



Uno de nuestros distribuidores se ha dirigido a nuestra consultoría telefónica para saber a qué hace referencia el tiempo **Trr** en relación a los **diodos** y si, entre nuestros numerosos kits, disponemos o tenemos proyectado un **instrumento** que sea capaz de **medir** este parámetro, ya que se lo ha demandado un cliente.

Desafortunadamente nunca hemos presentado en la revista un **Speed Tester para Diodos**, es decir un instrumento muy útil para **técnicos proyectistas** que permite saber si el tipo de **diodo** utilizado en los circuitos tiene una **velocidad de conmutación** adecuada para realizar la función demandada.

Desde hace tiempo nosotros disponemos de un dispositivo de estas características para nuestro uso interno, que además nos permite con-

trolar las **equivalencias** entre diodos fabricados en **Europa - EE.UU. - Corea - Japón**, pero no lo hemos publicado nunca ya que siempre hemos proporcionado la referencia exacta sobre los diodos a utilizar incluidos en nuestros kits.

Por ejemplo, si en la lista de componentes de un circuito hay un diodo **1N4148** o un **1N4150** es porque el técnico proyectista ha constatado que justo ese es el tipo de diodo adecuado para desarrollar la función demandada. Si alguien reemplaza arbitrariamente estos diodos por un **1N4007** o por un **1N4004** cometerá un **error** comprometiéndose todo o parte del funcionamiento del circuito.

En efecto, los primeros diodos mencionados en el ejemplo tienen un **Trr** de **6 nanosegundos**, mientras que los segundos (**1N4007-1N4004**) tienen un **Trr** de **1.000 nanosegundos**.

Dicho esto ha llegado el momento de aclarar lo que significa realmente el término **Trr**.

Los diodos tienen varias características que los definen, si bien solo se suelen citar las **tensiones** y **corrientes máximas**, tanto en polarización **directa** como en polarización inversa.

No obstante hay otro dato fundamental: La **velocidad de conmutación**, identificada con el acrónimo **Trr (Time reverse recovery)**, que indica el tiempo inverso de recuperación, expresado en **nanosegundos**.

Otra característica de los diodos raramente citada es su **capacidad intrínseca** (ver Fig.5), que además está notablemente **relacionada** con el valor **Trr**. Los diodos **muy rápidos** tie-

**TABLA N°1 (capacidad intrínseca)**

Capacidad máx. 10 pF	Frecuencia máx. 0,5 GHz
Capacidad máx. 2 pF	Frecuencia máx. 1,5 GHz
Capacidad máx. 1 pF	Frecuencia máx. 4,0 GHz
Capacidad máx. 0,6 pF	Frecuencia máx. 6,0 GHz
Capacidad máx. 0,2 pF	Frecuencia máx. 12 GHz

Para todos los **diodos** la **velocidad de conmutación** se expresa en **nanosegundos**, como se puede observar en la **Tabla N°2**.

**TABLA N.2 (velocidad de conmutación)**

Diodos Rectificadores	1.000 – 600 nSeg
Diodos Fast	600 – 400 nSeg
Diodos Ultra Fast	400 – 50 nSeg
Diodos Schottky	50 – 16 nSeg
Diodos High Speed	16 – 2 nSeg

# SPEED TESTER para DIODOS

Hoy presentamos un instrumento realmente único en su género ya que permite medir la velocidad de conmutación de los diodos comúnmente utilizados en circuitos electrónicos. Además en el artículo se expone detalladamente la técnica utilizada para realizar este tipo de medición.

nen un **bajo valor** de **Trr** y una **baja capacidad intrínseca**, mientras que los diodos **lentos** tienen un **elevado valor** de **Trr** porque tienen una **elevada capacidad intrínseca**.

En la Fig.1 se indica la **velocidad** de los diodos comúnmente utilizados en montajes electrónicos.

Los más **lentos** son los **diodos rectificadores** para la **red eléctrica** ya que tienen una velocidad de conmutación que oscila entre **600** y **1.000 nanosegundos**.

Ahora bien, en la lista de las características de un diodo que trabaja con frecuencias de **GHz** viene casi siempre indicado el valor de **capacidad intrínseca** en relación a la **máxima frecuencia** a la que puede trabajar, tal como indicamos en la **Tabla N°1**.

La fórmula siguiente se puede utilizar para convertir este valor expresado en **nanosegundos** en un valor más comprensible, como la **frecuencia máxima de trabajo** expresada en **MHz**:

$$\text{MHz} = 1.000 : \text{nanosegundos}$$

En la **Tabla N°3** indicamos las **frecuencias máximas** de trabajo de los diodos en correspondencia a los valores de la **Tabla N°2**.

**TABLA N.3 (frecuencia de trabajo máxima)**

Diodos Rectificadores	1,0 – 1,7 MHz
Diodos Fast	1,7 – 2,5 MHz
Diodos Ultra Fast	2,5 – 20 MHz
Diodos Schottky	20 – 62 MHz
Diodos High Speed	62 – 500 MHz



Fig.1 Los diodos menos rápidos tienen una velocidad de conmutación entre 600 y 1.000 nanosegundos, siendo comúnmente utilizados para rectificar la tensión de red de 50 Hertzios, mientras que los más rápidos (High Speed) pueden alcanzar velocidades de conmutación entre 2 y 12 nanosegundos.

Como se puede apreciar los diodos utilizados como **rectificadores** de la señal de **red (50 Hz)** solo pueden operar a **frecuencias máximas** de unos **1,7 MHz**.

Los diodos **más rápidos** se utilizan normalmente en **alimentadores conmutados** y en sondas de carga para rectificar señales **VHF-UHF**.

Seguramente muchos se pregunten qué ocurre si en un circuito que precisa un diodo con un **Trr** de **10 nanosegundos** se instala un diodo con un **Trr** de **400 nanosegundos**. La respuesta es que el diodo de **400 nanosegundos**, al ser más lento, **no rectificará** la señal y además se **sobrecalentará**.

Cuando en nuestra revista presentamos los diferentes kits **no** tenéis que preocuparos de conocer el valor **Trr**, ya que nosotros indicamos el modelo de diodo a utilizar en cada caso, que es siempre el **más idóneo** para desarrollar la función demandada.

No obstante para quienes deseen conocer estas **características** a través de un **dispositivo de medida** hoy presentamos el dispositivo que nosotros mismos utilizamos en nuestro laboratorio.

Con este dispositivo se puede **medir** la **velocidad de conmutación** de los **diodos**, identificando de esta forma su tipología y las aplicaciones donde utilizarlos de forma óptima.

Antes de pasar a la descripción del esquema eléctrico, también hacemos presente que con este **Speed Tester para Diodos** también se puede medir el valor **Trr** de los **transistores** (ver Figs.18-19), y, por tanto, también se puede conocer su **velocidad de conmutación** en na-

nosegundos y su **frecuencia máxima de trabajo** utilizando la fórmula:

$$\text{MHz} = 1.000 : \text{nanosegundos}$$

#### LISTA DE COMPONENTES LX.1642

R1 = 47 ohmios  
R2 = 47 ohmios  
R3 = 1.000 ohmios  
R4 = 4.700 ohmios  
R5 = 10.000 ohmios  
R6 = 4.700 ohmios  
R7 = 100.000 ohmios  
R8 = 4.700 ohmios  
R9 = 33.000 ohmios  
R10 = 4.700 ohmios  
R11 = 470 ohmios  
R12 = 560 ohmios  
R13 = 82 ohmios  
R14 = 33 ohmios  
R15 = 820 ohmios  
R16 = 470 ohmios  
R17 = 470 ohmios  
R18 = 470 ohmios  
R19 = 470 ohmios  
R20 = 470 ohmios  
C1 = 2.200 pF poliéster  
C2 = 10 microF. electrolítico  
C3 = 100.000 pF poliéster  
C4 = 100.000 pF poliéster  
C5 = 3.300 pF poliéster  
C6 = 100.000 pF poliéster  
C7 = 100.000 pF poliéster  
C8 = 10 microF. electrolítico  
C9 = 10 microF. electrolítico  
C10 = 10 microF. electrolítico  
C11 = 100.000 pF poliéster  
DS1 = Diodo 1N.4150  
DL1-DL6 = Diodos LED  
TR1 = Transistor NPN 2N.2369  
IC1 = Integrado TTL 74HC74  
IC2 = Integrado TTL 74HC14  
IC3 = Integrado LM.358  
IC4 = Integrado MC.78L05  
IC5 = Integrado LM.324  
S1 = Conmutador

## ESQUEMA ELÉCTRICO

En la Fig.2 se reproduce el esquema eléctrico completo del Speed Tester para Diodos LX-1642.

Iniciamos su descripción por el **inversor IC2/B** incluido dentro del integrado **74HC14**, utilizado como **etapa osciladora** capaz de proporcionar en su salida (terminal 2) una perfecta **onda cuadrada**.

Con los valores de **R4** y **C1** aplicados entre la entrada y la salida de este oscilador se consigue una **onda cuadrada** con una **frecuencia** de unos **100 KHz**.

Esta señal de **100 KHz** es aplicada al terminal **3** de **IC1/A** (**CK, reloj**) y a al terminal **13** de **IC1/B** (**CL, Clear**), dos **biestables tipo D** con **Preset** (**PR**) y **Clear** (**CL**) contenidos en un **74HC74**.

De los terminales de salida de **IC1/A** (**5-6**), correspondientes a las salidas **Q** y **Q negada**, sa-

len alternativamente **niveles lógicos 0-1** con una **frecuencia** igual a la **mitad** de la frecuencia de reloj, es decir **50 KHz**.

A estas dos salidas está conectado, a través de las resistencias **R1-R2**, el **diodo** del que se desea conocer su velocidad de conmutación.

Los **niveles lógicos 0-1** alternativos presentes en las salidas **Q** y **Q negada** se utilizan para aplicar en sentido **directo** o en sentido **inverso** una tensión de **5 voltios** al **diodo** conectado a los terminales **A-K** y así hacer circular una cierta cantidad de corriente.

Cuando en la salida **Q negada** hay un **nivel lógico 1** en la salida **Q** hay un **nivel lógico 0**, por lo que hay una tensión positiva de **5 voltios** que polariza en **sentido directo** el diodo haciendo circular corriente desde el ánodo hacia el cátodo, pasando por las resistencias **R1-R2** (ver Fig.3).

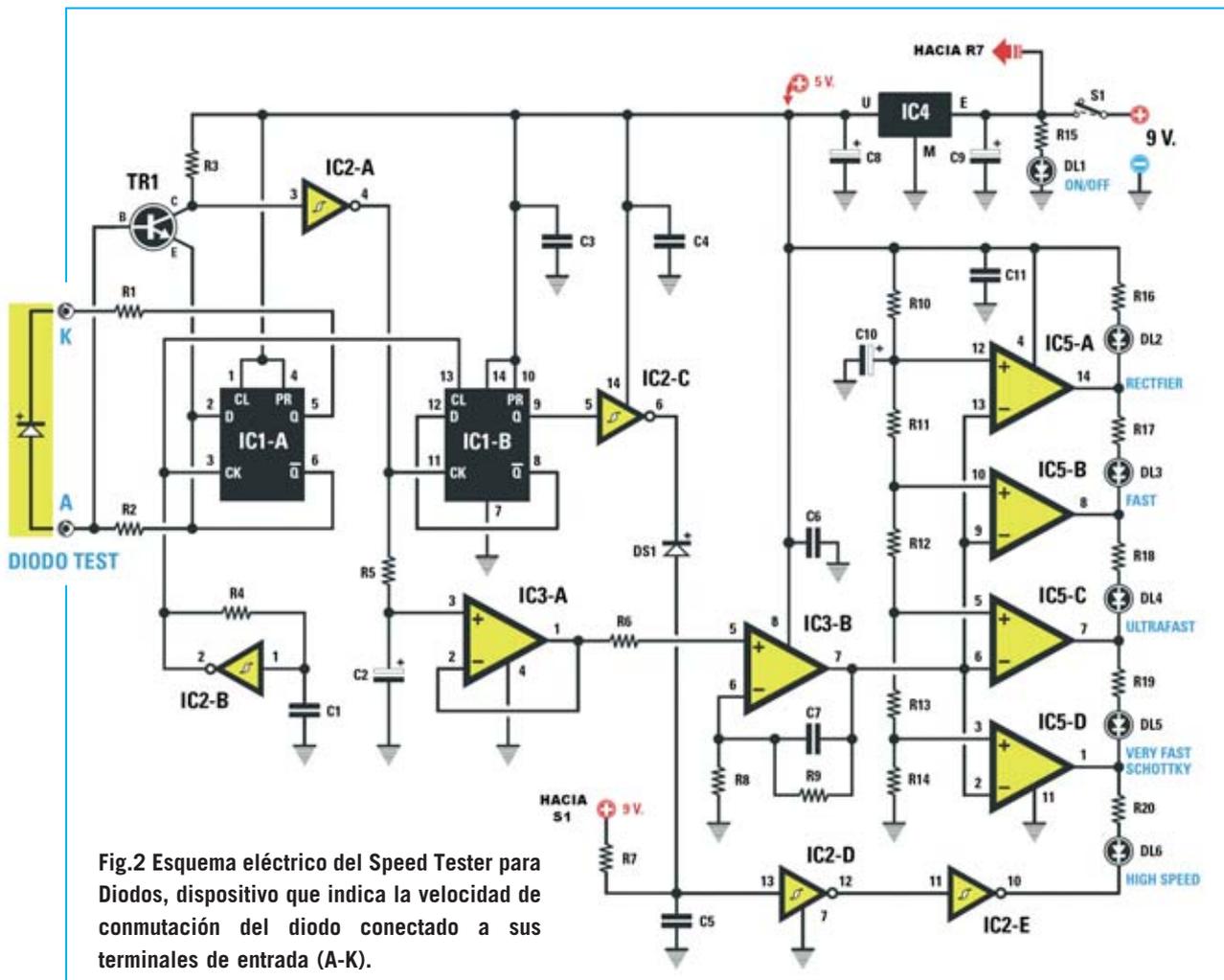
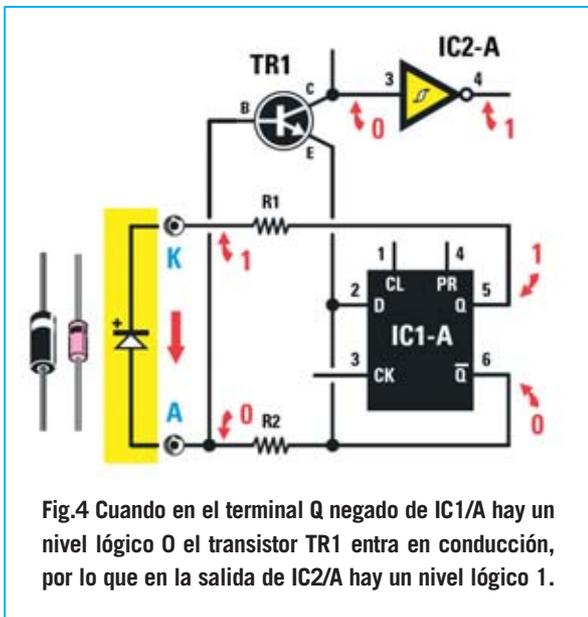
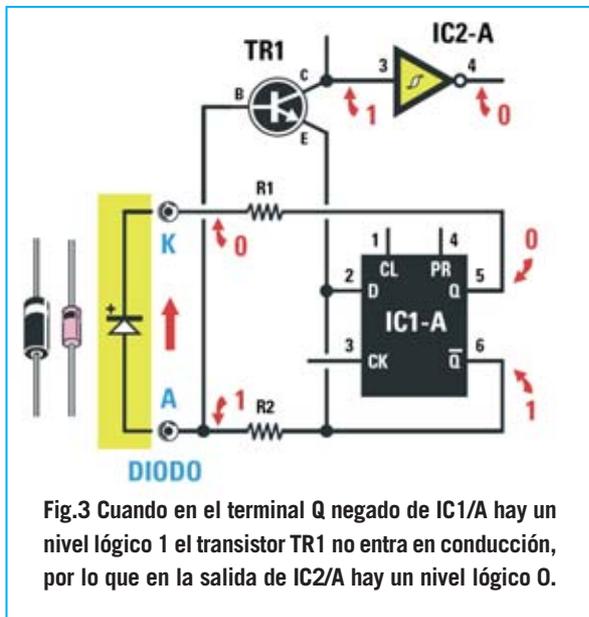


Fig.2 Esquema eléctrico del Speed Tester para Diodos, dispositivo que indica la velocidad de conmutación del diodo conectado a sus terminales de entrada (A-K).



Puesto que el terminal de la resistencia **R2** conectado al terminal **A** del **diodo** también está conectado a la Base del transistor **TR1**, y el otro terminal de la resistencia **R2** está conectado a la salida **Q negada** y al Emisor de **TR1**, este **no** se pone en conducción ya que su Base tiene una tensión ligeramente **inferior** que el Emisor.

Al **no** ponerse en conducción el transistor **TR1** hay un **nivel lógico 1** en su Colector que, al aplicarse al terminal de entrada (3) del inversor **IC2/A**, proporciona a su salida (terminal 4) un **nivel lógico 0**.

Cuando en la salida **Q negada** hay un **nivel lógico 0** en la salida **Q** hay un **nivel lógico 1** (ver Fig.4). Se consigue así una tensión **positiva** que polariza el diodo en sentido **inverso** y generará una débil corriente inversa proporcional a la **capacidad intrínseca** del diodo.

Esta **corriente inversa** seguirá atravesando el **diodo** hasta que su capacidad intrínseca se haya **descargado** totalmente. Este tiempo variará entre unos pocos y algunos centenares de nanosegundos.

Como seguramente ya se habrá deducido este **tiempo de descarga** es el valor **Trr** que estamos buscando.

Cuando la corriente circule en **sentido inverso** la Base del transistor **TR1** recibirá una tensión ligeramente **superior** con respecto de su Emisor, por consiguiente se pondrá en **conducción**.

Como consecuencia en su Colector habrá un **nivel lógico 0** que, aplicado al terminal de entrada del inversor **IC2/A**, hará que en su terminal de salida se encuentre un **nivel lógico 1** (ver Fig.4).

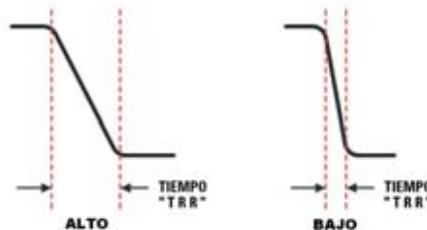
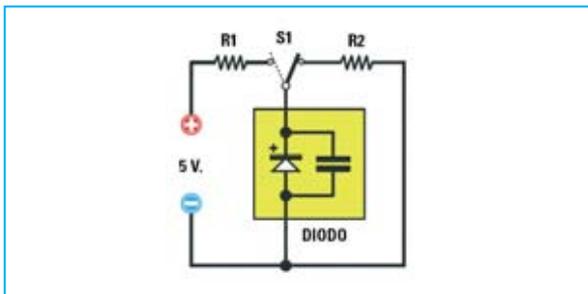


Fig.6 El valor **Trr** corresponde al tiempo necesario del diodo para descargarse completamente en función de su capacidad intrínseca. Un diodo con un valor alto de **Trr** invertirá mucho más tiempo en pasar de la máxima tensión (nivel lógico 1) a un nivel lógico 0, es decir tardará más en conmutar (cambiar de estado).

El rápido paso de **nivel lógico 0** a **nivel lógico 1**, o viceversa, en la salida del inversor **IC2/A** es aplicado al reloj (terminal **CK**) del biestable **IC1/B**, y, mediante la resistencia **R5**, al condensador electrolítico **C2** conectado a la entrada **no inversora** del operacional **IC3/A**.

Si los **impulsos** generados por la puerta **IC2/A** son **cortos** el condensador **C2** se cargará con una **tensión baja**, mientras que si tienen una duración **prolongada** el condensador **C2** se cargará con una **tensión mayor**. En correspondencia con el valor de tensión, y por tanto de tiempo, se encenderá uno de los diodos LED **DL2-DL3-DL4-DL5-DL6**.

Volviendo al operacional **IC3/A**, la tensión presente en su salida (terminal **1**) es aplicada a la entrada **no inversora** de **IC3/B**, que procede a amplificarla **8 veces** para conseguir una tensión suficiente para controlar el **Vu-Meter** a **diodos LED** compuesto por los 4 operacionales de **IC5**.

Además, de la salida **Q** del biestable **IC1/B** sale una frecuencia con la **mitad** de valor que la presente en el terminal de **reloj (CK)**. Esta frecuencia es utilizada por el inversor **IC2/C**, el diodo **DS1** y los dos inversores **IC2/D-IC2/E** para impedir que, cuando no se conecte ningún **diodo** a los terminales de entrada **A-K**, se produzca un involuntario encendido del diodo LED **DL6 (High Speed)**.

La tensión presente en la salida del operacional **IC3/B** se aplica a las **entradas inversoras** de los operacionales **IC5/A, IC5/B, IC5/C e IC5/D**, utilizados para realizar un **Vu-Meter** a diodos LED. Las entradas no inversoras se conectan a un divisor resistivo compuesto por las resistencias **R10-R11-R12-R13-R14**.

De esta forma se implementa un **comparador** de tensión que enciende únicamente **uno** de los **5 diodos LED** conectados a sus salidas.

Cuanto **mayor** sea el **tiempo Trr** del diodo a probar **mayor** será el valor de **tensión** presente en terminal de **salida** del operacional **IC3/B**. Por consiguiente se encenderá uno de los primeros diodos LED (**DL2-DL3-DL4**).

Cuanto **menor** sea el **tiempo Trr** del diodo a probar **menor** será el valor de **tensión** presente en terminal de **salida** del operacional **IC3/B**. Por consiguiente se encenderá uno de los últimos diodos LED (**DL5-DL6**).

Resumiendo, en función del valor **Trr** se activará el **comparador** que alimenta el **diodo LED** conectado a su salida.

El encendido de estos **5 diodos LED** está calculado en relación al valor de los **tiempos** indicados en la **Tabla N°2**.

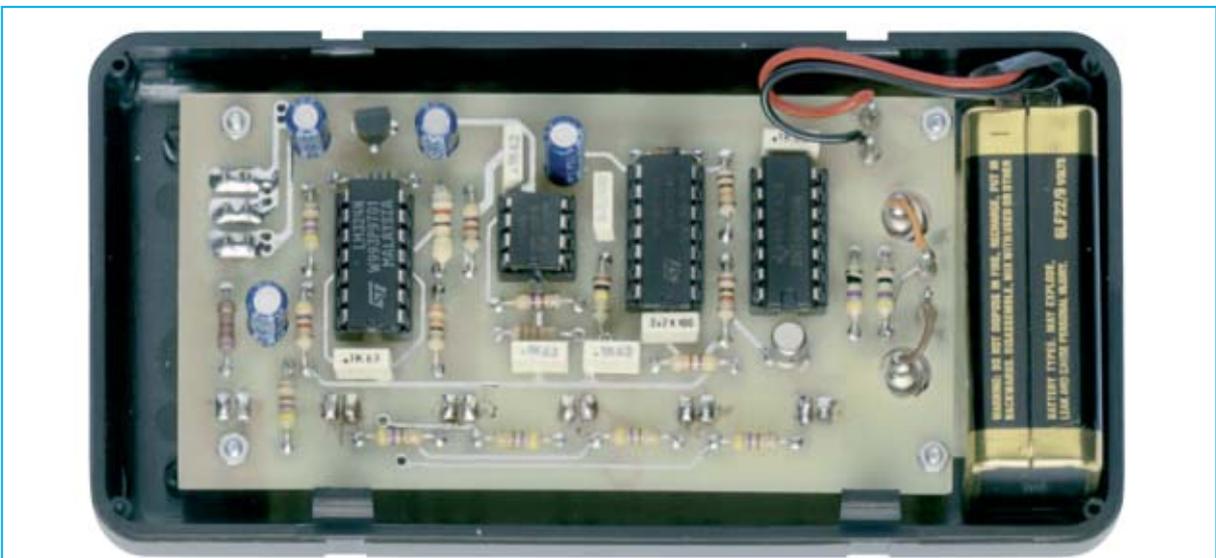


Fig.7 En esta fotografía se muestra Speed Tester para Diodos LX.1642 instalado en el mueble contenedor una vez realizado el montaje de todos sus componentes y con la pila de alimentación conectada y alojada en su posición correspondiente.

Para alimentar el **Speed Tester para Diodos** se utiliza una **pila común de 9 voltios**, que el integrado **IC4**, un **MC.78L05** o un **uA.78L05**, estabiliza a **5 voltios**.

Puesto que todo el circuito absorbe unos **30-35 mA** la **pila de 9 voltios** asegura una **elevada autonomía**.

### REALIZACIÓN PRÁCTICA

Para realizar el **Speed Tester para Diodos** hay que montar en el circuito impreso **LX.1642** todos los componentes mostrados en la Fig.8 que, por supuesto, se incluyen en el kit.

El montaje puede comenzar con la instalación de los **zócalos** para los integrados **IC1-IC2-IC3-IC5** (ver Fig.8), teniendo mucha precaución para no provocar cortocircuitos al soldar sus terminales a las pistas del circuito impreso.

Una vez realizada esta operación se puede proceder al montaje de las **resistencias**, controlando su valor óhmico a través del **código de colores**.

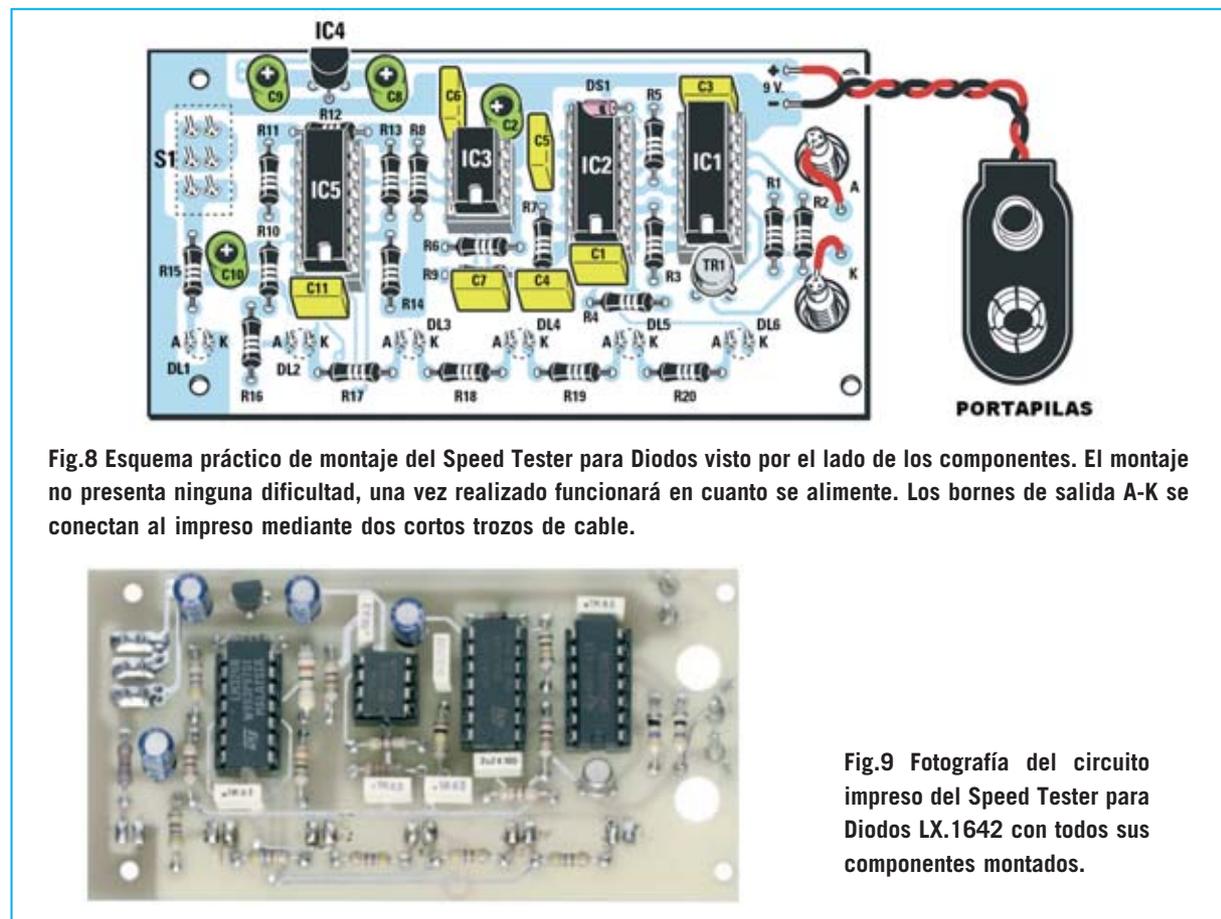
Es el momento de montar los **condensadores de poliéster** y, a continuación, los **condensadores electrolíticos**, teniendo cuidado con estos últimos en respetar la **polaridad** de sus terminales.

El pequeño integrado estabilizador de plástico **IC4** se instala justo encima del integrado **IC5**, orientando hacia arriba el lado **plano** de su cuerpo (ver Fig.8).

El transistor metálico **TR1** se ha de montar bajo el integrado **IC1**, orientando la pequeña **pestaña** de referencia hacia el diodo LED **DL6**.

Es recomendable no introducir a fondo ni el integrado **IC4** ni el transistor **TR1**, han de mantenerse separados de la superficie del **circuito impreso** unos **4-5 milímetros**.

Llegado este punto hay que montar los componentes correspondientes a la **cara** de las **pistas** del impreso, comenzando por el conmutador deslizante **S1** (ver Fig.10).



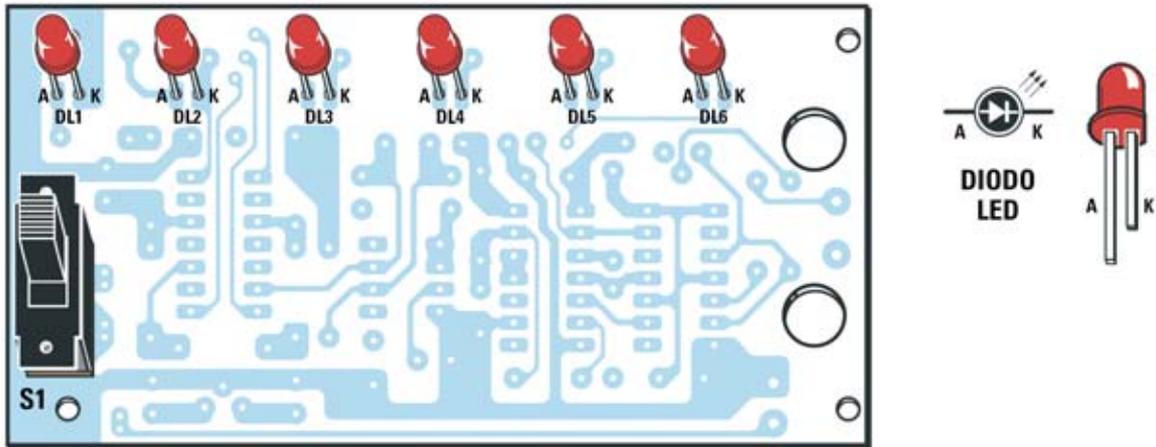


Fig.10 Esquema de montaje práctico visto por el lado de las pistas. En este lado hay que montar los 6 diodos LED y el conmutador deslizante S1. El terminal más largo de los diodos LED (ánodo) debe orientarse hacia la izquierda.

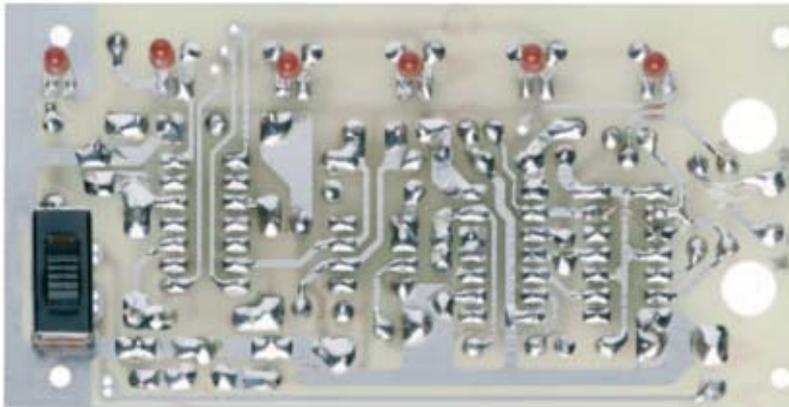


Fig.11 Fotografía del circuito impreso LX.1642, visto por el lado de las pistas y con todos sus componentes montados.

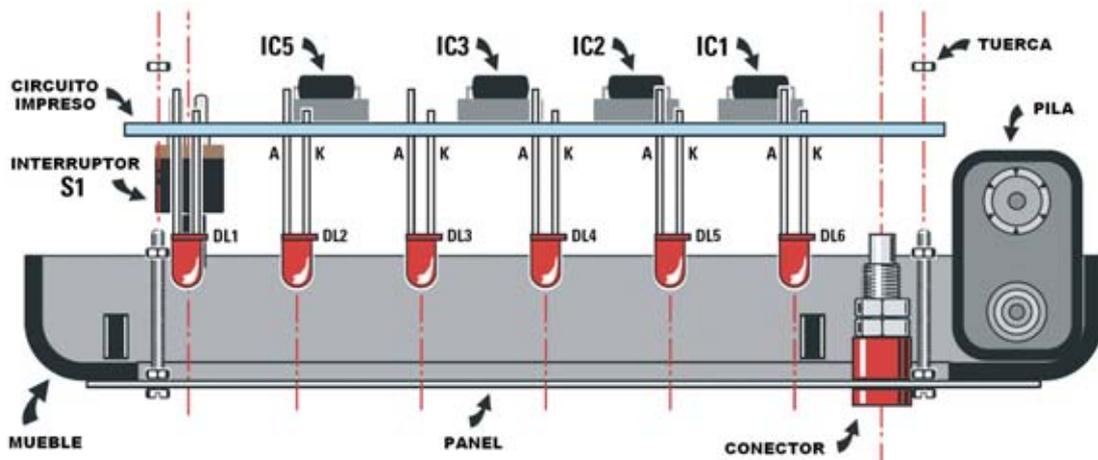


Fig.12 Para fijar el panel frontal en el mueble de plástico hay que utilizar los 4 tornillos metálicos de 13 mm incluidos en el kit. Estos tornillos también sirven para fijar el circuito impreso en el mueble. Antes de soldar los terminales de los diodos LED en las pistas del circuito impreso hay que controlar que sus cabezas sobresalgan ligeramente sobre el panel frontal.

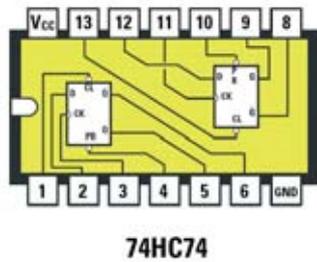


Fig.13 Conexiones del integrado 74HC74, vistas desde arriba y con la muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda.

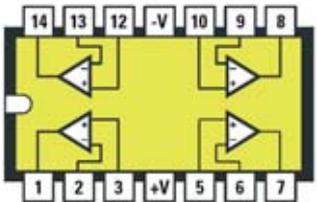


Fig.14 Conexiones del integrado LM.324, vistas desde arriba y con la muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda. En el interior de este integrado hay 4 operacionales.

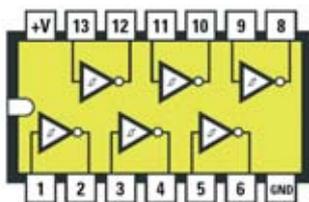


Fig.15 Conexiones del integrado 74HC14, vistas desde arriba y con la muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda. En el interior de este integrado hay 6 inversores.

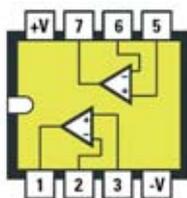


Fig.16 Conexiones del integrado LM.358, vistas desde arriba y con la muesca de referencia en forma de U orientada hacia la izquierda. En el interior de este integrado hay 2 operacionales.

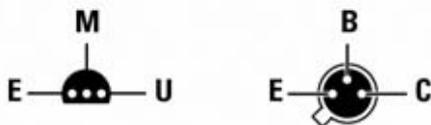


Fig.17 Conexiones del estabilizador con encapsulado plástico MC.78L05 y del transistor con encapsulado metálico 2N.2369, todas vistas desde abajo.

Ahora, en el mismo lado del impreso, hay que montar los diodos LED **DL1-DL2-DL3-DL4-DL5-DL6**, respetando la polaridad de sus terminales, para lo que hay que orientar el terminal más **largo (ánodo)** hacia la **izquierda** (ver Fig.10). Antes de soldarlos hay que controlar su altura para que sus cabezales sobresalgan ligeramente sobre el panel frontal.

Una vez montados los componentes hay que instalar el circuito impreso dentro del mueble utilizando los **4 tornillos de 13 mm**, que también sirven para fijar el panel frontal de aluminio al mueble (ver Fig.12).

Antes de fijar estos tornillos hay que montar en la tapa del mueble los **bornes de salida**, instalando el borne de color **rojo** en el agujero marcado con la letra **K**.

Una vez realizadas todas estas operaciones ya se pueden montar los **integrados** en sus correspondientes zócalos, orientado sus muescas de referencia en forma de **U** tal como se indica en la Fig.8 y teniendo mucha precaución en instalar cada integrado en su zócalo.

Para completar el montaje hay que conectar, utilizando dos cortos **trozos de cable**, los **bornes de salida** a las dos **pistas A-K** del circuito impreso y soldar los **cables (rojo-negro)** del **portapilas de 9 voltios**, respetando su polaridad.

Por fin se puede cerrar la tapa del mueble y empezar a medir la velocidad de **conmutación (Trr)** de **diodos y transistores**.

## PRUEBA DE DIODOS

Para probar diodos o transistores con este dispositivo hay que realizar **dos puntas de conexión** utilizando el cable, las dos **bananas** y las dos **puntas de cocodrilo** incluidas en el kit

Una vez realizadas las puntas de prueba ya se pueden probar diodos. Para ello hay que conectar el **cátodo** del diodo a probar al borne **K** y el **ánodo** al borne **A**.

Recordamos que el **cátodo** es el terminal correspondiente al lado del diodo marcado por una **franja de referencia negra o blanca**.

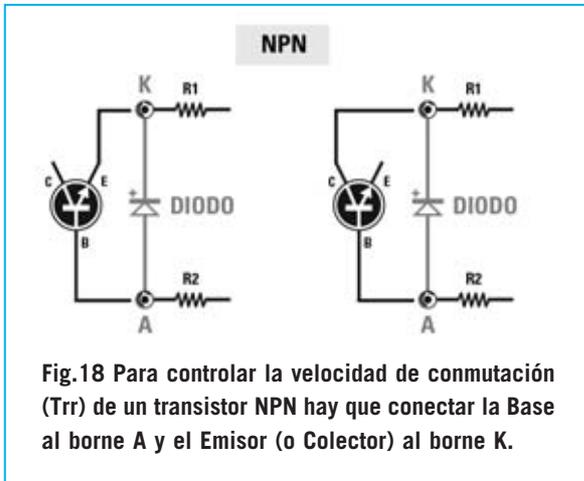


Fig.18 Para controlar la velocidad de conmutación (Trr) de un transistor NPN hay que conectar la Base al borne A y el Emisor (o Colector) al borne K.

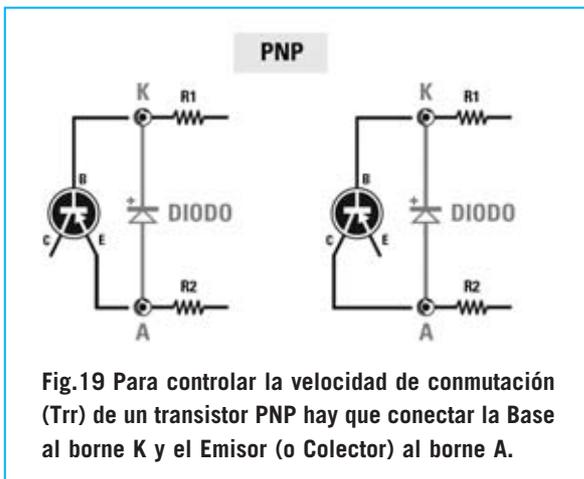


Fig.19 Para controlar la velocidad de conmutación (Trr) de un transistor PNP hay que conectar la Base al borne K y el Emisor (o Colector) al borne A.

Una vez conectado el diodo hay que alimentar el circuito accionando el conmutador S1. Instantáneamente se enciende el diodo LED correspondiente a su velocidad de conmutación (Rectifier, Fast, Ultrafast, Schottky o High speed).

Si, por error, se conecta el diodo a probar en sentido inverso, no se estropeará. En este caso se encenderá el primer diodo LED (Rectifier), es decir el correspondiente a los diodos comunes utilizados para rectificar la tensión de red.

Para asegurar que el diodo no se ha conectado al revés se puede probar a invertirlo. Si también en este caso se enciende el primer diodo LED se tendrá la certeza de que el diodo bajo prueba es del tipo utilizado como rectificador de la tensión de red.

### PRUEBA DE TRANSISTORES

Ya hemos señalado el hecho de que también se puede controlar la velocidad de conmutación

de transistores BF y RF con este instrumento.

Si el transistor a probar es NPN hay que conectar su Base al borne A y su Emisor al borne K (ver Fig.18).

Una vez controlada la conexión Base-Emisor también se puede verificar la conexión Base-Colector, conectando el transistor como se muestra en la Fig.18.

Si el transistor a probar es PNP hay que conectar su Base al borne K y su Emisor al borne A (ver Fig.19).

También se puede verificar la conexión Base-Colector conectando el transistor como se muestra en la Fig.19.

Para completar este artículo exponemos a continuación una relación de valores de Trr típicos para los diodos más comunes, organizados por categorías:

#### DIODOS RECTIFICADORES

1N.4004	600 nanosegundos
1N.4007	1.000 nanosegundos

#### DIODOS FAST

1N.3889	400 nanosegundos
1N.3893	400 nanosegundos
IRD.3900	450 nanosegundos

#### DIODOS ULTRAFAST

BTW.36	200 nanosegundos
BYT.13	150 nanosegundos
BY.229	100 nanosegundos

#### DIODOS HIGH SPEED

1N.4148	8 nanosegundos
1N.4150	6 nanosegundos
1N.4151	4 nanosegundos
1N.4532	4 nanosegundos

### PRECIO de REALIZACIÓN

LX.1462: Precio de todos los componentes necesarios para realizar el Speed Tester para diodos (ver Figs.7-8), incluyendo el mueble MO.1642 con panel frontal perforado y serigrafiado, las dos bananas y las dos puntas de cocodrilo .....39,75 €  
 LX.1462: Circuito impreso .....6,95 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.