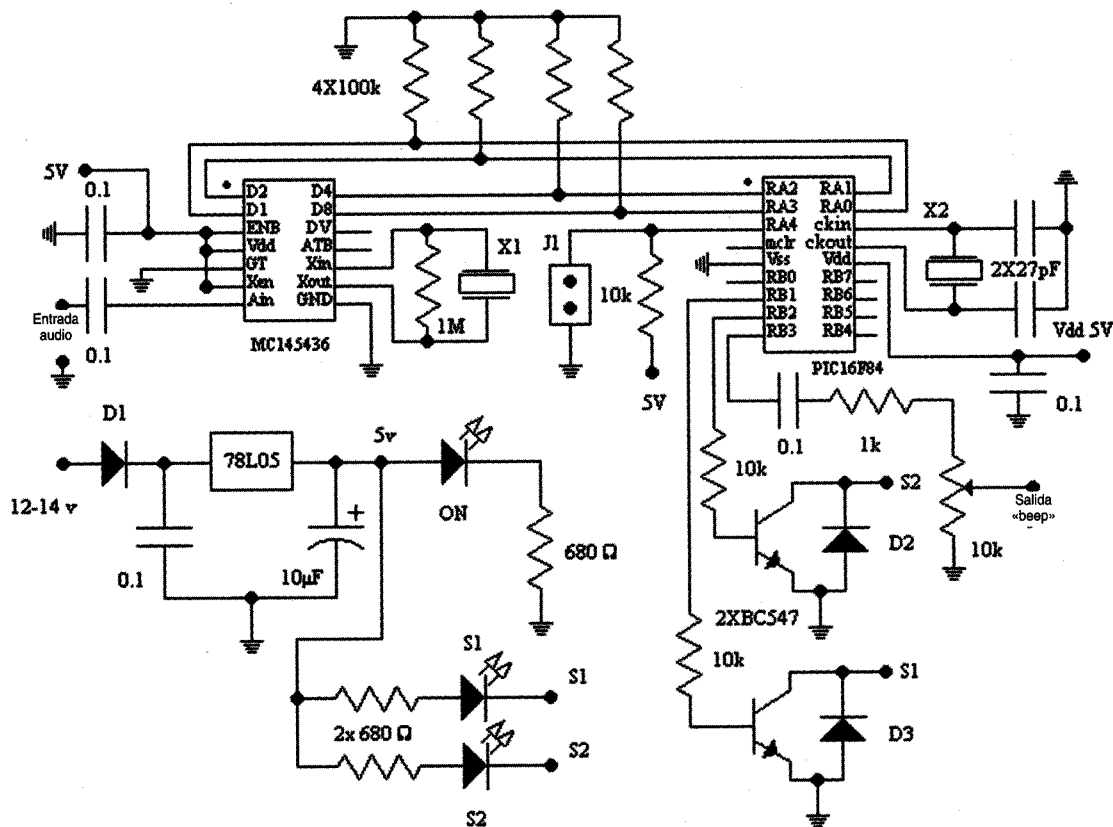


Figura 2. Sistema de control remoto de un canal (DTMF1/C).

Una buena idea para realizar las primeras pruebas y así verificar la efectividad del sistema, consiste en conectar a la entrada de audio del descodificador la salida de altavoz de un pequeño interrogador telefónico. Previamente se le habrá conectado la longitud apropiada de cable apantallado, el vivo va al terminal positivo del pequeño altavoz incorporado y la malla a la masa del circuito interrogador y al negativo de dicho altavoz. No hace falta que conectemos ningún dispositivo a las distintas salidas, los LED testigos indicarán cuál de ellas está activa en cada momento. Finalmente al montar el dispositivo de forma definitiva se ajustará el potenciómetro (RV) que dosifica la señal que se inyecta al micrófono del transmisor, procurando que no haya distorsión por exceso de señal.

Además de esta versión de un canal<sup>3</sup> existe una gama de módulos DTMF entre los que destacan un circuito similar al descrito en este artículo pero con salida para dos canales (DTMF2). También hay versiones para 4 y 8 canales con salidas a relé (DTMF4 y DTMF8) que pueden utilizarse para un sinnúmero de aplicaciones.

Toda esta gama de módulos profesionales, disponen de la opción de acceso mediante una palabra clave personal. Además, las placas de 4 y 8 salidas disponen de un modo suplementario denominado «de enclavamiento exclusivo», el cual sólo permite que esté activada una salida y, al activar otra, la anterior se desactivará automáticamente; este sistema suele utilizarse, por ejemplo, en el control remoto de cámaras de vídeo, en las que solo una función puede estar activada al mismo tiempo. Todo los cambios de funciones, cambio de palabra clave, etc., se realizan enviando unas secuencias determinadas de códigos DTMF teniendo en cuenta que, para aumentar la seguridad, cualquier cambio de función debe ir precedida de la palabra clave personalizada.

Estas funciones implementadas colocan a esta gama de mó-

dulos DTMF al nivel adecuado para utilizaciones profesionales.

## Por qué los PIC

En los párrafos anteriores hemos hablado alegremente de unos dispositivos llamados «PIC». Estos pequeños circuitos integrados contienen todo el potencial de un poderoso microprocesador con los que podremos implementar las funciones lógicas más diversas. Los PIC de la firma *Microchip* deslumbran cada día a más a las personas que trabajan con estos dispositivos, la realidad es que hoy en día los microcontroladores se encuentran ya en todos los lugares; en el TV, en el vídeo, en el ratón del ordenador, en los electrodomésticos, en los juguetes, en el automóvil, en el teléfono, etc.

Un microcontrolador es un pequeño microprocesador pero con «algo más». Los antiguos microprocesadores tenían que implementarse con multitud de elementos externos: «chips» de memoria, interfaces de entradas y salidas, dispositivos de «reset», etc. Los microcontroladores actuales (incluso los más pequeños o sencillos) son un completo computador encapsulado en una sola pastilla.

Actualmente, nos podemos atrever a decir que el PIC16F84 [de la firma *Microchip* ([www.microchip.com](http://www.microchip.com))] es el microcontrolador para aplicaciones medias/bajas con la relación de precio y utilidad más destacada del mercado.

Sin duda, este es el motivo por el que el PIC16F84 es el más popular y más visto en las revistas de electrónica nacionales e internacionales. Este microcontrolador ha roto la insuperable barrera que existía hasta ahora entre la computación profesional y la computación aplicada por el experimentador aficionado.

No hace muchos años, un autor de libros de microprocesadores, cuyo nombre no comentaremos aquí, aseguraba que: «No es adecuada la implementación de un microcontrolador en un nuevo diseño, si no hay prevista un fabri-

**Muy resumidamente, un microcontrolador dispone ...**

- Procesador o CPU (*Unit Procesor Central*), unidad central de procesamiento.
- Memoria RAM que contiene los datos durante el trabajo u operación.
- Memoria ROM/PROM/EPROM/EEPROM para guardar el programa residente que dirigirá todo el cometido del chip.
- Puertos de I/O (entradas/salidas) hacia el exterior.
- Sistemas implementados internamente para el control de periféricos (comunicaciones serie, temporizadores-contadores, convertidores analógicos-digitales, digitales-analógicos, etc.
- Generador de frecuencia de reloj para la sincronía de todo el sistema.

cación de más de 1.000 unidades...» y aconsejaba el uso de electrónica digital discreta para las aplicaciones con una producción de series cortas.

Hoy en día, esta premisa está ya totalmente obsoleta; personalmente pienso que ante cualquier sistema que precise más de tres o cuatro circuitos digitales sueltos con sus componentes pasivos asociados, oscilador de reloj separado, etc., bien vale la pena plantearse el uso de un económico microcontrolador como el 16F84.

**Conclusiones**

Corremos apresuradamente inmersos en las altas tecnologías digitales; casi todos los dispositivos que nos rodean tienen como base de su funcionamiento la tecnología digital que controla la parte analógica, no hay más que ver los modernos equipos de radio, repletos de botones y controla-

dos por varios microprocesadores, capaces de sintetizar frecuencias y conmutar los filtros más variados, o el control absoluto del equipo desde el propio ordenador. El radioaficionado medio que gusta de realizar sus propios proyectos, si se queda al margen de la tecnología de los microcontroladores puede convertirse en una especie de fósil tecnológico, quizá sea una víctima más del temido Y2K (efecto 2000).

Tampoco hay que desesperarse, tenemos la posibilidad de trabajar con los PIC de forma «suave», como meros usuarios, no es necesario ser un crack en la programación de tales dispositivos. Existen páginas Web donde podremos obtener programas de tipo *freeware* y así poder experimentar con nuestros propios diseños con la ayuda de un grabador<sup>4</sup> para este tipo de circuitos. Y si queremos adentrarnos más en este fabuloso mundo lleno de posibilidades existe abundante bibliografía para dar los primeros pasos.

Tenemos en nuestras manos las herramientas necesarias para seguir de cerca las tecnologías actuales a nivel de aficionado. Espero que con estas líneas se os haya abierto la ventana hacia el futuro que es hoy.

**Referencias**

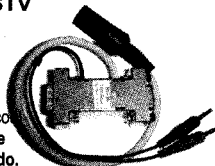
- [1] *Radioaficionados*, julio de 1998, página 32. «Guillermo Marconi».
- [2] *The ARRL Handbook* 1993. *Dual tone frequency signaling*, pág. 21-7.
- [3] Podéis obtener el dispositivo de control montado con el microprocesador grabado en *GCY Comunicaciones*. Tel. 973 22 15 17; fax: 973 22 05 26. Apartado 814, 25080 Lleida. ([www.iws.es/ea3gcy](http://www.iws.es/ea3gcy), correo-E: [ea3gcy@iws.es](mailto:ea3gcy@iws.es))
- [4] Estará disponible un grabador para PIC con el software necesario en *GCY Comunicaciones*.

Aproveche los últimos avances en comunicaciones digitales.

**MiniSB adapter**

TX-RX, Packet-Radio, CW, RTTY, FAX, SSTV

Completo con todos los cables necesarios. Totalmente blindado. No ocupa el puerto serie. (queda libre para otros periféricos) Compatible con la mayoría de software para tarjeta de sonido. Nivel de salida y entrada ajustables. Incluye Cdrom con + de 400Mb de software. Transporte urgente incluido



**4.990 Ptas.**

**Distribuidor para ESPAÑA**



**PICPAR 9600 bps**

Packet Radio 9600 bps  
Conexión : Puerto paralelo  
Drivers: DOS/WINDOWS LINUX



**15.500Ptas.**

**Auriculares con MICRÓFONO**

**FM670**

Casco Auricular Estéreo  
Respuesta: 20-20.000 Hz.  
Impedancia 4-32 Ohm  
Potencia 30 mW  
Altavoces Mylar 40mm  
Micrófono: Cápsula Dinámica unidireccional  
Respuesta:40-15.000Hz



**5.164 ptas.**

**MFJ396**

Casco Auricular Estéreo  
Respuesta: 20-20.000 Hz.  
Impedancia 4-32 Ohm  
Potencia 30 mW  
Altavoces Mylar 50mm  
Micrófono: Cápsula Dinámica unidireccional  
Respuesta:40-15.000Hz



**15.000ptas.**

**MFJ949E**

Acoplador 1.8-30 Mhz 300W  
+ Carga Artificial  
Valímetro/medidor de ROE  
conmutador de antena, Balun4:1



**MFJ815B**

Medidor de ROE + Vatímetro  
1.8-60 Mhz 200/2000W



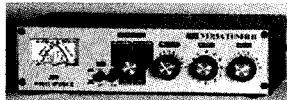
**MFJ201**



DipMeter  
1.5-250 Mhz

**MFJ941E**

Acoplador 1.8-30 Mhz 300W  
Valímetro/medidor de ROE  
conmutador de antena, Balun4:1



Importador oficial

**MFJ ENTERPRISES, INC.**

**MFJ784B Super Filtro DSP**



**MFJ250x Carga Artificial**  
Antena artificial 2Kw  
Utilizable hasta 400Mhz



**MFJ704 Filtro Pasabajos**



**AMERITRON**



Amplificadores HF 1.8-30 Mhz  
AL811Xc - AL811HXc - AL80Xc  
600W - 800W - 1000W

**MFJ259B Analizador de antena**

1.7-170 Mhz  
Mide ROE,  
Resistencia (R)  
Reactancia (X)  
Inductancia  
y mucho mas...  
Circuito ahorro de batería

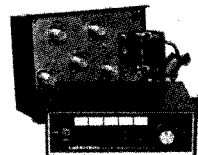


IVA no incluido

**MIRAGE**

COMMUNICATIONS EQUIPMENT  
LA MAS COMPLETA GAMA DE AMPLIFICADORES Y PREAMPLIFICADORES DE V-UHF

**RCS8Vx - RCS4x**  
conmutadores de antenas remotos



- 50 Mhz 100W
- 144 Mhz 30 a 300W
- 430 Mhz 30 a 100W
- Bibanda

Linea de 450 ohms

**DISCOVERY**  
Amplificador 144 Mhz  
1 Kw / 25 W entrada



**LAMPARAS RF**  
- 811A - 572B - 3-500Z  
- EL519- 6146B - 12BY7A

- zócalos  
Disponemos de toda la gama de producto MFJ, Ameritron, Mirage  
1 AÑO de GARANTÍA en todos los productos  
Envíos a toda ESPAÑA

**ASTRO RADIO**

Pintor Vancells 203 A-1, 08225 TERRASSA, Barcelona Tel: 93.7353456 Fax:93.7350740  
Email: [info@astro-radio.com](mailto:info@astro-radio.com) - Cada semana una oferta en internet : <http://astro-radio.com>

INDIQUE 10 EN LA TARJETA DEL LECTOR