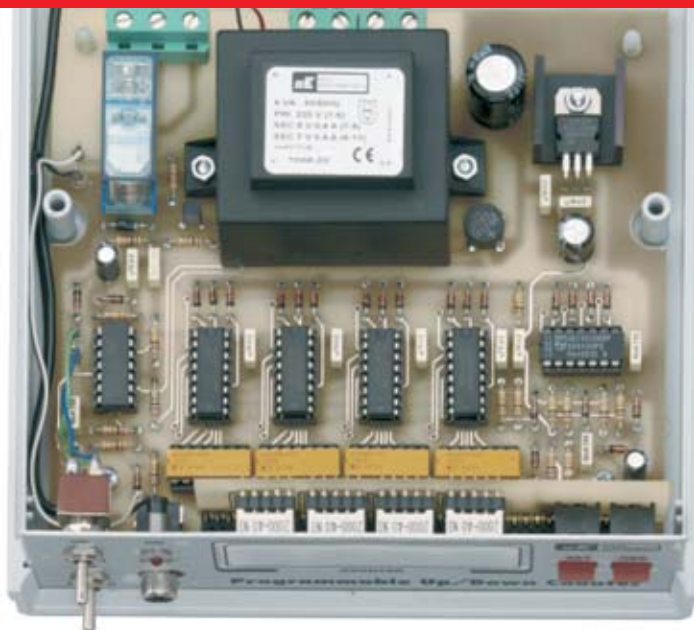


ELECTRÓNICA

NUEVA

Nuevo CONTADOR programable UP/DOWN



FUNDAMENTOS
de AUDIO DIGITAL

CONVERTIDOR de 20 MHz a 100
MHz para OSCILOSCOPIO

PROGRAMACIÓN
con
microcontroladores
ST7 LITE 09



LOS MONTAJES MÁS POPULARES

ESTROBOSCOPIO PARA AUTO Y MOTO
TEMPORIZADOR PARA TIEMPOS LARGOS
CONVERTIDOR MONO/ESTÉREO



DIRECCIÓN

C/ Ferraz, 37
Teléf: (91) 542 73 80
Fax: (91) 559 94 17
MADRID 28008

DIRECTOR EDITORIAL:

Eugenio Pérez Martín

Diseño Gráfico:

Paloma López Durán

Redactor:

Roberto Quirós García

SERVICIO TÉCNICO

Lunes y Miércoles de 17 a 20 h.

Tel f.: 91 542 73 80

Fax: 91 559 94 17

Correo Electrónico:

tecnico@nuevaelectronica.com

SUSCRIPCIONES

CONSULTAS

PEDIDOS

Tel f.: 91 542 73 80

Fax: 91 559 94 17

Correo Electrónico:

comercial@nuevaelectronica.com

PAGINA WEB:

www.nuevaelectronica.com

FOTOMECÁNICA:

Videlec S.L.

Tel f.:(91) 375 02 70

IMPRESIÓN:

IBERGRAPHI 2002

C/ Mar Tirreno 7

San Fernando de Henares - Madrid

DISTRIBUCIÓN:

Coedis, S.A.

Tel f.:(93) 680 03 60

MOLINS DE REI

(Barcelona)

Traducción en Lengua

española de la revista

"Nuova Elettronica", Italia.

DIRECTOR GENERAL

Montuschi Giuseppe

DEPÓSITO LEGAL:

M-18437-1983

Suscripción anual	45,60 Euros
Susc. certificada	70,60 Euros.
Europa	73,80 Euros.
América	143,00 Euros.

Cupón de suscripciones y pedidos en página 37.

Nº 253

4,80 Euros. (Incluido I.V.A.)

Canarias, Ceuta y Melilla

4,80 Euros (Incluidos portes)

En este número

Nuevo CONTADOR programable UP/DOWN



Ha llegado el momento de renovar nuestro Contador Programable, dispositivo que permite contabilizar hasta un máximo de 9.999 eventos y actuar sobre elementos externos al finalizar la cuenta. Para su realización no hemos recurrido al omnipresente microcontrolador sino a unos cuantos sencillos componentes discretos que, realizando las mismas funciones, reducen notablemente su coste económico. (LX.1634)pag.4

PROGRAMACIÓN con microcontroladores ST7 LITE 09 (8)



Continuamos el análisis detallado de las instrucciones Assembler para los microprocesadores ST7LITE09 iniciado en la revista N.246 afrontando las instrucciones correspondientes al 2º grupo, en este caso las instrucciones relativas al Puntero de Pila (registro Stack Pointer).pag.15

CONVERTIDOR de 20 MHz a 100 MHz para OSCILOSCOPIO



Quienes poseen un osciloscopio con un ancho de banda de 20 MHz no pueden visualizar señales con frecuencias superiores. Realizando el sencillo y económico accesorio que presentamos en este artículo se podrán visualizar señales incluso algo superiores a 100 MHz. (LX.1633)pag.18

PROYECTOS EN SINTONÍA.....pag.30

CUPÓN DE PEDIDOS Y SUSCRIPCIONESpag.37

FUNDAMENTOS DE AUDIO DIGITALpag.40

CATÁLOGO DE KITSpag.56

LOS MONTAJES MÁS POPULARES

ESTROBOSCOPIO PARA AUTO Y MOTO

El máximo rendimiento de un motor de explosión se obtiene solo si la chispa de la bujía salta cuando el pistón llega al punto muerto superior con un ángulo de anticipación que tenga los grados aconsejados por el fabricante. Este estroboscopio permite saber a qué grados de ángulo de anticipo salta la chispa. (LX.1342)pag.59

TEMPORIZADOR PARA TIEMPOS LARGOS

Cuantas veces hemos buscado un temporizador fiable y preciso que mantenga activado un relé durante varias horas y que se desconecte después automáticamente. Quien tenga esta necesidad puede utilizar el circuito que aquí se presenta. (LX.1352)pag.63

CONVERTIDOR MONO/ESTEREO

Hay muchas personas que disponen de alguna fuente de audio mono y quieren poder disfrutarla en estéreo para una mejor audición. Este circuito permite transformar cualquier señal al mono a estéreo, por tanto se puede utilizar para escuchar en estéreo la TV o el sonido de un instrumento musical. (LX.1391)pag.67

EDITORIAL

Estimados Suscriptores y Lectores:

Ante todo quiero agradecerles la confianza y fidelidad que cada mes depositáis en esta publicación y que por ello vamos a celebrar 23 años en el mercado.

Debido al mantenimiento del precio y a las subidas de materias primas y servicios durante 2 años y medio, nos vemos obligados a incrementar el precio de la revista a partir del mes que viene, pasando a costar 5,25 euros.

Director Editorial

www.nuevaelectronica.com

LX 1634



Nuevo CONTADOR

Ha llegado el momento de renovar nuestro Contador Programable, dispositivo que permite contabilizar hasta un máximo de 9.999 eventos y actuar sobre elementos externos al finalizar la cuenta. Para su realización no hemos recurrido al omnipresente microcontrolador sino a unos cuantos sencillos componentes discretos que, realizando las mismas funciones, reducen notablemente su coste económico.

Hace ya bastante tiempo publicamos un **Contador Programable** hasta 9.999, en concreto el Contador **LX.841** (revista Nº58).

Este contador ha sido adquirido por pequeños **fabricantes** y **artesanos** de sectores muy diversos para **contabilizar automáticamente** el número de **unidades producidas**. De esta forma, con una mínima inversión, sus pequeñas cadenas de montaje están bajo control y sin riesgos de cometer los **errores** y las **aproximaciones** que comporta una contabilización manual. Creemos que ha llegado el momento de **renovar** el dispositivo y hacerlo, si cabe,

más atractivo para todos los lectores que lo demanden.

El planteamiento inicial para realizar actualmente este tipo de dispositivos es utilizar un display LCD, un microprocesador y componentes auxiliares. Esta opción precisa **programar** el **micro**, lo que supone depender de su programación, y además, en este caso, **encarece** el producto final. Por estos motivos hemos optado por un proyecto que utilice pocos y sencillos **componentes discretos**, ofreciendo las **mismas prestaciones**, un **coste menor** y posibilitando **conocer** los **principios de funcionamiento** de este tipo de

circuitos sin necesidad de saber programar microcontroladores.

Como cualquier **contador de eventos** tiene un gran número de **aplicaciones**: Contabilizar las personas que pasan por un lugar determinado, contabilizar los objetos en una cinta transportadora, determinar cuantos coches han entrado en un recinto ... y un sin fin de situaciones más.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Observando el esquema eléctrico reproducido en la Fig.2 se puede apreciar que el Contador Programable se compone de **cuatro** partes:

- Un **display** utilizado para visualizar el número de impulsos contabilizados a la entrada del circuito.
- El sistema de **control y decodificación** para el **display**.
- El **control central**.
- La etapa de **alimentación**.

DISPLAY de VISUALIZACIÓN

La visualización se realiza a través de un display formado por **4 dígitos** de **7 segmentos** que contienen en su interior **diodos LED verdes** con sus correspondientes terminales de conexión.

Los diodos LED que componen la matriz luminosa se denominan **a, b, c, d, e, f, g y dp** (**digital point**). Los **ánodos** de los diodos LED están conectados a los terminales homónimos, mientras que los **cátodos**, que están **unidos entre sí**, están disponibles en los terminales **K (cátodo)**.

La iluminación de un segmento se realiza de forma similar a la de un diodo LED corriente, es decir proporcionando una **tensión positiva** a través de una **resistencia limitadora** de corriente al **ánodo** (en este caso los terminales **a, b, c ...**) mientras que el **cátodo** (terminal **K**) se conecta a **masa** (ver Fig.2).

programable UP/DOWN



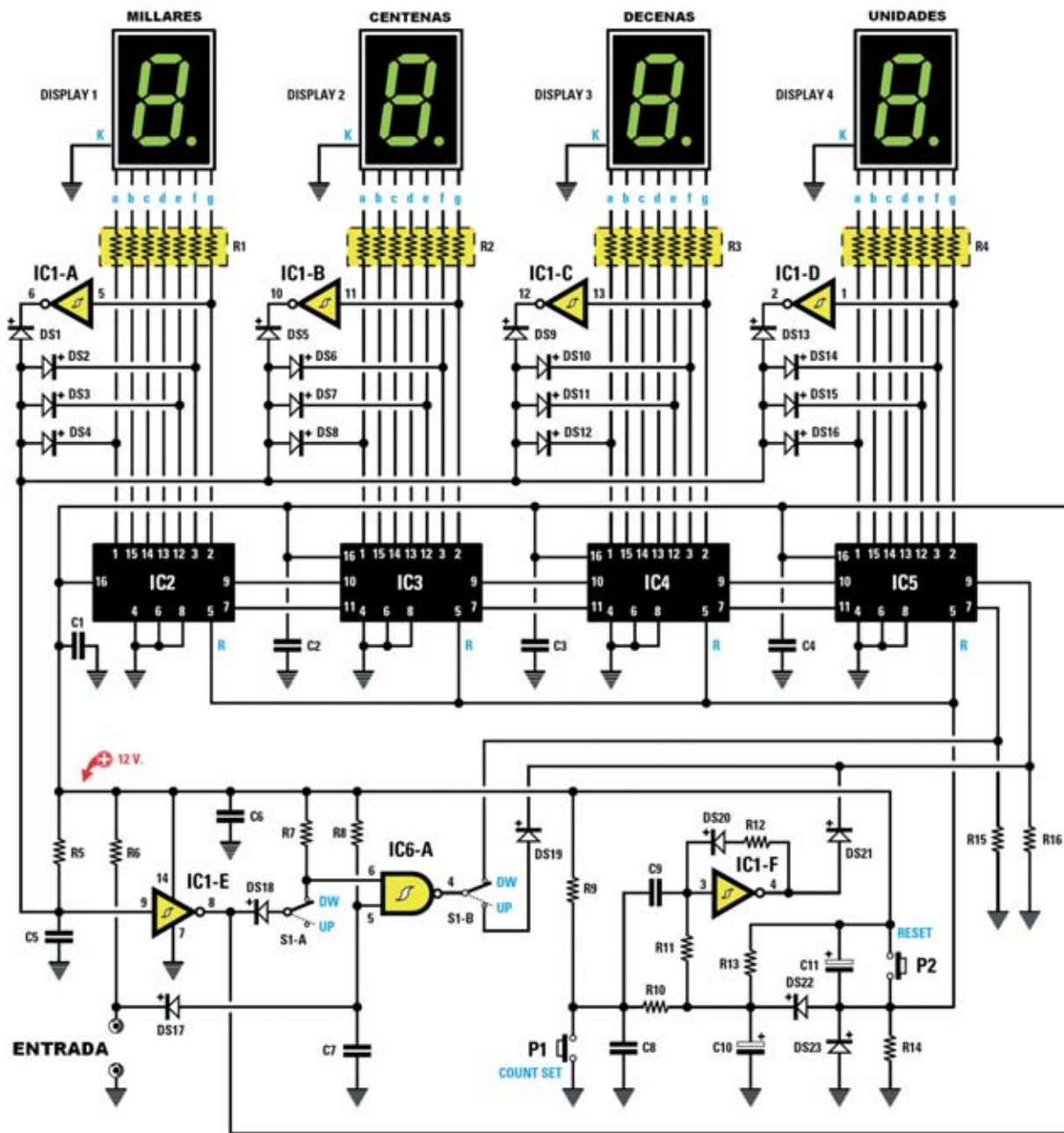
Fig.1. Sin duda una contabilización automatizada es muchísimo más eficaz que una cuenta manual en muchos ámbitos de aplicación al no haber ninguna posibilidad de error en la cuenta y tener en todo momento controlado el número de elementos contabilizados.

CONTROL y DECODIFICACIÓN del DISPLAY

Para controlar cada uno de los segmentos del display para que formen **números** en función de los **impulsos** de entrada se tiene que utilizar una etapa integrada denominada **Contador-Decodificador**. Nuestro circuito utiliza **4** Contadores-Decodificadores (**IC2-IC3-IC4-IC5**), cada uno controla un dígito de 7 segmentos.

Estos integrados contienen en su interior **buffers de potencia** que controlan directamente los **diodos LED** y toda la **lógica necesaria** para realizar **cuentas ascendentes**, **cuentas descendentes** y la **puesta a cero**.

El integrado **CMOS IC5** es el contador-decodificador de las **unidades**, **IC4** es el contador-decodificador de las **decenas**, **IC3** es el contador-decodificador de las **centenas** e **IC2** es el contador-decodificador de los **millares**. Cada integrado dispone de **dos terminales (9 y 7)** que determinan la **dirección** de la cuenta.



LISTA DE COMPONENTES LX.1634-LX.1634/B

R1 a R4 = 820 ohmios (red de resistencias)
 R5 a R9 = 10.000 ohmios
 R10 = 47.000 ohmios
 R11 a R13 = 100.000 ohmios
 R14 a R16 = 10.000 ohmios
 R17 = 330.000 ohmios
 R18 = 100.000 ohmios
 R19 = 100 ohmios
 R20-R21 = 10.000 ohmios
 R22 = 330 ohmios

C1 a C4 = 100.000 pF poliéster
 C5 = 10.000 pF poliéster
 C6 = 100.000 pF poliéster
 C7 = 10.000 pF poliéster
 C8 = 100.000 pF poliéster
 C9 = 10.000 pF poliéster
 C10 a C12 = 10 microF. electrolítico
 C13 = 100.000 pF poliéster
 C14 = 3.300 pF poliéster
 C15 = 100 microF. electrolítico

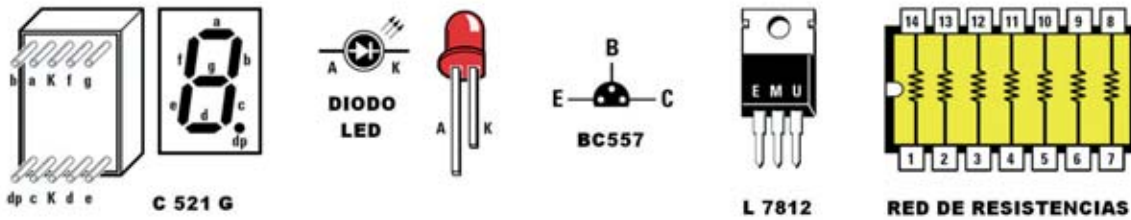
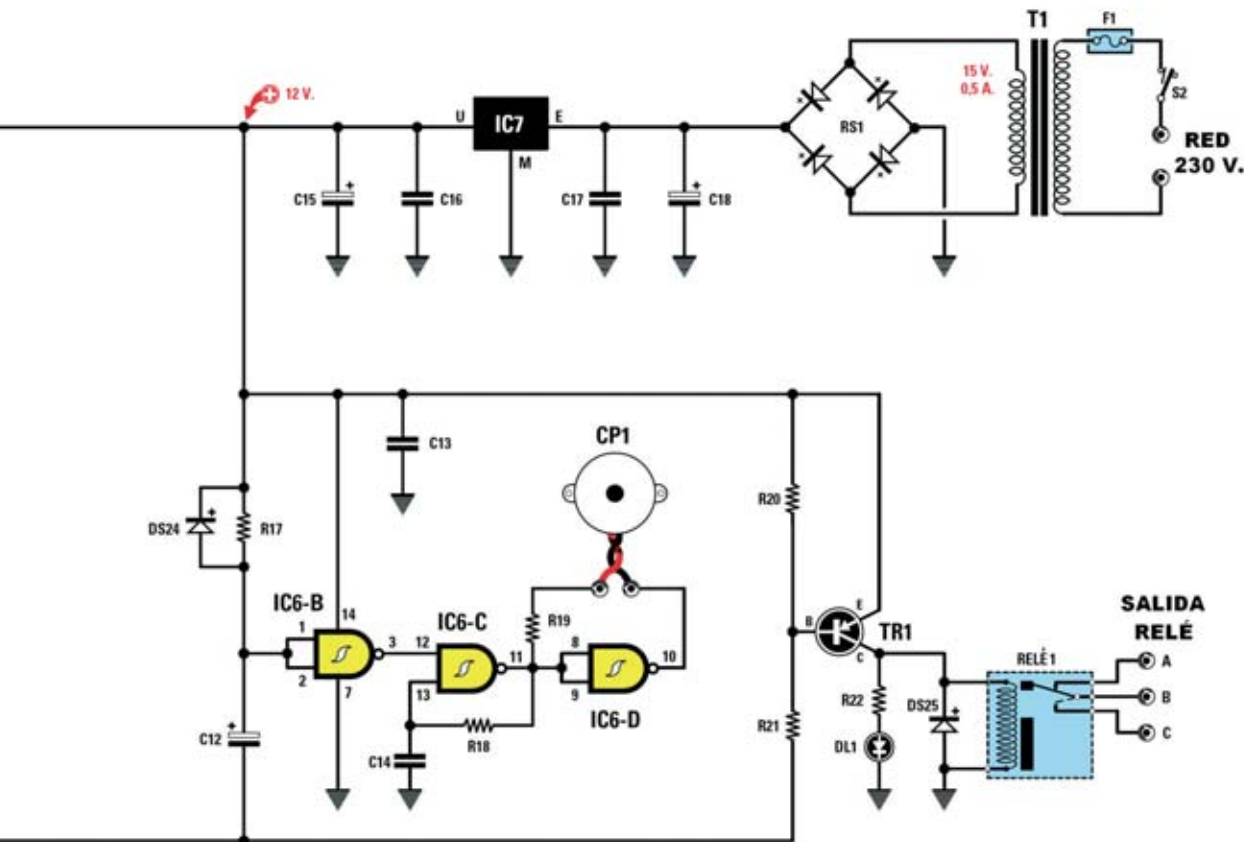


Fig.2 Esquema eléctrico del Contador programable LX.1634 con su correspondiente lista de componentes. También se muestran las conexiones del dígito de 7 segmentos con cátodo común utilizado en el proyecto, las conexiones del transistor PNP BC557, vistas desde abajo, las conexiones del integrado estabilizador L7812, vistas frontalmente, y las conexiones de la red de resistencias, vistas desde arriba.



C16-C17 = 100.000 pF poliéster
 C18 = 2.200 microF. electrolítico
 DS1 a DS24 = Diodos 1N.4148
 DS25 = Diodo 1N.4007
 RS1 = Puente rectificador 100V 1A
 Display 1 a 4 = C521G (cátodo común)
 DL1 = Diodo LED
 TR1 = Transistor PNP BC557
 IC1 = Integrado CMOS 40106
 IC2 a IC5 = Integrado CMOS 40110

IC6 = Integrado CMOS 4093
 IC7 = Integrado L7812
 F1 = Fusible 1A
 T1 = Transformador 6 vatios (T006.02)
 sec.8-15V 400mA
 RELÉ 1 = Relé 12V
 S1 = Doble conmutador
 S2 = Interruptor
 P1-P2 = Pulsadores
 CP1 = Zumbador piezoeléctrico

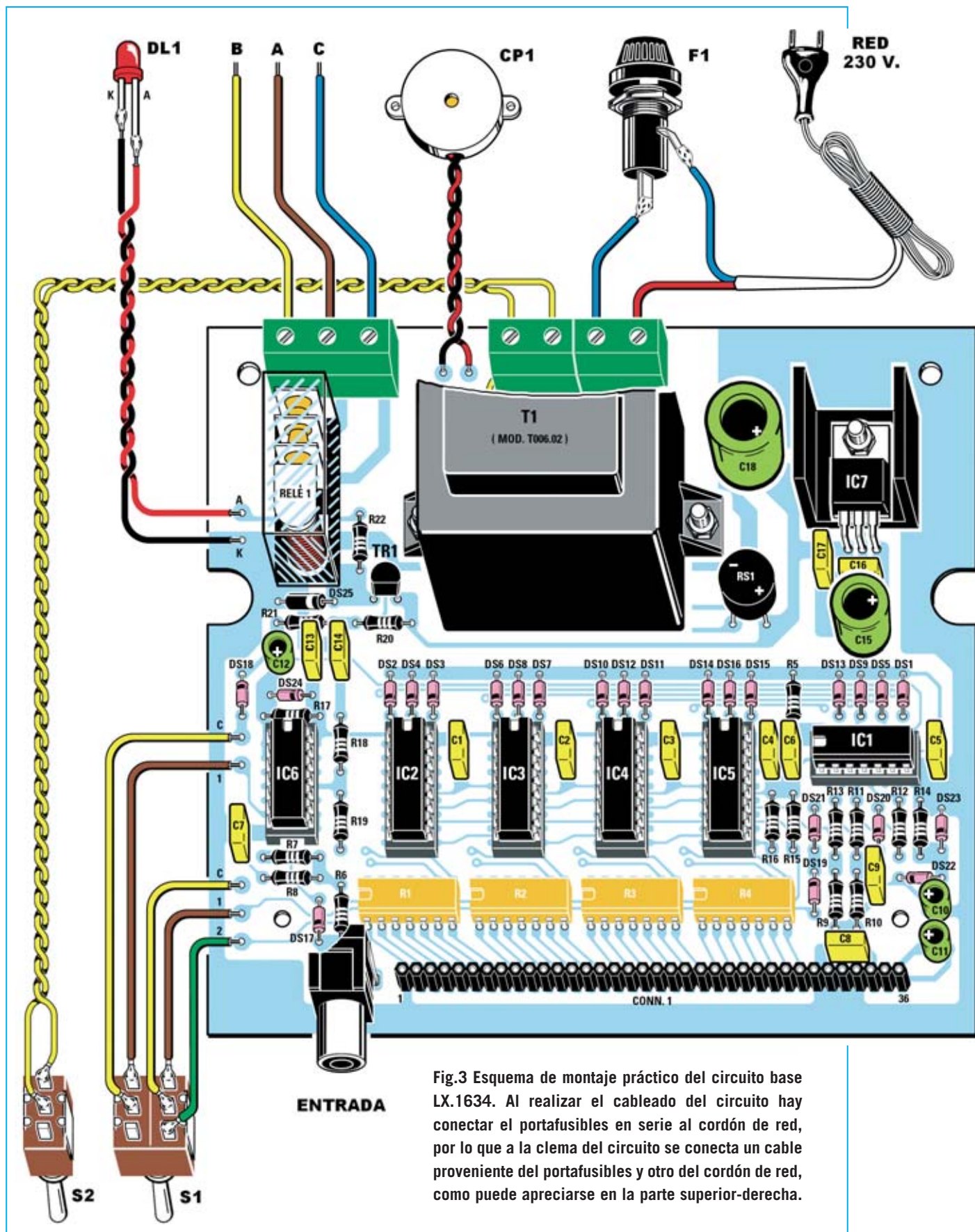


Fig.3 Esquema de montaje práctico del circuito base LX.1634. Al realizar el cableado del circuito hay conectar el portafusibles en serie al cordón de red, por lo que a la clema del circuito se conecta un cable proveniente del portafusibles y otro del cordón de red, como puede apreciarse en la parte superior-derecha.

Si se activa el terminal **UP (9)**, a través del doble conmutador **S1A+S1B**, todos los integrados cuentan hacia **adelante**.

Cuando un contador llega **nuevamente a 0** se activa el **terminal 10**, denominado **CY (CarrY = me llevo 1)**, haciendo que el contador de las cifras superiores, situado a su izquierda en el esquema eléctrico, active su cuenta **UP** (terminal **9**). Sucede algo similar cuando se trabaja con **cuentas decrecientes**, opción seleccionada a través del doble conmutador **S1A+S1B**. Cuando la cuenta llega a **9** la señal **BW** (terminal **11**) hace que el contador de las cifras superiores, situado a la izquierda en el esquema eléctrico, active su cuenta **DOWN** (terminal **7**), **decrementando en 1** su valor.

El Control CENTRAL

Los diodos **DS1** a **DS16** y las puertas **IC1/A** a **IC1/D** forman un circuito lógico que, en cuanto la cuenta llega a la cifra **0000**, a través de **IC1/E** activa un **oscilador de audio**, el **Relé1** y enciende el diodo LED **DL1**.

Presionando el pulsador **P1 (COUNT SET)** y con el conmutador **S1A+S1B** en posición **UP** se fuerza, mediante el terminal **9 (UP)** del integrado **IC5**, a **avanzar** en una unidad. De igual forma, presionando el pulsador **P1** con el conmutador **S1A+S1B** en posición **DW** se fuerza, mediante el

terminal **7 (DOWN)** del integrado **IC5**, a **retroceder** una unidad. Resumiendo, presionando **COUNT SET** avanza o retrocede la cuenta **manualmente** para **programarla** al valor deseado.

Accionando el pulsador **P2 (RESET)** se **ponen a 0** todos los terminales **RESET (5)** de los contadores de **IC2-IC3-IC4-IC5**.

Cuando la cuenta llega a **0000**, bien por **finalizar la cuenta** o bien por presionar el pulsador **RESET**, el **relé se activa** y el **oscilador** formado por **IC6/C-IC6/D** emite un **sonido** cuya frecuencia está determinada por **C14** y cuyo tiempo está determinado por el conjunto formado por **C12-R17**.

NOTA: Si este tiempo de alarma os parece demasiado largo se puede disminuir el valor de **C12**.

ALIMENTACIÓN

El circuito se alimenta con una tensión **continua de 12 voltios**, tensión obtenida a partir de los **15 voltios - 0,5 amperios** en **alterna** proporcionados por el transformador **T1**, posteriormente rectificadas mediante el puente **RS1** y estabilizadas a **12 Voltios** a través del integrado **L7812 (IC7)**.

En serie a la toma de red hemos dispuesto un **fusible de protección**.

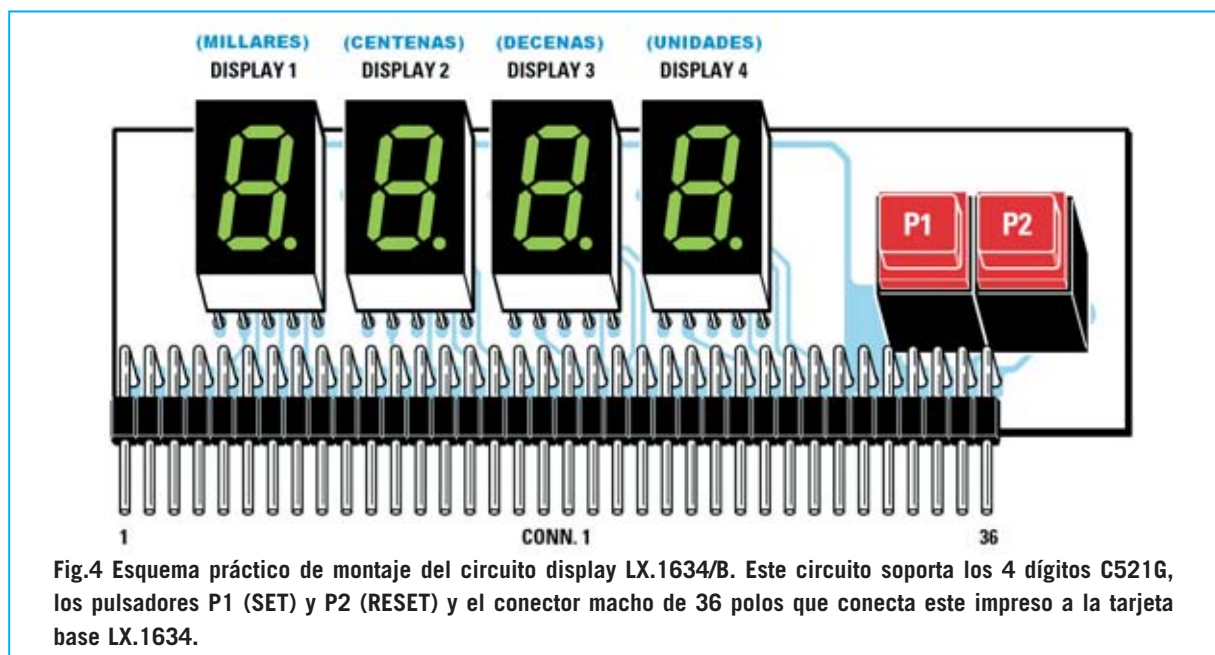


Fig.4 Esquema práctico de montaje del circuito display LX.1634/B. Este circuito soporta los 4 dígitos C521G, los pulsadores P1 (SET) y P2 (RESET) y el conector macho de 36 polos que conecta este impreso a la tarjeta base LX.1634.

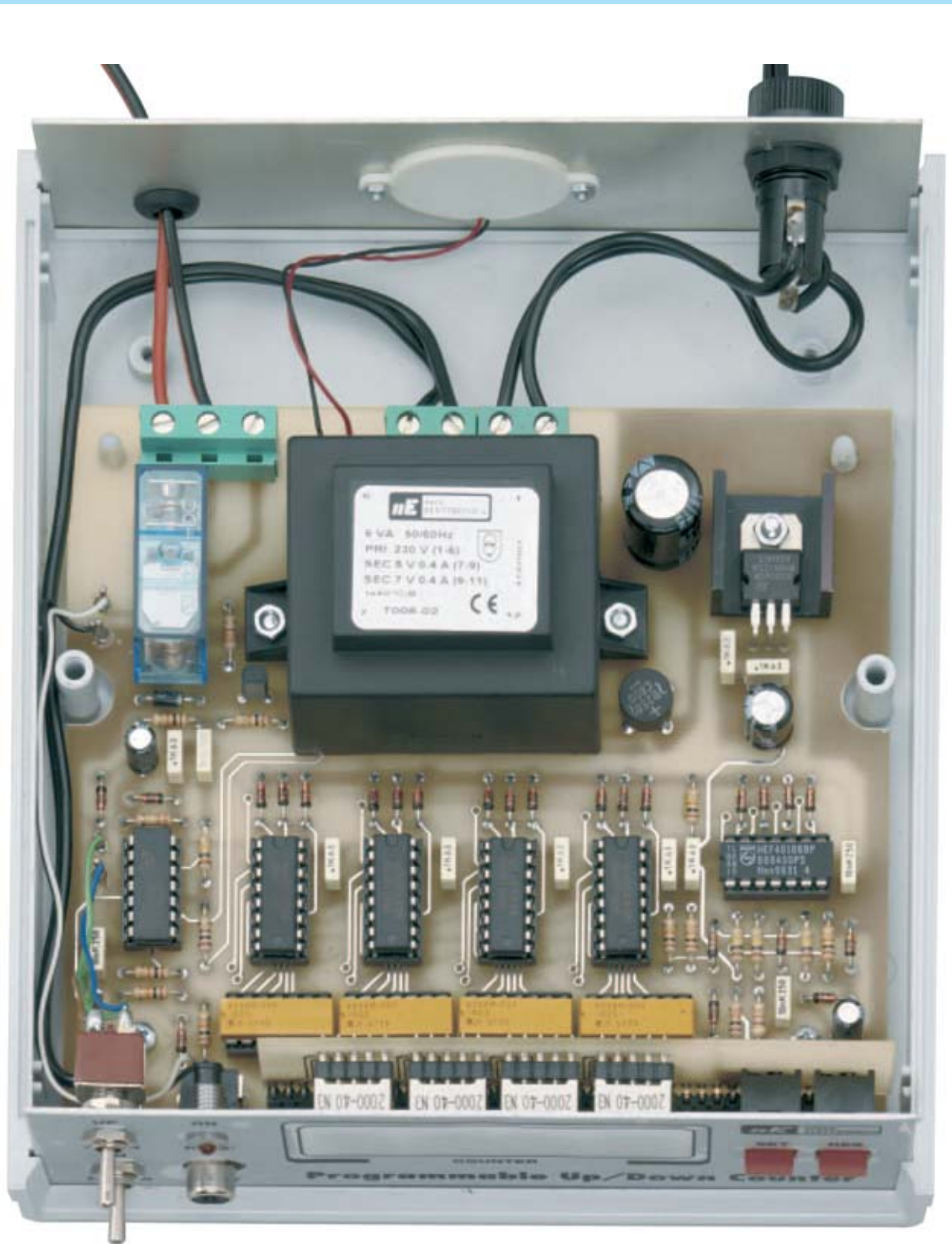


Fig.5 Fotografía de los circuitos impresos montados e instalados dentro del mueble contenedor. El montaje de los circuitos en el mueble es muy sencillo, si bien es aconsejable seguir las indicaciones del texto del artículo.

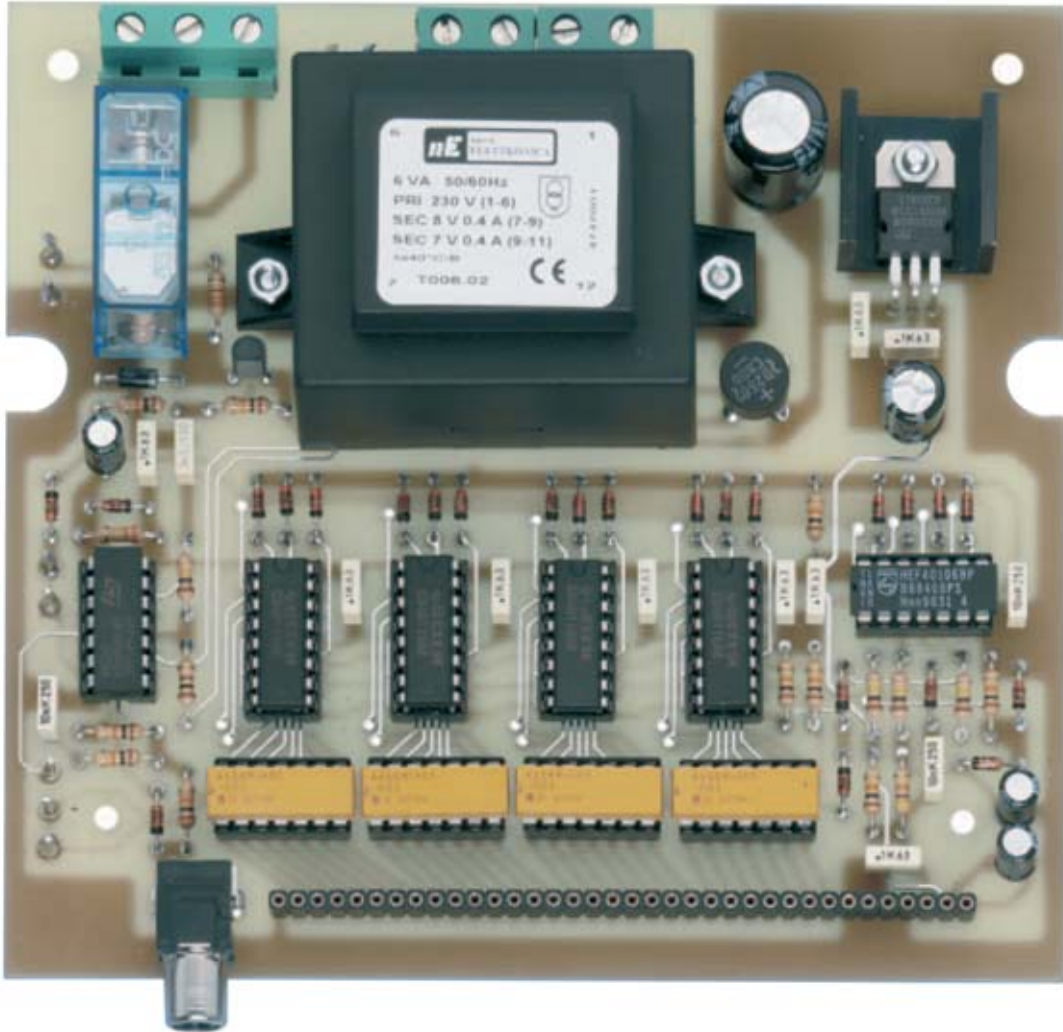
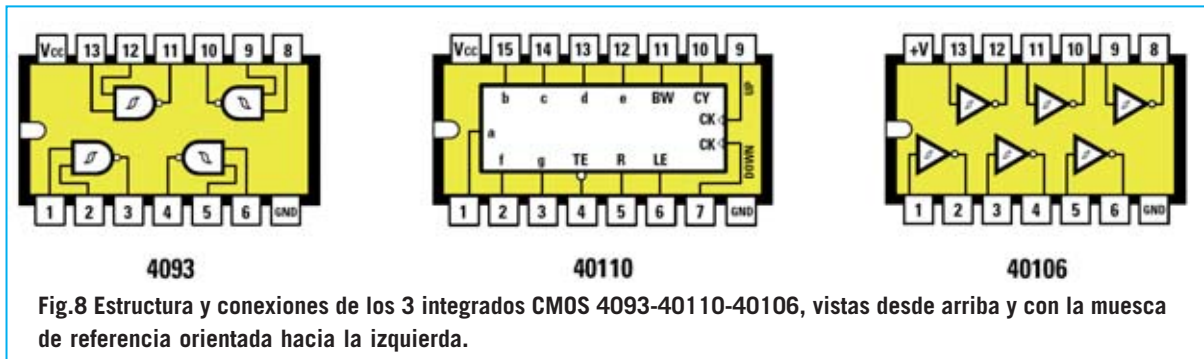


Fig.6 Fotografía del circuito impreso base LX.1634 con todos sus componentes montados. En la parte inferior-izquierda se aprecia claramente el conector RCA de entrada al que se ha de conectar el elemento que activa la cuenta: Focélulas para barreras luminosas, pulsadores, sensores de proximidad o presencia, etc.



Fig.7 Aspecto de la tarjeta display LX.1634/B una vez montados los dígitos de 7 segmentos, los dos pulsadores y el conector macho de 36 polos.



REALIZACIÓN PRÁCTICA

Siguiendo nuestra línea hemos desarrollado el circuito para que todo el mundo pueda montarlo sin ninguna dificultad, incluso los menos experimentados.

Es aconsejable comenzar primero con el montaje del circuito impreso correspondiente a la **etapa del display**, esto es, el **LX.1634/B**. Hay que instalar el **conector de 36 polos** en **L**, los **4 dígitos** de 7 segmentos, respetando la orientación indicada en la serigrafía, y los **2 pulsadores**. A continuación se puede proceder al montaje del circuito impreso base **LX.1634**, comenzando con la instalación de los **zócalos** para **IC1-IC2-IC3-IC4-IC5-IC6**, orientándolos como indica la serigrafía del circuito impreso (ver Fig.3) y sin utilizar mucho estaño para no provocar cortocircuitos entre pistas adyacentes.

Es el momento de instalar todas las **resistencias**, prestando mucha atención en no confundir sus valores, y los **diodos**, respetando la polaridad de sus terminales orientando la franja oscura presente sobre sus cuerpos tal y como se muestra en el esquema de montaje práctico (ver Fig.3).

Ahora se pueden instalar los **condensadores de poliéster** y los **condensadores electrolíticos**, respetando en estos últimos la polaridad de sus terminales +/-.

Las **4 redes de resistencias (R1 a R4)** se instalan directamente en el circuito impreso, evitando utilizar mucho estaño para no provocar cortocircuitos entre pistas adyacentes. Ha llegado el momento de montar el transistor **TR1**, orientando hacia abajo el lado plano de su cuerpo, el puente **RS1**, respetando la polaridad de sus terminales, y el integrado

estabilizador **IC7**, que se ha de instalar sobre su aleta de refrigeración doblando en **L** previamente sus terminales (ver Fig.3).

Ahora se puede proceder a instalar el **relé**, el transformador **T1** y las **3 clemas** utilizadas para realizar las conexiones externas. Como se puede observar la clema de tres polos situada en la parte superior-izquierda corresponde a los **contactos del relé (B-A-C)**, la clema de dos polos situada en el centro corresponde al **interruptor S2** y la clema de 2 polos situada a la derecha corresponde a la conexión de **red** con el fusible **F1** en serie.

En el lado inferior del circuito impreso hay que montar el **conector RCA hembra** utilizado para introducir los impulsos correspondientes a los eventos a contabilizar, el **conector hembra de 36 polos** utilizado para conectar el circuito impreso base (**LX.1634**) con el circuito impreso del display (**LX.1643/B**) y la cápsula piezoeléctrica **CP1**.

En los agujeros todavía no utilizados hay que montar los **terminales tipo pin** incluidos en el kit para posteriormente conectar los elementos externos al circuito impreso.

El montaje del circuito impreso concluye con la instalación, en sus zócalos correspondientes, de los **integrados IC1-IC2-IC3-IC4-IC5-IC6**, orientando sus muescas de referencia como se muestra en el esquema práctico de montaje (ver Fig.3).

Una vez concluida la instalación de los componentes del circuito impreso hay que conectar el **diodo LED** al circuito impreso mediante dos cables con una longitud adecuada para su instalación en el panel frontal (ver Fig.3).

Una operativa similar requiere la instalación del **conmutador S1**, teniendo mucho cuidado en respetar la disposición de los cables tal y como se indica en el esquema de montaje práctico.

MONTAJE en el MUEBLE

El mueble contenedor **MO.1634** ha sido diseñado específicamente, incluyendo un panel frontal perforado y serigrafiado, para alojar los dos circuitos impresos.

En primer lugar hay que conectar las dos tarjetas entre sí, fijando perpendicularmente la tarjeta del display sobre la tarjeta base a través de los **conectores de 36 polos** (ver Fig.5).

El **panel frontal** se ha de poner sobre el impreso del display haciendo que sobresalgan, por los agujeros correspondientes, el pulsador **SET**, el pulsador **RESET (RES)** y el conector **RCA** de entrada (**INPUT**).

A continuación ya se puede instalar el **panel frontal** en el mueble y fijar el circuito impreso **LX.1634** en la base del mueble utilizando dos **separadores de plástico** con base autoadhesiva y dos **tornillos metálicos**.

En la parte izquierda del panel frontal hay que fijar el **conmutador S2 (UP/DOWN)** y el

interruptor S1 (ON/OFF) a través de sus propias tuercas.

El **diodo LED** se instala en el panel frontal, fijando previamente el **portaled metálico** que lo aloja.

El **panel trasero** ya tiene realizados los agujeros necesarios. Hay que instalar el **portafusibles**, utilizando su propia tuerca, y la **cápsula piezoeléctrica**, mediante dos tornillos.

La última operación consiste en realizar el **cableado** de los elementos que se conectan a las **clemas del circuito impreso**. Una vez realizada esta operación se puede pasar a la última fase, la **prueba** del circuito.

ENCENDIDO y PRUEBA

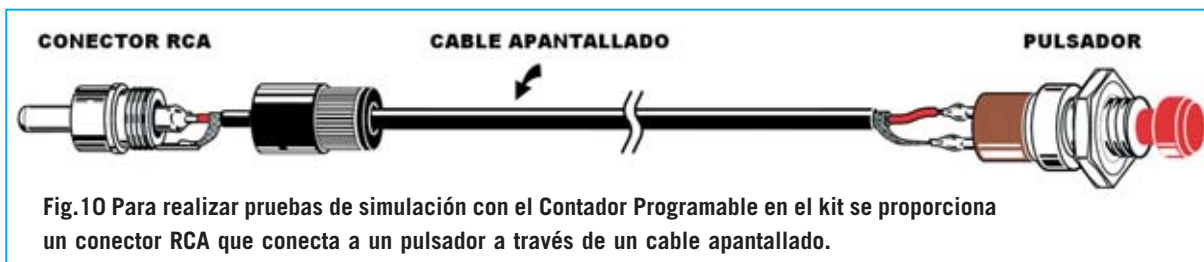
Con el **interruptor S1** en posición **OFF** hay que instalar un **fusible** en el portafusibles, conectar la toma de red a un enchufe y mover **S1** a **ON**.

ATENCIÓN: Puesto que el circuito trabaja a **230 Voltios** es aconsejable realizar las siguientes operaciones con el **mueble contenedor cerrado**.

Al encender el dispositivo sonará un **pitido** durante **5 segundos**. El diodo **LED rojo** se ha de **encender**, el **relé** conmuta y se visualiza la cifra **0000** en el **display**.



Fig.9 Fotografía del mueble tomada por la parte trasera. Como se puede observar, en la parte izquierda se encuentra el portafusibles y el cordón de alimentación, en la parte central se encuentra el zumbador y en la parte derecha el cable conectado al relé.



NOTA: Si **no** se dan las condiciones anteriormente expuestas hay que **verificar** las **soldaduras** prestando mucha atención a los dígitos del display, conectores, redes de resistencias y circuitos integrados.

Ahora hay que presionar el pulsador **SET**. La **cuenta** ha de **avanzar** y el diodo **LED rojo** se tiene que **apagar**.

Por último hay que probar a presionar el pulsador **RESET (RES)**. En cuanto se presione el **display** pasará inmediatamente a **0000**, se oirá el **pitido** de alarma durante **5 segundos** y la conmutación del **relé**.

Realizar un SIMULADOR de EVENTOS

Para comenzar a experimentar con el **Contador LX.1634** sugerimos realizar un simulador de eventos, siguiendo las sencillas explicaciones que detallamos a continuación.

En el kit se incluyen un **conector RCA macho**, un pequeño trozo de **cable apantallado** y un **pulsador**. Hay que conectar estos tres elementos siguiendo las indicaciones mostradas en la Fig.10 para montar el **dispositivo de simulación**.

A continuación hay que enchufar el conector **RCA macho** en el conector **RCA hembra** del panel frontal del **Contador (INPUT)**.

Ahora hay que pulsar la tecla **SET** hasta que el Contador alcance el número **0010**. Si los números avanzan quiere decir que el conmutador **S1** está en posición **UP**. Es posible que descendan en lugar de avanzar, lo que quiere decir que hay que **girar 180 grados** el conmutador ya que está montado al revés sobre el panel frontal.

Una vez verificada, y en su caso corregida, la posición del conmutador **S1** hay que ponerlo

en posición **DOWN** y presionar el pulsador del simulador hasta que el contador llegue a **0000**.

Cuando la cuenta llega a **0000** la cápsula piezoeléctrica **pitará** durante **5 segundos**, se encenderá el **diodo LED** y se disparará el **relé**.

Esta es la mecánica general de utilización: Hay que **programar** con **SET** el número de **eventos a contabilizar** y utilizar un **sensor** que dispare la cuenta. En este caso hemos utilizado un **pulsador**, pero se pueden utilizar igualmente **fotocélulas** para barreras luminosas, **detectores de proximidad**, etc.

Además, hay que tener presente que al finalizar la cuenta se activa un **relé** que permite gobernar automáticamente **cualquier dispositivo** completamente aislado del circuito, como por ejemplo **motores, sirenas**, etc.

Sin duda la **sencillez** y **flexibilidad** de este dispositivo lo hacen idóneo para un gran número de situaciones.

PRECIO DE REALIZACIÓN

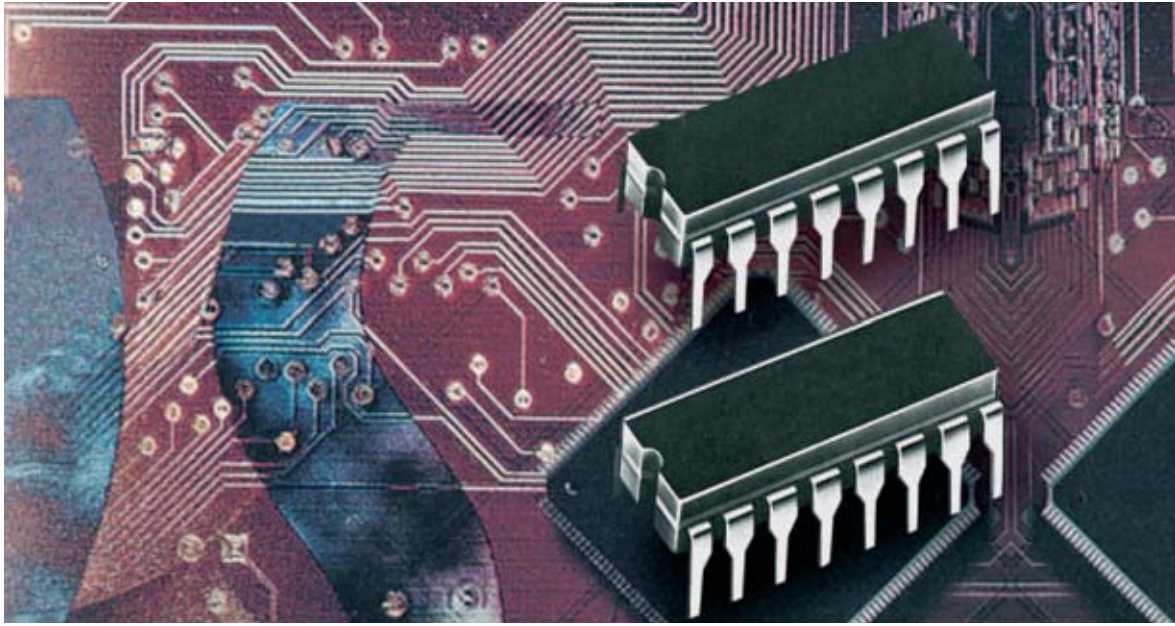
LX.1634: Precio de todos los componentes necesarios para la realización de la **tarjeta base** del Contador Programable (**LX.1634**) y de la **tarjeta display (LX.1634/B)**, incluyendo circuitos impresos, además del conector **RCA** y el pulsador para realizar el simulador de acontecimientos (ver Fig.10)103,70 €

MO.1634: Precio del mueble con los paneles perforados y serigrafiados (ver fotografía de cabecera y Fig.9)24,40 €

LX.1634: Circuito impreso22,50 €

LX.1634/B: Circuito impreso4,45 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.



Programación con microcontroladores **ST7 LITE 09 (8)**

Continuamos el análisis detallado de las instrucciones Assembler para los microprocesadores ST7LITE09 iniciado en la revista N.246 afrontando las instrucciones correspondientes al 2° grupo, en este caso las instrucciones relativas al Puntero de Pila (registro Stack Pointer).

El contenido de este artículo aborda las instrucciones que en la presentación preliminar del conjunto de instrucciones (revista N°246) corresponden al **segundo grupo**. Se trata de las instrucciones **Pop**, **Push** y **Rsp**, pertenecientes al mismo grupo al realizar todas operaciones sobre el **registro** que **apunta** a la **Pila (Stack Pointer)**. Para dominar completamente estas instrucciones aconsejamos leer el artículo dedicado a la gestión del **Puntero de Pila** publicado en la revista N°233, ya que trata en detalle el funcionamiento de la **Pila (Stack)** ilustrado con varios ejemplos. En este artículo, correspondiente a la serie dedicada al conjunto de instrucciones, se analiza la **sintaxis** de las instrucciones, incluyendo también algunos **ejemplos**.

EJEMPLOS para el 2° GRUPO de INSTRUCCIONES

La primera instrucción de cualquier programa ha de ser la instrucción **rsp**. Con esta instrucción el **Puntero de Pila (registro Stack Pointer)** se inicializa apuntando al valor más alto de la **Pila**, es decir a la dirección **FFh**.

St7_main

rsp

NOTA: El término **main**, que significa **principal** en inglés, define el cuerpo principal del programa, como por ejemplo la rutina inicial.

Vamos a analizar las instrucciones **push** y **pop** en uno de sus usos más habituales: **Guardar** el estado de los **Flags** de **Condition Code** antes de ejecutar una **rutina** que afecta a los

Flags y restaurarlos al estado previo después de la ejecución de la rutina.

```

sub    a,VARBL1
.....
push  CC
ld    a,VARBL2
ld    VARBL1,a
pop   CC
.....
jreq  labzer

```

Con la primera instrucción el valor contenido en la variable **VARBL1** es restado del **acumulador (A)** y el resultado se almacena en **A**. En base al resultado los **Flags N-Z-C** del registro **Condition Code** quedan influenciados. Suponiendo que el valor en **A** sea igual al contenido en **VARBL1**, la diferencia sería **00h** y, por lo tanto, los **Flags** tendrán estos valores:

Flag N=0 - Flag Z=1 - Flag C=0

NOTA: Los detalles sobre los **Flags** del registro **Condition Code** se pueden consultar en la revista **Nº229**.

La instrucción **push CC** salva en la **Pila (Stack Memory)** el valor del registro **Condition Code**, es decir el estado de los **Flags**. Las

instrucciones **ld a,VARBL2** y **ld VARBL1,a** llevan el valor contenido en la variable **VARBL2** a la variable **VARBL1** a través del acumulador. Como hemos expuesto en la revista **Nº246** la instrucción **ld** influencia el **Flag Z** de **Condition Code**.

Si el valor es **igual** a **00h** el **Flag Z** se **activa**, es decir se pone a **1**, mientras que si el valor es **distinto** de **00h** el **Flag Z** **no se activa**, es decir se pone a **0**. Suponiendo que **VARBL2** contiene el valor **0Fh**, después de estas instrucciones también **VARBL1** contendrá el mismo valor y el **Flag Z** se pone a **0**, ya que **0Fh** es distinto de **00h**. Los **Flags** quedan actualizados con los siguientes valores:

Flag N=0 - Flag Z=0 - Flag C=0

Con la instrucción **pop CC** se restablecen en **Condition Code** los valores anteriormente salvados en la **Pila**. En nuestro caso los **Flags** de **Condition Code** vuelven a tomar los siguientes valores:

Flag N=0 - Flag Z=1 - Flag C=0

La última instrucción (**jreq labzer**) provoca el **salto** a la instrucción con etiqueta **labzer**, ya que el **Flag Z** es igual a **1**.

2º GRUPO INSTRUCCIONES de PILA (PUSH - POP - RSP)

PUSH (Introducir en la Pila)

Esta instrucción **salva** el valor del registro destino en la **Pila** y **decrementa** en **1** el **Puntero de Pila** (registro **Stack Pointer**). La **sintaxis** de la instrucción es:

push dst

Cuadro Sinóptico

neumo.	dst	H	I	N	Z	C
push	A					
push	B					
push	C					
push	CC					

Donde **dst** es un registro, incluyendo el registro **Condition Code (Flags)**.

push dst						
dst	direccionamiento		op-code		ciclos	bytes
A	inherente		88		3	1
X	inherente		89		3	1
Y	inherente		90	89	4	2
CC	inherente		8A		3	1

Condition Flags

H	I	N	Z	C
no influenciado	no influenciado	no influenciado	no influenciado	no influenciado

NOTA: Los **Flags H-I-N-Z-C** **no son influenciados** directamente por esta instrucción, pero pueden **cambiar** de estado en las instrucciones siguientes.

POP (Extraer de la Pila)

Esta instrucción **recupera** en el registro destino el valor de la **Pila** apuntado por el registro **Stack Pointer**. Después **incrementa** en 1 el valor del registro **Stack Pointer**. La **sintaxis** de la instrucción es:

pop dst

Donde **dst** es un registro, incluyendo el registro Condition Code (Flags).

Cuadro Sinóptico		neumo.	dst	H	I	N	Z	C
pop	A							
pop	B							
pop	C							
pop	CC	H	I	N	Z	C		

pop dst						
dst	direccionamiento	op-code			ciclos	bytes
A	inherente		84		4	1
X	inherente		85		4	1
Y	inherente	90	85		5	2
CC	inherente		86		4	1

Condition Flags				
H	I	N	Z	C
influenciado	influenciado	influenciado	influenciado	influenciado

NOTA: Los **Flags H-I-N-Z-C** solo son influenciados si el operando destino es el registro **Condition Code**, en este caso los Flags se restablecen con los valores almacenados en la **Pila**. Con el acumulador (**A**) y los registros índice (**X** e **Y**) los Flags **no** son **influenciados**.

RSP (Reiniciar Puntero de Pila)

Esta instrucción pone el **Puntero de Pila** (registro **Stack Pointer**) a su **valor inicial (FFh)**. La **sintaxis** de la instrucción es:

rsp

Cuadro Sinóptico		neumo.	dst	H	I	N	Z	C
rsp								

rsp						
dst	direccionamiento	op-code			ciclos	bytes
	inherente		9C		2	1

Condition Flags				
H	I	N	Z	C
no influenciado	no influenciado	no influenciado	no influenciado	no influenciado

LX 1633



CONVERTIDOR de 20 MHz a

Quienes poseen un osciloscopio con un ancho de banda de 20 MHz no pueden visualizar señales con frecuencias superiores. Realizando el sencillo y económico accesorio que presentamos en este artículo se podrán visualizar señales incluso algo superiores a 100 MHz.

Muchas veces al adquirir un osciloscopio se busca el modelo de precio más asequible. Estos modelos más sencillos suelen tener un ancho de banda que no supera los **20 MHz**, ya que los instrumentos de **50 MHz** o **100 MHz** tienen un precio bastante más elevado.

Obviamente la consecuencia de esta elección es renunciar a visualizar señales con una **frecuencia** superior a **20 MHz**. Con esta frecuencia límite no se pueden controlar las señales **CB**, que trabajan en el rango **26-28**

MHz, ni tampoco las señales generadas por los osciladores de **emisoras FM**, que trabajan en el rango **36-100 MHz**.

Para evitar la adquisición de un **costoso** osciloscopio de **100 MHz** hemos desarrollado un sencillo y **económico** accesorio que permite visualizar en la pantalla de un osciloscopio de **20 MHz** señales hasta un máximo de **100 MHz**. También es importante la valoración de este Convertidor por quienes todavía **no** disponen de osciloscopio y quieran **adquirir** uno en el futuro.

Por otro lado, seguramente este proyecto también será de interés para los profesores de Electrónica que deseen mostrar a sus estudiantes como con un osciloscopio de 20 MHz es posible observar señales de frecuencia superior.

PRINCIPIO de FUNCIONAMIENTO

Para convertir una señal con **frecuencia mayor** de 20 MHz en una señal idónea para ser visualizada en un osciloscopio de 20 MHz utilizamos el mismo principio de los receptores **superheterodinos** que convierten las frecuencias captadas por la **antena** (800-1.500 KHz o bien 10-100 MHz) a frecuencia **fija** denominada **Media Frecuencia (MF)**, que suele ser de 455 KHz o de 10,7 MHz.

Nuestro circuito realiza esta **conversión** utilizando un integrado **NE.602**, dotado de un **mezclador balanceado** y de un **oscilador** (ver Fig.1). En la revista **Nº252** publicamos un amplio artículo dedicado a este versátil integrado, cuyas **características principales** son las siguientes:

Tensión de alimentación5 a 8 voltios
Corriente absorbida2,4 a 2,8 mA
Máxima frecuencia entrada500 MHz
Máxima señal entrada.....300 milivoltios
Máxima frecuencia oscilador200 MHz
Ganancia media15 dB

Si en la **salida** del integrado (terminal 4) se aplica un filtro cerámico de **10,7 MHz** (ver **FC1** en la **Fig.2**) obtendremos una señal **RF** solo cuando la **frecuencia** generada por la etapa de **oscilación** (terminales 6-7) sea igual a la frecuencia aplicada a su **entrada** (terminal 1) **sumada**, o **restada**, a la frecuencia del filtro (**10,7 MHz**).

Por tanto, aplicando al terminal de **entrada** una frecuencia de **80 MHz**, la obtendremos en el terminal 4 convertida a **10,7 MHz** solo si la etapa de **oscilación** genera una frecuencia de:

$$80 - 10,7 = 69,3 \text{ MHz}$$

o bien una frecuencia de:

$$80 + 10,7 = 90,7 \text{ MHz}$$

100 MHz para OSCILOSCOPIO

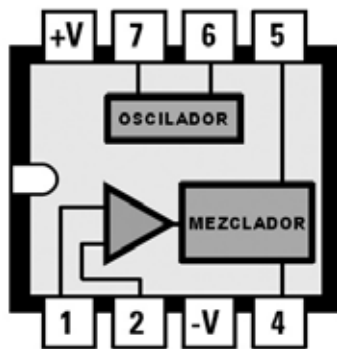


Fig.1 Nuestro circuito convertidor de frecuencia utiliza un integrado NE.602. Este circuito integrado incluye en su interior un mezclador-amplificador balanceado que puede trabajar hasta una frecuencia de 500 MHz y un oscilador capaz de operar hasta 200 MHz.

Obviamente, si en el primer ejemplo **restamos** a la frecuencia presente en la **entrada** la generada por el **oscilador** obtenemos:

$$80 - 69,3 = 10,7 \text{ MHz (valor del filtro FC1)}$$

Igualmente, en el segundo ejemplo si **restamos** a la frecuencia presente en la **entrada** la generada por el **oscilador** obtenemos:

$$90,7 - 80 = 10,7 \text{ MHz (valor del filtro FC1)}$$

En el caso de que quisiéramos visualizar en el osciloscopio una señal con una frecuencia de **99 MHz** la etapa de **oscilación** debería **generar** una frecuencia de:

$$99 + 10,7 = 109,7 \text{ MHz}$$

o bien una frecuencia de:

$$99 - 10,7 = 88,3 \text{ MHz}$$

Ahora seguramente todo el mundo comprenderá que con un **sencillo osciloscopio** que disponga de un ancho de banda de tan solo **20 MHz** se pueden visualizar señales **RF** de **frecuencia superior**, utilizando un mezclador balanceado y un oscilador.

ESQUEMA ELÉCTRICO

El esquema eléctrico del Convertidor es muy sencillo (ver Fig.2). Puesto que nuestro objetivo es visualizar en un osciloscopio de **20 MHz** frecuencias que alcancen **100 MHz** tendremos que utilizar necesariamente en la etapa de oscilación **dos inductancias** de valores diferentes, sintonizándolas mediante dos **diodos varicap**.

Cuando al terminal **6** de **IC1** se le aplica la inductancia de **0,47 microhenrios (JAF2)** la etapa de **oscilación** proporciona un rango de **frecuencias** entre **34,5 MHz** y **54,3 MHz**.

Sumando o restando a este rango de frecuencias los **10,7 MHz** del filtro **FC1** lograremos visualizar en el osciloscopio todas las **frecuencias** incluidas entre **23,8 MHz** y **65 MHz**:

$$\text{Frec. mínima} = 34,5 - 10,7 = 23,8 \text{ MHz}$$

$$\text{Frec. máxima} = 54,3 + 10,7 = 65,0 \text{ MHz}$$

Cuando al terminal **6** de **IC1** se le aplica la inductancia de **0,1 microhenrios (JAF3)** la etapa de **oscilación** proporciona un rango de **frecuencias** entre **71,5 MHz** y **101,3 MHz**.

Sumando o restando a este rango de frecuencias los **10,7 MHz** del filtro **FC1** lograremos visualizar en el osciloscopio todas las **frecuencias** incluidas entre **60,8 MHz** y **112 MHz**:

$$\text{Frec. mínima} = 71,5 - 10,7 = 60,8 \text{ MHz}$$

$$\text{Frec. máxima} = 101,3 + 10,7 = 112,0 \text{ MHz}$$

Puesto que la conversión se realiza tanto **sumando** como **restando** a la frecuencia generada por la **etapa de oscilación** el valor del filtro **FC1** (**10,7 MHz**) podremos visualizar señales con frecuencias comprendidas entre **24 MHz** y **112 MHz**.

NOTA: Los valores **máximos** y **mínimos** de las frecuencias pueden variar ligeramente a causa de las **tolerancias** de los componentes y de las **capacidades parásitas**.

Volviendo al esquema eléctrico de la Fig.2, para variar la frecuencia de salida se selecciona la inductancia **JAF2** o **JAF3** a través el conmutador **S1A**. Por otro lado, en los dos diodos varicap **DV1-DV2** se aplica una tensión variable de **0** a **18 voltios** a través del **potenciómetro multigiro R8**.

El circuito está alimentado por un pequeño transformador (**T1**) conectado a la tensión de la red eléctrica de **230 voltios** con un secundario que proporciona una tensión alterna de **17 voltios**. La señal es rectificadora a través del puente **RS1** y nivelada mediante el condensador electrolítico **C7**, proporcionando de esta forma una tensión **continua** de unos **24 voltios**, que es posteriormente estabilizada a **18 voltios** a través del integrado **IC2**, un **uA.7818** o bien un **L.7818**.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Los componentes necesarios para realizar el **Convertor para osciloscopio** se montan sobre el circuito impreso **LX.1633**, disponiéndolos como se muestra en el esquema de montaje práctico (ver Fig.4).

Es aconsejable comenzar el montaje con los dos **diodos varicap DV1-DV2**. En el kit se proporcionan dos **BB.909** o bien dos **BB.329** (los diodos **BB.909** tienen su cuerpo de color **negro** y la franja de referencia de color **verde** mientras que los diodos **BB.329** tienen su cuerpo de color **gris** y la franja de referencia de color **negro**). En ambos casos, al montarlos, hay que orientar las **franjas** de referencia hacia el transformador de alimentación **T1**.

El diodo zéner **DZ1** tiene un cuerpo de vidrio transparente con una franja de referencia de color **negro** que debe orientarse hacia la impedancia a **JAF1**.

Una vez instalados estos componentes se puede proceder al montaje de las **resistencias**, controlando su valor óhmico a través de las franjas de color.

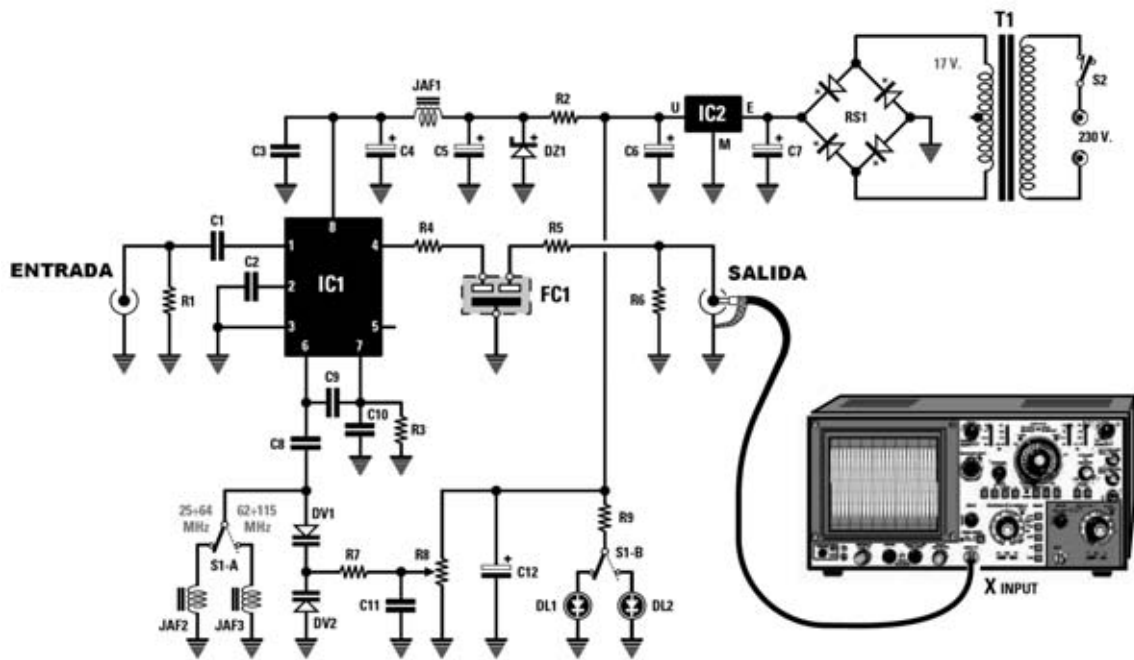


Fig.2 Esquema eléctrico del Convertidor de frecuencia que transforma un osciloscopio de 20 MHz en un osciloscopio capaz de visualizar señales RF de 100 MHz.

Cuando se selecciona a través del conmutador S1A la impedancia JAF2 (0,47 microhenrios) la etapa de oscilación proporciona un rango de frecuencias entre 34,5 y 54,3 MHz.

En cambio, cuando se selecciona a través del conmutador S1A la impedancia JAF3 (0,1 microhenrios) la etapa de oscilación proporciona un rango de frecuencias entre 71,5 y 101,3 MHz.

Los valores de las frecuencias mínimas y máximas indicadas pueden variar ligeramente a causa de las tolerancias de los componentes y de las capacidades parásitas.

LISTA DE COMPONENTES LX.1633

R1 = 4.700 ohmios	C10 = 68 pF cerámico
R2 = 390 ohmios	C11 = 10.000 pF cerámico
R3 = 22.000 ohmios	C12 = 47 microF. electrolítico
R4 = 220 ohmios	JAF1 = Impedancia 10 microhenrios
R5 = 220 ohmios	JAF2 = Impedancia 0,47 microhenrios
R6 = 4.700 ohmios	JAF3 = Impedancia 0,10 microhenrios
R7 = 100.000 ohmios	FC1 = Filtro cerámico SFE 10,7 MHz
R8 = Potenciómetro 10.000 ohmios (10 vueltas)	RS1 = Puente rectificador 100V 1A
R9 = 1.000 ohmios	DZ1 = Diodo zéner 6,2V 0,5W
C1 = 2.200 pF cerámico	DV1-DV2 = Diodo varicap BB.909 (o BB.329)
C2 = 10.000 pF cerámico	DL1 = Diodo LED rojo
C3 = 10.000 pF cerámico	DL2 = Diodo LED rojo
C4 = 47 microF. electrolítico	IC1 = Integrado NE.602
C5 = 10 microF. electrolítico	IC2 = Integrado uA.7818 (o L.7818)
C6 = 100 microF. electrolítico	T1 = Transformador 3 vatios (T003.01)
C7 = 1.000 microF. electrolítico	secundario 17V 200mA
C8 = 33 pF cerámico	S1A+S1B = Doble conmutador deslizante
C9 = 33 pF cerámico	S2 = Interruptor

El montaje puede continuar con la instalación de los **condensadores cerámicos**, controlando cuidadosamente el valor de la capacidad, y con el **filtro cerámico FC1**, cuyos terminales pueden orientarse en cualquier posición.

Llegado este punto se puede instalar el **zócalo** para el integrado **IC1** y las dos impedancias de color azul **JAF2-JAF3**. La impedancia **JAF2** tiene serigrafiado el valor **0,47** mientras que **JAF3** tiene serigrafiado el valor **0,1**.

Ahora hay que montar el **conmutador deslizante S1A+S1B**, soldando todos sus terminales a las pistas del circuito impreso, y los **condensadores electrolíticos**, respetando la polaridad **+/-** de sus terminales (el terminal **+** es más **largo**).

El montaje puede continuar con la instalación del **punte rectificador RS1**, respetando la polaridad de sus terminales, y del integrado estabilizador **IC2**, orientando su **lado metálico** hacia el condensador electrolítico **C7**. Es el momento de instalar el integrado **IC1** en su zócalo, orientando hacia **abajo** su muesca de referencia en forma de **U**.

Para terminar hay que instalar los **terminales tipo pin** (utilizados para la conexión de los cables del potenciómetro **R8**, **diodos LED** y **conectores** de entrada y salida) y las dos **clemas de 2 polos** (utilizadas para la entrada de la tensión de red de **230 voltios** y para el interruptor **S2**).

Al conectar los **3 cables** desde el circuito impreso a los **3 terminales** del potenciómetro **R8** hay que tener presente que el **cursor** no corresponde al **terminal central** del potenciómetro como en los potenciómetros **comunes**, sino a un **terminal lateral** (ver esquema práctico de montaje, Fig.4).

MONTAJE EN EL MUEBLE

Para montar el circuito dentro del mueble contenedor hay que comenzar cortando con unos alicates los **dos separadores** de plástico situados en el lado derecho del fondo del mueble. Una vez realizada esta operación hay que insertar en los **agujeros** de las **esquinas** del circuito impreso los **4 separadores** de plástico de **15 mm** con **base autoadhesiva**.

Puesto que el circuito impreso debe fijarse dentro del mueble de modo que la **tecla** del conmutador deslizante **S1A+S1B** pueda moverse sin dificultad en el **agujero rectangular** del panel frontal, **antes de quitar** de los separadores el **papel** que protege el adhesivo hay que instalar el **panel frontal** y hacer salir la **tecla** del conmutador por el agujero rectangular correspondiente.

Una vez determinada la posición exacta en la que se ha de fijar el circuito impreso hay que **marcarla** con la ayuda de un lápiz. Después de **marcar** la posición se puede **quitar** el **papel** que protege el adhesivo de los separadores y **fijar** el circuito impreso en el mueble.

Realizada esta operación hay que fijar, en el panel frontal, el **potenciómetro multigiro R8**, el interruptor de red **S2** y los **porta leds** metálicos para **DL1-DL2**.

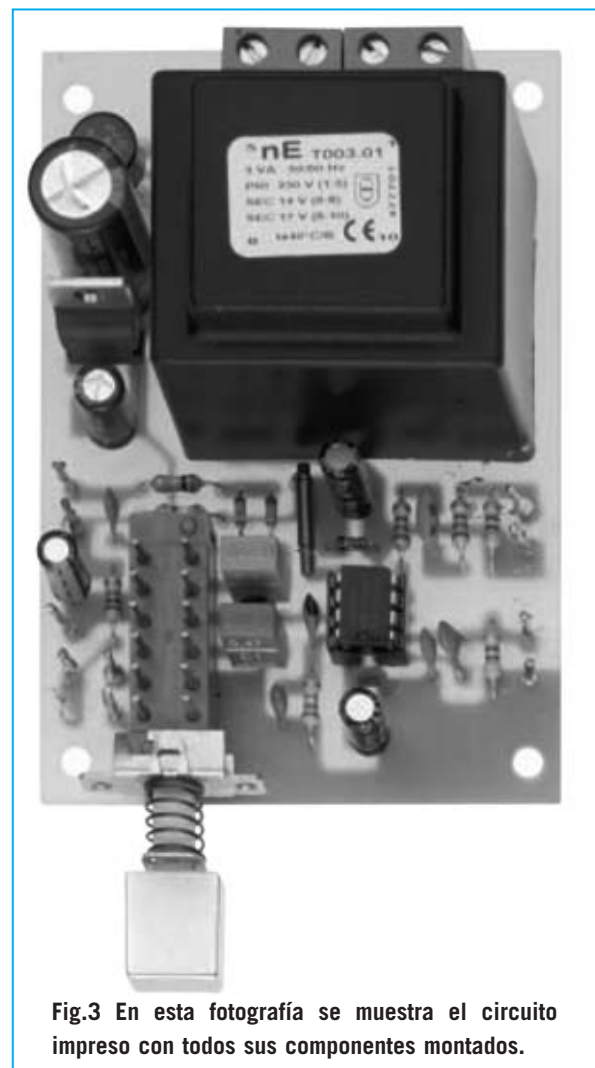


Fig.3 En esta fotografía se muestra el circuito impreso con todos sus componentes montados.

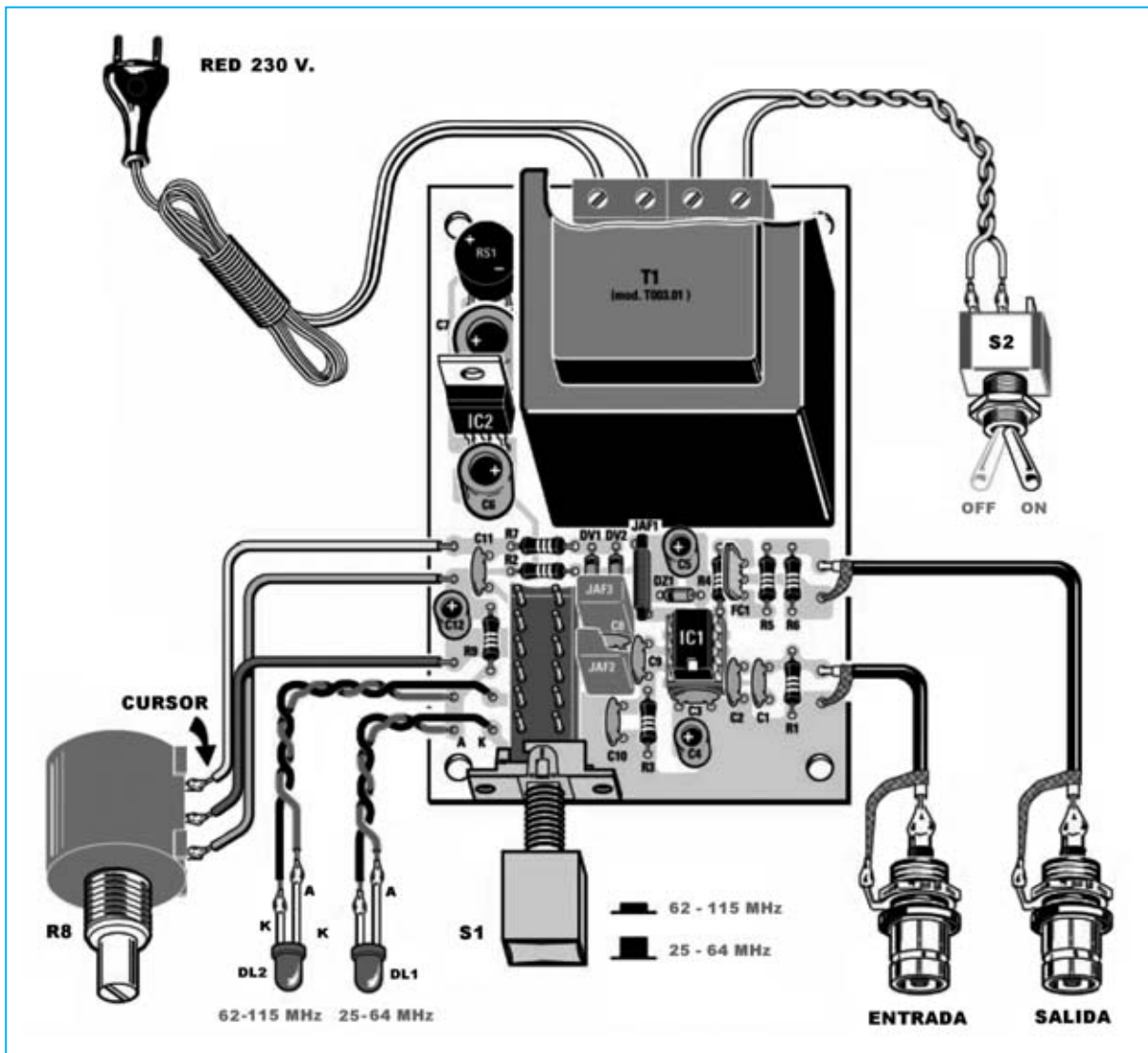


Fig.4 Esquema práctico de montaje del Convertidor de frecuencia para osciloscopio LX.1633. Como se puede observar el cursor del potenciómetro multi giro R8 no corresponde a su terminal central.

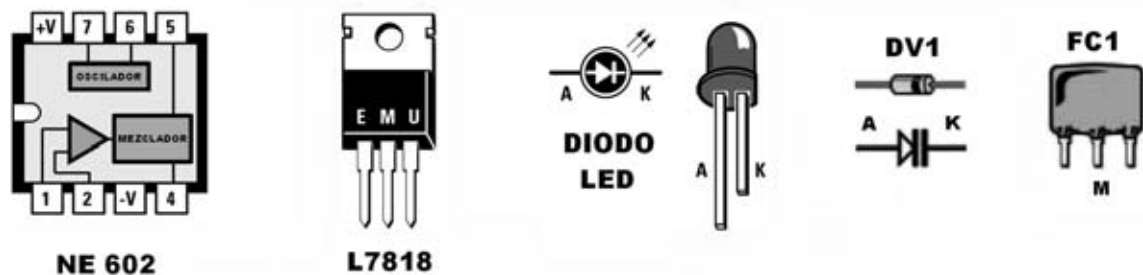


Fig.5 Conexiones de los integrados NE.602 y el L.7818, vistas desde arriba. El cátodo (K) del diodo LED es el terminal más corto mientras que el cátodo (K) del diodo varicap corresponde al lado marcado por la franja de referencia. El terminal central del Filtro FC1 corresponde a su Masa.



Fig.6 Aspecto del Convertidor de frecuencia para osciloscopio una vez instalado dentro de su mueble contenedor. En el panel frontal se puede observar el mando del potenciómetro de sintonía R8 (izquierda), la tecla rectangular del conmutador S1A+S1B (centro) y, sobre el conmutador, los dos diodos LED que indican el rango frecuencia seleccionado (25-64 MHz o 62-115 MHz).

Al conectar los **diodos LED** hay que tener en cuenta la **polaridad** de sus **terminales**. Si se conectan incorrectamente no se encenderán. También hay que instalar en el **panel frontal** los dos **conectores BNC** utilizados para la **entrada** de la señal RF (**INPUT**) y la **salida** convertida (**OUTPUT**).

La conexión entre los **BNC** y los **terminales tipo pin** del circuito impreso se realizan utilizando el **cable coaxial** proporcionado en el kit, recordando que se ha de conectar la **malla protectora** al terminal de **masa** del circuito impreso y a la **carcasa del BNC** (ver Fig.4). Una vez completado el montaje ya se puede **cerrar el mueble** y empezar a realizar medidas.

UTILIZACIÓN del CONVERTIDOR

La salida del **Convertidor (OUTPUT)** se conecta a la **entrada** del canal **horizontal (Input X)** del osciloscopio mediante un cable coaxial, tal y como se muestra en las Figs.2-9. Mediante **R8** se **ajusta** el Convertidor para que **sintonice** el circuito y así se **visualice la señal analizada**.

El mando **Time/Div.** del osciloscopio ha de ajustarse en **microsegundos** para ver las **ondas sinusoidales** de la señal analizada (ver Fig.7) o bien en **milisegundos** para ver una señal **RF** modulada en **amplitud** (ver Fig.8).

Para ver posibles **deformaciones** presentes en las sinusoides (ver Fig.17) o para observar una señal modulada en **FM** es conveniente ajustar el mando **Time/Div.** en **microsegundos**.

El control **Volts/Div.** del osciloscopio se ha de ajustar en relación a la amplitud de la señal aplicada. Ya que no es conveniente aplicar señales muy elevadas para no saturar el **Convertidor** aconsejamos utilizar un alcance de **10-20 milivoltios** por cuadro. Cuando la señal esté sintonizada a la frecuencia **exacta** de **conversión** en la pantalla aparecerá una señal que alcanzará una **amplitud** de unos **6-7-8 cuadros** (ver Figs.7-8).

Como ya hemos señalado, el conmutador **S1** se utiliza para seleccionar dos **rangos** de frecuencia:

- **Sin Presionar:** Selecciona el **rango 25 MHz - 64 MHz.**
- **Presionado:** Selecciona el **rango 62 MHz - 115 MHz.**

Para obtener señales **RF** de un **transmisor** aconsejamos aplicar a la entrada (**INPUT**) del Convertidor un trozo de cable aislado en **plástico** de unos **10-15 cm** de longitud para utilizarlo como antena receptora y conectar luego la salida (**OUTPUT**) a la **entrada horizontal (Input X)** del osciloscopio mediante un **cable coaxial** (ver Fig.9).

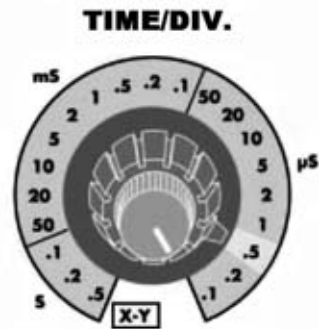
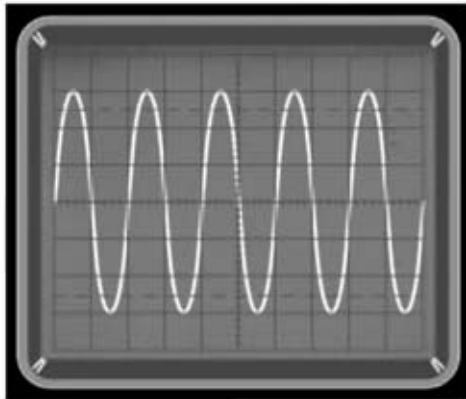


Fig.7 Para visualizar sinusoides (ver Figs.15-16-17) hay que ajustar el control Time/Div. del osciloscopio en microsegundos y girar el mando del potenciómetro R8 de modo que sintonice la señal a visualizar. Por último hay que ajustar el control Volts/Div. para conseguir que la señal ocupe 6-7 cuadros.

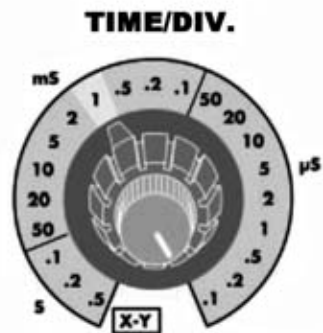
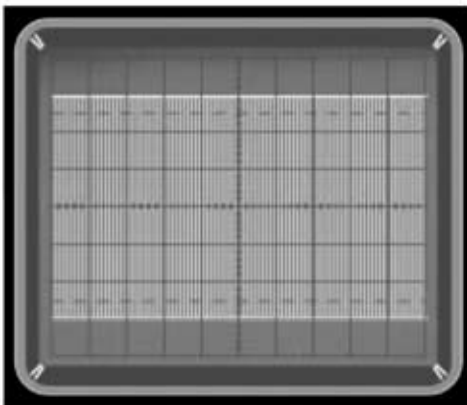


Fig.8 Para visualizar señales moduladas en AM (ver Figs.12-13-14) hay que ajustar el control Time/Div. del osciloscopio en milisegundos y girar el mando del potenciómetro R8 de modo que sintonice la señal a visualizar. Por último hay que ajustar el control Volts/Div. para conseguir que la señal ocupe 6-7 cuadros.

Fig.9 Para obtener señales de una etapa final RF basta con conectar un cable a la entrada del Convertidor (INPUT) y conectar su salida (OUTPUT) al canal horizontal (Input X) de vuestro osciloscopio utilizando un cable coaxial.





Fig.10 Fotografía del interior del mueble visto por detrás. Se pueden apreciar claramente las conexiones de los componentes instalados en el panel frontal.



Fig.11 En esta fotografía se muestra el interior del mueble visto por el lado opuesto. Para fijar el circuito impreso en la base del mueble hay que cortar dos separadores.

Acercando este **cable** a un **transistor de oscilación** o a una **bobina de sintonía** captará una señal **RF** más que suficiente para ser **convertida**.

Los mandos de control del **osciloscopio** tienen que estar en las posiciones que se indican a continuación:

AC-GND-DC: Posición **AC**

Mode: Posición **CH1**

Trigger Mode: Posición **Auto**

Trigger Source: Posición **AC**

Trigger Coupling: Posición **Normal**

Además de la señal correspondiente a la **frecuencia principal (fundamental)**, que alcanzará **6-7-8 cuadros**, regulando el potenciómetro **R8** aparecerán señales que alcanzan solo **3-4 cuadros** de amplitud. Estas

señales corresponden a las **frecuencias armónicas**.

Probando con una frecuencia de **27 MHz** aparecerá en un primer momento una señal que alcanza los usuales **6-7 cuadros**. Girando el mando del potenciómetro **R8** aparecerá una segunda señal que no supera los **3 cuadros** de amplitud y que corresponde a la frecuencia armónica de $27 + 27 = 54 \text{ MHz}$.

PRECIO DE REALIZACIÓN

LX.1633: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el **Convertidor** mostrado en las Figs.3-4, incluyendo circuito impreso, mueble de plástico **MO.1633** y transformador **T003.01**72,60 €

LX.1633: Circuito impreso5,75 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

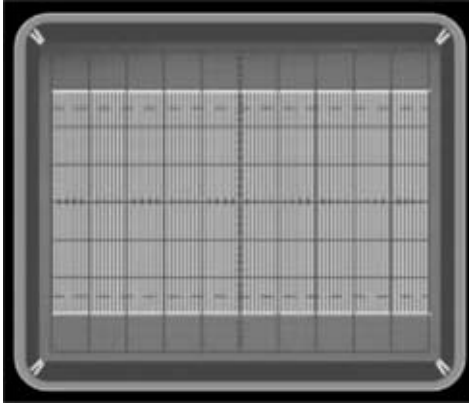


Fig.12 Para ver una señal RF hay que ajustar el control Time/Div. del osciloscopio como se muestra en la Fig.8 y, a continuación, girar el mando del potenciómetro R8 del Convertidor de tal forma que aparezca una señal con una altura de 6-7 cuadros.

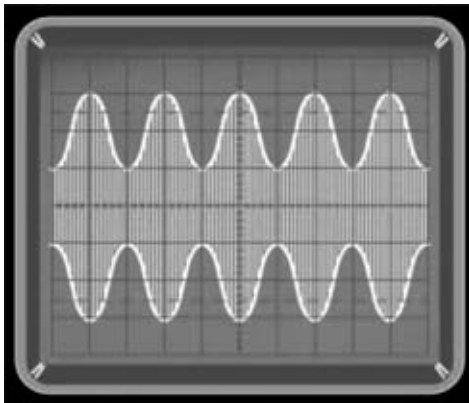


Fig.13 Si la señal RF está modulada en AM su amplitud aumentará casi el doble debido a que se suma la señal BF a la señal RF. La frecuencia de la señal BF suele ser de 1.000 Hz.

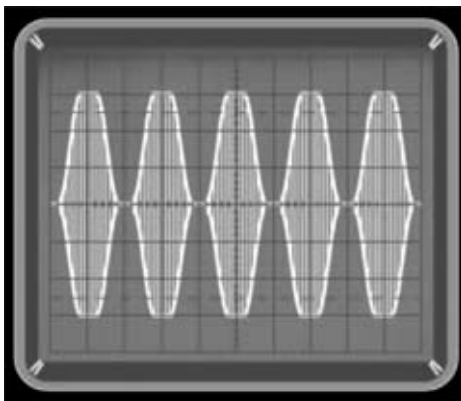


Fig.14 Si la señal RF está modulada con exceso de señal BF se observará que las partes superiores e inferiores de las semiondas están "cortadas" y que aparecen huecos entre las ondas.

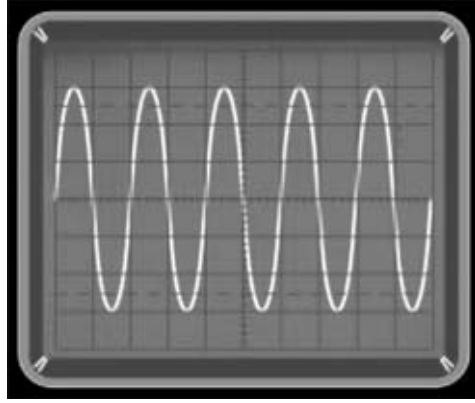


Fig.15 Para ver sinusoides individuales hay que ajustar el control Time/Div. del osciloscopio como se muestra en la Fig.7 y, a continuación, girar el mando del potenciómetro R8 del Convertidor.

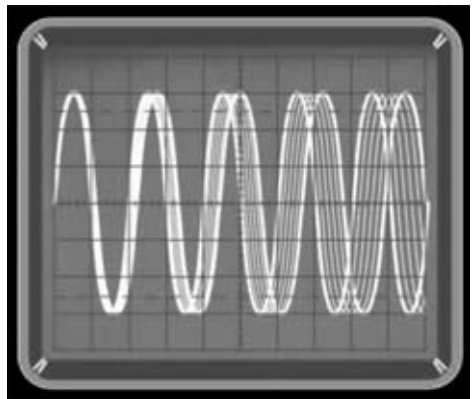


Fig.16 Si la señal RF está modulada en FM se observará que las sinusoides se expanden hacia la derecha en función de la señal BF moduladora.

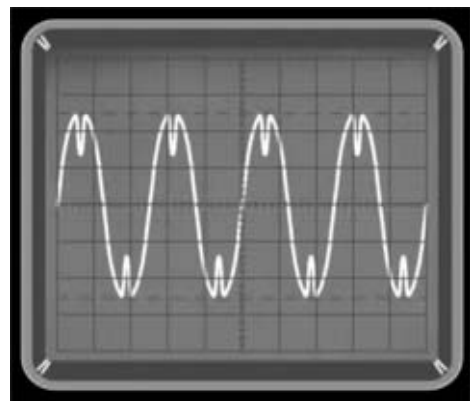


Fig.17 Si las ondas sinusoidales presentan deformaciones significa que las etapas de amplificación están mal polarizadas o no están bien adaptadas a la impedancia de carga.

JUEGO con 10 diodos LED

Utilizando un **NE.555**, un **CMOS 4017** y **10 diodos LED** he realizado este circuito que utilizo para jugar con mis amigos.

A cada **diodo LED** le he asignado un valor: **5-10-15-20-25-30-40-50-60-80**. Cada jugador presiona **3 veces** consecutivas el pulsador **P1**. Sumando los **3 “tiros”** quién alcanza la **mayor puntuación** gana.

El funcionamiento del circuito es sencillo. Cada vez que se presiona y se libera el pulsador **P1** el condensador electrolítico **C1** de **100 microfaradios** se carga y el integrado **NE.555 (IC1)** empieza a oscilar proporcionando en el terminal de salida (**3**) un tren de **ondas cuadradas** que inicialmente tiene una frecuencia constante. Cuando el condensador **C1** se descarga la frecuencia tiende a **disminuir** hasta llegar a **0** cuando el condensador electrolítico se ha descargado completamente.

La señal generada por el **NE.555** se aplica al terminal **14** del integrado **4017**, un **contador** con **10 salidas** secuenciales que se conectan a los **diodos LED**.

Ya que la **frecuencia** que hace encender los diodos LED **disminuye** progresivamente a medida que el condensador electrolítico tiende a descargarse es aconsejable **esperar** algunos

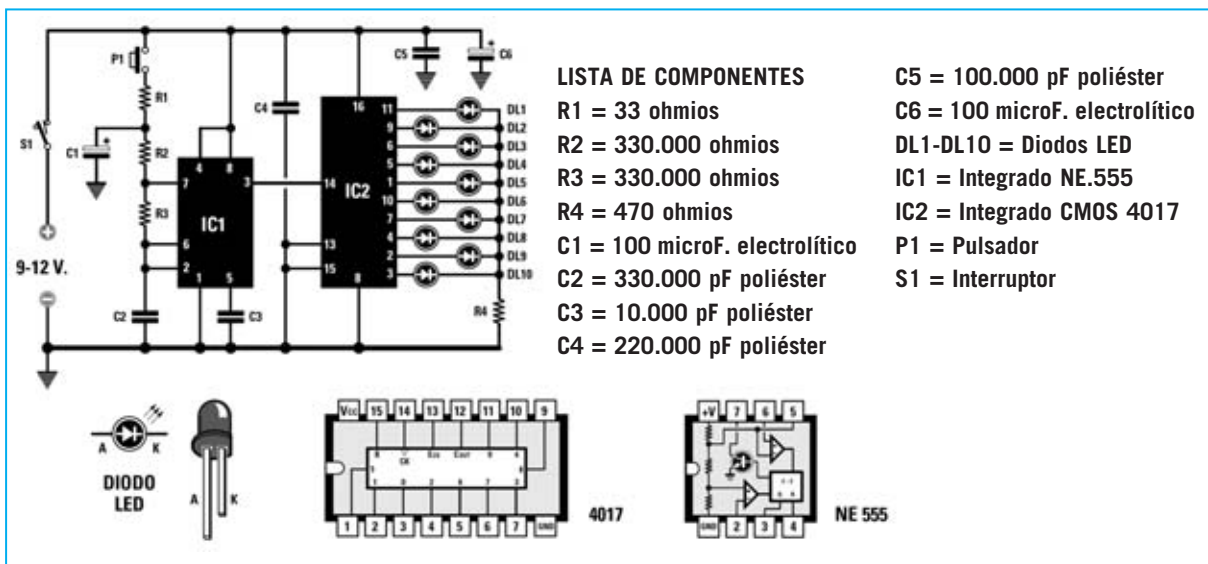


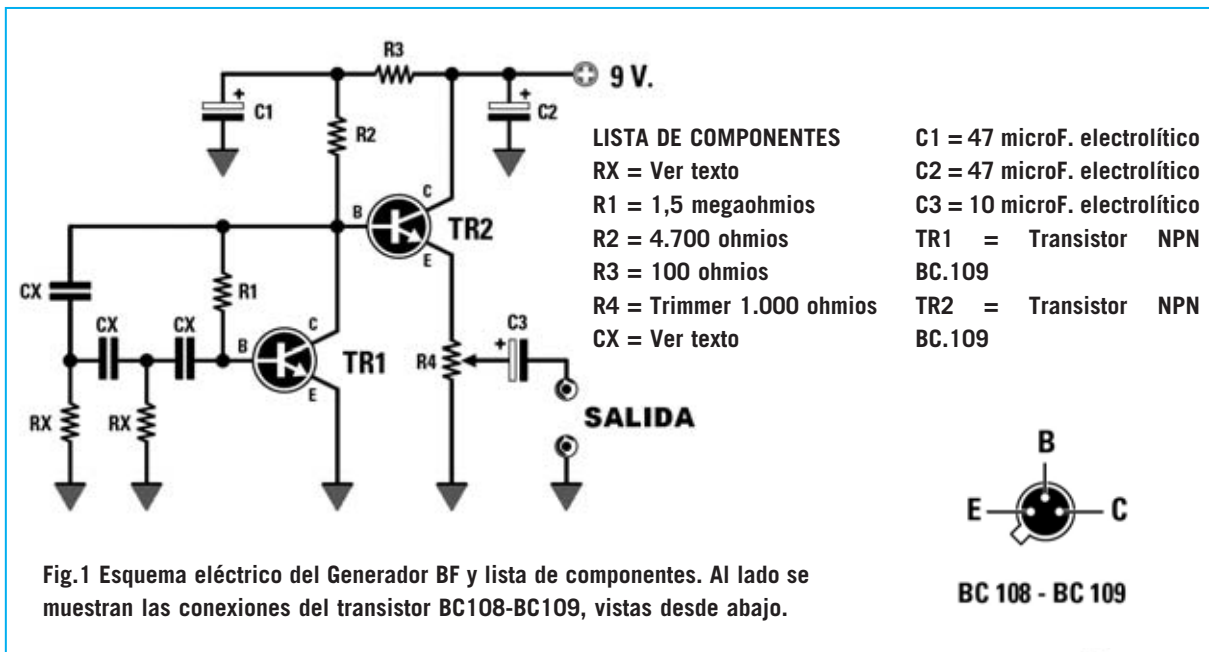
segundos después del encendido del último LED, ya que del **NE.555** todavía puede salir algún impulso que encienda **1 o 2 diodos LED**.

El circuito se puede alimentar con una **pila de 9 voltios** o utilizando un **alimentador estabilizado** que proporcione **12 voltios**.

NOTA DE LA REDACCIÓN

Si se alimenta el circuito con una tensión de **12 voltios** aconsejamos aumentar el valor de la resistencia **R4** de **470 ohmios** a **680 ohmios**.





SEÑAL BF de 500 Hertzios

Teniendo la necesidad de probar de forma rápida circuitos **amplificadores BF** he recordado que hace años se utilizaba un circuito llamado **Signal Tracer**, que en resumen es un sencillo **Generador BF** que genera una onda senoidal en el espectro de audio.

Contando con dos transistores **NPN** tipo **BC.109-BC.108** he tratado de realizar diferentes osciladores **RC** que proporcionen una frecuencia acústica de unos **500 Hertzios**. Después de muchos intentos he logrado realizar el esquema que adjunto, alimentado con una **pila corriente de 9 voltios**.

Quienes quieran utilizar otra frecuencia solo tienen que sustituir los valores de los **3** condensadores **CX** y de las **2** resistencias **RX**.

La fórmula que determina la **frecuencia** generada en **Hertzios** es la siguiente:

$$\text{Hertzios} = 39.900 : (\text{CX} \times \text{RX})$$

El valor de los condensadores **CX** tiene que ponerse en **nanofaradios** y el de las resistencias **RX** en **kilohmios**.

Ya que en mi circuito he utilizado para los condensadores **CX** un valor de **33.000 pF (33**

nanofaradios) y para las resistencias **RX** un valor de **2.700 ohmios (2,7 kilohmios)**, la frecuencia del oscilador es de unos:

$$39.900 : (33 \times 2,7) = 447,8 \text{ Hertzios}$$

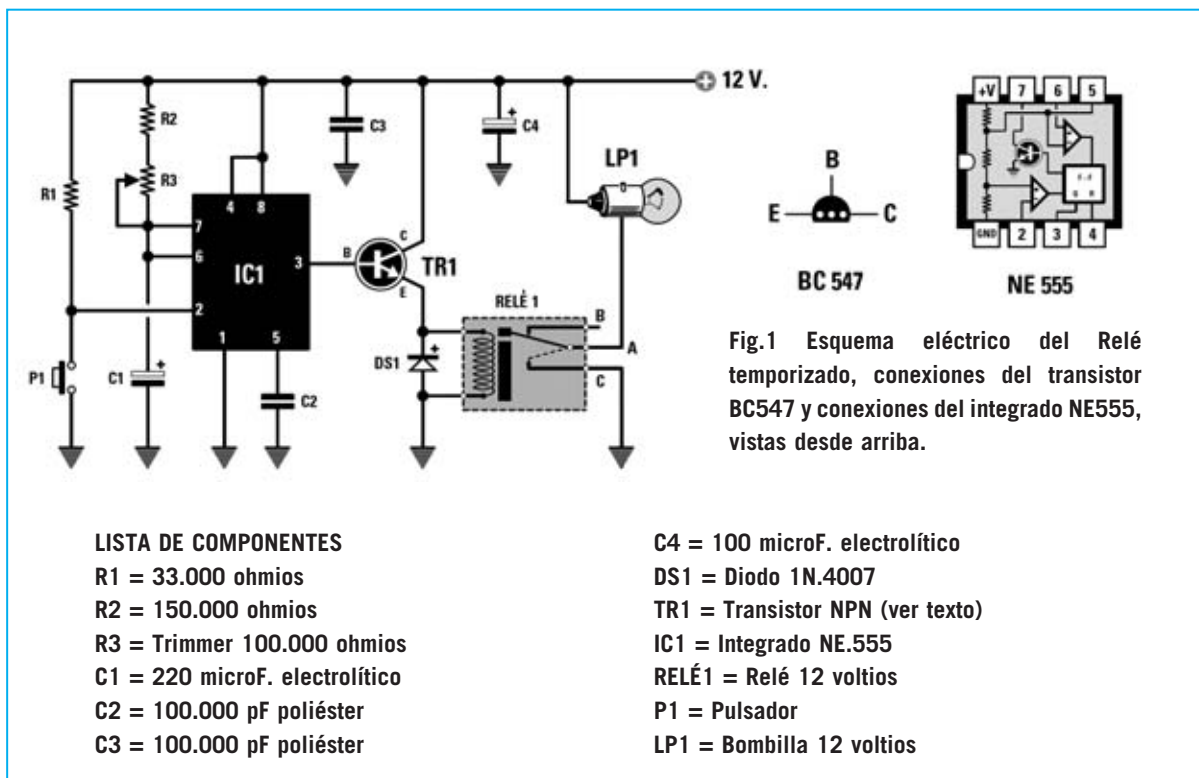
NOTA DE LA REDACCIÓN

El circuito funciona perfectamente utilizando únicamente **2 transistores NPN** de cualquier tipo. No obstante quien desee realizar un **Generador BF** con su **circuito impreso serigrafiado** y con un **mueble** que disponga de **panel frontal** perforado y serigrafiado, puede consultar nuestra revista **Nº128**, donde presentamos un **Generador BF** que utiliza **un transistor y un operacional**.

RELÉ TEMPORIZADO

El esquema que propongo seguramente no sea muy original, pero, como notaréis, es la solución más sencilla para mantener excitado un **relé** desde un mínimo de **30 segundos** hasta un máximo de **60 segundos** después de accionar el pulsador **P1**.

Como podéis ver el circuito utiliza un integrado **NE.555** que controla la **Base** de un **transistor NPN** de cualquier tipo que, a su vez, excita un relé de **12 voltios**.



He indicado que se puede utilizar cualquier tipo de transistor. Yo he probado con los transistores **BC547-BC318-BC118-BC137-BC172-BC237** y el circuito funciona perfectamente.

Para variar el tiempo de excitación del relé basta con regular el cursor del **trimmer R3**, conectado entre la resistencia **R2** y los terminales **6-7** del **NE.555**.

NOTA DE LA REDACCIÓN

Este circuito puede tener varias aplicaciones. Por ejemplo para controlar la **luz de cortesía** de un **coche** en los modelos que no dispongan de ella.

El temporizador también podría servir para mantener activa durante un tiempo la **sirena** de un **antirrobo** o para alimentar un **extractor de humo doméstico**.

También puede utilizarse como temporizador para la **luz de la escalera**, desconectado de **masa** el terminal **C** del relé y conectando a los terminales **A-C** la bombilla de **230 voltios** en serie a la tensión de red.

Para **aumentar** los **tiempos** de excitación basta con incrementar la capacidad del condensador electrolítico **C1** llevándola a **470** o a **1.000 microfaradios**.

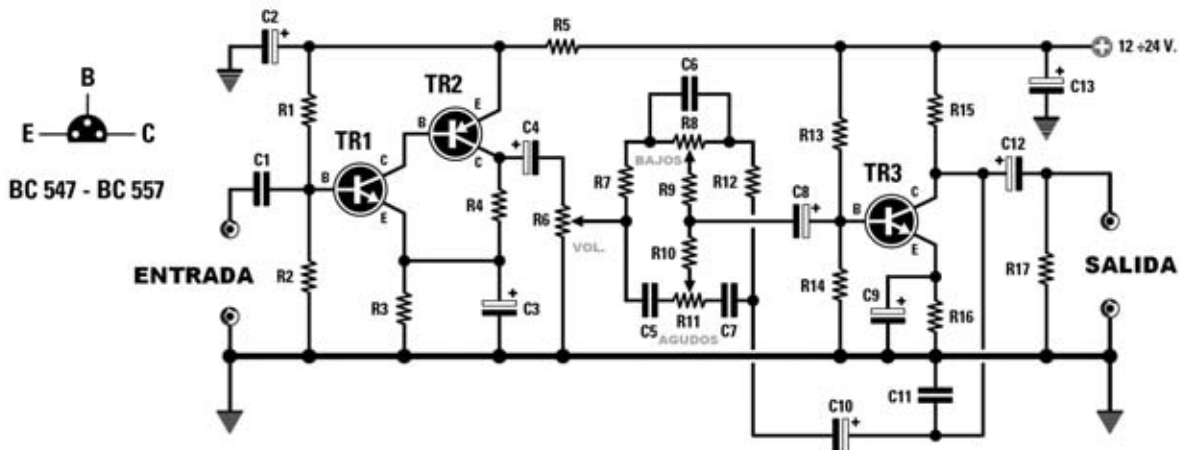
Desconectado los terminales **B-A-C** del relé de la tensión continua de **12 voltios** se puede controlar cualquier dispositivo que funcione tanto en **continua** como en **alterna** con tensiones entre **12** y **230 voltios**.

PREAMPLIFICADOR con control de TONOS con solo 3 TRANSISTORES

Os mando el esquema de un **preamplificador BF** con **control de tonos** que yo mismo he realizado utilizando solamente **3** transistores corrientes.

Aunque yo he utilizado para los transistores **TR1-TR3** dos **NPN** tipo **BC.547** y para **TR2** un **PNP** tipo **BC.557**, se puede utilizar prácticamente cualquier tipo de transistor.

El circuito se alimenta con una tensión que **no sea menor de 9 voltios** ni **mayor de 25 voltios**.



LISTA DE COMPONENTES

- R1 = 1,2 megaohmios
- R2 = 680.000 ohmios
- R3 = 1.000 ohmios
- R4 = 1.000 ohmios
- R5 = 1.000 ohmios
- R6 = Potenciómetro 10.000 ohmios (log.)
- R7 = 4.700 ohmios
- R8 = Potenciómetro 100.000 ohmios (lin.)
- R9 = 39.000 ohmios
- R10 = 5.600 ohmios
- R11 = Potenciómetro 100.000 ohmios (lin.)
- R12 = 4.700 ohmios
- R13 = 220.000 ohmios
- R14 = 47.000 ohmios
- R15 = 4.700 ohmios
- R16 = 1.000 ohmios

- R17 = 100.000 ohmios
- C1 = 1 microF. poliéster
- C2 = 10 microF. electrolítico
- C3 = 470 microF. electrolítico
- C4 = 100 microF. electrolítico
- C5 = 2.200 pF poliéster
- C6 = 39.000 pF poliéster
- C7 = 2.200 pF poliéster
- C8 = 22 microF. electrolítico
- C9 = 47 microF. electrolítico
- C10 = 22 microF. electrolítico
- C11 = 1.000 pF poliéster
- C12 = 22 microF. electrolítico
- C13 = 47 microF. electrolítico
- TR1 = Transistor NPN BC.547
- TR2 = Transistor PNP BC.557
- TR3 = Transistor NPN BC.547

Como se puede ver los transistores **TR1** y **TR2** están conectados directamente entre sí. La señal preamplificada se obtiene del **Colector** del transistor **TR2** y se aplica al potenciómetro de **Volumen R6**.

Del cursor de este potenciómetro se obtiene la señal **BF** que se aplica a otros dos potenciómetros de **100.000 ohmios** utilizados como **control de tonos**.

El circuito de **control de tonos** es un clásico **Baxandall** que permite conseguir una regulación de **bajos** y **agudos** de **+/-12 dB**. El potenciómetro **R8** regula los **bajos** mientras que el potenciómetro **R11** regula los **agudos**.

NOTA DE LA REDACCIÓN

Tras analizar el esquema aseguramos que funcionará sin problemas aunque se utilicen transistores diferentes a los propuestos por el autor.

Queremos completar la descripción exponiendo que el preamplificador tiene que alojarse dentro de un pequeño **contenedor metálico** para evitar los **zumbidos** de alterna.

Además, utilizando unos cortos trozos de cable de cobre, hay que conectar el **cuerpo metálico** de los **3 potenciómetros** a la **masa** del circuito. Para realizar las conexiones de **entrada**, **salida** y las de los **potenciómetros** hay que utilizar **cables apantallados**, conectando la **malla protectora** a **masa**.

FUNDAMENTOS DE AUDIO DIGITAL I

La evolución tecnológica ha permitido conseguir una mayor perfección en el almacenamiento y la reproducción del sonido. En electrónica se distinguen dos tipos de señales básicas: analógicas y digitales.

Las **señales analógicas** pueden presentarse de diversas formas, correspondientes a señales alternas que se caracterizan por tomar infinitos valores en el tiempo; es decir, *son aquellas que cambian de magnitud (tensión, corriente) continuamente*. Sin embargo, una **señal digital** tiene un número finito de valores y varía de magnitud por intervalos.

La electrónica digital se ha impuesto sobre la analógica en aquellos campos en los que la solución a una aplicación concreta puede efectuarse de ambas formas. Además, su aplicación ha mejorado los sistemas y los productos ya existentes en el mercado, y ha dado lugar al desarrollo de otros nuevos que antes no era posible construir.

La utilización, la aplicación y la proliferación de estas nuevas técnicas de los circuitos digitales es debido, en gran medida, a la enorme analogía con nuestras mentes, ya que utilizan de forma continua la lógica para

resolver problemas, tomar decisiones y almacenar información en la memoria, además de otros procesos. A todo esto hay que añadir las ventajas que ofrece la amplia gama de los dispositivos digitales frente a los analógicos, como mayor inmunidad al ruido, elevada densidad de integración (VLSI), mayor estabilidad, además de un gran avance de los microprocesadores y unos costes mucho más reducidos.

Los nuevos sistemas de reproducción y grabación digital del sonido utilizan nuevas tecnologías que no están contenidas en los procesos de audio analógico que hemos tratado. Estas tecnologías se basan en nuevos conceptos fundamentales, como el muestreo, la cuantificación y la codificación.

En la práctica, la aplicación de estas nuevas tecnologías no está exenta de errores en los procesos de tratamiento de la información y queda limitada por las características intrínsecas de los dispositivos empleados. Sin embargo, los posibles fallos pueden minimizarse gracias a los sistemas de protección y corrección contra errores que continuamente se encuentran evolucionando, que ya estudiaremos.



1. MUESTREO DE UNA SEÑAL

Como sabemos, la señal de audio varía continuamente en el tiempo y para convertirla en una señal digital es necesario que pase por un proceso llamado **muestreo**, que consiste en obtener una serie de muestras o datos de una señal analógica en unos instantes de tiempo determinados. El tiempo transcurrido entre una muestra y otra es constante. La periodicidad con la que se obtienen esas muestras se denomina **período de muestreo** e influirá en la reconstrucción posterior de la señal analógica tratada.

En la Figura 1.a se muestra el proceso básico seguido por una señal analógica de audio para ser convertida en una secuencia de sus muestras. A estas secuencias de muestras obtenidas las denominamos señal modulada por amplitud de pulso, señal PAM de forma abreviada (*Pulse Amplitud Modulation*). Si observamos el proceso de muestreo, éste produce pulsos cuya am-

plitud es analógica. Es como si en este proceso un tren de impulsos de amplitud constante hubiera sido modulado por una señal de entrada.

El proceso de muestreo lo podemos describir con detalle en la Figura 1.a, ya que tiene una similitud con la carga y la descarga de un condensador a través de un conmutador. Vamos a imaginar lo que sucede al introducir por la entrada de un circuito de conmutación una señal de audio, estando éste controlado por una señal de muestreo. Cuando la señal de muestreo actúa sobre el interruptor S_1 cerrándolo en el tiempo inicial (t_0) y con el interruptor S_2 abierto, la magnitud que en ese instante tenga la señal de audio presente en la entrada cargará al condensador C_1 . Posteriormente, en el instante de tiempo (t_1), el interruptor S_1 se abre y durante un tiempo el condensador se mantiene cargado, rete-

niendo así la magnitud de la muestra de la señal de audio tomada. A continuación, en el instante de tiempo (t_2) el interruptor S_2 se cierra, descargándose así el condensador.

Los interruptores se mantienen en esta posición hasta el próximo ciclo de muestreo (t_3), donde se vuelve a repetir el proceso descrito con anterioridad y se obtienen así varias muestras de la señal de audio. A los circuitos que se comportan como éste se les denomina circuitos de **muestreo y retención**, de forma abreviada, *SH (Sampling and Hold)*.

En la señal PAM de la Figura 1.a es evidente que la señal de audio original muestreada está contenida en la envolvente de los pulsos de voltaje de esta señal. Para obtener posteriormente la información de audio que envuelve a la señal PAM, se hace pasar ésta por un filtro paso-bajo, que consiga eliminar la señal portadora, de tal forma que se consiga obtener sólo su envolvente en la salida, consiguiendo la señal de audio original muestreada.

Como ya indicamos, para obtener una señal PAM como la que podemos observar en la Figura 1.a, el tiempo entre una muestra y otra de la señal de audio muestreada debe ser constante. Es el **tiempo de muestreo**, T_s (*sampling time*) y la frecuencia que representa su valor inverso se llama **frecuencia de muestreo**, F_s (*sampling frequency*).

Los circuitos de muestra y retención más habituales son aquellos que utilizan un conmutador analógico (conmutador JFET) y un condensador de alta capacidad, seguido de un amplificador separador (seguidor de tensión) como el mostrado en la Figura 1.b.

El proceso sufrido por la señal PAM para obtener la señal de audio muestreada es similar al descrito en las Unidades de radio sobre la detección de la señal de AM, cuando ésta es detectada y filtrada posteriormente por un filtro paso-bajo para obtener así la información de la señal de audio que modulaba la señal portadora de radiofrecuencia.

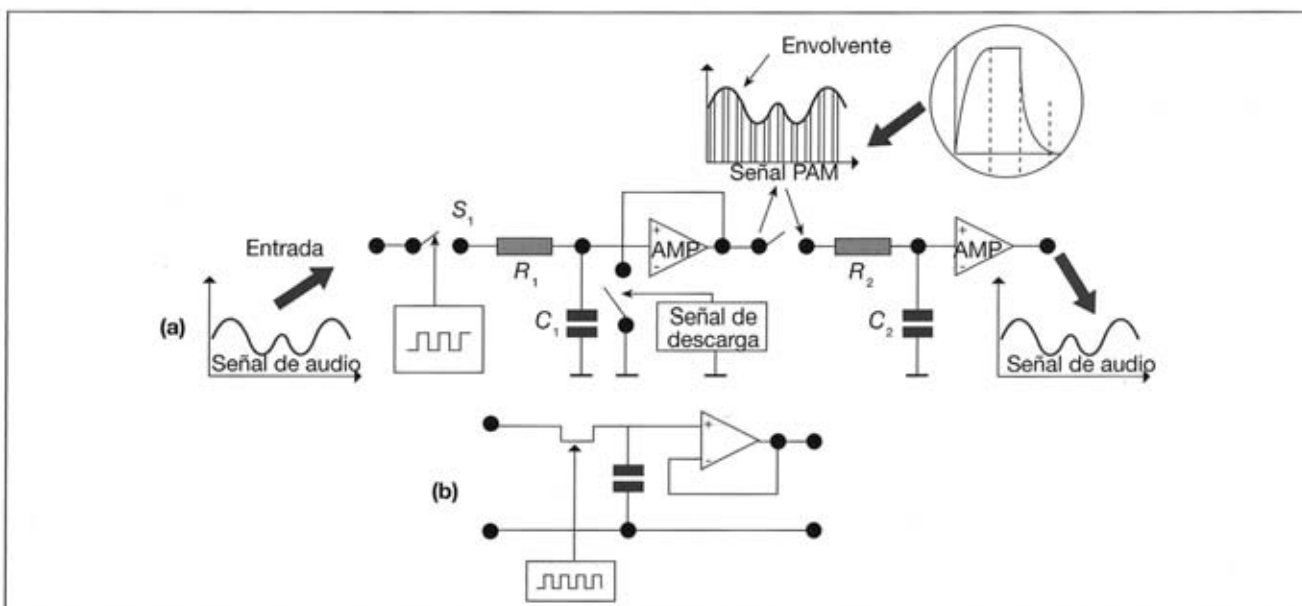


Figura 1. a) Sistema de conversión de las señales analógicas a digitales. b) Circuito básico de muestreo y retención que utiliza un conmutador JFET controlado por la frecuencia de muestreo.



2. ELECCIÓN DE LA FRECUENCIA DE MUESTREO

En la Figura 2.a se observa intuitivamente cómo una frecuencia de muestreo es adecuada para transmitir la forma de onda a muestrear. Mientras en la Figura 2.b se ve un problema que denota que la forma de onda a muestrear tiene una frecuencia diferente y produce una forma de onda errónea, distinta a la original. Es lo que se conoce como *efecto alias* (ruido extraño) y hay que evitarlo a toda costa.

Podría ocurrir también que dos señales analógicas diferentes tuvieran las mismas muestras obtenidas, partiendo de un mismo período de muestreo (Figura 2.a). Este problema ocasionaría que ambas señales fueran tratadas de igual forma, con el consiguiente error.

Como sabemos, el número de muestras que se toman está controlado por la frecuencia de muestreo y, cuanto más elevada sea esta frecuencia, más muestras

tomaremos. Por tanto, para que la señal PAM sea representativa, deberemos tener un número de muestras considerable que refleje el valor adecuado de la señal de audio a muestrear. Así sería mucho más difícil la coincidencia de dos señales al tomar sus muestras, pues al tomar más porciones de las señales analógicas de audio en el mismo tiempo se tendrían más muestras de valores no coincidentes de ambas señales.

Por tal motivo, deberemos establecer el valor de la frecuencia de muestreo más adecuado, para lo cual realizaremos algunos experimentos prácticos que nos llevarán a obtener dicho valor.

En la Figura 3.a se representa el muestreo de una señal de audio de 20 kHz por una señal de 160 kHz, en ella se puede observar que la forma de onda de la envolvente de la señal PAM es bastante semejante a la señal de audio original. Lo mismo sucede en la Figura 3.b, donde se puede observar cómo la misma señal de audio de 20 kHz es muestreada ahora por una señal de 80 kHz, de nuevo nos da una señal envolvente de la señal PAM que es semejante a la señal de audio original. Si seguimos bajando el valor de la frecuencia de la señal de muestreo, en este caso hasta 40 kHz, otra vez obtendremos una señal que envuelve a la señal PAM, que sigue siendo bastante semejante a la señal de audio muestreada (Figura 3.c).

Pero si la frecuencia de la señal de muestreo la seguimos bajando, en este caso hasta valores próximos a

la señal de audio 29 kHz, la forma de onda de la envolvente de la señal PAM aparenta que tiene una frecuencia de 9 kHz y difiere de la señal original de audio, y se origina una frecuencia nueva, inexistente en la señal de audio original a muestrear (señal errónea) (Figura 3.d). Si seguimos con nuestra experiencia y hacemos que la señal de muestreo sea igual o inferior a la frecuencia muestreada, obtendremos de nuevo unas señales que envuelven a la señal PAM y que difieren de la señal original de audio muestreada.

De todas las experiencias realizadas llegamos a la conclusión de que la envolvente de la señal PAM resultante sólo mantiene la frecuencia de la señal original de audio a muestrear si la frecuencia de muestreo es igual o superior a 40 kHz. Observamos, pues, que para frecuencias de muestreo inferiores a 40 kHz, la frecuencia aparente de la señal envolvente de la señal PAM cambia al variar la frecuencia de muestreo. A estas frecuencias aparentes, no contenidas en la señal original de audio, las llamamos **frecuencias seudónimas** (*alias frequency*) y tendremos que evitarlas.

Aunque la operación de muestreo sobre la señal de audio parece introducir una modificación bastante drástica de la señal de entrada muestreada (puesto que no atiende los cambios de señal que ocurren entre los tiempos de muestreo), puede demostrarse que en principio el mismo proceso de muestreo no quita nada de la información con-

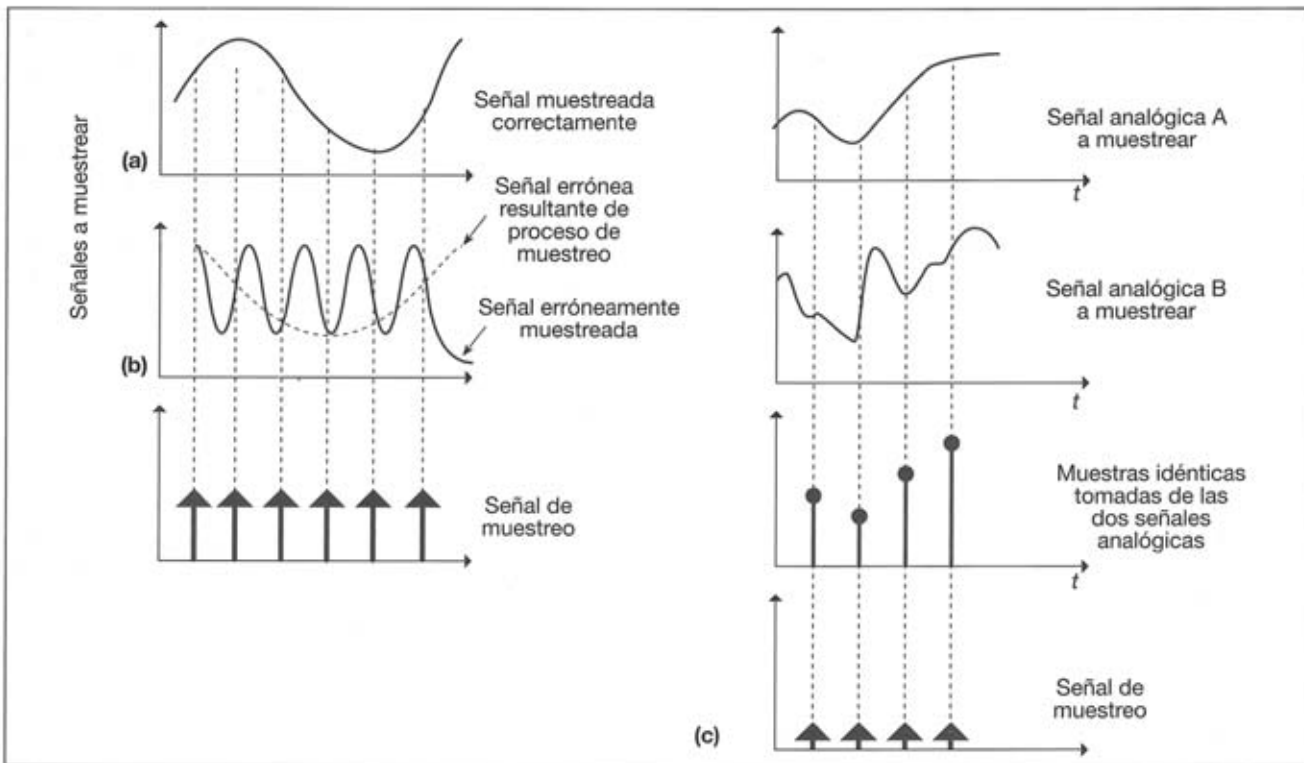


Figura 2. a) La señal de muestreo tiene una frecuencia adecuada para obtener la señal original muestreada. b) La frecuencia de muestreo es inadecuada y en la reconstrucción de la señal muestreada se produce una forma de onda errónea (efecto alias). c) Muestras iguales obtenidas con la misma frecuencia de muestreo de diferentes señales analógicas.

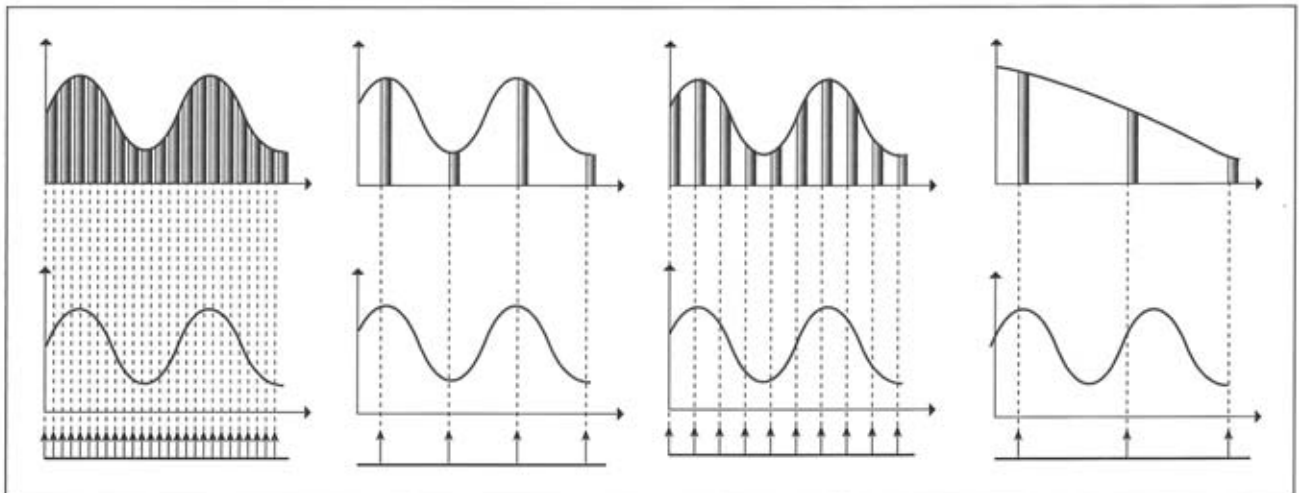


Figura 3. Proceso experimental para obtener la frecuencia de muestreo más adecuada. Partiendo de una señal de muestreo variable sobre una señal de audio constante de 20 kHz, se obtienen diferentes señales PAM que tienen que contener las propiedades de la señal analógica original muestreada.

tenida en la señal de audio, siempre que la frecuencia de muestreo sea al menos dos veces superior que la frecuencia más alta contenida en la señal de audio original.

Esta conclusión, llamada **teorema de muestreo** o **criterio de Nyquist**, establece que para que una señal original analógica pueda ser recuperada de su correspondiente señal PAM, la frecuencia de muestreo deberá ser mayor que el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal analógica a muestrear.

Puede que esta conclusión resulte complicada. Realmente su interpretación es muy sencilla y puede comprenderse cuando consideramos los dominios de la frecuencia y del tiempo de las señales de entrada y de salida, que pasamos a describir.

Cuando consideramos una señal de entrada analógica $V(t)$ en el dominio del tiempo que tiene una frecuencia máxima $F_{máx}$, su espectro de frecuencia puede tener cualquier forma entre 0 Hz y su $F_{máx}$ (0-20 000 Hz en la señal de audio) (Figura 4.a).

Pero si la señal pasa por un proceso de modulación en amplitud de pulso (PAM) mediante una señal de muestreo $s(t)$, que consiste en capturar a la frecuencia de muestreo (f_s) una serie de muestras correspondientes de la señal de entrada analógica (Figura 4.b), obtendremos el espectro de los pulsos de muestreo modulados que podemos observar en la Figura 4.c.

La primera marca en el dominio de la frecuencia corresponde a la frecuencia de muestreo (f_s), pero dado que las muestras son infinitesimalmente cortas en duración, el espectro es infinito y consiste en repeticiones del espectro modulado alrededor de los múltiplos de la frecuencia de muestreo $2f_s$, $3f_s$, etc. Matemáticamente, el proceso de muestreo es equivalente a una multiplicación de $V(t) \times s(t)$ (Figura 4.c).

Como se ha indicado, la amplitud de la señal de entrada $V(t)$ modula los impulsos de muestreo, produ-

ciendo, como era de esperar, bandas laterales superiores e inferiores alrededor de los múltiplos de la frecuencia de muestreo (ver el dominio de la frecuencia en la Figura 4.c).

En la Figura 5 podemos observar cómo se ha reducido excesivamente la frecuencia de muestreo, con lo que aparece una zona de solapamiento (sombreada) entre la banda de la respuesta fundamental (0-20 000 Hz) y las bandas laterales, de donde se deduce que f_s ha de ser mayor que $2 \times F_{máx}$. Si no fuera así, el espectro fundamental solaparía a la parte modulada del espectro y, como consecuencia, sería inseparable de ésta y produciría frecuencias aleatorias, es decir, el efecto alias.

De lo expuesto anteriormente se deduce que la elección de la frecuencia de muestreo es muy importante. En primer lugar, la selección de una frecuencia de muestreo demasiado alta aumentaría los costes de los equipos considerablemente. Además, puesto que no existen filtros de corte ideales, tiene que incorporarse cierto margen de seguridad para evitar que las frecuencias de más de $1/2$ de f_s pasen por el filtro con una atenuación insuficiente.

Para evitar que la señal de audio muestreada no contenga componentes armónicas superiores a los 20 kHz, antes de muestrear la señal de audio se requiere un filtro paso-bajo con una fuerte pendiente que evite el paso de los armónicos no deseados de la señal de entrada por encima de la mitad de la frecuencia de muestreo (Figura 6), donde se requiere un rizado pequeño en el paso de banda bajo y una atenuación elevada sobre la frecuencia de corte. En la práctica, se utiliza un filtro de séptimo u octavo orden. Si no se hace esto, el fenómeno alias producirá componentes de distorsión no eliminables.

En el caso de los compact disc, los implantadores del sistema estándar han acordado una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz.

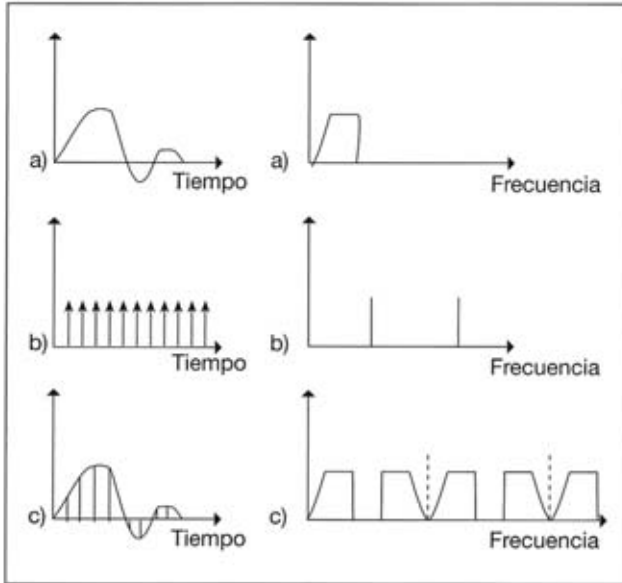


Figura 4. Representación de las señales en los dominios del tiempo y de la frecuencia del proceso de muestreo. **a)** Dominio del tiempo. **b)** Dominio de la frecuencia.

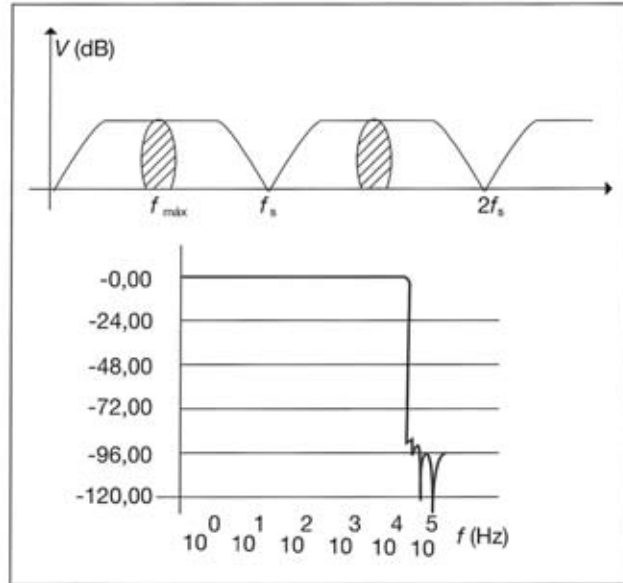


Figura 5. Principio de solapamiento entre la frecuencia de audio a muestrear y la frecuencia de muestreo, introduciéndose ruidos extraños (efecto alias).



3. EL PROCESO DE CUANTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN

Hasta aquí hemos estudiado el proceso previo por el que ha de pasar una señal analógica para transformarse en digital. Este proceso consiste en el muestreo y la retención, pero incluso después de estos procesos de la señal de audio todavía nos hallamos en el dominio analógico.

El paso definitivo al campo de las señales digitales es realizado por el proceso de la cuantificación y la codificación, es decir, pasar del número teóricamente infinito de amplitudes a uno finito. Este proceso de cuantificar consiste en medir las muestras de amplitud de la señal PAM obtenidas de la señal analógica original de audio y registrarlas a medida que van apareciendo mediante números binarios, es decir, representarla en valores digitales.

Para realizar este proceso habrá que limitar el número de los valores que deban tomarse de la señal analógica mediante la señal de muestreo y todos los valores tomados tendrán que ser asignados a un número digital en binario.

Durante este proceso es imposible obtener unos valores digitales que se correspondan exactamente con la señal analógica muestreada, ya que, mientras que esta señal toma durante su variación en el tiempo infinitos valores, la señal digital presenta un número finito y discreto de combinaciones. Esto quiere decir que se le asigna un mismo valor a todas las señales analógicas cuya amplitud se encuentre comprendida dentro de un

mismo intervalo de decisión, como ya estudiaremos (Figura 7.a).

Supongamos que vamos a cuantificar una señal analógica que cambia constantemente de magnitud y sentido de polaridad en el tiempo. En este caso vamos a utilizar para codificar los distintos valores analógicos el sistema de codificación de complemento a 2, en el cual los valores positivos son indicados por el código natural binario, mientras que los valores negativos son representados complementando simplemente los códigos positivos (es decir, cambiando el estado de todos los bits y sumándole un 1 al bit menos significativo). En tal caso, el bit más significativo se utiliza como bit de signo, en general, siempre es 0 para valores positivos y 1 para los valores negativos.

Luego, podemos definir la **cuantificación** como el *proceso mediante el cual todas las muestras obtenidas de una señal analógica que se encuentren dentro de un mismo intervalo de decisión se representan con un mismo valor.*

La cuantificación elegida determina la distorsión que va a ser introducida por el sistema, ya que en este proceso, al existir una aproximación de la señal muestreada, se producirá un error de cuantificación, debido a que a los distintos valores de la señal muestreada se les asigna un único nivel de salida. Este error que se introduce en el sistema surge de la diferencia entre la señal original muestreada y la señal reconstruida durante el proceso de cuantificación.

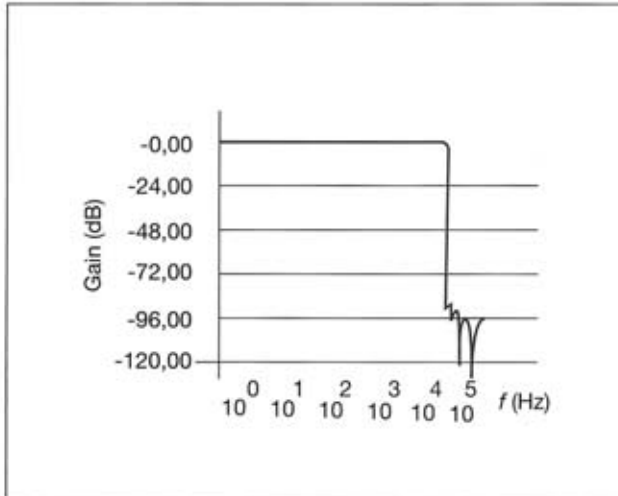


Figura 6. Características del filtro anti-alias.

Además, la cuantificación va a determinar el código binario que se va a utilizar para transmitir, porque, en función del número de intervalos que obtengamos en el proceso de cuantificación, existirá una palabra que tendrá un mayor o menor número de bits, acorde a los intervalos de decisión que obtengamos. Por tanto, una vez que tenemos el código binario para codificar la señal, podemos determinar el número de intervalos finitos de decisión que tenemos para cuantificar los diferentes valores que toma la citada señal analógica. Se cumple la expresión:

$$N = 2^n - 1,$$

donde N es el número de valores o intervalos de decisión y n es el número de bits que tendrá la palabra.

Por tanto, la señal muestreada debe ser cuantificada, esto es, la máxima amplitud que pueda alcanzar se divide en un número de valores de decisión o intervalos de codificación que determinarán las combinaciones posibles que pueda tomar la palabra binaria sumándoles 1.

Para cuantificar las diferentes muestras tomadas en nuestro ejemplo, tenemos ocho palabras binarias de tres bits, de donde:

$$2^3 = 8 \text{ y } 2^3 - 1 = 7 \text{ valores de decisión,}$$

donde cada muestra de la señal analógica tiene un límite denominado valor de decisión (que consiste en redondear el valor real de la señal analógica al valor cuantificado más próximo) y todas las muestras que se encuentren entre dos intervalos de decisión serán consideradas como un mismo valor binario. Si, por ejemplo, tomamos la muestra M_3 , cuyo valor está comprendido entre los valores de decisión V_5 y V_6 , ésta aparecerá representada por un determinado número binario, que en este caso será **0110**. El bit de mayor peso es el bit del signo y el resto indicará la magnitud de la muestra tomada, por lo que al ser este bit 0, será positivo. La diferencia entre ambos valores, es decir, entre el valor real y el valor cuantificado, se experimenta en forma de ruido, que hemos denominado error de cuantificación. Este error se superpone en todo momento a la información (Figura 7.a).

Si de nuevo realizamos el cuantificado de la señal muestreada, pero utilizamos para ello una palabra de

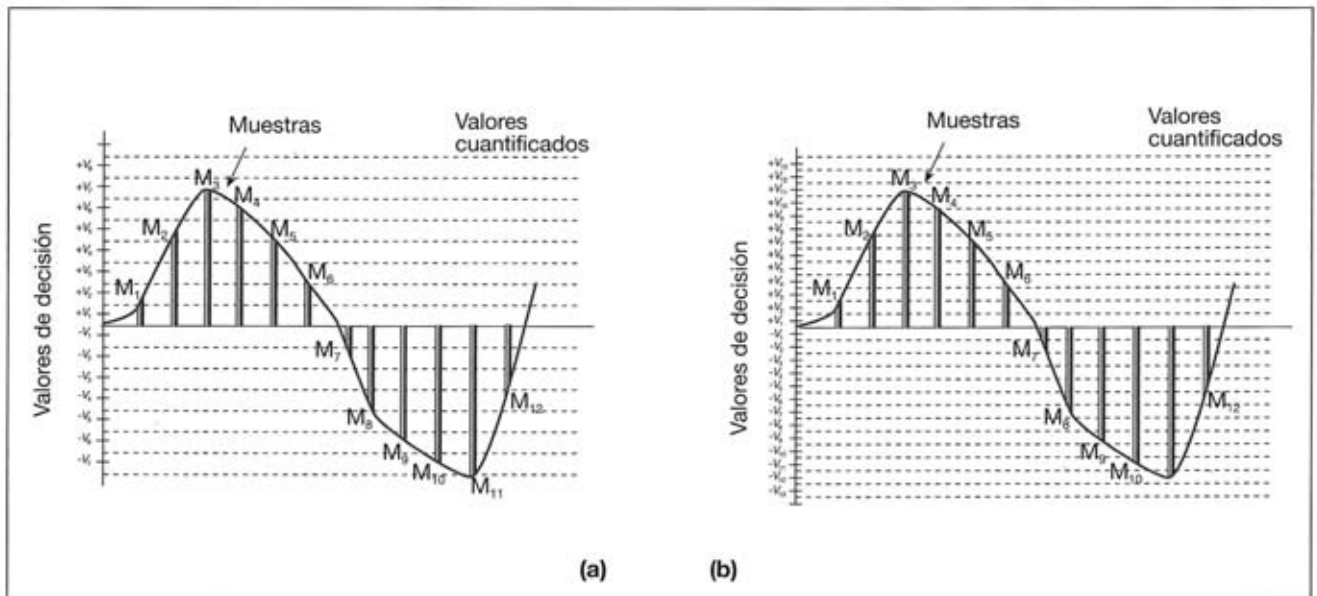


Figura 7. a) Cuantificación de muestras de una señal analógica para un código simétrico binario de tres bits más el bit de signo. b) Cuantificación de muestras de una señal analógica para un código simétrico binario de cuatro bits más el bit de signo.

mayor número de códigos binarios, en este caso 4 bits, el número de códigos binarios será:

$2^4 = 16$ y obtendremos $2^4 - 1 = 15$ valores de decisión;

si procedemos con el mismo criterio, podemos observar en la Figura 7.b que el error de cuantificación ha quedado reducido, al existir más intervalos de decisión.

Por ello, podemos deducir que un mayor número de códigos binarios disponibles para este propósito, más tomas de muestreo y el menor intervalo entre ellas, conduce a una reducción del ruido de cuantificación.

Por tanto, se puede definir la **codificación** como el proceso mediante el cual se asigna un código digital a cada uno de los niveles que entrega el dispositivo cuantificador.

Entre los diferentes códigos utilizados (unipolares y bipolares), en audio digital se suelen utilizar los bipolares, ya que dan información sobre la magnitud y el signo de la señal, a diferencia de los unipolares que sólo informan de la magnitud.

Por las limitaciones físicas de los dispositivos em-

pleados en audio digital, relacionadas con sus costes, se ha definido el empleo de una palabra de 16 bits.

Para el cálculo de la relación señal-ruido (S/R) entre la máxima señal que admite el cuantificador y el error de cuantificación que se introduce, se utiliza la expresión siguiente:

$$S/R = 20 \log N + 1,76 \text{ dB},$$

donde N es igual al número de códigos disponibles.

Para el sistema del compact disc tenemos: $N = 2^{16}$, ya que un código contiene 16 bits (dígitos binarios). Esto quiere decir que la máxima amplitud posible de la señal analógica se divide en 65 535 combinaciones binarias, lo que da una relación señal-ruido de:

$$S/R = 20 \log 2^{16} + 1,76 = 98 \text{ dB}.$$

Desde el punto de vista práctico, hay que tener en cuenta que el hecho de incorporar un bit más al sistema doblará el número de combinaciones posibles ($2^8 = 256$, $2^9 = 512$), por ello podemos redondear afirmando que mejoramos la relación señal/ruido en 6 dB.



4. CUANTIFICACIÓN UNIFORME

Si los niveles de cuantificación, que denominaremos Q , son todos iguales, estamos en lo que se denomina cuantificación uniforme o lineal. Por tanto, la cuantificación radica en asignar a cada muestra tomada de la señal analógica de audio un valor discreto entre los establecidos. En la Figura 8.a podemos observar una función de transferencia de un cuantificador lineal de tres bits donde se ve que existen unos niveles fijos de cuantificación de $(-1 - 0,75 - 0,5 - 0,25 - 0 - 0,25 - 0,5 - 0,75 - 1 \text{ V})$. Se aprecia que los valores comprendidos entre dos niveles de decisión consecutivos se asignan al nivel de cuantificación más próximo al valor de la muestra, introduciendo, por tanto, un error de cuantificación en la representación digital de la señal.

Un ejemplo de función de transferencia de un convertidor uniforme de tres bits aparece representado en la Figura 8.b, donde se observan las distintas palabras de salida (con tres bits, donde $2^3 = 8$ palabras) en función de la señal de entrada. En el ejemplo se ha supuesto que la máxima tensión que el convertidor admite es de 0 a 2 V, siendo el valor de los niveles de decisión igual:

$$Q = 2 \text{ V} / 8 = 0,25 \text{ V}$$

Igualmente, en la Figura 8.c se representa una

cuantificación de niveles con su error característico de cuantificación, que queda representado por la diferencia entre la característica en escalera (señal cuantificada) de la función de transferencia y la línea recta de trazos que representa la señal analógica.

Como podemos observar, en todo proceso de cuantificación existe un error, puesto que una señal digital con un número finito de niveles (2^n) no puede representar perfectamente a una señal analógica que es capaz de tomar un número infinito de valores. El error es mayor en los niveles de decisión y nulo en el punto medio del escalón de cuantificación (Figura 8.c).

El error que se produce se denomina error de cuantificación y depende del tamaño del escalón en que se divide la escala de señales, que denominaremos niveles de cuantificación, representados en general por la letra Q .

Este error está contenido en la señal digital, ya que al recuperar posteriormente la señal analógica, ésta diferirá de la original en la magnitud de error. Por tanto, el error de cuantificación es la diferencia entre el valor real de la muestra tomada y el que le asigna el cuantificador para representarla.

Una de las características fundamentales del error de cuantificación es que el error que se introduce en cada muestra depende de la amplitud del intervalo de

cuantificación Q , de tal forma que cuanto menor sea éste, menor será el error introducido. En definitiva, el error de cuantificación se produce por un redondeo que se introduce en la conversión, por lo que el valor máximo de éste en cada muestra será de $\pm Q/2$ V.

En los ejemplos que vamos a tratar, la palabra consta de tres o cuatro bits, ya que a escalones mayores les es-

taremos asignando un mismo valor a más niveles de la señal analógica y, por tanto, el error será mayor. De lo que se deduce que, si aumentamos el número de niveles de cuantificación, se reducirá el tamaño de los escalones y, en consecuencia, al tener menos niveles de señal analógica con el mismo valor, el error de cuantificación también se verá reducido (Figura 9.a y b).

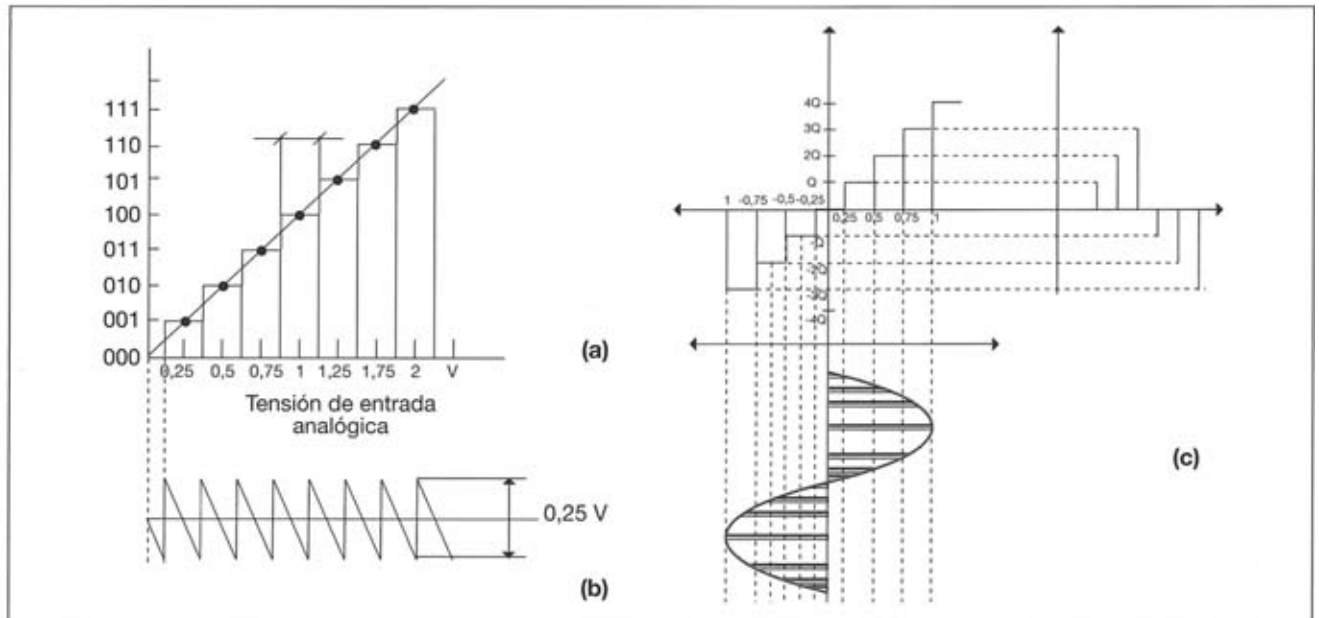


Figura 8. a) Función de transferencia de un cuantificador. b) Curva de tres bits de la función de transferencia. c) Error de cuantificación.



5. LOS CONVERTIDORES ANALÓGICOS-DIGITALES (A/D)

Como ya se comentó, la conversión de una señal analógica en digital requiere tres procesos: muestreo-retención, cuantificación y codificación. Los dos primeros procesos son realizados por los circuitos de muestra y retención ya estudiados, mientras que los dos últimos los lleva a cabo el convertidor analógico-digital (A/D). Efectivamente, el proceso realizado por los convertidores A/D consiste en que, una vez que se ha cuantificado la señal analógica (tensión o corriente) continua de entrada, se transforman en un conjunto discreto de estados de salida proporcionales a la señal de entrada aplicada, para posteriormente codificarla, asignándole un conjunto de bits (palabra o código digital) a cada uno de los estados presentados. Estos números binarios obtenidos a la salida del convertidor A/D pueden tener un número determinado de bits. Pues bien, el conjunto de estos dos procesos (cuantificación y codificación) es la conversión analógico-digital.

La precisión del proceso de conversión analógico-digital depende del número (n) de bits utilizados en la salida por el convertidor.

Un convertidor real funciona de forma óptima cuando el valor cuantificado corresponde al punto medio del intervalo del código binario de salida determinado.

El conjunto de los datos generados por el convertidor A/D recibe el nombre de señal PCM (proceso que convierte las formas de onda de la señal analógica en una serie de pulsos binarios). Este nombre proviene del inglés de *Pulse Code Modulation*, que significa **Modulación por Pulsos Codificados** y se abrevia con las siglas PCM. Podemos afirmar que la señal PCM se obtiene después de los procesos de muestreo-retención, cuantificación y codificación de la señal analógica.

Un convertidor analógico-digital muy utilizado es el ADC0801.

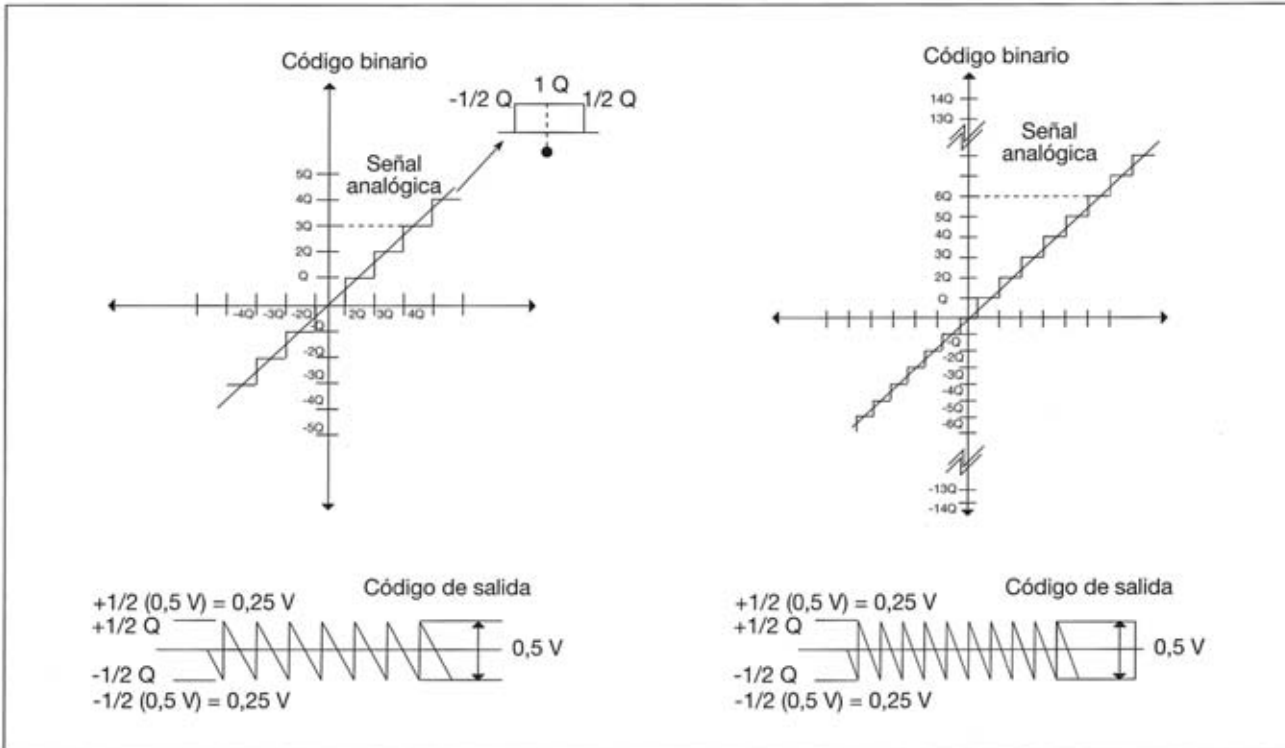


Figura 9. a) Error de cuantificación para un código de tres bits más el bit de signo. b) Error de cuantificación para un código de cuatro bits más el bit de signo.



6. CARACTERÍSTICAS DE LOS CONVERTIDORES ANALÓGICOS-DIGITALES

Entre las características de los conversores A/D destacamos las siguientes:

Resolución

Se refiere al incremento o disminución de tensión necesario para poder modificar el valor del bit de menor peso (LSB).

Este parámetro se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = V_{fs}/2^n,$$

donde R es la resolución (tensión analógica para variar el LSB), V_{fs} expresa el valor a fondo de escala del convertidor, y n , el número de bits utilizados.

Para comprender esta expresión vamos a utilizar como ejemplo un convertidor de A/D de cuatro bits de salida que tiene 2^4 , es decir, que tendrá 16 niveles discretos de salida. Por tanto, el convertidor utilizado con una tensión de referencia de 8 V producirá 16 niveles de tensión de salida entre 0 y 8 V, en intervalos o incrementos de codificación de 0,5 V.

Error de offset

Es el valor de la tensión de salida que hace que la función de transferencia no pase por el origen. El dato a indicar será, pues, la tensión de salida cuando se aplica el código cero a la entrada (000). Se expresa en mV o nA, dependiendo del tipo de salida, o bien como porcentaje del V_{fs} (tensión de entrada a fondo de escala). A veces los circuitos disponen de entradas que permiten ajustar este error de *offset*, al igual que la ganancia, mediante unos potenciómetros exteriores.

Linealidad

Es el error introducido por la máxima desviación de salida de la característica real de transferencia respecto a la teórica o ideal, que estaría representada por una línea recta. En la Figura 23.10 podemos observar un ejemplo de no linealidad para un convertidor de 3 bits. Este parámetro se expresa así:

$$NL = V_{nl}/V_{fs},$$

siendo NL la no linealidad, V_{nl} , la desviación para el peor caso, y V_{fs} , el valor de fondo de escala del convertidor.

Este parámetro se puede expresar en tanto por ciento del valor a fondo de escala o como una fracción del bit menos significativo. Un convertidor deberá ser lineal en menos de $1/2$ LSB, ya que en caso contrario, si para un cierto código de entrada su valor fuera positivo y superior a $1/2$ LSB, a la vez que negativo y de módulo también mayor que $1/2$ LSB para el código siguiente, el convertidor no cumpliría una especificación importante, como es que la salida siempre crece o permanece constante al aumentar el valor de la entrada analógica (Figura 10).

❑ Tiempo de conversión

Es la especificación que se refiere a la cantidad de tiempo necesaria para asociar un valor digital con el valor

de la tensión analógica aplicada a la entrada del convertidor.

❑ Error de cuantificación

Ya hemos hecho referencia al error de cuantificación, ahora vamos a definir este parámetro.

Como el número de valores discretos es acotado y, en consecuencia, su ancho es finito, a la señal de entrada analógica le corresponde, para niveles distintos muy próximos, un mismo código binario, por tanto, aparecen diferencias entre la señal original y la de salida del convertidor. A estas diferencias se les denomina errores de cuantificación. Un convertidor será más perfecto cuantos más escalones tenga su cuantificador.

En la Figura 8.a aparecía este error para el caso de un cuantificador lineal. Pudimos observar que al tratarse de un cuantificador uniforme, el error de cuantificación será cero en el punto medio del escalón, punto donde se cumple que el valor del eje $x = y$.

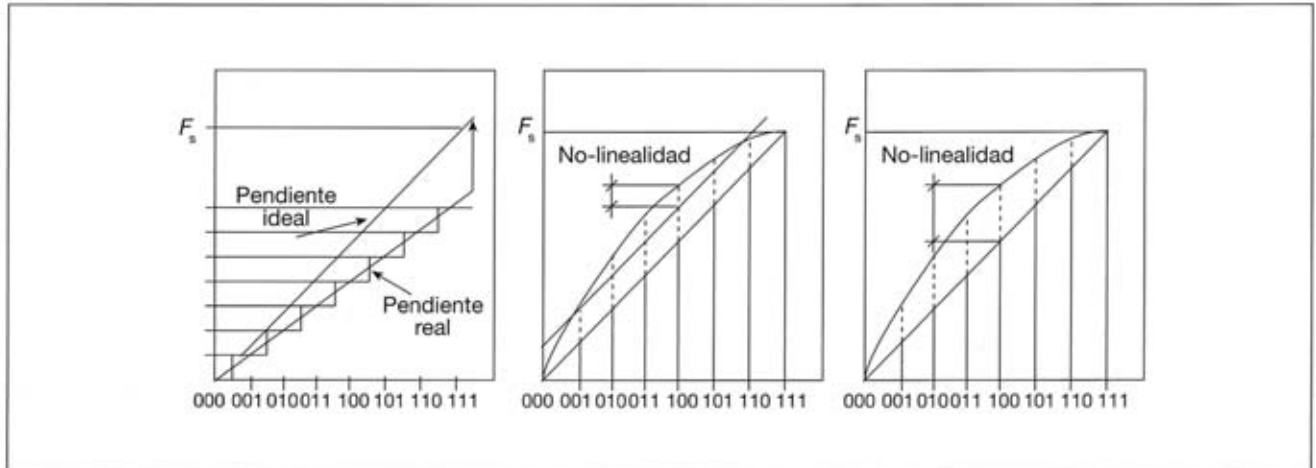


Figura 10. Representación de los errores de linealidad.



7. TIPOS DE CONVERTIDORES ANALÓGICOS-DIGITALES

Cada uno de estos convertidores tiene ventajas e inconvenientes en lo que se refiere a coste, inmunidad al ruido, precisión y velocidad. Como consecuencia, cada tipo de convertidor tiene su propia área de aplicación.

7.1. Convertidor A/D de rampa en escalera

Uno de los convertidores más simples es el circuito de realimentación con contador en escalera que se muestra

en la Figura 11. El circuito consta de un contador binario, un convertidor digital-analógico (D/A), un comparador y circuitería lógica.

Una vez que se ha realizado el muestreo de la señal analógica y se encuentra presente ésta en la entrada del comparador, se aplica un impulso de reposición o puesta a cero (*clear*) al contador binario de ocho bits, de forma que comience la cuenta desde cero. Con el contador puesto a cero, la salida del convertidor D/A también es cero. En este instante, la señal analógica de entrada V_a es mayor que la salida del convertidor D/A (genera-

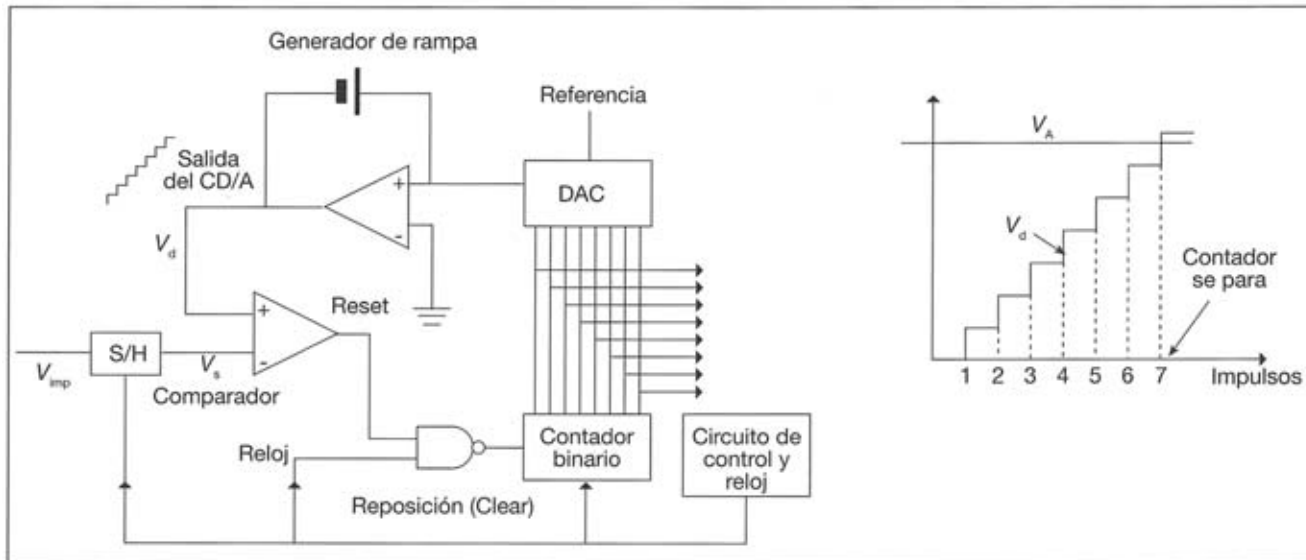


Figura 11. Diagrama de bloques de un convertor A/D a realimentación en escalera.

por lo que la salida del comparador se encuentra a nivel alto y la puerta NAND está habilitada, permitiendo así que los impulsos de reloj incrementen el contador binario.

Según se incrementa el contador binario, el convertidor D/A genera en su salida una tensión en forma de escalera V_d y, tan pronto como la salida del convertidor iguala o sobrepasa el nivel de señal de entrada analógica V_a , la salida del comparador conmutará a cero su salida inhibiendo así los pulsos del reloj presentes en la puerta NAND. En este instante la conversión y el contador paran, y la salida del contador binario es el equivalente digital de la señal analógica de entrada.

Como se ha visto, el principio es básico, aunque presenta el grave inconveniente de que el contador ha de pasar por todos los estados: desde el inicial hasta que alcance al valor de la señal analógica de entrada. Es decir, que el tiempo de reconversión es proporcional al valor de la señal analógica aplicada a la entrada y a la frecuencia del reloj. Esto indica que los tiempos de conversión serán muy distintos y dependerán directamente del valor analógico de la señal de entrada.

7.2. Convertidor A/D de aproximaciones sucesivas

Una versión mejorada de los convertidores con realimentación a contador en escalera es el convertidor por aproximaciones sucesivas, que utiliza un circuito de control algo más complejo y rápido. Este convertidor trata de acercarse al valor final mediante aproximaciones sucesivas, de ahí su nombre.

La operación es similar a la que se realiza para conocer el peso de un objeto, utilizando para ello unos pesos estándar de valor $1/2, 1/4, \dots, 1/n$ kg. El proceso ló-

gico es comenzar poniendo en una balanza el peso mayor, quitándolo y añadiendo más de los valores menores en sentido descendente según sea el resultado de la comparación con el peso desconocido. Una vez empleado el peso más pequeño ($1/n$ kg), la operación habrá terminado.

La Figura 12.a muestra el diagrama de bloques de un convertidor por aproximaciones sucesivas, que se encuentra formado por un convertidor D/A, un comparador y, en lugar de utilizar un contador binario que alimente al convertidor A/D, se utiliza un registro de aproximaciones sucesivas. Este circuito está constituido por un registro de desplazamiento, que almacenará la combinación digital, y un circuito secuencial de control, cuyo conjunto suele recibir el nombre de registro de aproximaciones sucesivas (SAR). Un impulso de reloj secuencial, de forma especial, las básculas del circuito SAR.

La Figura 12.b muestra la secuencia de números binarios aplicados al convertidor D/A cuando se inicia la conversión. Éstas son las distintas decisiones que se toman por el comparador según cambian los bits del SAR. Para simplificar este ejemplo se utiliza un convertidor D/A de tres bits y un SAR.

El registro de aproximaciones es inicializado con la combinación 100, lo cual supone explorar si el valor analógico de entrada está por encima o por debajo del valor medio del rango. Si, por ejemplo, V_a es mayor que dicho valor, se investiga dentro de la mitad superior, añadiendo un 1 en la siguiente posición 110. Si aquí se obtiene que V_a es menor que el equivalente analógico de dicho valor digital, se quita el 1 de la segunda posición y se pasa a la siguiente 101. Este proceso finalizará cuando se haya estudiado el comportamiento del bit menos significativo, hecho que se indica a través de la línea de fin de conversión.

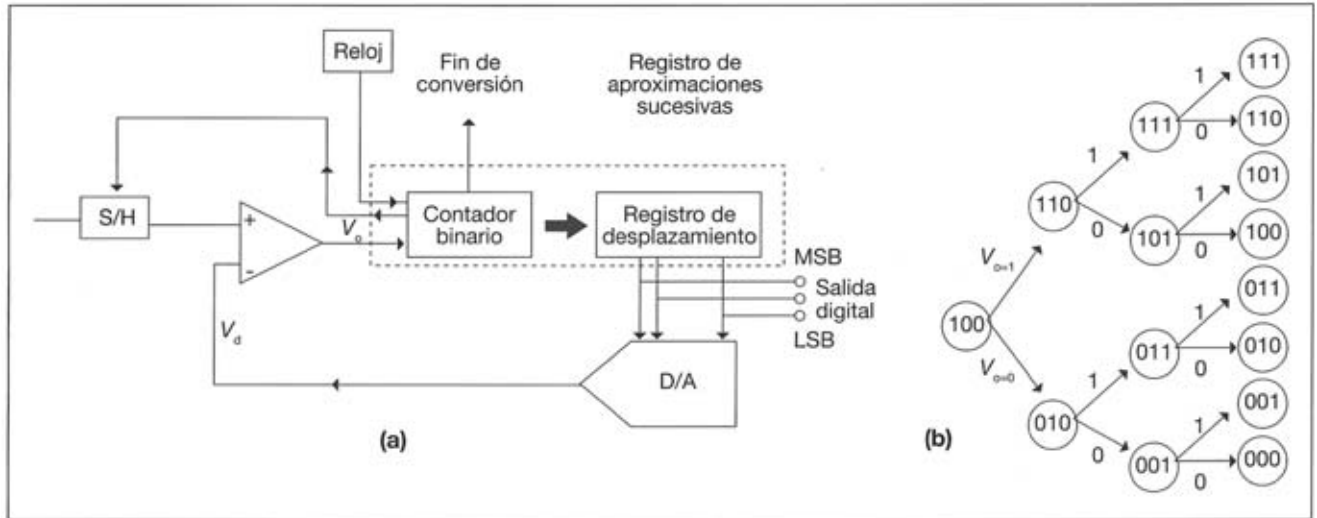


Figura 12. a) Diagrama de bloques de un convertidor por aproximaciones sucesivas. b) Secuencias numéricas posibles de un convertor A/D de tres bits por aproximaciones sucesivas.

Como se puede observar en la Figura 12.b, sólo se necesitan tres impulsos de reloj para alcanzar el valor final (en general, el número de impulsos será igual al de bits de resolución). Además, el tiempo de conversión es fijo, con independencia del tiempo del valor analógico de entrada. Por estas razones, simplicidad y rapidez, este convertidor es de los más utilizados, y se consiguen unas velocidades mayores cuanto más se reduzcan los tiempos de propagación y respuesta de los circuitos internos.

7.3. Convertidor A/D de simple rampa

Este convertidor transforma la tensión analógica de entrada en un período de tiempo (impulso) que es medido mediante un reloj y un contador.

El diagrama de bloques de este convertidor lo podemos observar en la Figura 13.a, donde al recibir la orden de iniciar la conversión (t_1), según podemos ver en las formas de ondas de funcionamiento de la Figura 13.b, al quedar aplicado este pulso en la entrada del circuito de control, dispara al generador de rampa y el convertidor comienza la generación de la rampa y pone a 1 la salida Q del biestable. Este nivel se mantendrá hasta que la rampa supere el nivel de la entrada analógica a convertir (t_2), momento en que la salida del convertidor pasa a estado alto y se activa el *reset* del biestable, que volverá a 0 su salida y, en consecuencia, la entrada de la puerta NAND y el contador dejarán de contar los impulsos de frecuencia del reloj. Por consiguiente, al ser la duración del impulso en la salida del biestable función directa de la tensión de entrada, las salidas del contador serán una representación digital de la misma.

Existen limitaciones para este convertidor. Por una parte, el hecho de que el tiempo de conversión no es fijo, sino que depende del valor de la señal de entrada a convertir. Además, la falta de linealidad del generador de rampa y el *offset* de entrada del comparador de tensión hacen que la duración del impulso no sea la adecuada. Algunas de estas limitaciones son superadas en el convertidor de doble rampa.

7.4. Convertidor A/D de doble rampa

En la Figura 14.a tenemos el diagrama de bloques de este tipo de convertidor, que es el más utilizado en aplicaciones de gran precisión, aunque la velocidad de conversión sea muy baja. Este método está basado en el principio de conversión de una señal analógica de entrada desconocida en un intervalo de tiempo que puede ser medido con un contador digital.

La señal de entrada se aplica mediante un conmutador electrónico al circuito del integrador, compuesto por el primer amplificador operacional y la red RC asociada, durante un tiempo fijo T_1 tiempo que emplea el contador en pasar desde el estado 00...0 hasta que se produce el desbordamiento (*overflow*) en la cuenta, es decir, mientras cuenta 2^n impulsos de reloj. Durante este tiempo, la salida del integrador se va haciendo negativa hasta alcanzar un nivel mínimo $-V$ en el instante T_1 . La inclinación de la rampa depende de la amplitud de la señal de entrada y de la constante de tiempo del integrador. En este instante, la tensión de desbordamiento aplicada al circuito de excitación del conmutador electrónico lo conmuta y provoca la aplicación de una tensión de referencia ($-V_{ref}$) a la entrada del integra-

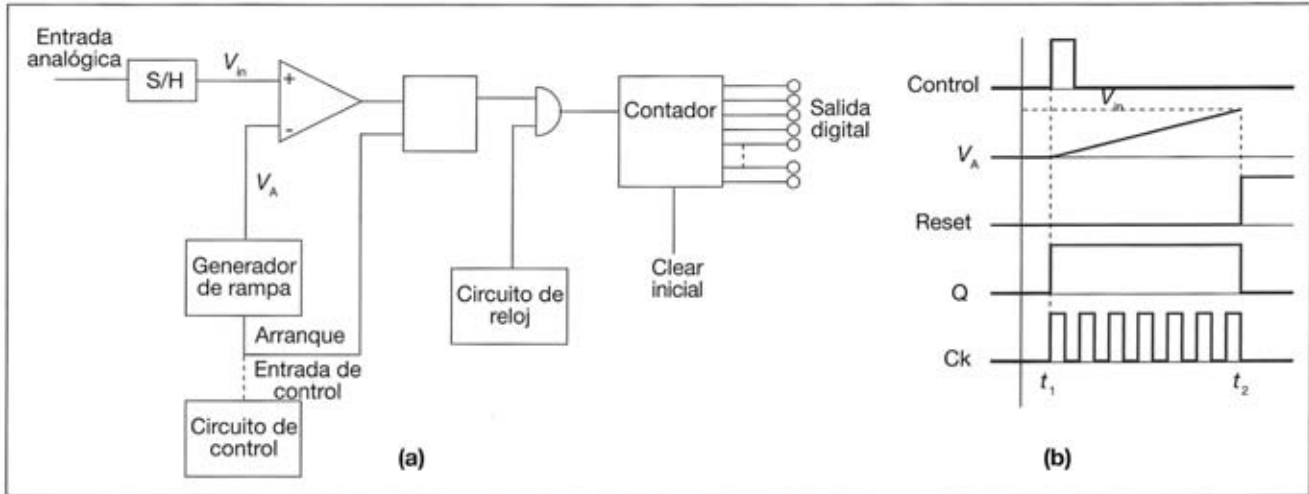


Figura 13. a) Diagrama de bloques de un convertidor de simple rampa. b) Formas de ondas.

dor, lo que permite que la salida de éste tienda a 0 V (Figura 14.b).

Durante el tiempo que dura esta segunda rampa, el contador va contabilizando los impulsos que recibe desde el circuito de reloj. Al pasar la rampa por el nivel de tensión cero, el contador deja de contar, con lo que se obtiene una señal digital proporcional a la tensión analógica de entrada.

Hasta este momento hemos permitido a la señal analógica de tensión desconocida generar una tensión de salida de rampa durante un período fijo de tiempo. Este período de tiempo se designa por T_1 y es igual a la máxima capacidad de cuenta del contador, multiplicada por

el período de impulsos del reloj. En nuestro ejemplo, con los impulsos de reloj que se suceden cada $1 \mu\text{s}$ y una capacidad de cuenta de 1 000, hemos permitido integrar la tensión de entrada durante un período de 1 ms. Al final de este período de tiempo, la tensión de salida del integrador es proporcional a la tensión de entrada analógica desconocida.

Posteriormente, la entrada del integrador se conmuta para integrar la tensión de referencia negativa. Por esta razón, la salida del integrador comienza a moverse en dirección hacia el potencial positivo. El contador comienza su cuenta hacia adelante cuando la salida del integrador pasa por cero, la salida del comparador cam-

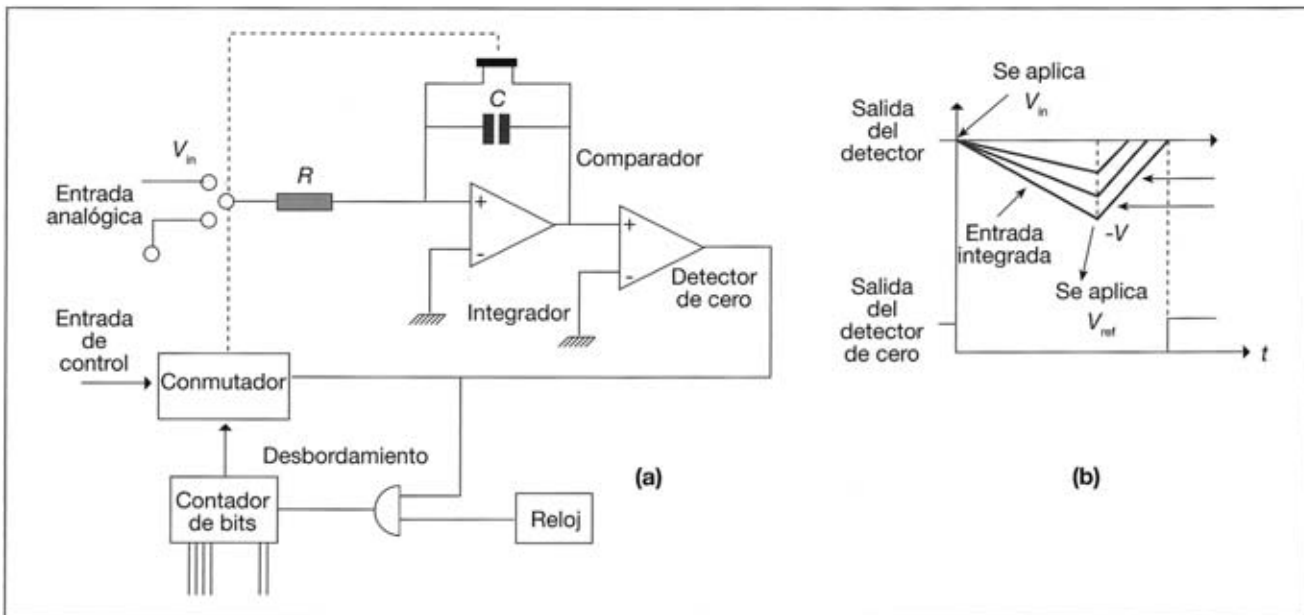


Figura 14. a) Diagrama de bloques de un convertidor de doble rampa. b) Formas de onda respecto al tiempo.

bia de nivel alto a bajo. Con una entrada del comparador a masa, éste conmutará de un estado a otro cuando su entrada esté por encima o por debajo de 0 V. Cuando la salida del comparador se pone a nivel bajo, inhibe la puerta AND y para los impulsos de reloj. En este instante el número del contador es proporcional a la tensión de entrada analógica conocida.

El ritmo de crecimiento de la rampa depende de la constante de tiempo RC , de la resistencia y del condensador del integrador, así como de la tensión de entrada de referencia. La salida de tensión del integrador (V_{int}) puede expresarse mediante la ecuación

$$V_{int} = (V_{in} \times T_1) / RC,$$

donde T_1 es el período de tiempo en que el integrador se permite cambiar hasta la tensión de referencia de entrada.

Durante el tiempo que el integrador introduce la tensión de referencia en la salida se obtiene un valor:

$$V_{in} = V_{ref} \times T_2 / T_1,$$

donde T_2 es el tiempo que toma la tensión de referencia en descargar el condensador de realimentación desde el máximo valor obtenido integrando la entrada. Esto se expresa matemáticamente como:

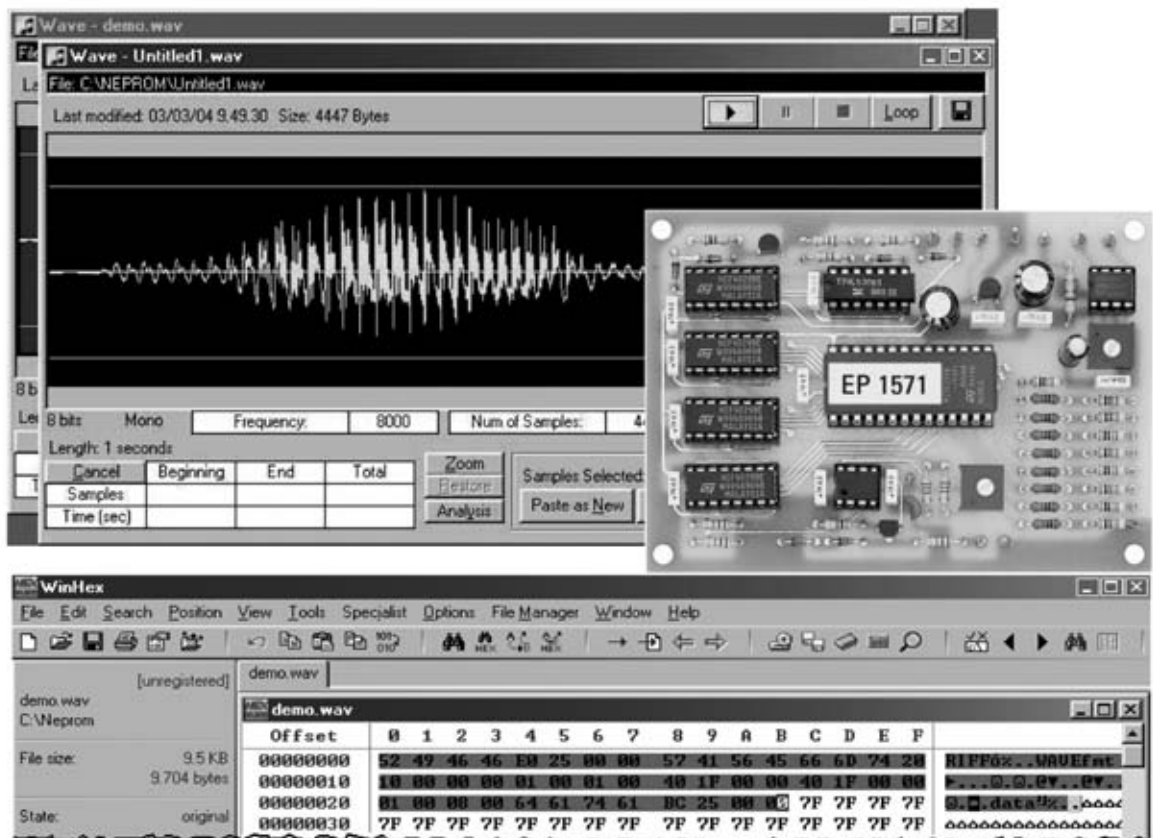
$$(V_{in} \times T_1) / RC = (V_{ref} \times T_2) / RC.$$

Reduciendo esta expresión, tenemos:

$$V_{in} = (V_{ref} \times T_2) / T_1.$$

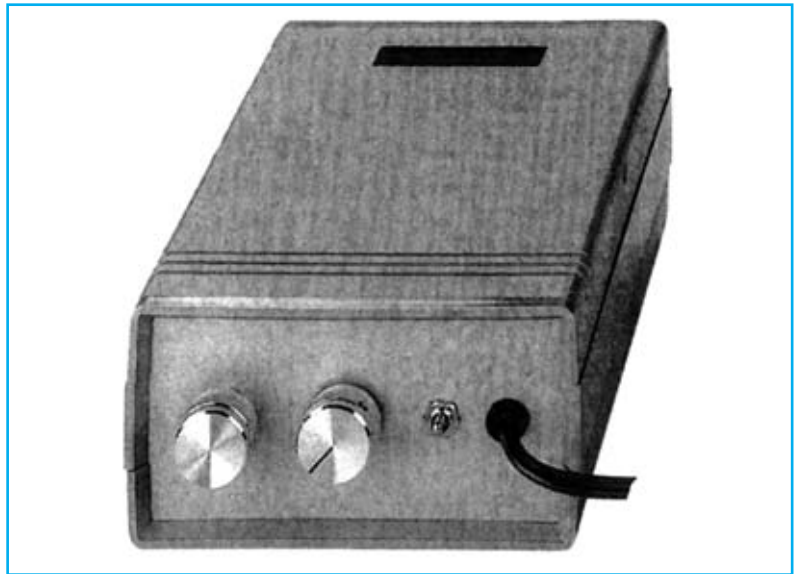
La entrada analógica desconocida V_{in} se expresa como una relación de T_2/T_1 de la tensión de referencia.

La publicación de este artículo ha sido posible gracias a McGRAW HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A.U. que ha concedido permiso para publicar este extracto de su libro EQUIPOS DE SONIDO y a SONY ESPAÑA S.A., que ha cedido la información contenida en este artículo.



Quienes deseen practicar la grabación y reproducción de sonido digitalizado en EPROM a partir de los sonidos almacenados en un ordenador personal tienen a sus disposición el kit **LX.1571**, que permite reproducir sonidos grabados en una EPROM 27256, y el Programador para EPROM **LX.1574** que incluye todo el software necesario para la grabación y edición del sonido digitalizado (consultar revistas N°239-240)

El máximo rendimiento de un motor de explosión se obtiene solo si la chispa de la bujía salta cuando el pistón llega al punto muerto superior con un ángulo de anticipación que tenga los grados aconsejados por el fabricante. Este estroboscopio permite saber a qué grados de ángulo de anticipo salta la chispa.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Este dispositivo se basa en el **efecto estroboscópico** de la luz para mostrar en un **display digital** el **ángulo de anticipo** (en grados) y las **revoluciones del motor** (en de vueltas por minuto) hasta un máximo de **18.000**, gracias a la utilización de **diodos LED flash** en lugar de las típicas lámparas flash.

Junto a la **polea** fijada al **árbol motor** siempre se encuentra una **muesca** que se utiliza para **controlar** si la **chispa** salta en relación con los **grados** aconsejados por el fabricante. Para que esta muesca parezca estar **quieta** es necesario iluminarla con **luz estroboscópica** que se encienda con una **frecuencia idéntica** a la del **número de vueltas del motor**. Por este motivo la se al utilizada para **controlar** el encendido de los diodos LED flash debe tomarse del cable que alimenta la **bujía** o del cable de la **bobina de Alta Tensión (AT)**.

Si el encendido de las bujías se produce **antes o después** del momento óptimo la **muesca** aparece **desplazada** hacia la derecha o hacia la izquierda. En este caso hay que **ajustar** el doble mando del estroboscopio (**R13:Ajuste - R14:Ajuste Fino**) hasta que la muesca aparezca en su **punto correspondiente**.

En ese momento se puede **comparar** el ángulo de anticipo mostrado en el **display** del estroboscopio con el **manual** del coche o de la moto, donde se indica el **ángulo óptimo**. Si no coincide con la lectura del estroboscopio hay que ajustar el **delco**, operación relativamente sencilla. Un mecánico nos puede indicar la forma de realizar este ajuste en el modelo concreto de nuestro coche o moto.

Un dispositivo de estas características no puede tener un esquema eléctrico sencillo. Para su comprensión

sintetizamos el funcionamiento de las diferentes **etapas** que lo componen:

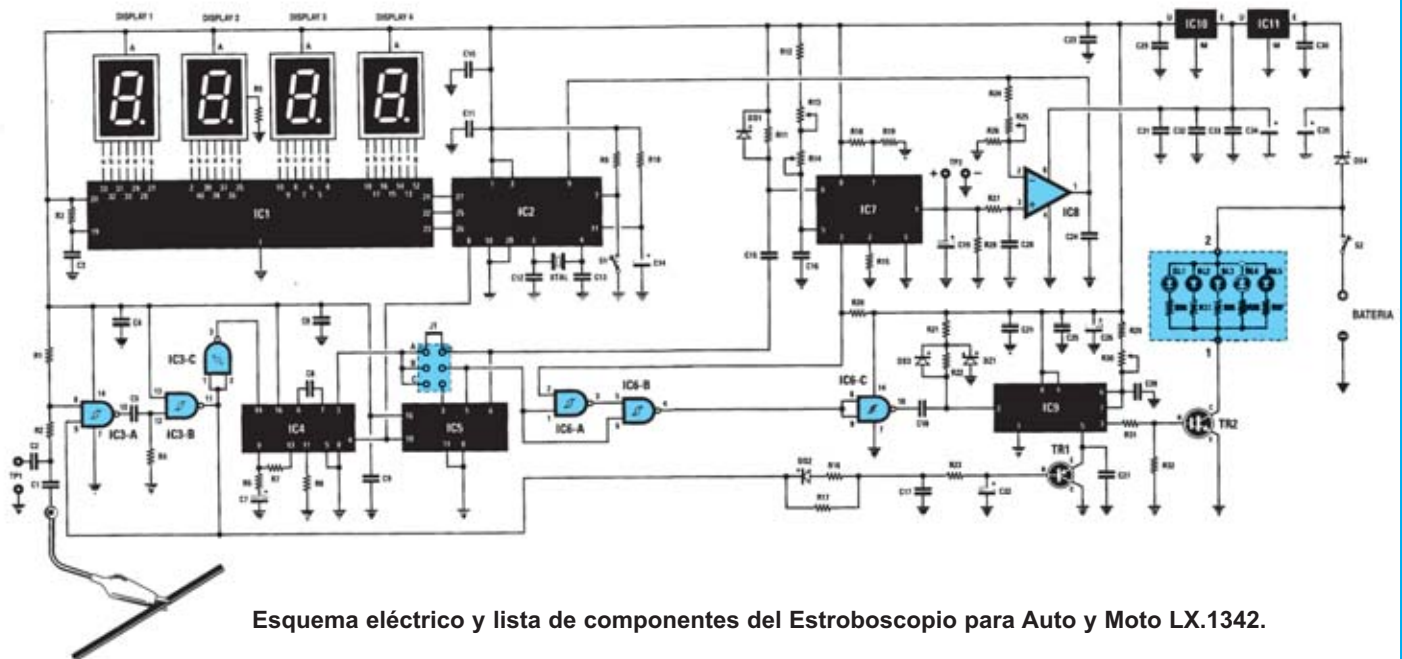
- **Etapa de Entrada:** Formada por **IC3-A/IC3-B/IC3-C** se ocupa de **convertir** en una **señal digital** la se proveniente del cable de la bujía o del cable de la bobina de Alta Tensión.

- La **Etapa de Control de Frecuencia** est formada por el **PLL IC4** y por **IC5**. La posición del puente **J1** se ajusta en función del **tipo de motor** a controlar y del **lugar** donde aplicar la **punta de cocodrilo** de entrada (**A: Motores 4 tiempos-4 cilindros** punta en la **bobina AT**, **B: Motores 2 tiempos-1 cilindro** punta en la **bujía**, **C: Motores 4 tiempos-4 cilindros** punta en la **bujía del primer cilindro**).

- La **Etapa de Control de los diodos LED flash** que emiten la luz estroboscópica est formada por **IC6-IC7-IC9-TR1-TR2**, tomando como entrada la salida de la Etapa de control de frecuencia. El trimmer **R30** regula la **luminosidad** de los diodos LED.

- La **Etapa de Control del Display** est formada por **IC1-IC2** y **4 dígitos de 7 segmentos**. Indica el **ángulo de anticipo** directamente en grados y las **revoluciones por minuto (rpm)** del motor, a las que hay que añadir un **0**. Por ejemplo para **4.500 rpm** se muestra **4.50**, de esta forma hay en la práctica **5 dígitos útiles**, el último, aunque no existe, se sobrentiende que siempre vale **0**. Cerrando el interruptor **S1** se **memorizan** los datos mostrados y no se produce ninguna variación en el display.

- La **Etapa de Alimentación** est formada por los integrados **IC10-IC11** que se ocupan de **estabilizar** la tensión de alimentación proveniente de la **batería** del coche o de la moto a **5 y 8 voltios** respectivamente.



Esquema eléctrico y lista de componentes del Estroboscopio para Auto y Moto LX.1342.

**LISTA DE COMPONENTES
LX.1342**

R1 = 39.000 ohm
R2 = 4.700 ohm
R3 = 8.200 ohm
R4 = 27.000 ohm
R5 = 330 ohm
R6 = 10.000 ohm
R7 = 33.000 ohm
R8 = 10.000 ohm
R9 = 10.000 ohm
R10 = 33.000 ohm

R11 = 4.700 ohm
R12 = 10 ohm
R13 = 47.000 ohm pot. lin.
R14 = 10.000 ohm pot. multiv.
R15 = 15.000 ohm
R16 = 5.600 ohm
R17 = 100.000 ohm
R18 = 10.000 ohm
R19 = 10.000 ohm
R20 = 10.000 ohm
R21 = 1.000 ohm
R22 = 10.000 ohm
R23 = 100.000 ohm

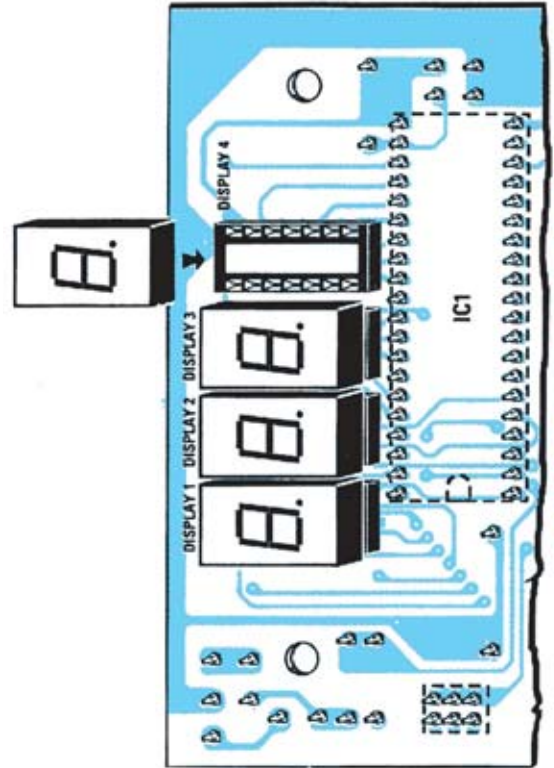
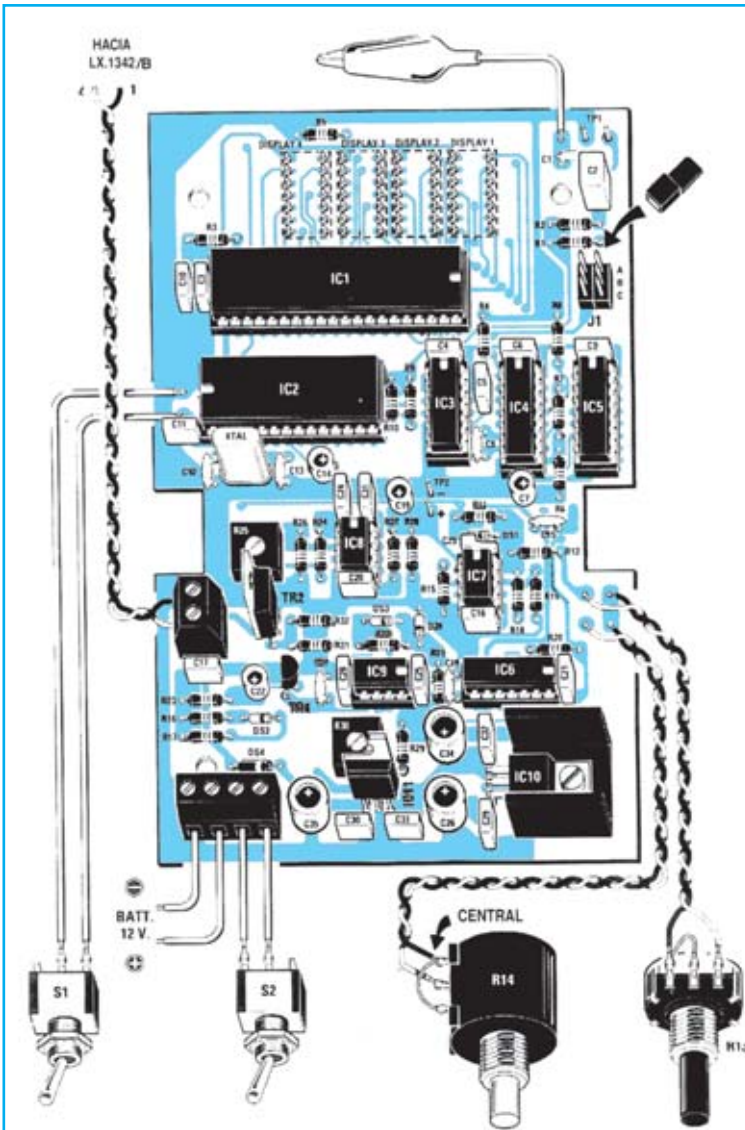
R24 = 4.700 ohm
R25 = 5.000 ohm trimmer
R26 = 3.900 ohm
R27 = 1 megaohm
R28 = 47.000 ohm
R29 = 2.200 ohm
R30 = 20.000 ohm trimmer
R31 = 4.700 ohm
R32 = 47.000 ohm
R33 = 12 ohm
R34 = 12 ohm
R35 = 12 ohm
R36 = 12 ohm

R37 = 12 ohm
C1 = 220 pF ceramico
C2 = 1 mF pollester
C3 = 1.000 pF poliester
C4 = 100.000 pF poliester
C5 = 100.000 pF poliester
C6 = 100.000 pF poliester
C7 = 2,2 mF electrolítico
C8 = 1.000 pF ceramico
C9 = 100.000 pF poliester
C10 = 100.000 pF poliester
C11 = 100.000 pF poliester
C12 = 22 pF ceramico
C13 = 22 pF ceramico
C14 = 1 mF electrolítico
C15 = 1.000 pF ceramico
C16 = 100.000 pF poliester
C17 = 150.000 pF poliester
C18 = 1.000 pF ceramico
C19 = 2,2 mF electrolítico
C20 = 100.000 pF poliester

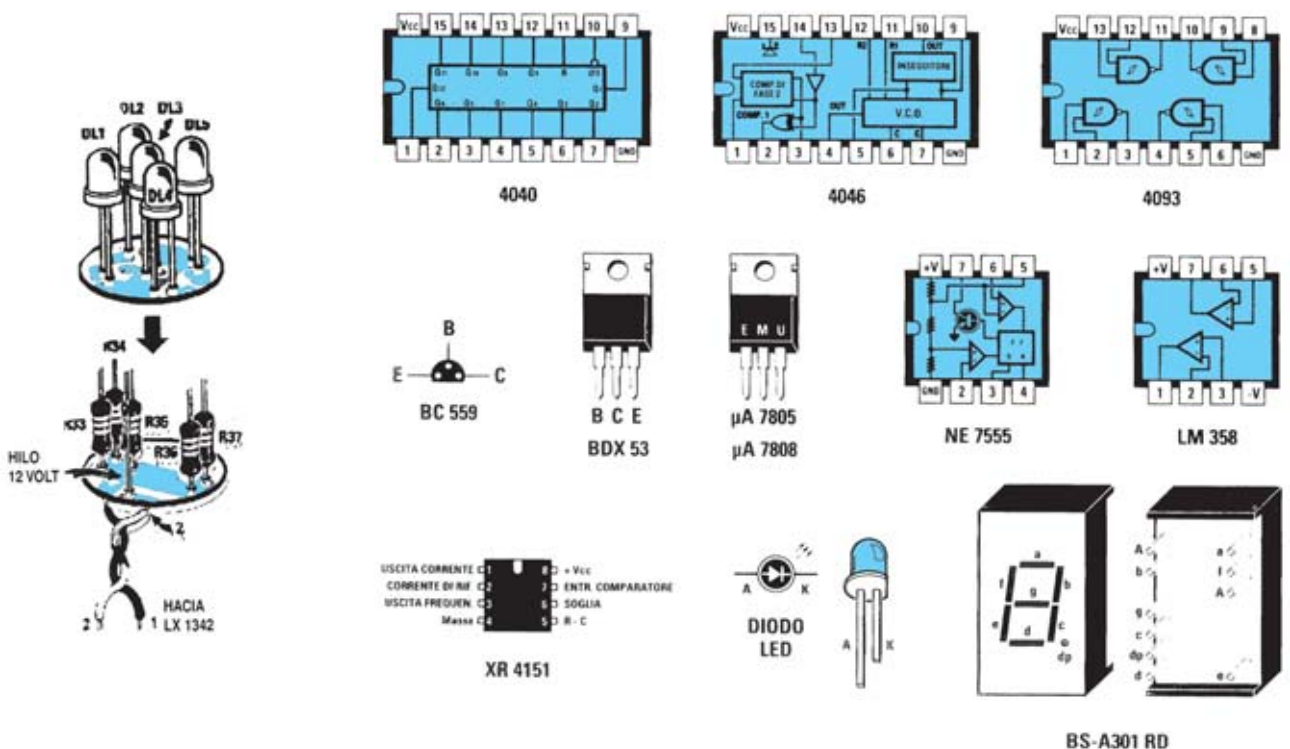
C21 = 100.000 pF poliester
C22 = 2,2 mF electrolítico
C23 = 100.000 pF poliester
C24 = 22.000 pF poliester
C25 = 100.000 pF poliester
C26 = 100 mF electrolítico
C27 = 10.000 pF ceramico
C28 = 10.000 pF poliester
C29 = 100.000 pF poliester
C30 = 100.000 pF poliester
C31 = 100.000 pF poliester
C32 = 100.000 pF poliester
C33 = 100.000 pF poliester
C34 = 100 mF electrolítico
C35 = 100 mF electrolítico
DL1-DL5 = diodos led alta lum.
DS1=diado silicio tipo 1N.4150
DS2=diado silicio tipo 1N.4150
DS3=diado silicio tipo 1N.4150
DS4=diado silicio tipo 1N.4007
DZ1 = diodo zener 2,7 V. 1/2 W.

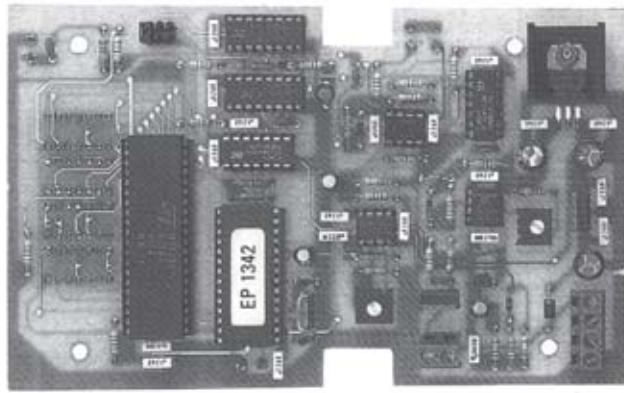
XTAL = Cuarzo 8 MHz
TR1 = PNP tipo BC.559
TR2= NPN darlington BDX.53C
IC1 = integrado tipo M.5450
IC2 = EP.1342
IC3 = integrado C/Mos 4093
IC4 = integrado C/Mos 4046
IC5 = integrado C/Mos 4040
IC6 = integrado C/Mos 4093
IC7 = integrado tipo XR4151
IC8 = integrado tipo LM.358
IC9 = integrado tipo 7555CN
IC10 = integrado tipo uA.7805
IC11 = integrado tipo uA.7808
DISPLAY1 = BS-A301RD
DISPLAY2 = BS-A301RD
DISPLAY3 = BS-A301RD
DISPLAY4 = BS-A301RD
S1 = interruptor simple
S2 = interruptor simple
J1 = Puente (jumper)

MONTAJE Y AJUSTE

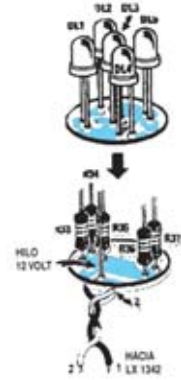


Esquema de montaje práctico de la placa LX.1342. También se muestra el esquema de montaje de las pequeñas placas LX.1342/B y LX.1342/C que forman el emisor de luz estroboscópica y la disposición de terminales de los semiconductores utilizados en el circuito.





Aspecto final del circuito LX.1342 y del emisor de luz formado por las placas LX.1342/B y LX.1342/C una vez finalizados los montajes.



Para realizar el Estroboscopio para Auto y Moto se necesitan **tres circuitos impresos**: El **LX.1342** soporta todos los componentes a excepción de los **5 diodos LED flash** (placa **LX.1342/C**) y de las **5 resistencias** limitadoras de corriente para los LED flash **R33-R37** (placa **LX.1342/B**). Para el montaje es importante tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar los **zócalos** para los circuitos integrados **IC1, IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7, IC8 e IC9** hay que respetar las muescas de referencia presentes en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho esta o para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** de los circuitos (**LX.1342: R1-R12, R15-R24, R26-R29 y R31-R32**) (**LX.1342/B: R33-R37**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores. En el caso de los **trimmers horizontales (R25, R30)** y de los potenciómetros (**R13-R14**) el valor se controla mediante la serigrafía impresa sobre su cuerpo.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C2-C6, C9-C11, C16-C17, C20-C21, C23-C25, C28-C33)** y los **cerámicos (C1, C8, C12-C13, C15, C18, C27)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar los condensadores **electrolíticos (C7, C14, C19, C22, C26, C34-C35)** se hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje de los **diodos (DS1-DS4, DZ1)** hay que respetar su polaridad, para lo que hay que orientar su franja de color (negra o blanca) como se indica en el esquema de montaje práctico. Para el montaje de los **transistores (TR1-TR2)** y de los **circuitos integrados IC10 e IC11** hay que soldarlos respetando la disposición de terminales, para lo cual hay que orientarlos tal y como se indica en el esquema de montaje práctico, instalando **IC10** en su correspondiente **aleta de refrigeración**.

Diodos LED: Al montar los hay que respetar la polaridad, el **Anodo (A)** es el terminal **más largo**. El circuito **LX.1342/C** incluye **5 diodos LED flash de alta luminosidad (DL1-DL5)** que se sueldan directamente al circuito impreso.

Conectores: El circuito **LX.1342** incluye **una clema de 2 polos** para la conexión al circuito **LX.1342/B** y **una clema de 4 polos** para la conexión del interruptor de encendido (**S2**) y para la conexión de la tensión de alimentación proveniente de la batería. **2 conectores de tira de 3 terminales** forman el jumper **J1**.

Interruptores: El **interruptor** de encendido (**S2**) y el **interruptor** de memorización (**S1**) se conectan al circuito impreso **LX.1342** a través de los correspondientes **cables**.

Circuitos integrados con zócalo: Los integrados **IC1, IC2, IC3, IC4, IC5, IC6, IC7, IC8 e IC9** se han de introducir en sus correspondientes zócalos haciendo coincidir las muescas de referencia en forma de **U** de los integrados con la de los zócalos.

Elementos diversos: Además de los componentes ya relacionados, el circuito **LX.1342** incluye un **cuartzo de 8 MHz (XTAL)** que ha de soldarse en posición vertical.

Ensamblaje LX.1342/B y LX.1342/C: En el impreso **LX.1342/C** se montan los diodos LED **DL1-DL5**, mientras que en el circuito **LX.1342/B** se montan (en vertical y soldando un solo terminal) las resistencias **R33-R37**. Una vez montadas las resistencias los terminales libres se introducen, hasta el fondo, en el impreso **LX.1342/C**, soldándose posteriormente. El conjunto de estos dos impresos se une al **LX.1342** a través de dos cables.

MONTAJE EN EL MUEBLE: Este circuito **no precisa** un mueble contenedor específico. No obstante quien desee instalarlo dentro de un mueble puede utilizar uno nuestro **mueble estándar MO.1342** que tiene realizados los orificios para hacer salir el **display**.

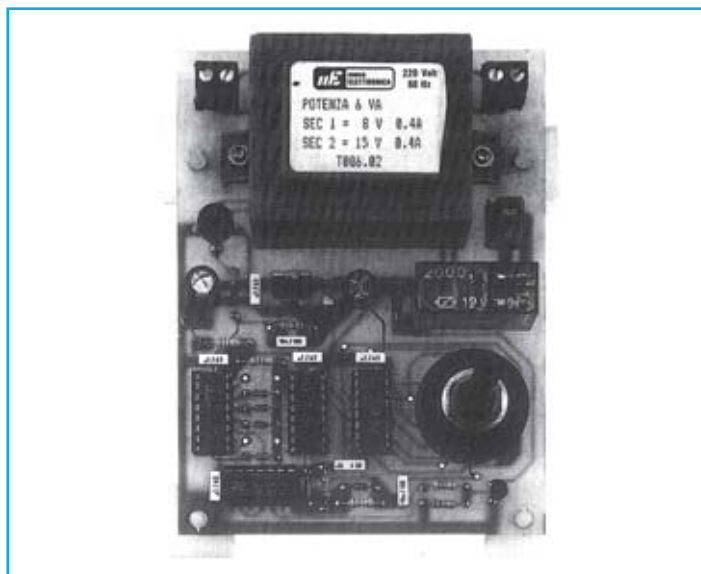
AJUSTE Y PRUEBA: Para realizar el ajuste es preciso disponer de un **transformador** provisto de un secundario con una tensión entre **5 y 18 voltios** que ha de aplicarse a los terminales **TP1** del circuito. Una vez realizada la conexión hay que seguir los siguientes pasos: **(1)** Poner el puente **J1** en posición **B**. **(2)** Abrir **S1** para que se puedan leer las revoluciones por minuto. **(3)** En el display ha de aparecer **3.00** correspondiente a 3.000 rpm (50 Hz). **(4)** En los terminales **TP2** hay que conectar un tester **DIGITAL** para medir tensión continua y ajustar **R13-R14** hasta que se lea un valor exacto de **1 voltio**. **(5)** Al cerrar **S1** los números se alternan: **3.00** (3.000 rpm) y los grados, que deben ser **30.8**. Si no es así hay que abrir momentáneamente **S1** y ajustar ligeramente el trimmer **R25**. **(6)** Girar a mitad de recorrido el potenciómetro de luminosidad **R30**, si la luminosidad es insuficiente se puede aumentar.

UTILIZACIÓN: Para utilizar el estroboscopio hay que comenzar conectando la **punta de cocodrilo** al punto adecuado (explicado anteriormente), **abrir S1** y dirigir el haz de luz de los diodos flash hacia la **posición de referencia** utilizada para el control de los grados de anticipo. A continuación hay que girar **R14** y **acelerar** el motor, manteniéndolo a unas revoluciones constantes (entre **4.000 y 8.000 rpm**). A continuación hay que ajustar **R13** para que se vean los grados lo más cerca posible del punto de referencia y girar **R14** para llevar la marca exactamente al punto de referencia. Una vez conseguido, se **cierra S1** y se desconecta todo ya que los **datos** han sido **almacenados**.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.1342 : Todos los componentes necesarios para la realización del kit, incluidos los tres circuitos impresos, excluyendo únicamente el mueble contenedor	135,02 € + IVA
CC.1342 : Circuito impreso	27,53 € + IVA
MO.1342 : Mueble contenedor.....	9,29 € + IVA
LX.1342 B/C : Circuitos impresos	3,76 € + IVA

Cuántas veces hemos buscado un temporizador fiable y preciso que mantenga activado un relé durante varias horas y que se desconecte después automáticamente. Quien tenga esta necesidad puede utilizar el circuito que aquí se presenta.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Seguramente al leer el título TEMPORIZADOR se piense en el típico proyecto de circuito básico. Nada más lejos de la realidad ya que este proyecto utiliza **recursos técnicos** muy tiles para los **diseñadores**, sin dejar de ser un proyecto muy interesante para los aficionados al tener un gran número de **aplicaciones**, como por ejemplo el control de riego de jardines, iluminación de escaparates, apagado automático de motores, etc.

El circuito está provisto de un **conmutador** de **11 posiciones** que permite seleccionar un tiempo entre **30 minutos** y **5 horas** o bien un tiempo entre **1 y 10 horas**, es decir permite intervalos **precisos** de **1/2 hora** o de **1 hora**.

El funcionamiento del circuito se basa en el integrado **CD.4040 (IC2)**, un **divisor** programable de **12 salidas** que divide la frecuencia de la señal de entrada por **1** (pin 9), por **2** (pin 7), por **4** (pin 6), por **8** (pin 5), por **16** (pin 3), por **32** (pin 2), por **64** (pin 4), por **128** (pin 13), por **256** (pin 12), por **512** (pin 14), por **1.024** (pin 14) y por **2.048** (pin 1).

En su patilla de entrada (**10**) se aplican, a través de **R1**, las semiondas positivas de **50 Hz** provenientes del secundario de **T1**, frecuencia que es **dividida** por **900** ya que en las patillas **6-12-13-14**, que suman un peso de **900 (4+256+128+512)** se han conectado los diodos **DS1-DS2-DS3-DS4** a través de **R3**. Una vez contados los **900 impulsos** el integrado **CD.4518 (IC3)** divide la señal por **100**, por lo que se obtiene una división total de **90.000 veces (900 x 100)**.

El periodo de la señal de red es de **1/50 de segundo**, es decir **0,2 segundos**, por lo que **90.000 impulsos** de **0,2 segundos** corresponden a **90.000 x 0,02 = 1.800 segundos = 30 minutos**, que corresponden al **tiempo base** del temporizador.

Cada **30 minutos** en la patilla de salida (**14**) de **IC3**

aparece un impulso que se aplica a la patilla de entrada (**13**) de **IC4**, un contador Johnson **4017** en cuyas salidas aparece un **nivel lógico 1** transcurridos los siguientes tiempos exactos: **30 minutos** (pin 2), **1 hora** (pin 4), **1 hora y 30 minutos** (pin 7), **2 horas** (pin 10), **2 horas y 30 minutos** (pin 1), **3 horas** (pin 5), **3 horas y 30 minutos** (pin 6), **4 horas** (pin 9), **4 horas y 30 minutos** (pin 11), **5 horas** (pin 3).

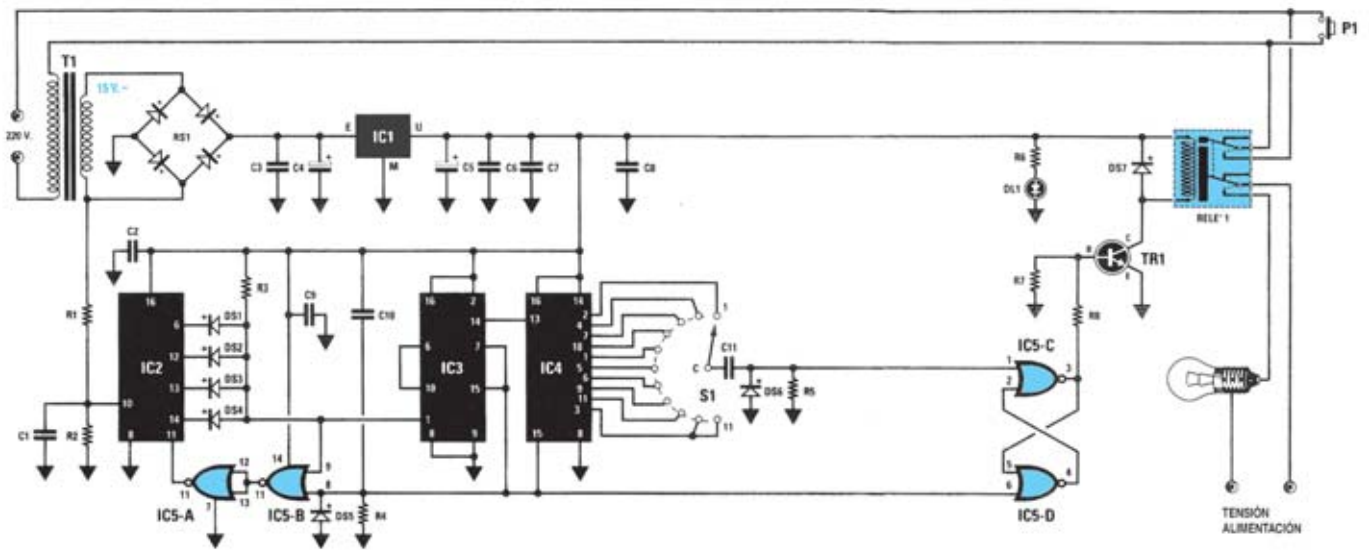
Estas señales son aplicadas al **conmutador** rotativo **S1**, que **selecciona** el **tiempo** deseado. La señal seleccionada se aplica a una de las entradas del **biestable** formado por **IC5/C - IC5/D** que solo activa la Base del transistor **TR1**, y por tanto el **relé**, después de accionar el pulsador **P1**.

Para **doblar** los **tiempos**, y así llegar a **10 horas**, solo hay que conectar los diodos **DS1-DS2-DS3-DS4** a las patillas **5-12-14-15** de **IC2**. De esta forma se **divide** por **1.800** en lugar de por **900**.

Las puertas **NOR IC5/A** e **IC5/B** se utilizan para **reseteo** manualmente **IC2** cuando se presiona el pulsador **P1** (utilizado para **iniciar la cuenta**) y para **reseteo automáticamente** **IC2** cada vez que cuenta **900 impulsos**.

El relé utilizado es de **doble circuito**. Un circuito se utiliza como **interruptor de alimentación** y el otro para **retirar** la tensión de **alimentación** al elemento conectado como **carga** una vez que se ha alcanzado el tiempo establecido. Gracias a este recurso **no** se corre el riesgo de dejar encendido inintencionalmente el temporizador ya que se **apaga automáticamente**.



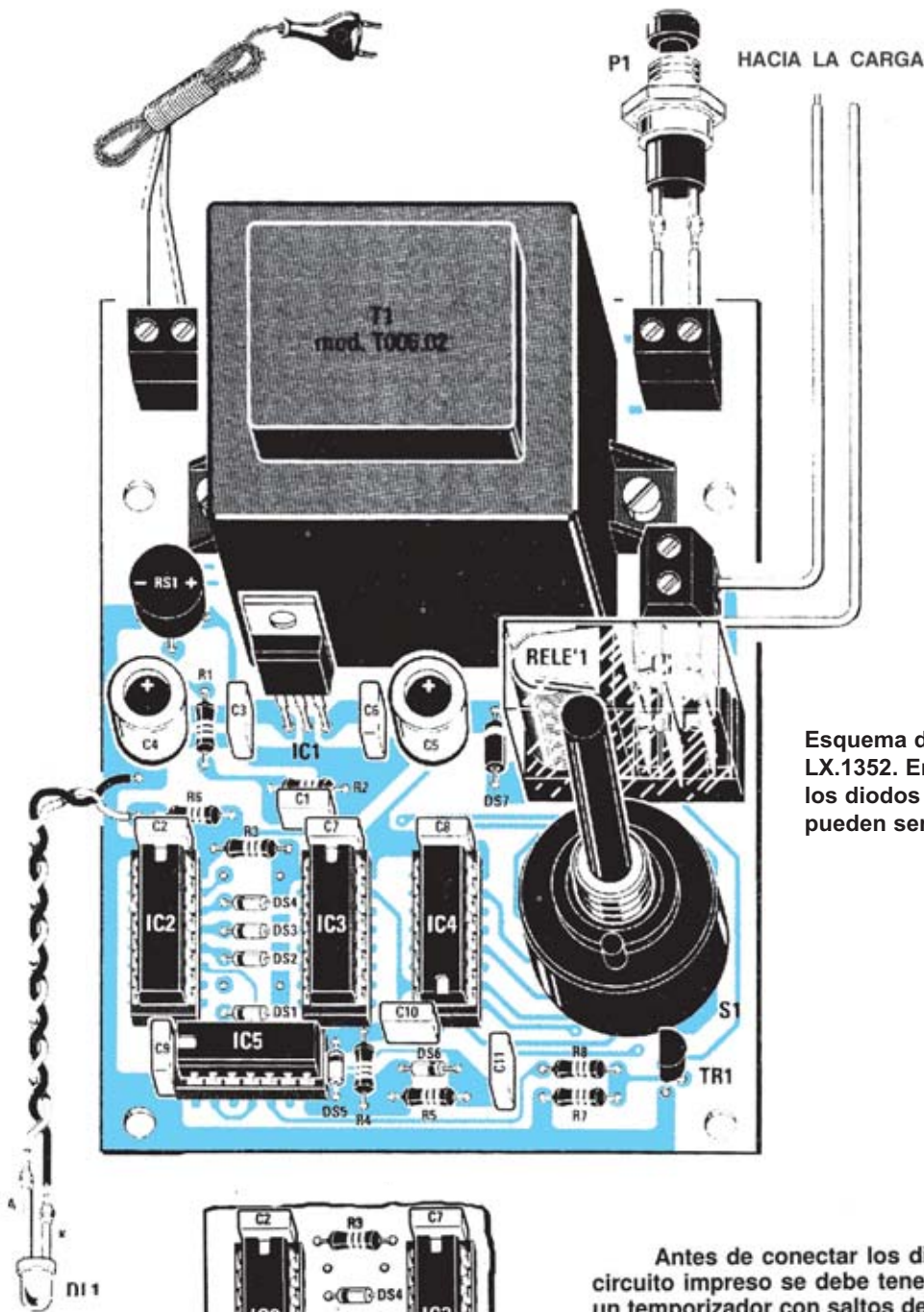


Esquema eléctrico y lista de componentes del Temporizador LX.1352. También se muestra la disposición de terminales de los semiconductores utilizados en el circuito.

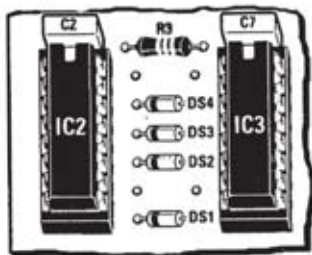
LISTA DE COMPONENTES LX.1352

R1 = 5.600 ohm	DS2 = diodo silicio tipo 1N.4150
R2 = 3.900 ohm	DS3 = diodo silicio tipo 1N.4150
R3 = 15.000 ohm	DS4 = diodo silicio tipo 1N.4150
R4 = 22.000 ohm	DS5 = diodo silicio tipo 1N.4150
R5 = 15.000 ohm	DS6 = diodo silicio tipo 1N.4150
R6 = 680 ohm	DS7 = diodo silicio tipo 1N.4007
R7 = 22.000 ohm	DL1 = diodo led
R8 = 10.000 ohm	TR1 = NPN tipo BC.547
C1 = 10.000 pF poliester	IC1 = integrado tipo uA.7812
C2 = 100.000 pF poliester	IC2 = C-Mos 4040
C3 = 100.000 pF poliester	IC3 = C-Mos 4518
C4 = 220 mF electrolítico	IC4 = C-Mos 4017
C5 = 100 mF electrolítico	IC5 = C-Mos 4001
C6 = 100.000 pF poliester	Relé = relé 12 V. 2 c.
C7 = 100.000 pF poliester	RS1 = puente rectific. 100W. 1A.
C8 = 100.000 pF poliester	P1 = pulsador
C9 = 100.000 pF poliester	T1 = trasform. 6 wat (T006.02)
C10 = 220.000 pF poliester	sec. 0-8-15 V. 0,4 A.
C11 = 10.000 pF poliester	S1 = conmutador 1 via 11 posiciones
DS1 = diodo silicio tipo 1N.4150	

MONTAJE Y AJUSTE

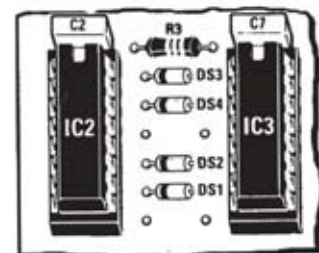


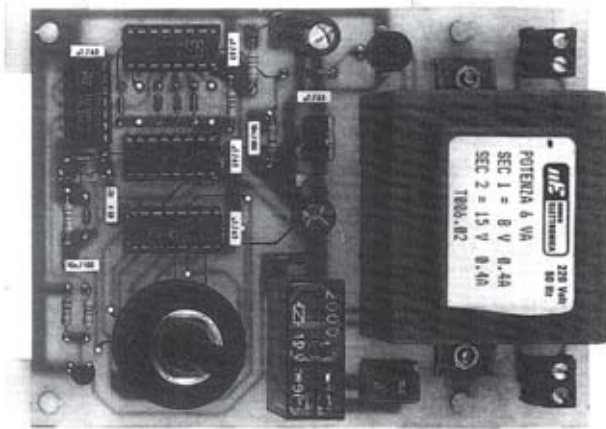
Esquema de montaje práctico de la placa LX.1352. En función de la disposición de los diodos DS1-DS2-DS3-DS4 los saltos pueden ser de 1/2 hora o de 1 hora.



Antes de conectar los diodos DS1-DS2-DS3-DS4 al circuito impreso se debe tener claro si se desea realizar un temporizador con saltos de 1/2 hora o de 1 hora. Si se conectan los diodos tal y como se muestra en el dibujo, se obtendrán saltos de 1/2 hora.

Para obtener saltos de 1 hora, se deberá insertar el diodo DS2 en las dos pistas que hay encima del diodo DS1 y el diodo DS3 en las dos pistas que hay encima del diodo DS4. Procediendo de este modo se obtendrá un tiempo máximo de 10 horas.





Aspecto final del circuito LX.1352 con todos sus componentes montados.

Para realizar el Temporizador de tiempos largos se necesita **un circuito impreso** de doble cara: El **LX.1352**, circuito que soporta todos los componentes. Para el montaje es importante tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar los **zócalos** para los circuitos integrados **IC2, IC3, IC4 e IC5** hay que respetar la muesca de referencia presente en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho esta o para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** que incluye el circuito (**R1-R8**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C1-C3, C6-C11)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar los condensadores **electrolíticos (C4-C5)** se hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje de los **diodos (DS1-DS7)** hay que respetar su polaridad, para lo que hay que orientar su franja de color (negra o blanca) como se indica en el esquema de montaje práctico (**NOTA:** Los diodos **DS1-DS2-DS3-DS4** se sueldan en lugares diferentes en función de si los **saltos** son de **1/2 hora** o de **1 hora**). Para el montaje del **transistor (TR1)** y del **circuito integrado IC1** hay que soldarlos respetando la disposición de terminales, para lo cual hay que orientar su lado plano tal y como se indica en el esquema de montaje práctico. Por último, el **punto rectificador (RS1)** se instala con el terminal **+** orientado hacia la derecha.

Diodos LED: Al montarlos hay que respetar la polaridad, el **Ánodo (A)** es el terminal **más largo**. El circuito incluye un **diodo LED (DL1)** que se conecta al circuito impreso a través de dos cables.

Conectores: Este circuito incluye **tres клемas** de **2 polos**, una para la conexión de la tensión de red de **230 voltios**, otra para la conexión del **pulsador** de inicio de cuenta (**P1**) y otra para la **carga** conectada al **relé**.

Conmutadores y pulsadores: El **conmutador rotativo** de

selección de tiempo (**S1**) se suelda directamente en el circuito impreso, tal y como se puede observar en el esquema de montaje práctico. En cambio, el **pulsador** de inicio de cuenta (**P1**) se conecta a una de las клемas del circuito impreso utilizando dos cables.

Relés: El circuito incluye un **relé (RELE'1)** que se suelda directamente al circuito impreso.

Circuitos integrados con zócalo: Los integrados **IC2, IC3, IC4 e IC5** se han de introducir en sus correspondientes zócalos haciendo coincidir las muescas de referencia en forma de **U** de los integrados con la de los zócalos.

Elementos diversos: Además de los componentes ya relacionados, el circuito incluye un **transformador (T1)** que se instala directamente en el circuito impreso en la única posición que permiten sus terminales y los taladros del impreso.

MONTAJE EN EL MUEBLE: Este circuito **no precisa** un mueble contenedor específico. Quien desee instalarlo dentro de un mueble puede utilizar uno **estándar**.

AJUSTE Y PRUEBA: El ajuste que precisa este circuito consiste en **seleccionar** si los **saltos** del conmutador de selección son de **1/2 hora** o de **1 hora**. Esta selección se realiza en función de la **disposición en el circuito impreso** de los diodos **DS1-DS2-DS3-DS4**. En el esquema de montaje práctico se muestra la forma de disponer estos diodos en función del salto elegido.

UTILIZACIÓN: En primer lugar hay que tener en cuenta que si se utiliza este circuito sin ningún mueble contenedor hay que tener **cuidado** en no tocar las **pistas** conectadas a la **red eléctrica**.

Los cables marcados en el esquema de montaje con la referencia **HACIA LA CARGA** salen de la клемa de dos polos situada junto al relé, y han de conectarse en **serie** al **circuito a temporizar**. En el esquema práctico se ha utilizado una **bombilla** como carga, si bien puede utilizarse cualquier **otro elemento**.

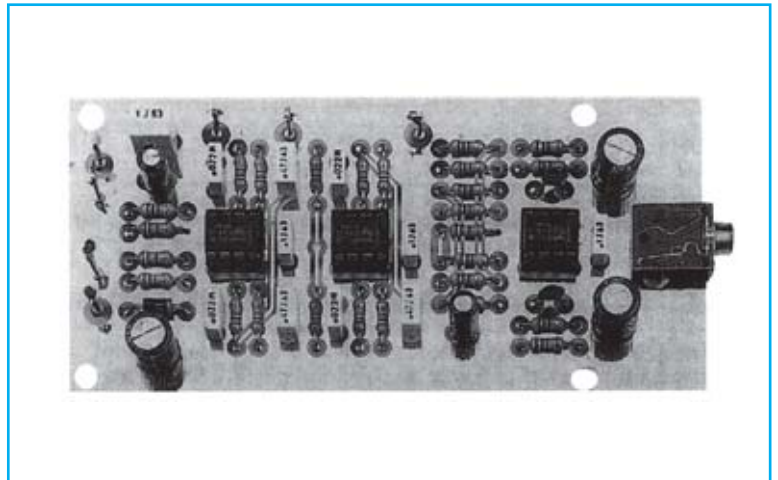
La tensión de alimentación de la carga puede ser **continua** o **alterna** con valores comprendidos entre **9** y **230 voltios**.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.1352: Todos los componentes necesarios para la realización del kit, incluido circuito impreso.....**46,43 € + IVA**
LX.1352: Circuito impreso.....**18,75 € + IVA**

Revista de aparición del kit: **N.169**

Hay muchas personas que disponen de alguna fuente de audio mono y quieren poder disfrutarla en estéreo para una mejor audición. Este circuito permite transformar cualquier señal mono a estéreo, por tanto se puede utilizar para escuchar en estéreo la TV o el sonido de un instrumento musical.



FUNCIONAMIENTO Y ESQUEMA ELÉCTRICO

Son muchas las aplicaciones que puede tener este circuito ya que seguramente todos disponemos de alguna **fuentes de audio en mono** que queremos disfrutar en **estéreo**: Instrumentos musicales, televisiones, receptores de radio, emisoras de FM, etc.

Ya que para la realización de este proyecto se necesitan solo **tres** integrados su coste es bastante bajo, por lo que vale la pena montarlo y probarlo.

El circuito utiliza operacionales **NE.5532** fabricados por **PHILIPS** que, además de tener una tasa **muy baja de ruido**, permiten suministrar en la salida una corriente más que suficiente para conectar directamente unos **auriculares estéreo**.

Los primeros cuatro operacionales, que en el esquema elctrico aparecen con las referencias **IC1/A-B** e **IC2/A-B**, sirven para **desfasar 360°** la señal aplicada a la entrada.

La señal obtenida de la salida de **IC2/B** se aplica, a través de la resistencia **R15**, a la entrada **inversora** del operacional **IC3/A** y, a través de la resistencia **R23**, a la entrada **inversora** del operacional **IC3/B**.

En la entrada **inversora** de **IC3/A** y en la entrada **no inversora** de **IC3/B** se aplica, a través de las resistencias **R16-R24**, la señal que el cursor del conmutador **S1** obtiene de la toma de **entrada** (ver **Estéreo 1**) o bien de la patilla de salida de **IC1/A** (ver **Estéreo 2**).

El operacional **IC3/A** se utiliza para **sumar** a la señal de entrada la señal **desfasada** y obtener de este modo de su salida la señal **estéreo del canal izquierdo**, mientras que el operacional **IC3/B** sirve para **restar** a la señal de entrada la señal **desfasada** y obtener de este modo de su salida la señal **estéreo del canal Derecho**.

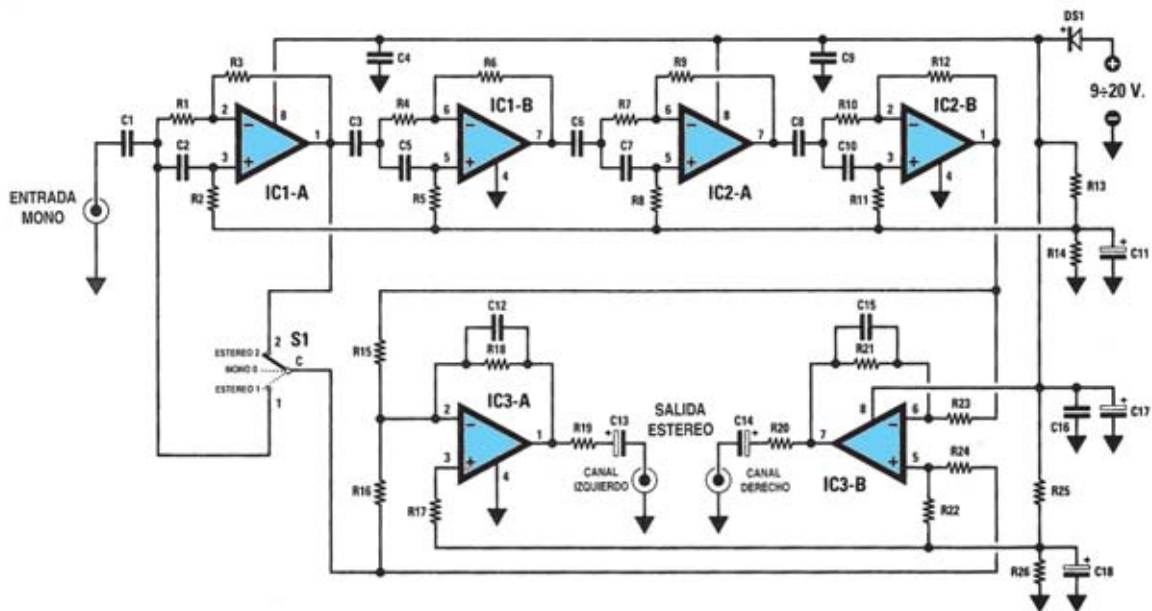
Colocando la palanca del conmutador **S1** en la posición **Estéreo 1** en la salida se obtiene una señal **estéreo normal**. Poniéndola en la posición **Estéreo 2** se obtiene una señal **estéreo mucho más acentuada**, mientras que poniéndola en el **centro** se obtiene una señal **mono**.

Puesto que este circuito no dispone de una etapa preamplificadora la **señal** aplicada a su entrada se ha de obtener de la **salida mono** de un preamplificador provisto de control de volumen.

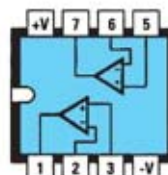
La señal convertida de **mono a estéreo** puede escucharse directamente a través de **auriculares** o bien puede aplicarse a las dos entradas estéreo de un **final de potencia** utilizando para su conexión cable apantallado.

Este circuito debe alimentarse con una tensión **continua** que no sea menor de **9 voltios** ni mayor de **30 voltios** y, puesto que absorbe una corriente de tan solo **20 mA**, puede alimentarse también con dos pilas de 9 voltios conectadas en **serie** para obtener una tensión de **18 voltios**.





Esquema eléctrico y lista de componentes del Convertidor Mono-Estéreo LX.1391. También se muestra la disposición de terminales del integrado NE.5532.



NE 5532

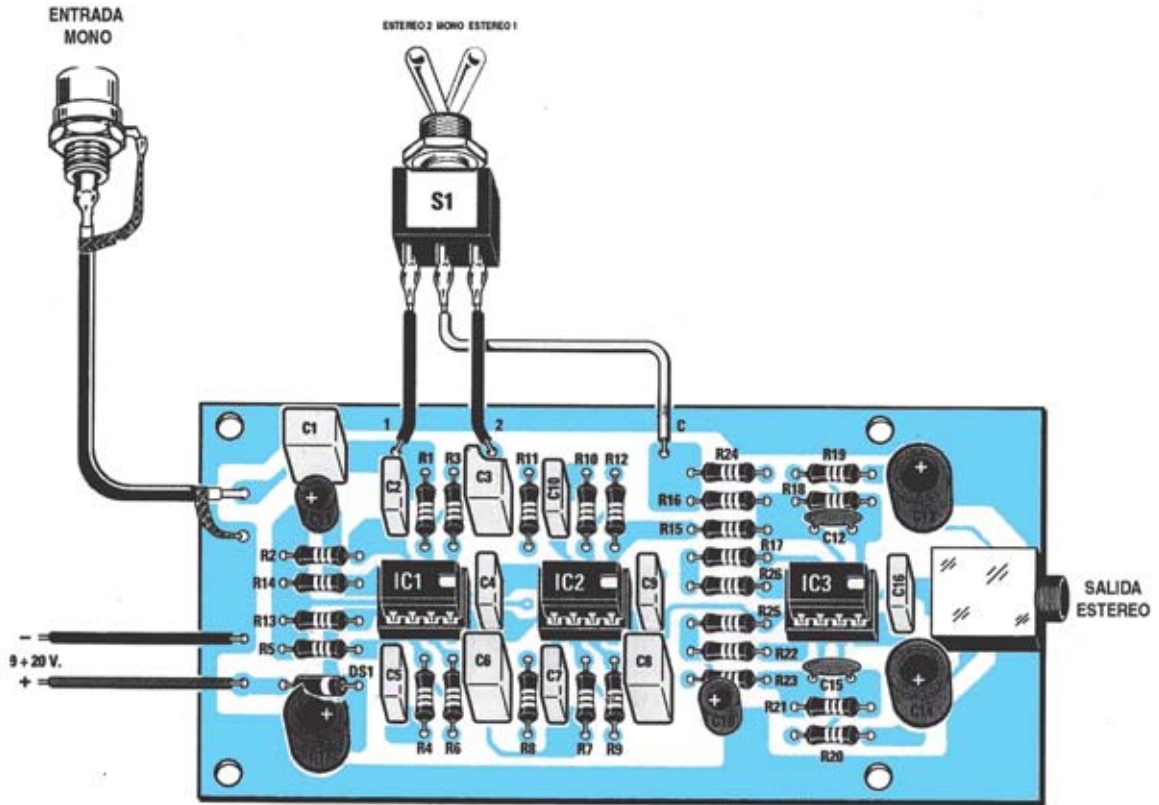
LISTA DE COMPONENTES LX.1391

R1 = 22.000 ohm
 R2 = 22.000 ohm
 R3 = 22.000 ohm
 R4 = 22.000 ohm
 R5 = 22.000 ohm
 R6 = 22.000 ohm
 R7 = 22.000 ohm
 R8 = 22.000 ohm
 R9 = 22.000 ohm
 R10 = 22.000 ohm
 R11 = 22.000 ohm
 R12 = 22.000 ohm
 R13 = 10.000 ohm
 R14 = 10.000 ohm
 R15 = 22.000 ohm
 R16 = 22.000 ohm

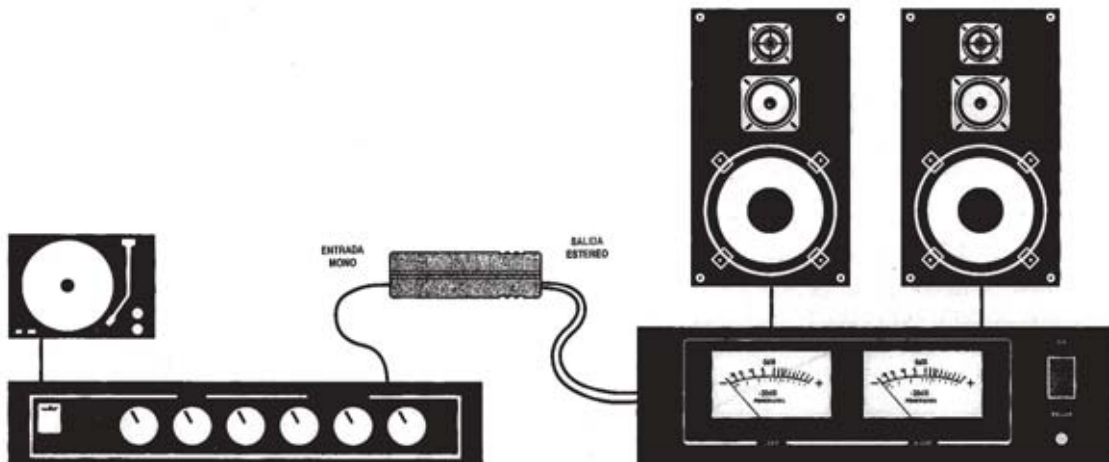
R17 = 22.000 ohm
 R18 = 22.000 ohm
 R19 = 100 ohm
 R20 = 100 ohm
 R21 = 22.000 ohm
 R22 = 22.000 ohm
 R23 = 22.000 ohm
 R24 = 22.000 ohm
 R25 = 10.000 ohm
 R26 = 10.000 ohm
 C1 = 1 microF. poliester
 C2 = 22.000 pF poliester
 C3 = 470.000 pF poliester
 C4 = 100.000 pF poliester
 C5 = 22.000 pF poliester
 C6 = 470.000 pF poliester

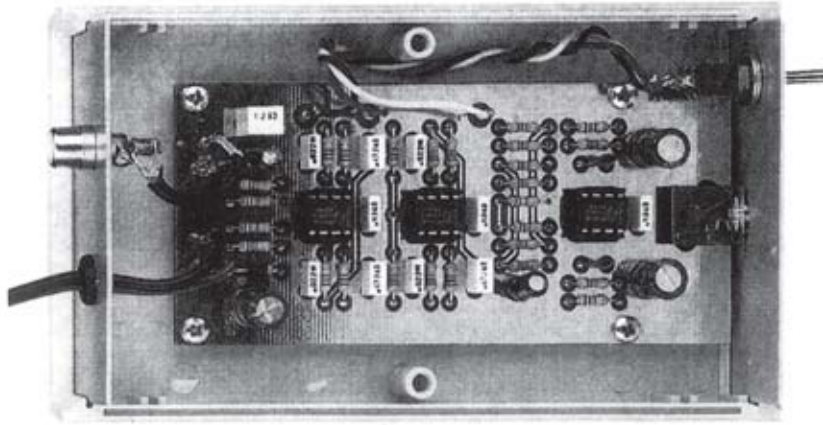
C7 = 22.000 pF poliester
 C8 = 470.000 pF poliester
 C9 = 100.000 pF poliester
 C10 = 22.000 pF poliester
 C11 = 47 microF. electrolítico
 C12 = 22 pF cerámico
 C13 = 220 microF. electrolítico
 C14 = 220 microF. electrolítico
 C15 = 22 pF cerámico
 C16 = 100.000 pF poliester
 C17 = 220 microF. electrolítico
 C18 = 47 microF. electrolítico
 DS1 = diodo 1N.4007
 IC1 = integrado NE.5532
 IC2 = integrado NE.5532
 IC3 = integrado NE.5532
 S1 = Conmutador 3 posiciones

MONTAJE Y AJUSTE



Esquema de montaje práctico de la placa LX.1391. Una vez montado el Convertidor LX.1391 ha de interponerse entre la fuente de audio mono (preamplificador, instrumento musical, salida de audio de una TV, audio de una emisora FM mono, etc.) y una etapa final de potencia estéreo. No obstante también se puede conectar directamente a la salida unos auriculares estéreo.





Aspecto final del circuito LX.1391 con todos sus componentes montados e instalado en el mueble MO.1391. Este mueble, con su panel frontal perforado, se sirve bajo petición expresa.

Para realizar el Conversor Mono/Estéreo se necesita **un circuito impreso** de doble cara: El **LX.1391**, circuito que soporta todos los componentes. Para el montaje es importante tener presentes las siguientes consideraciones.

Zócalos: Al montar los **zócalos** para los circuitos integrados **IC1, IC2 e IC3** hay que respetar la muesca de referencia presente en la serigrafía del circuito impreso y no utilizar mucho esta o para no provocar cortocircuitos.

Resistencias: Cuando se monten las **resistencias** que incluye el circuito (**R1-R26**) hay que controlar su valor óhmico, si es preciso con la ayuda de una tabla de colores.

Condensadores: Hay que controlar su valor por la serigrafía impresa en su cuerpo. Al montar los de **poliéster (C1-C10, C16)** y los **cerámicos (C12, C15)** no hay que preocuparse por la polaridad ya que carecen de ella. En cambio, al montar los condensadores **electrolíticos (C11, C13-C14, C17-C18)** se hay que tener en cuenta la polaridad de sus terminales.

Semiconductores: Al realizar el montaje del **diodo DS1** hay que respetar su polaridad, para lo que hay que orientar su franja de color blanca como se indica en el esquema de montaje práctico.

Conectores: El circuito incluye un **conector jack hembra estéreo** para la salida que se suelda directamente al circuito impreso. El **conector RCA** para la **entrada mono de audio BF** se ha de conectar al circuito impreso a través de un cable apantallado. Para la conexión de los **elementos externos** del circuito se incluyen **terminales tipo pin**.

Conmutadores: El **conmutador S1** para la selección del tipo de salida (**Mono, Estéreo o Estéreo**

amplificada) se suelda al circuito impreso a través de tres cables, tal y como se muestra en el esquema de montaje práctico.

Circuitos integrados con zócalo: Los integrados **IC1, IC2 e IC3** se han de introducir en sus correspondientes zócalos haciendo coincidir las muescas de referencia en forma de **U** de los integrados con la de los zócalos.

MONTAJE EN EL MUEBLE: Dado que el **Conversor Mono/Estéreo** puede instalarse como dispositivo independiente o como módulo de un equipo, el mueble contenedor (**MO.1391**) se suministra por **separado**, ya que quien no lo precise no tiene por qué pagarlo.

En el **panel frontal** del mueble hay que fijar el **conmutador** para seleccionar de **tipo de señal (S1)** y la parte exterior del **conector jack** de salida (utilizando sus propias tuercas), mientras que en el **panel trasero** se fija el **conector RCA** utilizado para la entrada de señal y se hacen pasar los cables con la tensión de alimentación.

La tarjeta **LX.1391** se fija en la base del mueble utilizando los **tornillos metálicos** incluidos en el kit.

AJUSTE Y PRUEBA: Este circuito no precisa ningún ajuste.

UTILIZACIÓN: La utilización del **Conversor Mono/Estéreo** es muy sencilla: Hay que conectar a su **entrada** cualquier **f fuente de audio mono preamplificada**, es decir prácticamente cualquiera con la única excepción de un micrófono no preamplificado, y a su **salida** directamente unos **auriculares estéreo** o aplicarla a la entrada de un **final de potencia**.

Poniendo la palanca del conmutador **S1** en la posición **central** se escucha la señal en **mono**. Moviendo el conmutador a las posiciones **1-2** se oír una señal **estéreo** más o menos acentuada.

PRECIOS Y REFERENCIAS

LX.1391: Todos los componentes necesarios para la realización del kit, incluyendo circuito impreso, excluidamente el mueble contenedor	34,86 € + IVA
MO.1391: Mueble con panel frontal perforado	10,24 € + IVA
LX.1391: Circuito impreso	10,22 € + IVA