



THEREMIN: El primer INSTRUMENTO

El theremin fue el primer instrumento musical completamente electrónico que no precisaba partes mecánicas para producir sonidos, de hecho no hace falta contacto físico para "tocarlo". Hoy, utilizando algunos componentes electrónicos, se puede construir un theremin de características excepcionales, similar al utilizado por Jimmy Page, guitarrista del famoso grupo Led Zepelín.

El theremin ha sido el precursor de los modernos **instrumentos electrónicos**, contribuyendo de forma notable al nacimiento de los modernos **sintetizadores** al ser capaz de producir música con circuitería electrónica.

El primer nombre que recibió este instrumento fue **eterófono**, es decir **sonido del éter**. Su timbre está a medio camino entre el **violín** y la **voz humana**, parece producir el sonido del "aria".

El nombre con el que es universalmente conocido deriva del nombre de su **inventor**, el físico ruso nacionalizado norteamericano **Leon Theremin**.

Este instrumento está constituido por **dos antenas** montadas sobre un contenedor que aloja

toda la **circuitería electrónica**. Con una antena, la dispuesta **verticalmente**, se controla la **altura** de la **nota (frecuencia)**, mientras que con la otra, dispuesta **horizontalmente**, se controla el **volumen**.

Como ya hemos expuesto el **theremin** es considerado el **primer instrumento musical electrónico** del mundo, cosa que, de por sí, justifica nuestro interés. No obstante el aspecto que lo hace realmente único es que ... **¡se toca sin tocarlo!**

En efecto, el thereminista toca **moviendo** los **dedos** en el **aire**, alejándolos y acercándolos a las antenas con **movimientos casi imperceptibles**, como si tocara las notas en el aire.

Como se puede imaginar la técnica para tocarlo requiere **entrenamiento** y se precisa un gran **dominio** del **cuerpo**.

A diferencia de los instrumentos clásicos el theremin no ha tenido amplia **difusión**. A pesar de ello, desde su primera aparición, el theremin sigue ejerciendo un fuerte atractivo, atrayendo tanto a **músicos profesionales** como a **admiradores y curiosos**.

Por estas razones hemos decidido publicar un proyecto para la construcción de este instrumento y acompañarlo con un **artículo complementario** sobre el **método** de aprendizaje más conocido, en el cual también se describen unas líneas acerca de la implantación del propio instrumento en la música y sobre la mejor thereminista de todos los tiempos, y creadora del método, **Clara Rockmore**.

En condiciones normales estos osciladores, oscilando a una **misma frecuencia**, generan una frecuencia **superior** a la que es capaz de captar el **oído humano**.

Si variando una **capacidad** se cambia la **frecuencia** de **uno** de estos osciladores la mezcla de las frecuencias producidas genera una **tercera** igual a la **diferencia de las frecuencias**, que cuando está en el **espectro de audio** resulta **audible**, y por tanto, puede aplicarse a un **amplificador BF**.

NOTA: Este principio es el mismo que el utilizado en los **receptores de radio superheterodinos**, en los cuales la **mezcla** de dos señales de diferente frecuencia genera una **tercera frecuencia**.

Conectando una **antena vertical** tipo **mástil** a uno de los **osciladores** es posible controlar de una

MUSICAL ELECTRÓNICO

Sin duda este instrumento es parte de la **cultura del siglo XX**, de hecho en la década de los **30**, gracias a **Clara Rockmore**, tuvo una **estética** similar a la de los **instrumentos clásicos**.

En los años **50, 60 y 70** se difundió ampliamente tanto en el **cine** como en **series de terror** y de **ciencia-ficción**. Cabe mencionar, por ejemplo, **Ultimátum a la Tierra** y **Star Trek**.

También la música pop, e incluso el jazz, han adoptado este instrumento. A destacar **The Beach Boys**, el mencionado **Jimmy Page** y actualmente grupos como **Marilyn Manson**, entre otros.

Con estos precedentes el theremin es un **instrumento musical** que tiene garantizado su **futuro**.

PRINCIPIO de FUNCIONAMIENTO

En esencia el sonido del theremin es producido por la **interacción** de las **frecuencias** generadas por **dos osciladores**.

ENTREVISTA

Así describió su instrumento Theremin en una entrevista concedida a Olivia Mattis, a Bourges en Francia el 16 de junio de 1989.

MATTIS: “¿Cuándo concibió la primera vez su instrumento?”

THEREMIN: “La primera idea me vino de repente después de nuestra Revolución, al principio del estado Bolchevique. Inventé un tipo de instrumento que no se tenía que tocar mecánicamente, como un piano, un violonchelo o un violín. Concebí un instrumento que pudiera crear sonidos sin utilizar ninguna energía mecánica, de forma similar a como actúa un director de orquesta. La orquesta toca mecánicamente y usa energía mecánica, mientras que el movimiento de las manos del director tiene un efecto sobre la emisión musical de la orquesta”.

NOTA: Traducción del sitio www.oddmusic.com/theremin/index.html

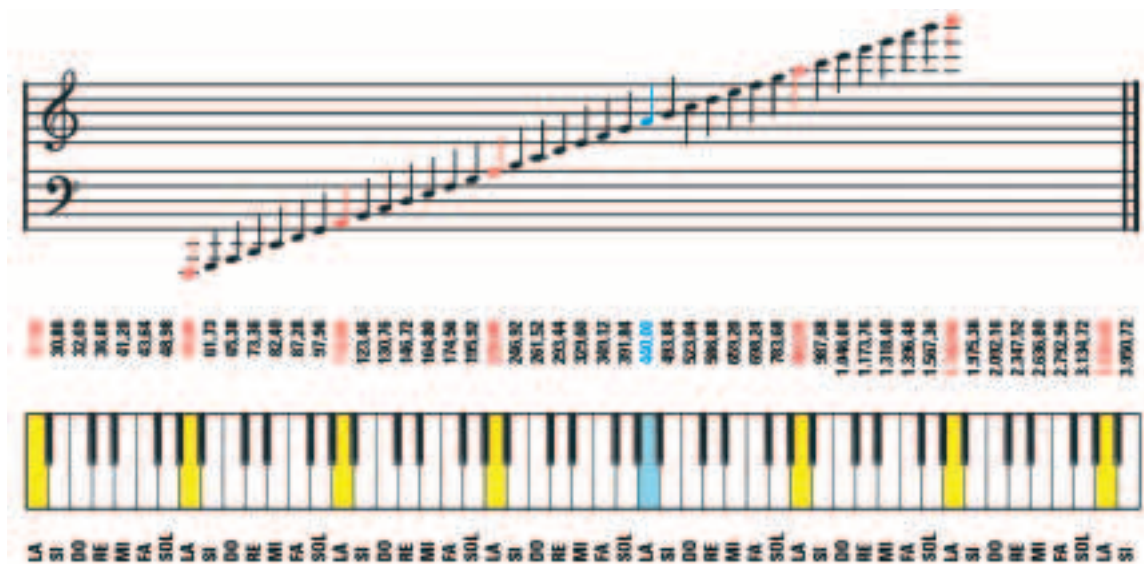


Fig.1 Teclado de un piano y sus notas correspondientes en un pentagrama con la indicación de sus frecuencias. Las teclas y las frecuencias coloreadas indican las diferentes alturas de la nota LA. Con el Theremin LX.1665 se pueden reproducir frecuencias entre 20 Hz y 2.000 Hz.

forma "sencilla" su **frecuencia de resonancia** con una **mano** (ver esquema de bloques en la Fig.2).

En efecto, la **mano** tiene una **capacidad** determinada que, al influenciar en el **campo electromagnético** que rodea la **antena**, permite modificar la **frecuencia de oscilación**.

En función de la posición de la mano con respecto a la antena se pueden conseguir **frecuencias** entre **20** y **2.000 Hz**, e incluso más.

Cuanto más se **acerque** la mano a la **antena** más **alta** será la **frecuencia**, y por lo tanto el so-

nido será más agudo. A medida que se **aleje** la mano de la **antena** la **frecuencia** será más **baja**, por lo que el sonido producido será más **grave**.

El **theremin** que hemos proyectado cubre el rango de frecuencias incluido entre **20** y **2.000 Hz**, que corresponde a una extensión de **5 octavas** alrededor del **LA** situado en el segundo espacio de un pentagrama (sobre el **DO central**), que tiene convencionalmente una frecuencia de **440 Hz** (ver Fig.1).

EL SONIDO

El **sonido** como elemento constitutivo de la música se define con **cuatro atributos**: La **altura**, que determina la agudeza o la gravedad de un sonido (**frecuencia**), la **duración**, que determina cuánto **tiempo** permanece un sonido, el **timbre**, que distingue los sonidos según el **instrumento** utilizado, y la **intensidad**, es decir el **volumen** con el cual un sonido es producido y percibido.

Para representar la **altura** se utilizan las **notas**, que son señales gráficas transcritas sobre el **pentagrama** (**renglones musicales**). Es función de la **posición** de las notas sobre el pentagrama es posible establecer su **altura**.

FIGURA	VALOR	FORMA	PAUSA
REDONDA	4/4	●	—
BLANCA	2/4	♪	—
NEGRA	1/4	♪	⌘
CORCHEA	1/8	♪	⌘
SEMICORCHEA	1/16	♪	⌘
FUSA	1/32	♪	⌘
SEMIFUSA	1/64	♪	⌘

Para asociar el **nombre** de los notas a la **posición** sobre el **pentagrama** se utilizan las **claves**. La más común es la clave de **violín**, que establece la posición del conocido **SOL** sobre la segunda línea.

Para indicar la **duración** de una nota se utilizan distintas **figuras (formas) musicales** (ver tabla adjunta).

A cada **figura (forma)** le corresponde un **valor**: **Redonda** (entera), **blanca**, **negra**, **corchea**, **semicorchea**, **fusa** y **semifusa**.

La duración de cada figura vale la **mitad** de la **anterior** y el **doble** de la **siguiente**. Así, la **redonda** vale **4/4**, la **blanca** **2/4**, la **negra** **1/4**, la **corchea** **1/8**, la **semicorchea** **1/16**, la **fusa** **1/32** y la **semifusa** **1/64**.

Puesto que en la música también aparecen **silencios (pausas)** que tienen una determinada **duración** también hay **figuras** que los representan.

El **curso rítmico** de la pieza musical está definido por el tiempo indicado sobre el pentagrama con una **fracción numérica**.

El **compás** es la división de la música en **partes iguales**. Cada compás está separado por una línea divisoria que corta **perpendicularmente** el **pentagrama**. Cada **compás** contiene un valor de tiempo igual a la **suma** de las **figuras musicales** incluidas en él. Así si el tiempo es **4/4**, la suma de los valores de las notas incluidas tendrá que dar como resultado **4/4**.

El **theremin**, además de disponer de una **antena** que permite modificar la frecuencia (**al-**

tura), dispone de una **segunda antena** que permite controlar el volumen (**intensidad**) a través de la **posición** de la **mano izquierda** (ver esquema de bloques en la Fig.2).

Alejando la **mano** de esta segunda **antena** el volumen del sonido emitido se **atenúa** (hasta desaparecer completamente) mientras que **acercando** la **mano** se consiguen sonidos poco a poco **más fuertes**.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Para la descripción del funcionamiento del theremin vamos a tomar como base su esquema de bloques (Fig.2) y el desarrollo del esquema eléctrico realizado a partir de este (Fig.3). El análisis se expone etapa a etapa.

Etapa PITCH (altura)

Esta etapa está compuesta por dos **MF** (**MF1-MF2**), dos **FET** (**FT1-FT2**) y por el integrado **NE.602**, un mezclador balanceado.

MF2, junto al **FET FT2**, constituyen una primera etapa osciladora que opera a una frecuencia fija de **350 KHz**, mientras que **MF1**, junto al **FET FT1**, constituyen un oscilador que trabaja a una frecuencia variable entre **350 y 360 KHz**.

La **mano (derecha)** se comporta como un **condensador** conectado en paralelo al circuito de sintonía, que varía su capacidad, y por lo tanto la frecuencia generada, en función de la **distancia** de la mano a la antena.

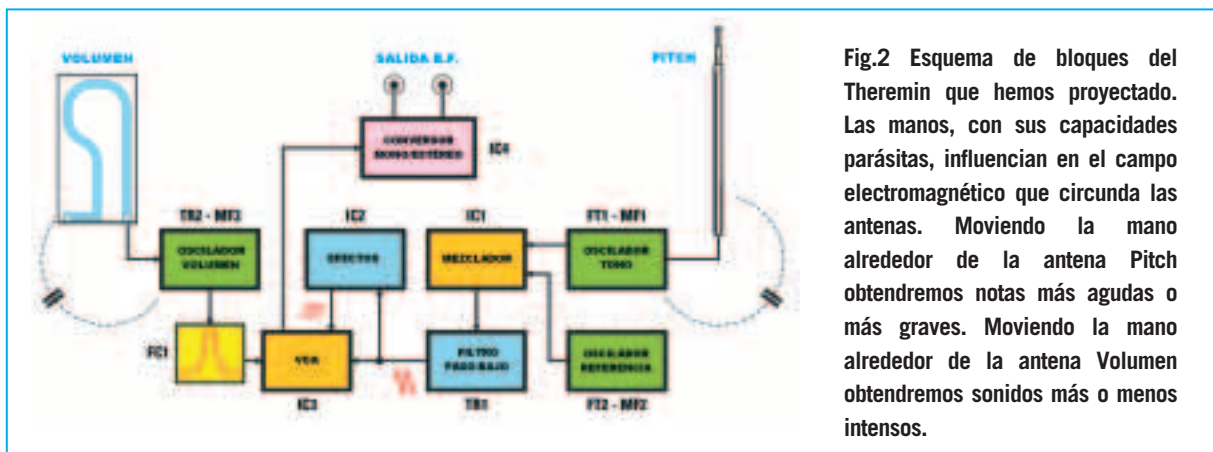


Fig.2 Esquema de bloques del Theremin que hemos proyectado. Las manos, con sus capacidades parásitas, influncian en el campo electromagnético que circunda las antenas. Moviendo la mano alrededor de la antena Pitch obtendremos notas más agudas o más graves. Moviendo la mano alrededor de la antena Volumen obtendremos sonidos más o menos intensos.

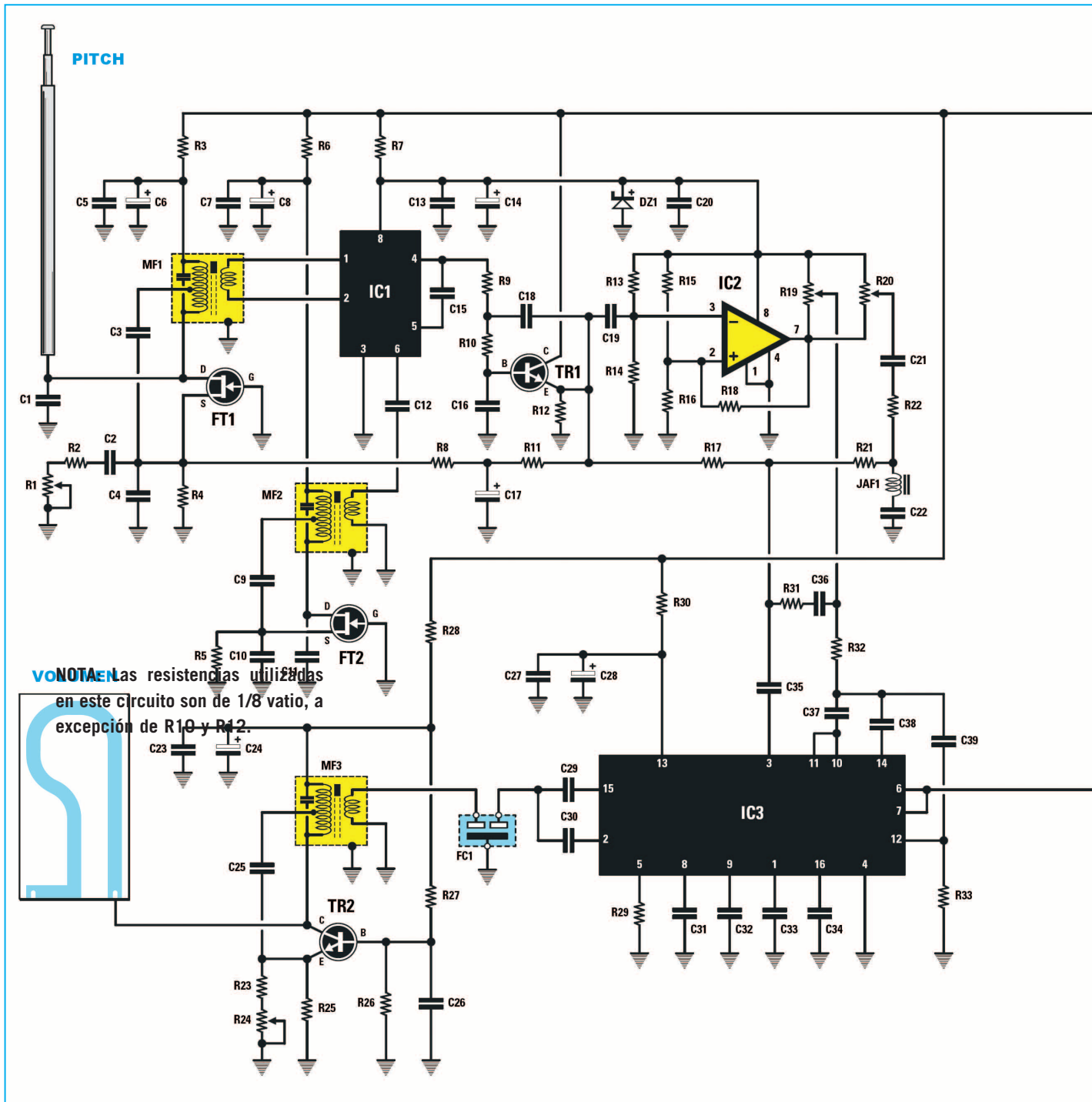


Fig.3 Esquema eléctrico del Theremin. La etapa Pitch está compuesta por MF1-MF2, por los FET FT1-FT2 y por el mezclador balanceado NE.602. Para la etapa de Efectos hemos utilizado el comparador de tensión LM.311 y los potenciómetros R19-R20. La variación del volumen está controlada por MF3, por el transistor TR2 y por el integrado NE.571. Con el integrado TDA.3810 se obtiene una señal de audio pseudo-estéreo. Para alimentar el instrumento se puede utilizar una pila de 9 voltios o bien un alimentador externo de 12 voltios.

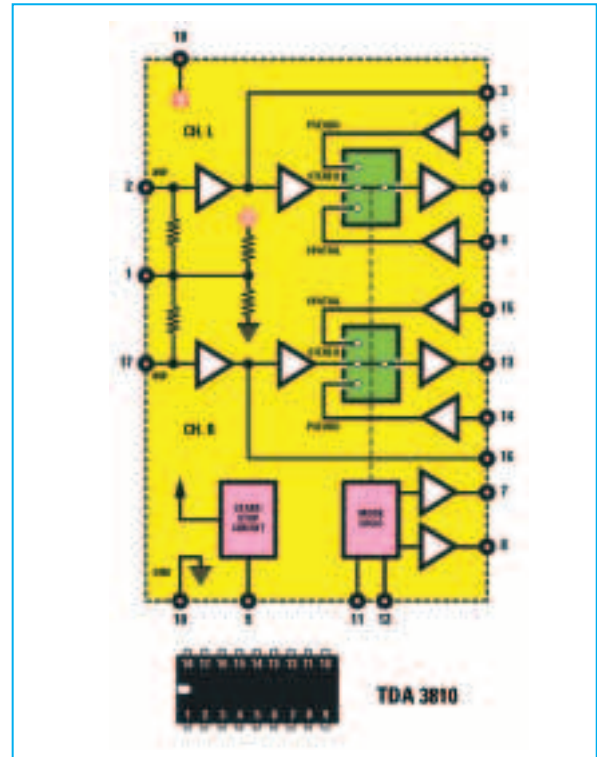
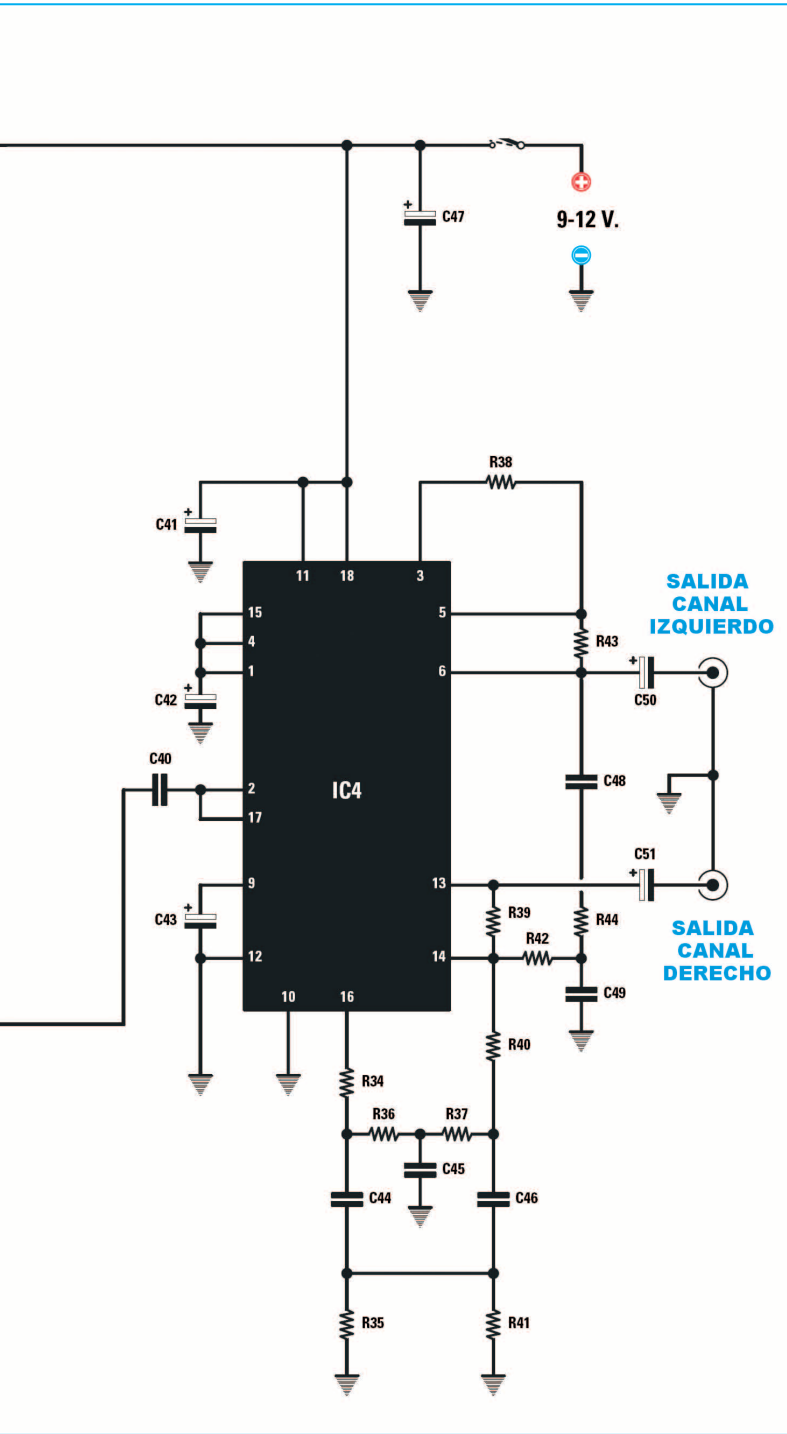


Fig.4 Esquema de bloques y conexiones, vistas desde arriba, del integrado TDA.3810 (IC4).

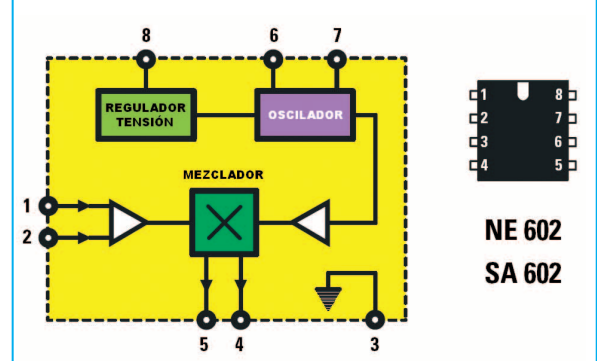


Fig.5 Esquema de bloques y conexiones, vistas desde arriba, del integrado NE.602 (IC1).

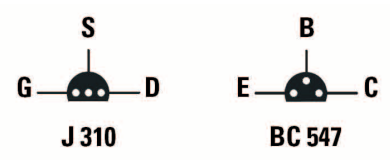
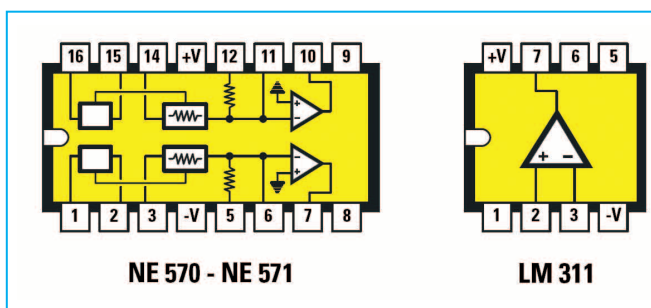


Fig.6 Conexiones del FET J.310 y del transistor BC.547, vistas desde abajo, y de los integrados NE.570 (o NE.571) y LM.311, vistas desde arriba.

Las frecuencias generadas por los dos osciladores son mezcladas por **IC1**, un **NE.602**, en cuyo terminal de salida hay una señal cuya frecuencia corresponde a la **suma** de las dos frecuencias y otra señal cuya frecuencia corresponde a la **diferencia** de las dos frecuencias.

El resultado de la **diferencia** es una **señal** con una frecuencia incluida entre **0** y **10 KHz**, justo las frecuencias percibidas por el **oído humano**.

La salida BF es filtrada mediante el **filtro paso-bajo** formado por el transistor **TR1** para **eliminar** la señal **suma** de las frecuencias, que siempre es superior a **20 KHz**.

De esta forma se cuenta con una **señal sinusoidal** que se aplica a la etapa siguiente, formada por el integrado **NE.571 (IC3)**, un amplificador controlado por tensión.

Etapa de EFECTOS

Una parte de la señal sinusoidal también es enviada al operacional **IC2**, un comparador de tensión incluido en el integrado **LM.311** que se ocupa de **encuadrarla** y de enriquecerla con **armónicos**. Los potenciómetros lineales **R19-R20** permiten de regular el efecto.

De este modo se genera una forma de onda diferente que es mezclada con la onda sinusoidal original, lo que provoca interesantes **timbres musicales**.

Etapa de CONTROL de VOLUMEN

Mediante **MF3** y el transistor **TR2** se han solucionado dos problemas. En los primeros **thermines** hacían falta bastantes componentes para realizar estas funciones.

La variación de **volumen** se obtiene mediante un **oscilador** variable **controlado** por la **mano** (izquierda) que, también en este caso, se comporta como un **condensador variable** conectado en paralelo al circuito de sintonía, controlado por **MF3**.

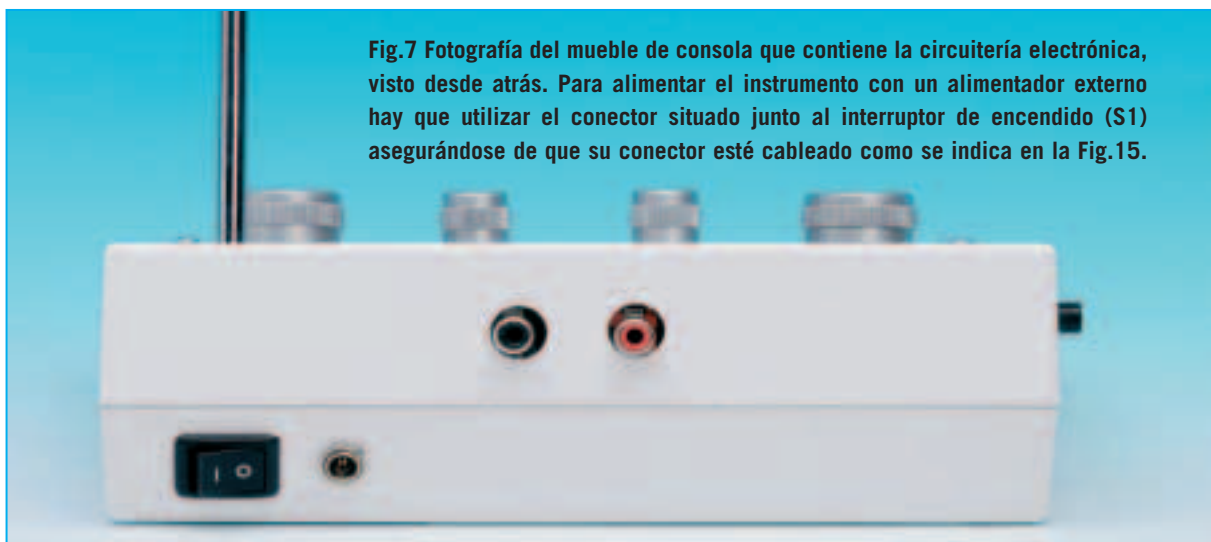
Después de ajustar adecuadamente **MF3** el oscilador, en **reposo**, trabaja a una frecuencia ligeramente **superior** a **455 KHz**. En este caso en la salida del filtro cerámico **no** hay ninguna **señal**, por lo tanto el **volumen** de la salida es **mínimo**.

Cuando se **acerca** la **mano** a la **lámina (antena)** la frecuencia disminuye, aproximándose más a **455 KHz**, por lo que aumenta la amplitud a la salida del filtro haciendo **aumentar** el **volumen** de salida.

La señal es **rectificada** dentro del integrado **NE.571**, que la utiliza para **controlar** el **volumen** de la señal generada.

Etapa SALIDA de AUDIO (CONVERSOR MONO/ESTÉREO)

El integrado **TDA.3810 (IC4)** genera una doble señal **pseudo-estéreo** a partir de una señal mono.



LISTA DE COMPONENTES LX.1665

R1 = Potenciómetro 10.000 ohmios	C12 = 1.000 pF cerámico
R2 = 1.500 ohmios	C13 = 100.000 pF cerámico
R3 = 1.000 ohmios	C14 = 100 microF. electrolítico
R4 = 1.000 ohmios	C15 = 1.000 pF cerámico
R5 = 1.000 ohmios	C16 = 560 pF cerámico
R6 = 1.000 ohmios	C17 = 10 microF. electrolítico
R7 = 330 ohmios	C18 = 1.500 pF cerámico
R8 = 10.000 ohmios	C19 = 100.000 pF poliéster
R9 = 10.000 ohmios	C20 = 100.000 pF poliéster
R10 = 10.000 ohmios	C21 = 100.000 pF poliéster
R11 = 47.000 ohmios	C22 = 33.000 pF poliéster
R12 = 1.000 ohmios	C23 = 100.000 pF cerámico
R13 = 10.000 ohmios	C24 = 10 microF. electrolítico
R14 = 10.000 ohmios	C25 = 1.000 pF cerámico
R15 = 10.000 ohmios	C26 = 100.000 pF cerámico
R16 = 10.000 ohmios	C27 = 100.000 pF poliéster
R17 = 10.000 ohmios	C28 = 10 microF. electrolítico
R18 = 1 Megaohmio	C29 = 100.000 pF cerámico
R19 = Potenciómetro 10.000 ohmios	C30 = 100.000 pF cerámico
R20 = Potenciómetro 10.000 ohmios	C31 = 220 pF cerámico
R21 = 10.000 ohmios	C32 = 220 pF cerámico
R22 = 10.000 ohmios	C33 = 1 microF. poliéster
R23 = 1.500 ohmios	C34 = 1 microF. poliéster
R24 = Potenciómetro 10.000 ohmios	C35 = 220.000 pF poliéster
R25 = 4.700 ohmios	C36 = 1.500 pF poliéster
R26 = 33.000 ohmios	C37 = 1.000 pF poliéster
R27 = 47.000 ohmios	C38 = 220.000 pF poliéster
R28 = 1.000 ohmios	C39 = 1.000 pF poliéster
R29 = 22.000 ohmios	C40 = 220.000 pF poliéster
R30 = 100 ohmios	C41 = 100 microF. electrolítico
R31 = 10.000 ohmios	C42 = 100 microF. electrolítico
R32 = 10.000 ohmios	C43 = 47 microF. electrolítico
R33 = 22.000 ohmios	C44 = 10.000 pF poliéster
R34 = 15.000 ohmios	C45 = 22.000 pF poliéster
R35 = 22.000 ohmios	C46 = 10.000 pF poliéster
R36 = 22.000 ohmios	C47 = 100 microF. electrolítico
R37 = 22.000 ohmios	C48 = 10.000 pF poliéster
R38 = 10.000 ohmios	C49 = 12.000 pF poliéster
R39 = 100.000 ohmios	C50 = 10 microF. electrolítico
R40 = 15.000 ohmios	C51 = 10 microF. electrolítico
R41 = 22.000 ohmios	DZ1 = Diodo zéner 5,1 voltios
R42 = 22.000 ohmios	JAF1 = Impedancia 10 miliHenrios
R43 = 12.000 ohmios	MF1 = MF 455 KHz (amarilla)
R44 = 18.000 ohmios	MF2 = MF 455 KHz (amarilla)
C1 = 100 pF cerámico	MF3 = MF 455 KHz (amarilla)
C2 = 27 pF cerámico	FC1 = Filtro 455 KHz
C3 = 470 pF cerámico	FT1 = FET N J.310
C4 = 560 pF cerámico	FT2 = FET N J.310
C5 = 100.000 pF cerámico	TR1 = Transistor NPN BC.547
C6 = 10 microF. electrolítico	TR2 = Transistor NPN BC.547
C7 = 100.000 pF cerámico	IC1 = Integrado NE.602
C8 = 10 microF. electrolítico	IC2 = Integrado LM.311
C9 = 470 pF cerámico	IC3 = Integrado NE.570 (o NE.571)
C10 = 560 pF cerámico	IC4 = Integrado TDA.3810
C11 = 100 pF cerámico	S1 = Interruptor

NOTA: Todas las resistencias utilizadas en este circuito son de 1/4 watio.

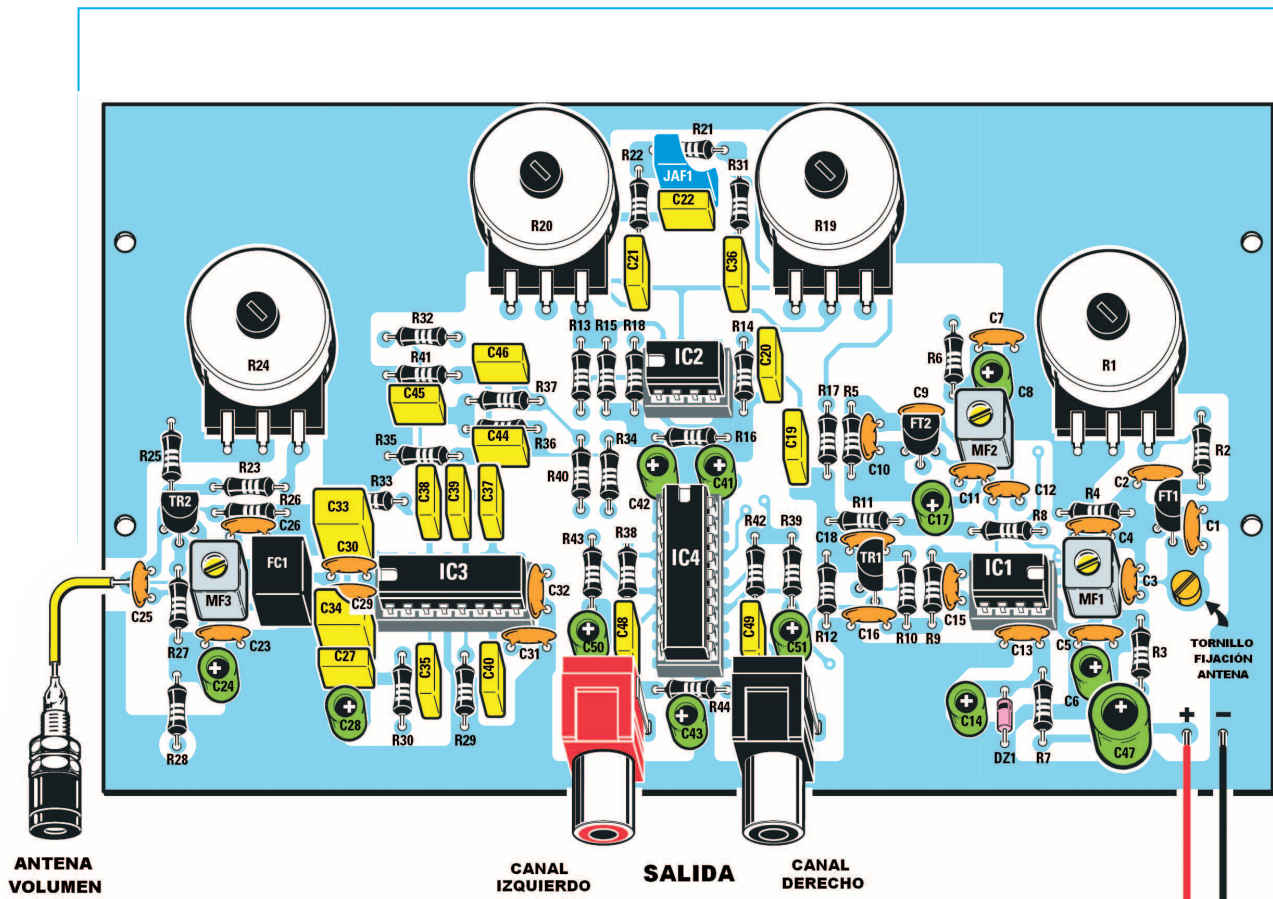
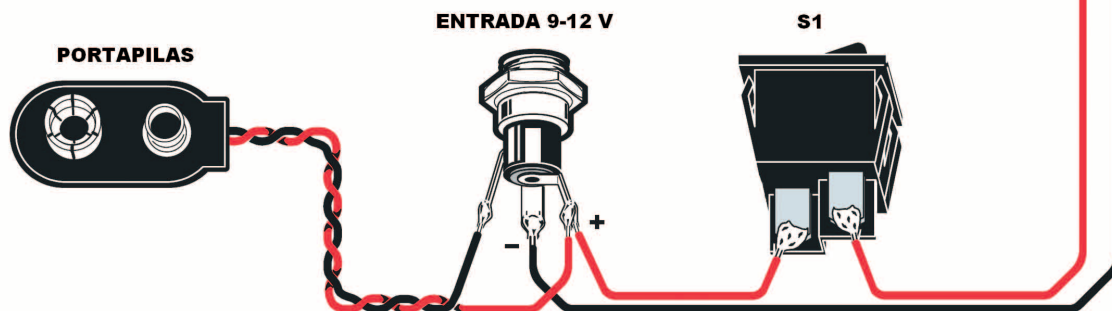


Fig.8 Esquema práctico de montaje del Theremin. Todos los componentes, incluyendo los cuatro potenciómetros y los conectores RCA de salida BF, se montan directamente en el circuito impreso LX.1665. Recordamos que para que al quitar y poner la antena Pitch no se suelte su tornillo de anclaje, además de la propia tuerca de fijación del tornillo, hay que instalar una segunda tuerca. Por motivos prácticos hemos dibujado la conexión entre el circuito y la antena de volumen como un corto trozo de cable.



Al disponer el theremin de una **etapa final estéreo** que incluye un **preamplificador** se obtiene un "efecto espacial" más remarcado que el producido por una señal plana monorual.

Etapa de ALIMENTACIÓN

El circuito se puede alimentar con una **pila de 9 voltios**. Considerando el bajo consumo, unos **30 mA**, se obtiene una **prolongada autonomía**. Por supuesto también influye el tipo de pila utilizada.

No obstante también se puede utilizar un **alimentador externo de 12 voltios**, como por ejemplo nuestro **LX.92** publicado en la revista **Nº71**.

Pese a ser un kit con bastante antigüedad es ideal para el theremin. Puesto que pocas personas tendrán a su alcance este número de la revista, hace tiempo agotada, incluimos en el artículo su **esquema eléctrico** y el esquema de **montaje práctico** correspondiente.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Como se puede apreciar observando las fotografías hemos logrado encerrar toda la circuitería electrónica, **pila incluida**, en un mueble de plástico con forma de **consola** de dimensiones bastante reducidas.

Aunque el número de componentes es alto la variedad de componentes para realizar el theremin

no lo es. Con la ayuda de la lista componentes y del esquema de la Fig.8 se pueden **localizar** fácilmente sus **posiciones** en el circuito impreso.

Recordamos que se ha de tener especial cuidado en el montaje de los **componentes polarizados**, sobre todo de los **condensadores electrolíticos**, de los **FET** y del **transistor**, ya que si montasen incorrectamente el instrumento no funcionará.

Como hacemos usualmente aconsejamos comenzar el montaje del circuito impreso con la instalación de los **zócalos** de soporte para los **integrados**, soldando cuidadosamente todos sus terminales sin provocar cortocircuitos por exceso de estaño. Sus muescas de referencia se han de orientar tal y como se indica en la Fig.8.

A continuación se pueden instalar las **resistencias**, los **condensadores cerámicos**, los **condensadores de poliéster** y los **condensadores electrolíticos**, respetando en estos últimos la **polaridad** de sus terminales.

Sin perder de vista la **serigrafía** del circuito impreso incluido en el kit (recordamos una vez más que las fotografías del artículo carecen de ella ya que son los **prototipos**) se puede montar la **impedancia** de 10 milihenrios (**JAF1**), el **filtro FC1** y las **tres MF** amarillas de **455 KHz** (**MF1-MF2-MF3**). Solo se pueden instalar en la posición que permite la forma de sus terminales.

Ha llegado el momento de instalar los dos **FET** y los dos **transistores**. Puesto que estos com-

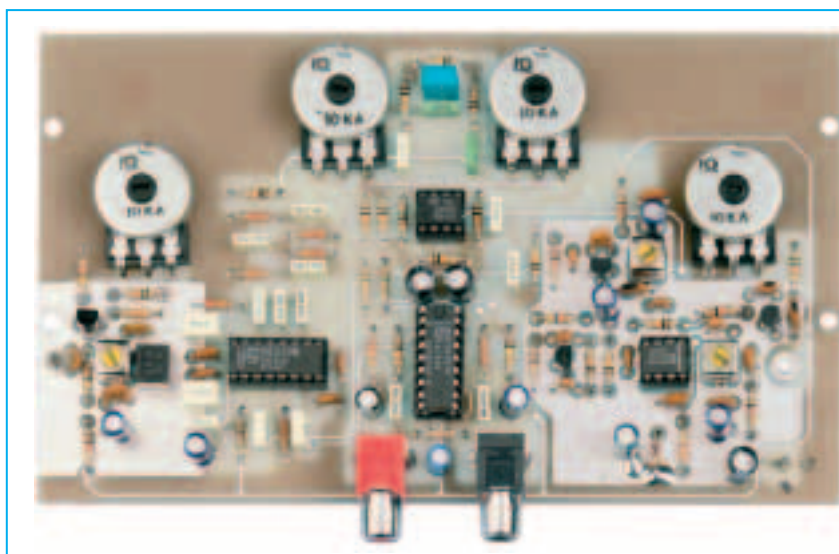
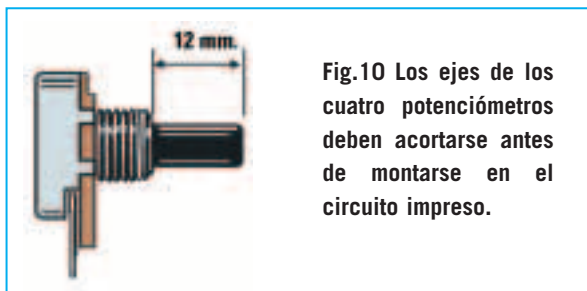


Fig.9 Fotografía, ligeramente reducida, del circuito impreso del theremin con todos sus componentes montados. Como se puede observar los dos conectores RCA de salida y los cuatro potenciómetros se sueldan directamente al circuito impreso. Antes de soldar los potenciómetros hay que acortar sus ejes a unos 12 mm de longitud y doblar sus terminales en forma de L.



ponentes tienen el mismo encapsulado hay que controlar cuidadosamente las referencias impresas para no confundirlos. Los **FET (FT1-FT2)** tienen serigrafiada la referencia **J.310**, mientras que los **transistores (TR1-TR2)** tienen serigrafiada la referencia **BC.547**. Han de instalarse orientando sus lados planos tal como se muestra en el esquema de montaje práctico (Fig.8).

Ahora hay que soldar los terminales tipo **pin** utilizados para realizar la conexión del interruptor **S1**, del conector **jack** utilizado para la **alimentación** externa y de los bornes de la **antena** de control el **volumen**.

Acto seguido hay que montar los **conectores RCA** de salida **BF**. El conector **rojo** corresponde al canal **izquierdo** mientras que el conector **negro** corresponde al canal **derecho**.

Es el momento de instalar los **circuitos integrados**, en sus correspondientes **zócalos**, haciendo coincidir las muescas de referencia de los integrados con la de los zócalos.

Los **cuatro potenciómetros** se montan directamente en el circuito impreso, no pueden confundirse ya que todos son iguales. No obstante hay que tener la precaución de **acortar previamente** sus **ejes** con las dimensiones indicadas en la Fig.10 y doblar en forma de **L** sus **terminales**.

Para finalizar el montaje del circuito impreso hay que instalar un **tornillo** en el agujero que se encuentra bajo el condensador cerámico **C1**, fijándolo con su **tuerca**. Sobre este tornillo se instala la **antena** tipo mástil que controla la **altura (frecuencia)**, pudiendo de esta forma atornillarse y desatornillarse fácilmente sin tener que abrir el mueble. Para que al quitar y poner la antena no se suelte el tornillo, además de la tuerca de fijación, antes de atornillar la antena, hay que instalar una **segunda tuerca**.

El montaje del circuito impreso ha concluido. Antes de proceder a su **ajuste** hay que instalarlo en su **mueble contenedor**.

MONTAJE en el MUEBLE

El mueble contenedor con forma de consola que hemos asignado a este kit está constituido por dos partes, **base** y **tapa**, ambas **sin perforar**.

Para realizar los agujeros necesarios hay que utilizar una **taladradora**, varias **brocas** y una **regla**. Para simplificar este trabajo hemos reproducido varios **esquemas** con las medidas correspondientes a las **cotas**.

En primer lugar hay que realizar **4 agujeros** en la **tapa**: **2 de 12 mm** para los conectores **RCA** de **salida BF** (ver Fig.11) y **2 de 5 mm** en un lateral para los bornes de conexión de la **lámina** que hace las funciones de **antena de volumen** (ver Fig.12). Mirando la tapa desde **atrás** los agujeros se han de realizar en el lado **derecho**.

A continuación hay que **agrandar** con una broca de **3,5 mm** los cuatro agujeros sobre los que se atornilla el panel.

La **base** del mueble se perfora en su parte **posterior**, junto al hueco para el portapilas. Para el conector de **alimentación** hay que realizar un agujero de **8 mm** y, a su lado, una **apertura rectangular** para el **interruptor** de encendido (ver Fig.13).

Ahora hay que montar los elementos en el mueble: El **conector** para la entrada de **9-12 voltios**, el **interruptor** de encendido y los **dos bornes** para la **lámina** (antena) de volumen, no es necesario su aislamiento ya que el mueble es de plástico.

Después de fijar al impreso, en sus cuatro agujeros correspondientes, las **torrecillas metálicas separadoras**, hay que encajar el circuito impreso de forma que los conectores RCA de **salida BF** sobresalgan por los agujeros situados en el reverso de la tapa. El circuito se fija al panel mediante cuatro tornillos, que además forman parte de la decoración del mueble.

Llegado este punto ya se pueden instalar los **cuatro mandos** en los ejes de los **potenciómetros**.

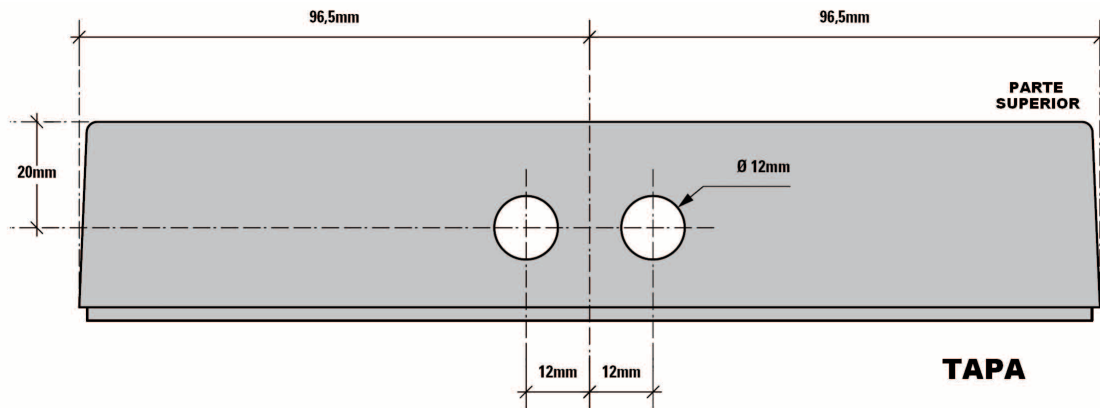


Fig.11 El mueble de plástico que hemos elegido para alojar el circuito impreso del theremin no está perforado. Para hacer las perforaciones de forma sencilla aquí se reproducen las cotas de los agujeros circulares para los conectores RCA de salida BF. Han de realizarse en el reverso de la tapa con una broca de 12 mm.

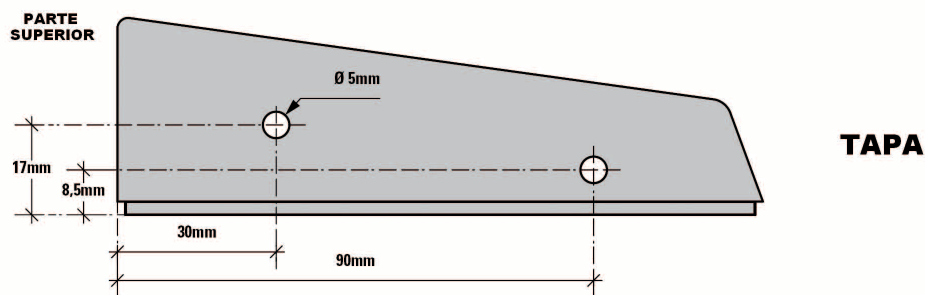


Fig.12 Mirando la tapa frontalmente, con la parte baja apoyada sobre la superficie de trabajo, hay que realizar en el lado izquierdo dos pequeños agujeros circulares del mismo diámetro, pero a alturas diferentes. En estos agujeros se montan dos pequeños bornes que no es necesario aislar ya que el mueble es de plástico.

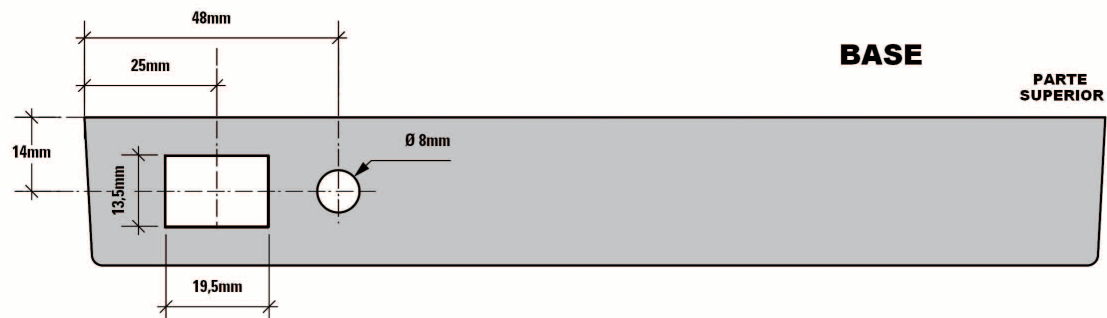


Fig.13 Para completar el trabajo hay que realizar dos agujeros en el reverso de la base del mueble junto al hueco reservado para el portapilas, uno circular de 8 mm de diámetro y uno rectangular de 13,5 mm de altura y 19,5 mm de ancho. En la imagen se muestran todas las cotas necesarias para realizar estos agujeros.

BIOGRAFÍA de THEREMIN

Aunque ha pasado a la historia como **Leon Theremin**, el inventor del primer instrumento musical electrónico se llamó en realidad **Lev Sergeyevich Termen**. Nació en **San Petersburgo** en **1896**. Desde joven estudió con gran pasión el mundo de la música y de la electricidad.

Alrededor del **1918**, mientras realizaba experimentos para el **ejército** sobre sistemas de transmisión de radio, amplificadores y osciladores con válvulas termiónicas (de reciente invención) se percató de que acercando y alejando las manos del circuito se ocasionaba un silbido que variaba de frecuencia.

Este hombre genial, que poseía una capacidad intuitiva y una imaginación poco comunes, tuvo mucha curiosidad por este fenómeno, lo que le motivó a observarlo y a estudiarlo hasta que logró realizar un instrumento musical, al que puso el nombre de **eterófono**.

En unos pocos años perfeccionó su invención y comenzó a proponerla en círculos musicales, de hecho también fue violonchelista. Después de despertar un creciente interés **Lenin** le propuso realizar una gira por **Europa**, probablemente para difundir el ingenio de los nuevos soviéticos. Termen partió hacia las capitales europeas: Berlín, Londres, París ... cosechó un enorme éxito.

La vida de Lev dio un giro decisivo cuando llegó a Nueva York en **1928**. Después de presentar el instrumento a un selecto círculo de músicos y magnates empezó a trabajar activamente fundando su propia empresa, organizando conciertos, perfeccionando e inventando variantes al eterófono. Tanto él como su instrumento cambiaron al nombre de Theremin.

Sin duda un hecho trascendental en su vida fue el encuentro con una joven compatriota, **Clara Reiseumberg** (posteriormente conocida como **Clara Rockmore**), que se convertiría en la mejor intérprete de todos los tiempos del theremin. Leon concedió a **RCA** la licencia de comercialización del theremin. El instrumento no tuvo el éxito esperado a causa de su dificultad de uso y de la fuerte crisis mundial debida al derrumbamiento de Wall Street.

Mientras tanto la mente genial de Leon concibió otras invenciones: El **theremin-chelo**, una especie de violonchelo electrónico, el **rithmycon**, un generador de ritmos, el **terpsitone**, ins-

trumento mediante el cual un bailarín es capaz de generar música al moverse, y varios **dispositivos de alarma**. Su empresa, **Teletouch**, creció rápidamente convirtiéndolo en millonario. A mitad de los años treinta se separó de su primera mujer y se casó con una bailarina de color, creando cierto escándalo en los círculos exclusivos de los que formaba parte.

Su carrera se interrumpió en **1938** cuando desapareció de repente sin dejar señales. Desde aquel momento su vida está envuelta en el misterio. Nunca se aclaró si fue secuestrado por el **NKVD** (la **KGB** de aquellos tiempos) o si se fue voluntariamente de Estados Unidos. El hecho es que reapareció en su patria internado en un campo de trabajo.

Años después fue rehabilitado gracias a inventos revolucionarios para el campo del espionaje, como el **micrófono oculto** para las interceptar conversaciones a **distancia**.

Algunos colaboradores opinan que Leon trabajó para los servicios de **espionaje soviéticos** en los primeros años veinte y que fue mandado en los Estados Unidos con el objetivo de obtener secretos ... Nunca se supo si esta teoría fue real o no.

Una vez que terminó, la forzosa o voluntaria colaboración con los servicios secretos, en **1966** empezó a trabajar a la **universidad de Moscú** dedicándose a la verdadera pasión de su vida, el theremin. Estudió nuevos modelos, algunos polifónicos, de los que desafortunadamente no queda nada.

En **1991**, después de que en el mundo occidental se le daba por muerto, volvió a **Estados Unidos** a visitar a sus antiguos amigos y a Clara. **Murió** dos años después, en **1993**, a la edad de 97 años.

Incluso hoy su vida está rodeada por un halo de misterio. Hay quien le describe como uno de los mejores espías soviéticos, otros piensan que fue una de las mayores víctimas del régimen.

A nosotros nos gusta recordarlo como un hombre extraordinariamente inteligente, un incansable experimentador, un inventor ... en resumen un verdadero **científico** que supo combinar sus conocimientos académicos y una gran pasión por la música, abriendo el camino a los **instrumentos musicales electrónicos**.

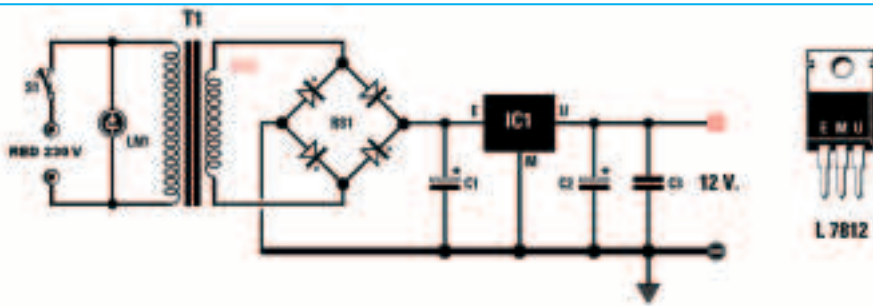


Fig.14 Esquema eléctrico del alimentador de 12 voltios LX.92. También se muestran las conexiones, vistas frontalmente, del integrado estabilizador de tensión L.7812. Las referencias E-M-U identifican los terminales de Entrada - Masa - Salida.

Es el momento de **conectorizar** los terminales de los componentes instalados en el mueble a los terminales tipo pin correspondientes del circuito impreso. Para realizar estas conexiones hay que seguir las indicaciones mostradas en el esquema de montaje práctico (Fig.8).

Ya solo queda soldar **dos terminales macho** a la **lámina** que hace las funciones de antena de volumen (Ver Fig.17), una vez instalados ya se puede conectar la lámina a los bornes del

mueble. Después hay que **atornillar** la **antena pitch** al circuito impreso.

De momento no hay que **cerrar el mueble** ya que queda por realizar el **ajuste** del instrumento.

AJUSTE

El ajuste del instrumento consiste en **regular** adecuadamente las **tres MF**, para lo cual es necesario conectar a las tomas de **salida BF** del theremin un **amplificador**.

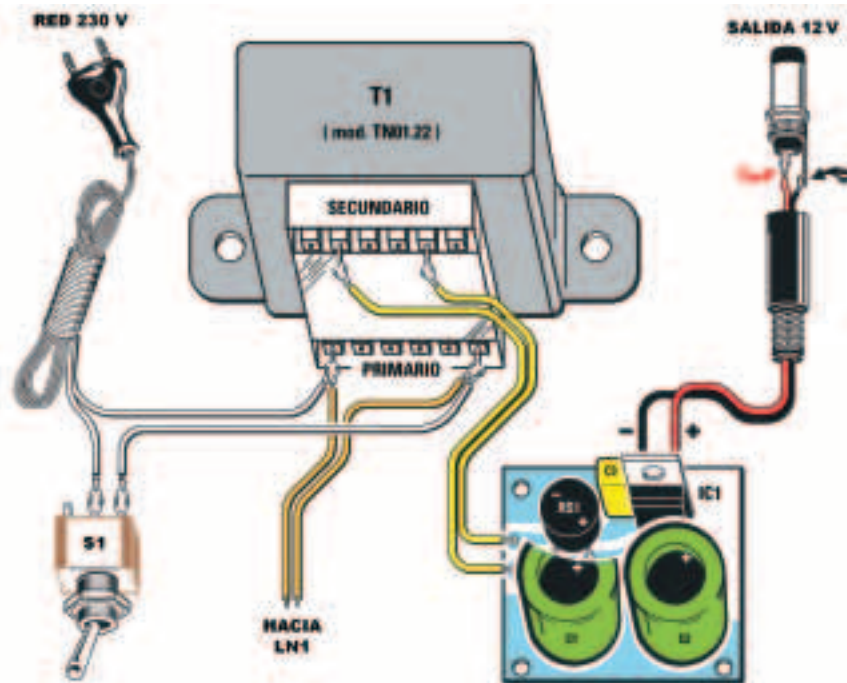


Fig.15 Esquema práctico de montaje del alimentador de 12 voltios LX.92. Si se utiliza este circuito para alimentar el theremin es aconsejable instalarlo en un mueble contenedor.

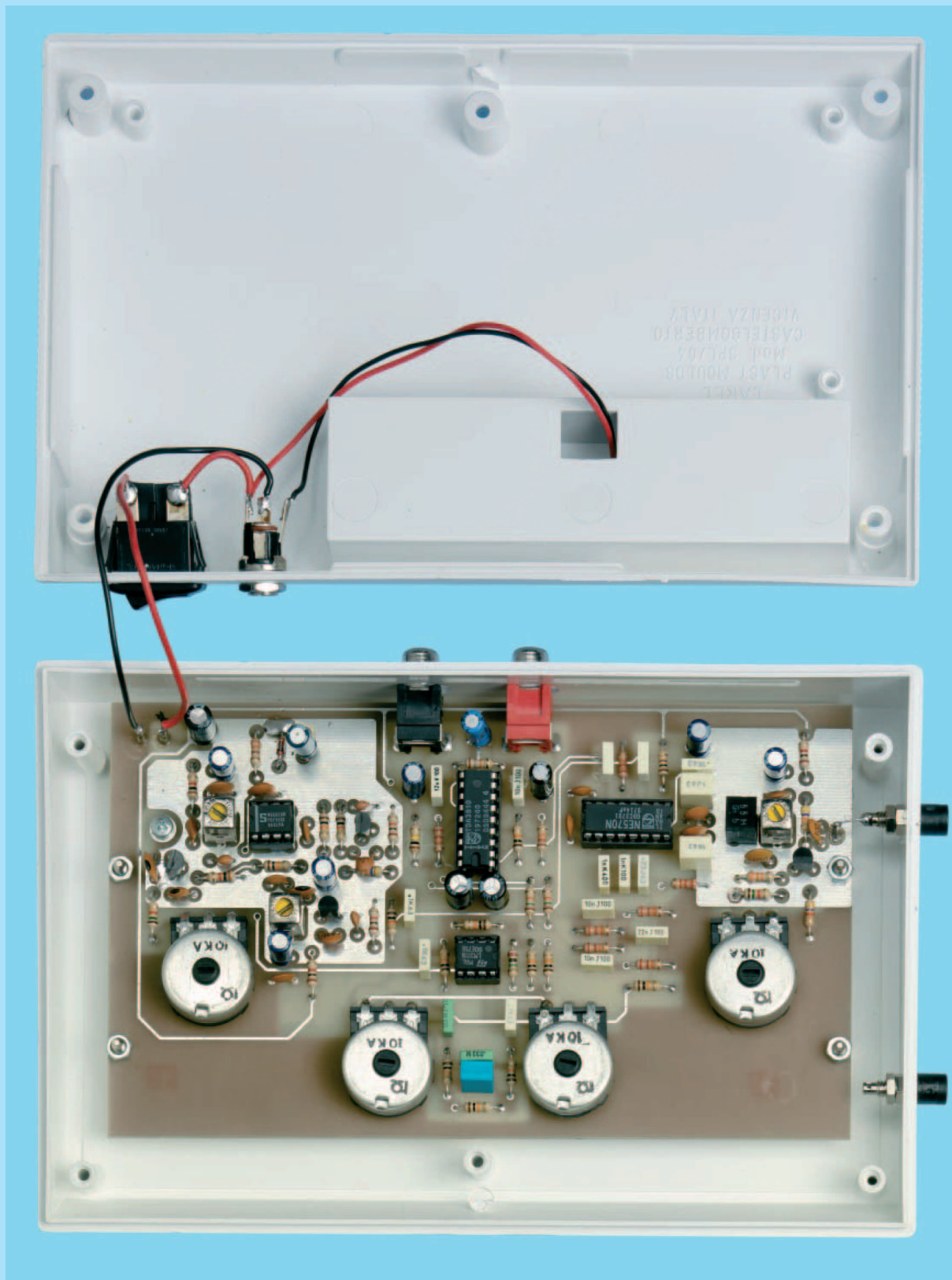


Fig.16 Fotografía del circuito impreso instalado en el mueble contenedor. Antes de cerrar el mueble hay que ajustar las tres MF con el procedimiento descrito en el artículo. Recordamos que para obtener un ajuste adecuado el instrumento tiene que estar situado lejos de eventuales masas metálicas.

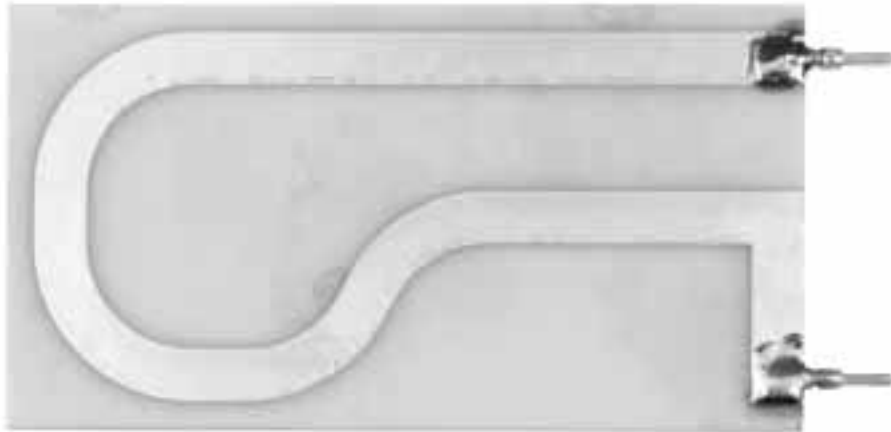


Fig.17 La antena para el control del volumen consiste en un circuito impreso con una pista en forma de lazo. Como siempre esta fotografía corresponde al prototipo, la placa del kit incluye barniz protector y serigrafía. En las dos hendiduras de la parte derecha hay que soldar dos pequeños terminales, que posteriormente se conectan a los bornes montados en la tapa (Fig.18). Solo uno de los terminales se conecta eléctricamente al circuito impreso, el segundo solo sirve de soporte.

Obviamente también hay que alimentar el instrumento mediante la **pila de 9 voltios** o bien mediante un alimentador, como el **LX.92**. Si se utiliza un **alimentador comercial** hay que verificar que la conexión de alimentación sea como la mostrada en la Fig.15.

Las operaciones de ajuste son bastante sencillas. Lo más importante a tener en cuenta es mantener el instrumento a **distancia de masas metálicas**.

En primer lugar hay que desplegar completamente la **antena vertical (pitch)** y ajustar a **medio recorrido** los cursores de los potenciómetros **R1** y **R24**.

A continuación hay que **atornillar** hasta el **final**, pero sin forzarlos, los núcleos de las **tres MF**. Una vez realizada esta operación hay que **desatornillarlos** aproximadamente **media vuelta** (la posición no es crítica).

En este punto se ha de percibir en el altavoz una **nota** de BF. En caso de no escuchar nada hay que actuar sobre el núcleo de **MF3** para aumentar el volumen de salida.

Teniendo cuidado para **no** entrar con las manos, o con el cuerpo, en el campo electromagnético que circunda la antena **pitch** hay que girar el núcleo de **MF2** de forma que se reduzca la frecuencia de la nota generada hasta que se **anule**. En otras

palabras hay que ajustar el **MF2** para que los dos osciladores generen la **misma frecuencia**.

Escuchando una nota en el altavoz, poniendo la mano cerca de la antena **pitch**, hay que destornillar el núcleo de **MF3** hasta que el volumen de la nota emitida sea mínimo. El ajuste de esta **MF** debe realizarse teniendo cuidado para **no** entrar con las manos, o con el cuerpo, en el campo electromagnético que circunda la lámina (antena) del **volumen**.

Los potenciómetros **R1** y **R24** controlan, respectivamente, los ajustes de **precisión** de la frecuencia del oscilador **pitch** y del **volumen**. Su función es **corregir** eventuales variaciones de frecuencia en los osciladores debidas a variaciones de capacidad o de temperatura.

El potenciómetro **R1** se utiliza para que la **nota** generada quede **anulada**, es decir para que no haya ninguna señal BF en la salida, cuando se **aleja la mano** de la **antena**. El potenciómetro **R24** sirve para corregir las variaciones de **volumen**.

Por fin ya se puede **cerrar** el mueble, utilizando los **5 tornillos** incluidos en el kit.

COMO se TOCA

Como es bien conocido, **Clara Rockmore** es considerada la mejor thereminista de todos los

Fig.18 Fotografía del theremin completamente terminado, incluyendo la antena para el control del volumen (izquierda) y la antena para el control de la altura de la nota (derecha).



tiempos. Sin embargo **no** recibió ninguna **formación** para interpretar un instrumento, en aquel entonces nuevo, sobre el que no existía ningún **método de interpretación**.

Clara desarrolló un **método** que se ha convertido en un **clásico**. No ha habido ningún intérprete de theremin que haya conseguido tanta complicidad con el instrumento, prácticamente una de **simbiosis** entre **instrumento** e **intérprete**.

Fue la primera vez que un instrumento electrónico tenía características reservadas a los **instrumentos clásicos**, la música electrónica había encontrado su primera gran dama. Dado su interés, y como complemento al **Generador theremin LX.1665**, exponemos en esta misma revista, la **traducción revisada** del **método de aprendizaje** original desarrollado por **Clara Rockmore** que, según sus propios deseos, lo puede utilizar **libremente** quien lo desee.

No obstante también los **aficionados** pueden entretenerse **tocando a oído** las melodías de sus piezas preferidas, o simplemente **producir efectos sonoros**.

Ante todo, como **Clara Rockmore** nos recuerda en su método, al comportarse el **cuerpo humano** como un **conductor eléctrico** inmerso en un **campo electromagnético** hay que "sintoni-

zarse" con el instrumento y tener la precaución de que **otras personas no interfieran**.

Ya que cada **movimiento** produce variaciones en la **altura (frecuencia)** de los sonidos, es necesario controlar el movimiento de **todo el cuerpo**, no solo de las manos. **No** es necesaria la **fuerza física** sino **movimientos controlados**.

Como ya hemos explicado la **altura** de las notas depende de la **distancia** entre la **antena Pitch** y la mano **derecha**. Cuanto más **alejada** esté la mano las notas serán **más graves**, en cambio si se **acerca** la mano a la antena las notas serán **más agudas**.

PRECIO de REALIZACIÓN

LX1665: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el **theremin** mostrado en las Figs.8-9, incluyendo circuito impreso, las dos antenas y el **mueble contenedor** de plástico serigrafiado136,55 €

LX1665: Circuito impreso22,10 €

LX.92: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el **alimentador** de **12 voltios** mostrado en la Fig.15, incluyendo el circuito impreso y el transformador de 5 vatios **TN01.22**18,15 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.