



# CONVERSOR DIGITAL

Con este conversor microscópico R2R hemos transformado nuestro USB LX.1741 en un conversor DA (Digital Analógico) capaz de generar una señal de 5 voltios a 10 voltios con una resolución media de 0,4 voltios. Junto con la placa base principal se le proporcionará un CD-Rom que contiene la fuente que le ayudará en la gestión personalizada del software

Ya os presentamos el interfaz **USB LX.1741** cuya flexibilidad y modularidad permitían configurarlo completamente al gusto de cada cual para utilizarlo en múltiples y diversas aplicaciones.

En el proyecto que os presentamos ahora, transformamos su salida digital (compuesta por **8 bits**) en una señal analógica y obtenemos un simple DAC (Digital Analogic Converter) de **8 bits**.

El conversor utilizado para este propósito se llama **R2R** por estar compuesto de dos grupos de resistencias, una de valor óhmico doble con respecto a la otra.

Sabiendo que los bits disponibles son 8, el número de combinaciones de las entradas será  $2_8 = 256$ .

A partir de aquí se obtiene la resolución del conversor dividiendo la tensión de referencia (**5 voltios**) por número total de combinaciones (**256**):

$$5: 256 = 0.019 \text{ voltios}$$

Esto significa que la mínima variación de la tensión generada (step) de acuerdo con el estado de las 8 entradas es de **19 mV**.

En resumen, a través de este circuito se puede obtener de la salida del **LX.1741** una tensión variable de 0 a 5 voltios con step de **19 mV**.

Los valores que acabamos de mencionar se puede aumentar hasta dos veces, ajustando la ganancia de un amplificador situado en la salida.

## ESQUEMA ELÉCTRICO

Como hemos dicho, con las 8 salidas digitales del interfaz USB hemos desarrollado un **Convertor Digital Analógico (DAC)**.

La red a escala R2R es el sistema más utilizado para la conversión de **digital a analógico**.

Esta escala de resistencias consiste en una red compuesta por resistencias de valor **R** o **2R**.

Veamos en detalle cómo funciona observando el diagrama reproducido en la Figura 3.

hay que tener siempre en cuenta las salidas **D0-D7** como interruptores de dos posiciones: hacia **Vref**(tensión generada en el procesador) o hacia **GND** (tierra).

En nuestro caso, las salidas **D0-D1-D2-D3-D4-D5-D7** están conectadas a **Vref**, mientras que la única salida **D6** se conecta a **GND** (teniendo en cuenta que **Vref** corresponde al **nivel lógico 1** y **GND** al **nivel lógico 0**).

La figura 2 muestra un ejemplo de red **R2R** a escala de resistencias.

Como se puede ver, **D7 MSB** (bit más significativo) y **D0 LSB** (bit menos significativo) son impulsados por puertas lógicas digitales.

# ANALÓGICO CON USB

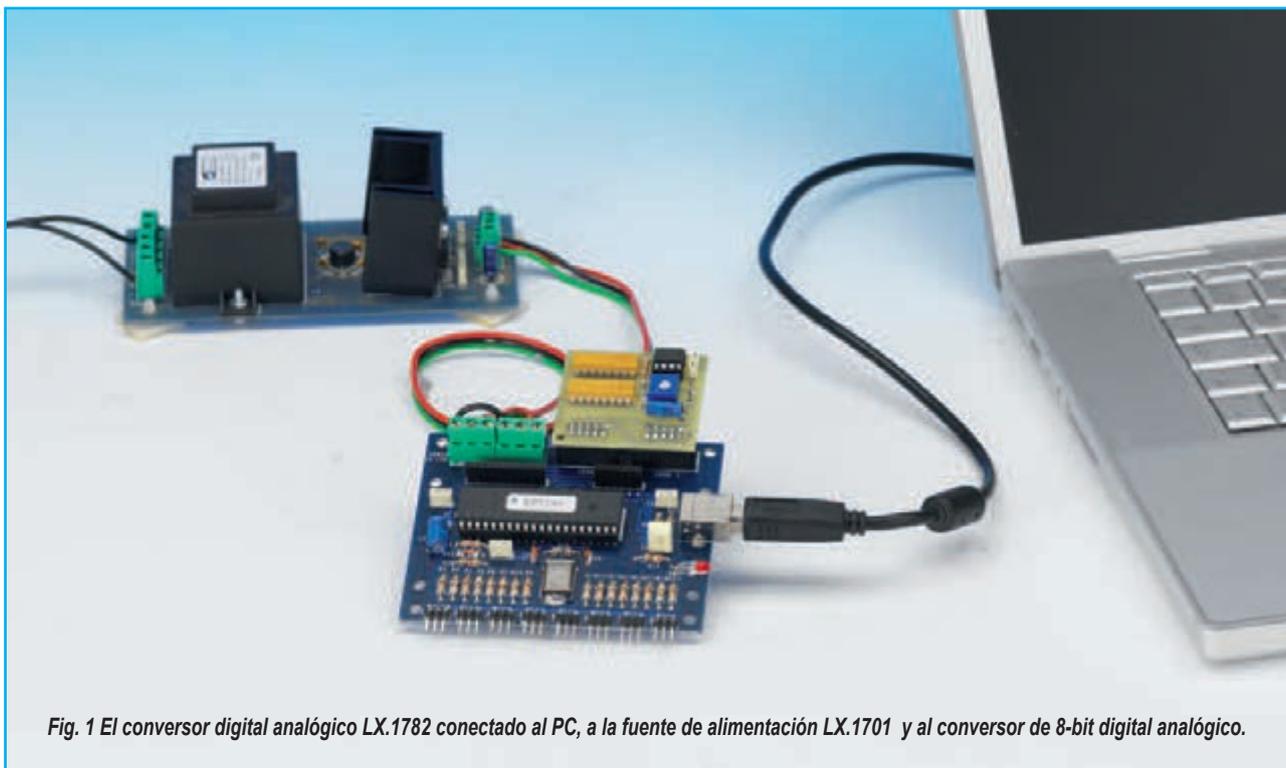


Fig. 1 El convertor digital analógico LX.1782 conectado al PC, a la fuente de alimentación LX.1701 y al convertor de 8-bit digital analógico.

De hecho, los bits **D0-D7** se encienden entre los **0 voltios** (digital 0) y **Vref** (digital 1).

La red **R2R** hace que cada bit digital ayude a formar una parte importante para generar el la tensión de salida **Vout**.

En este circuito hay **8 bits y 256** combinaciones posibles.

Dependiendo de que los bits se pongan a **1** o a **0**, la tensión de salida (**Vout**) tendrá un valor de amplitud entre **0 voltios y 5 voltios (Vref)**, menos el valor de la parte de tensión mínima:

**5 Volt ios: 255 combinaciones= 0,019**

El verdadero valor de **Vref** depende del tipo de puertas lógicas digitales que se utilicen para conducir las diferentes salidas **D0-D7**.

Para un valor **VAL** digital de un **DAC**, el voltaje de salida **Vout** es el siguiente:

$$V_{out} = V_{ref} \times VAL : 2^n$$

donde:

= **Vref** es la tensión que proporciona la salida

**VAL** es el bit = (1, 2, 4, etc.)

**2<sup>n</sup>** = son los bits en el puerto

En el ejemplo mostrado, por tanto:

**n = 8** ya que **2<sup>8</sup> = 256**

con **Vref = 5 V** la tensión **Vout** varía entre:

**00000000 VAL = 0** y **11111111 VAL = 256**

En presencia de un **VAL mínimo** (paso simple)

**VAL = 0,019 Volt**, tenemos:

$$V_{out} = 5 \times (1 : 256) = 0,019 \text{ Volt}$$

Para obtene un **Vout máximo**, todas las salidas deben encontrarse en el estado lógico **11111111** que tiene como valor decimal **VAL = 256**, por tanto:

$$V_{out} = 5 \times (256 : 256) = 5 \text{ Voltios}$$

La **R2R** tiene la ventaja de que por lo general la impedancia de salida es igual a la resistencia utilizada en la red, por lo que un pequeño operacio-

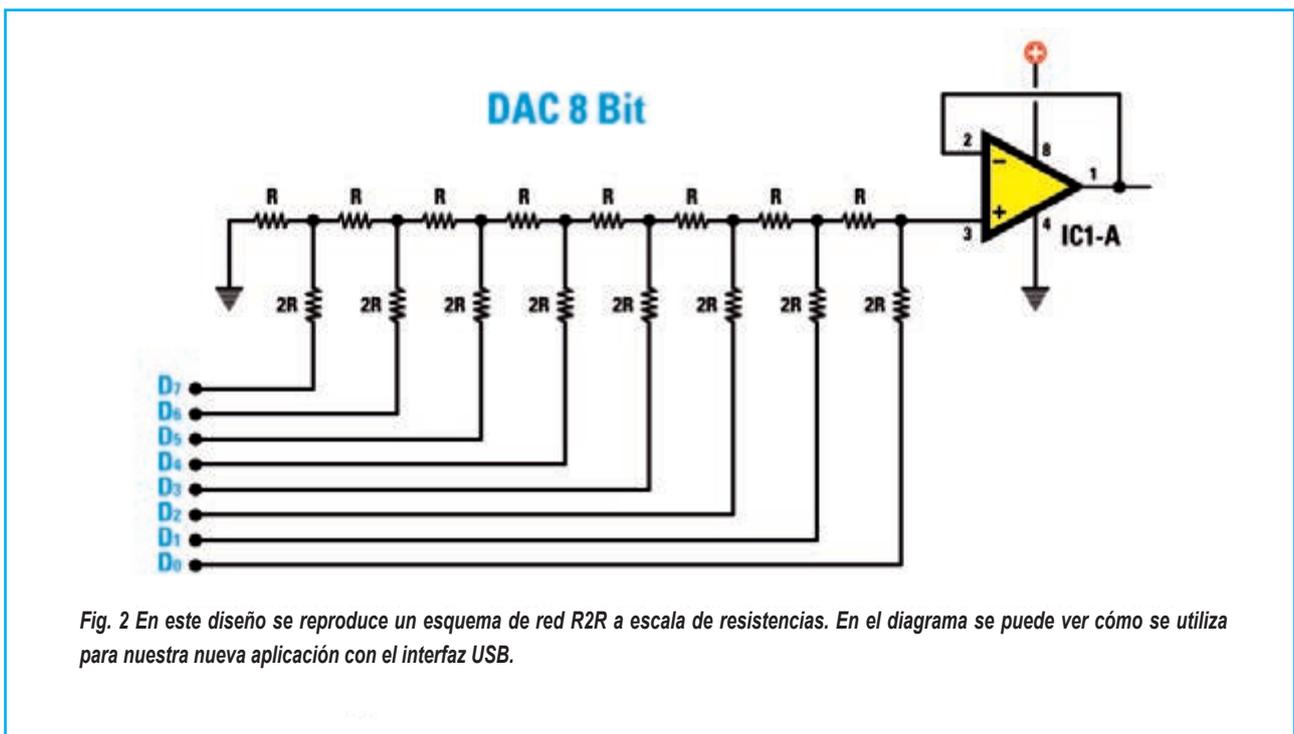
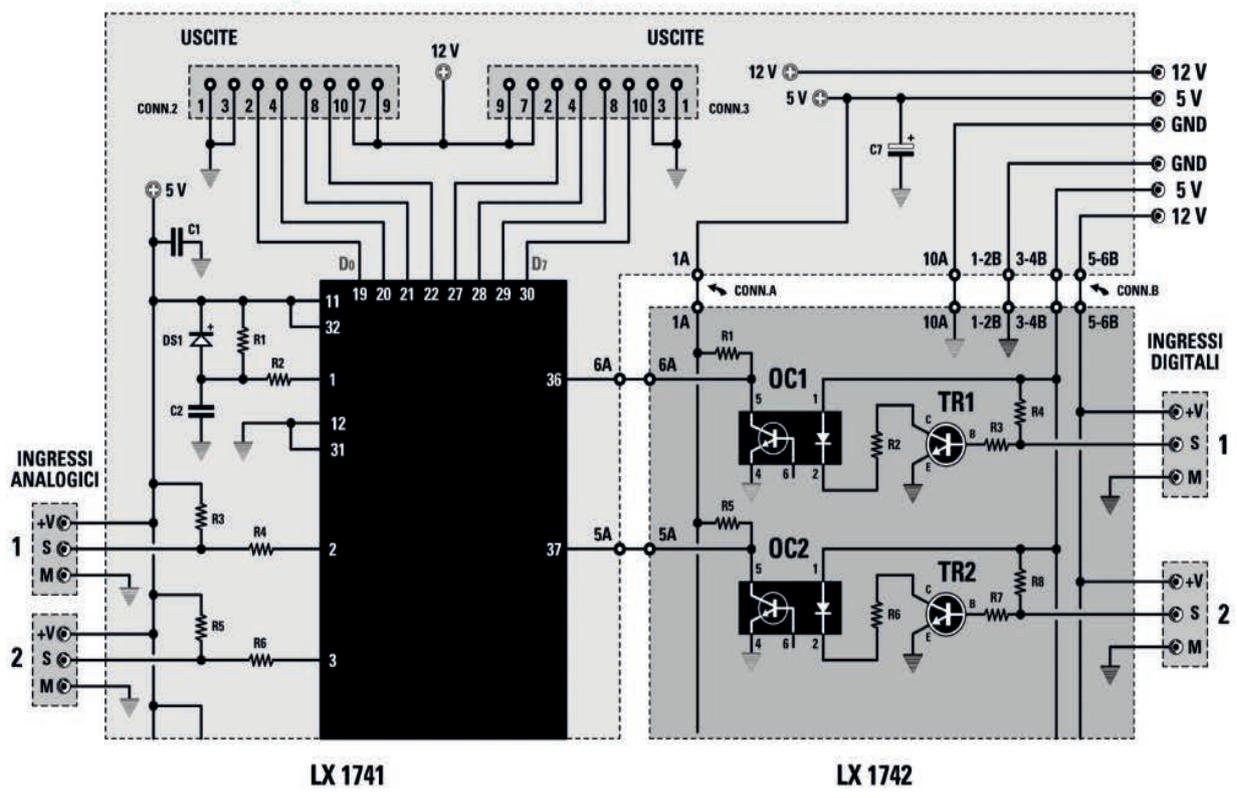
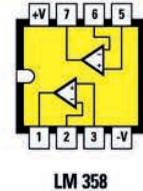
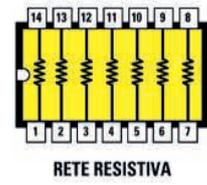
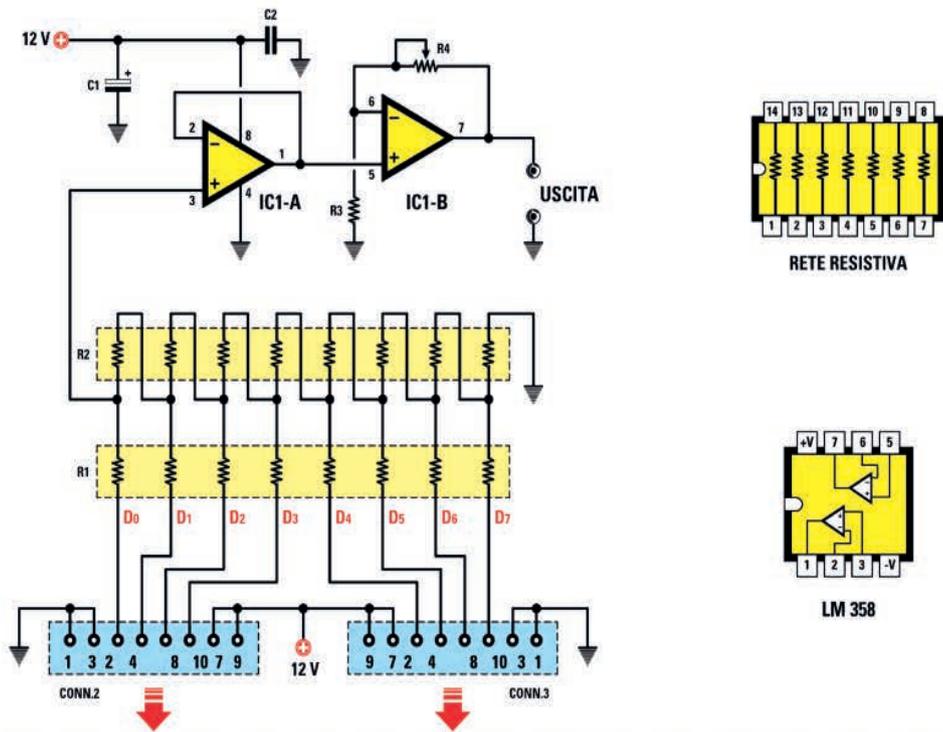


Fig. 2 En este diseño se reproduce un esquema de red R2R a escala de resistencias. En el diagrama se puede ver cómo se utiliza para nuestra nueva aplicación con el interfaz USB.



LX1741 LX1742

Fig.3 Esquema de los componentes del conversor y las conexiones.

**LISTADO DE COMPONENTES DEL LX.1782**

- R1 = 20.000 ohm red res.
- R2 = 10.000 ohm rete res.
- R3 = 10.000 ohm
- R4 = 10.000 ohm trimmer
- C1 = 10 microF. electrolítico
- C2 = 100.000 pF poliéster
- IC1 = integrado tipo LM358
- CONN2/3 = con. hembra 5+5 pin

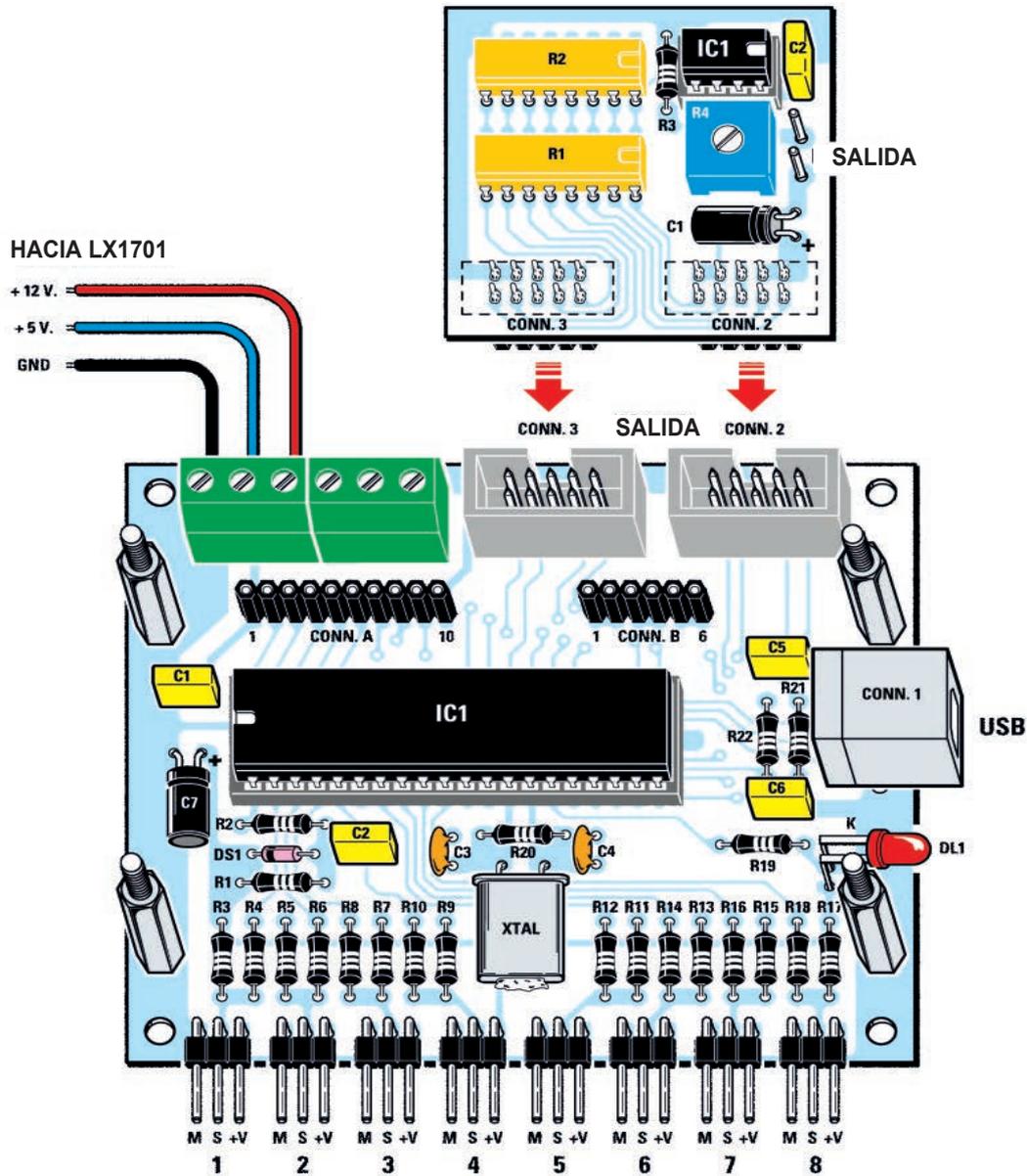


Fig.4 Esquema de montaje de la placa base LX.1741 y, en la parte superior, pequeña tarjeta del convertor analógico digital LX.1782 que proponemos para esta nueva aplicación.

nal como el IC1/A configurado como tracker es suficiente para que se ajuste a otros usos.

Hemos añadido otro amplificador en la configuración para que, girando el trimmer R4 desde el 0 al máximo, la tensión generada por el DAC sea entre 0 y 5 V (x1) y entre 0 y 10 voltios (x2).

No se puede conectar lámpara en la salida porque la cantidad de corriente suministrada es tan pequeña que ni siquiera se encendería.

En su lugar, se pueden reemplazar los dos terminales de salida con una clema para sacar la tensión generada por el microprocesador.

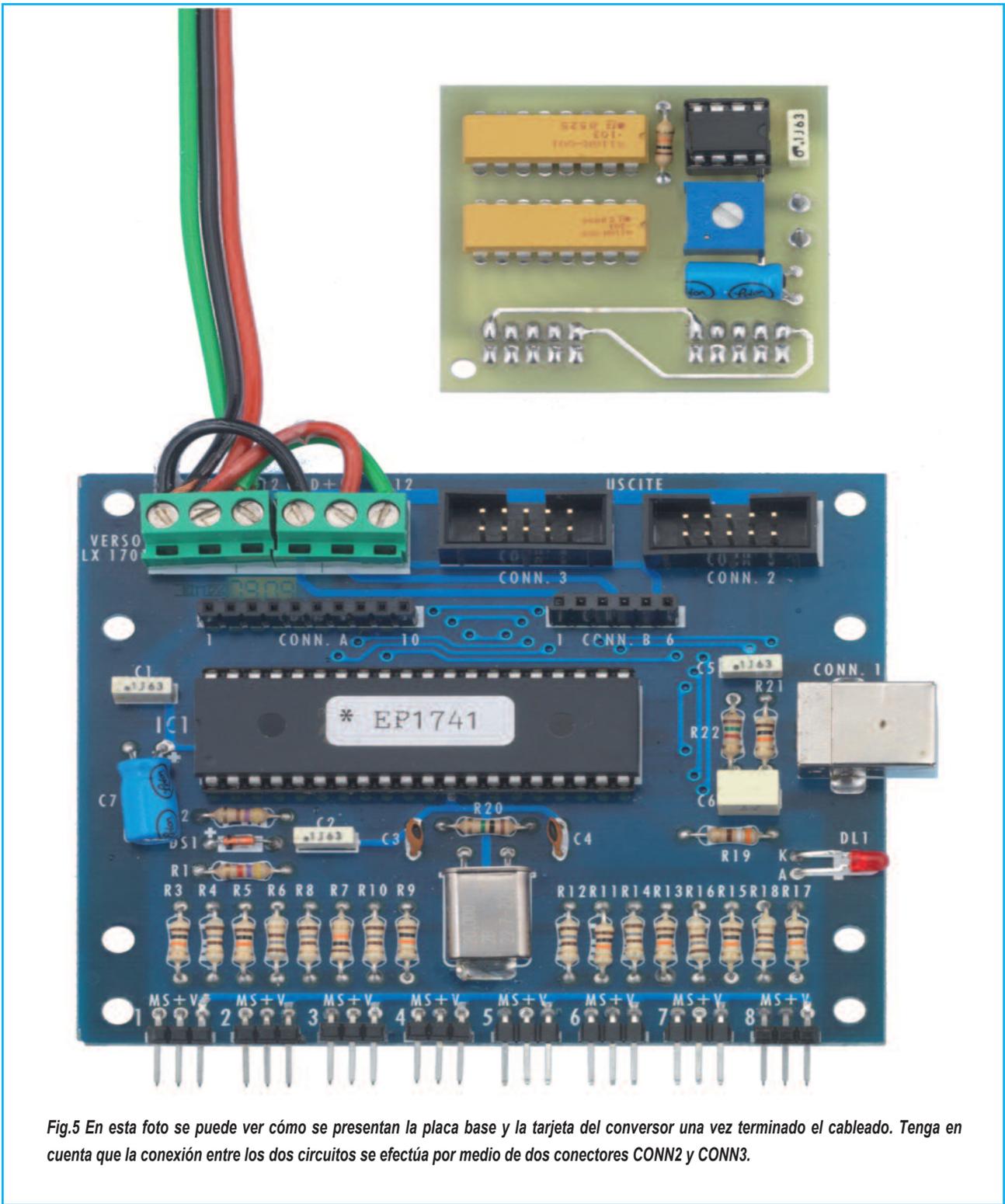


Fig.5 En esta foto se puede ver cómo se presentan la placa base y la tarjeta del convertor una vez terminado el cableado. Tenga en cuenta que la conexión entre los dos circuitos se efectúa por medio de dos conectores CONN2 y CONN3.

A través de los dos conectores hembra 5 +5 la tarjeta se conecta a los conectores que ya están en el circuito impreso LX.1741 (ver en figura 4 CONN2 y CONN3).

Os recordamos que los 12 voltios suministrados a

la placa base LX.1741 por el alimentador LX.1701 (ver fig.9-10-11) son suficientes para alimentar también este circuito.

Por lo tanto, no tendrá que recurrir a ninguna fuente de alimentación suplementaria.

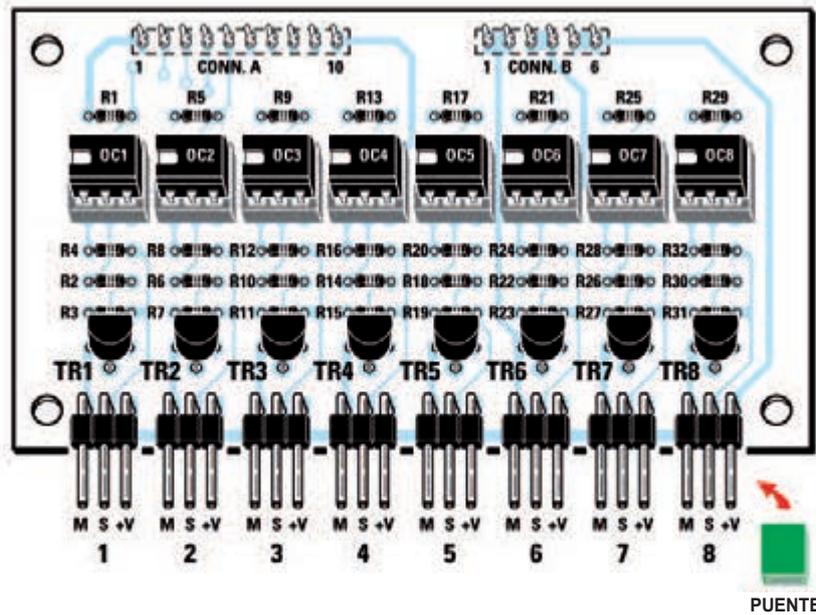


Fig. 6 Esquema de montaje de la tarjeta de entradas digitales LX.1742. Ésta permite explotar plenamente el potencial del proyecto para crear aplicaciones personalizadas.

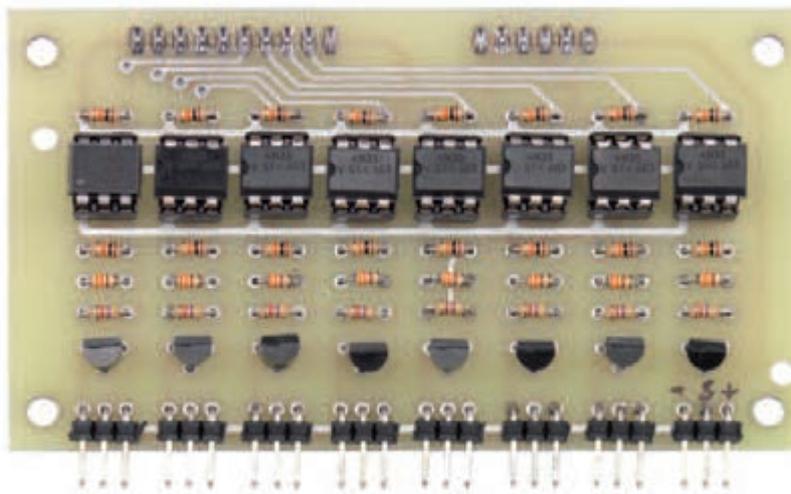


Fig.7 En esta imagen se reproduce la tarjeta LX.1742 que se fija sobre la placa base LX.1741 tal y como se muestra en la figura, antes de la conexión con el circuito de alimentación LX.1701 y con la tarjeta del convertor LX.1782 en la parte superior de la Fig.8.

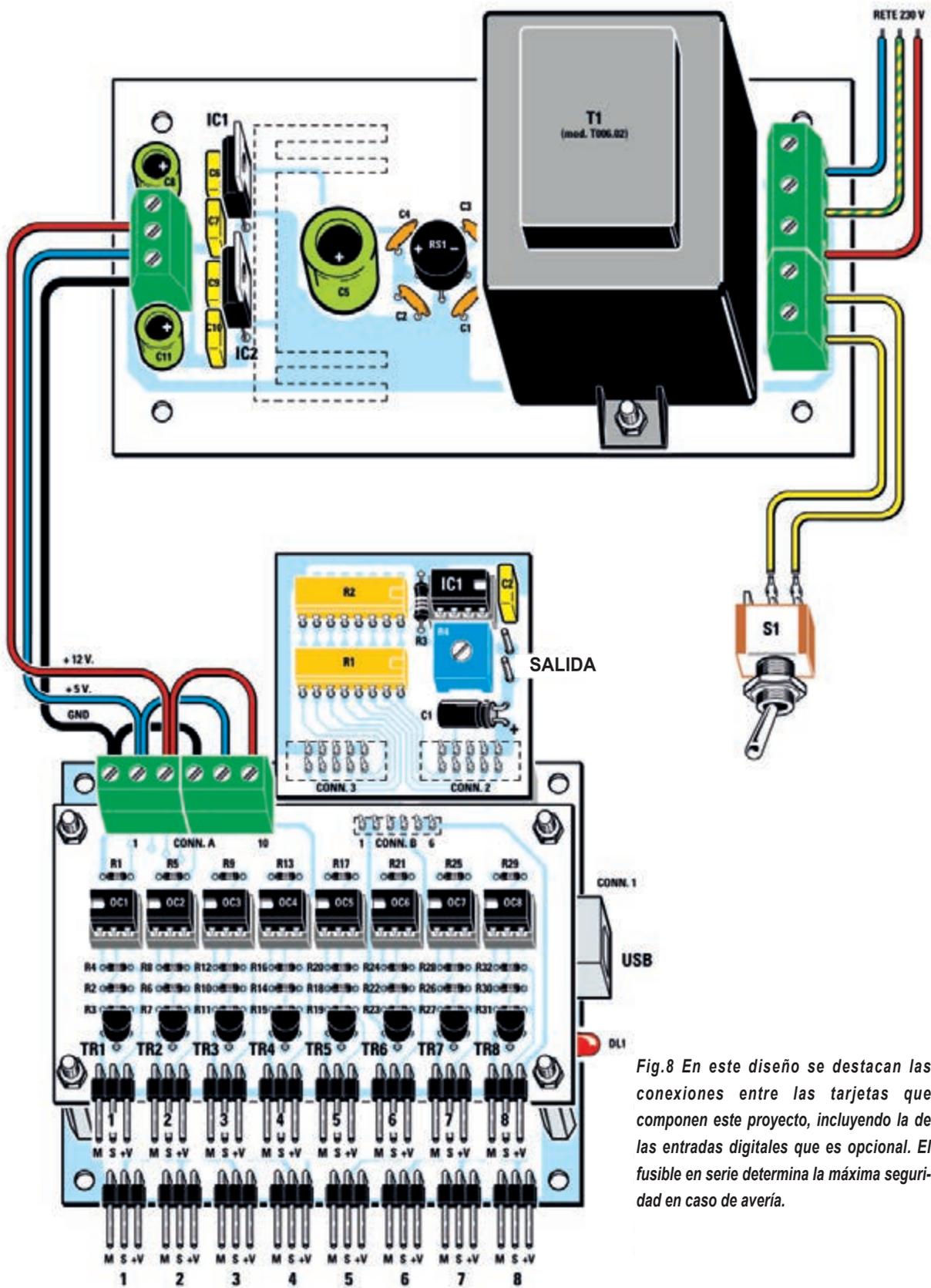


Fig.8 En este diseño se destacan las conexiones entre las tarjetas que componen este proyecto, incluyendo la de las entradas digitales que es opcional. El fusible en serie determina la máxima seguridad en caso de avería.

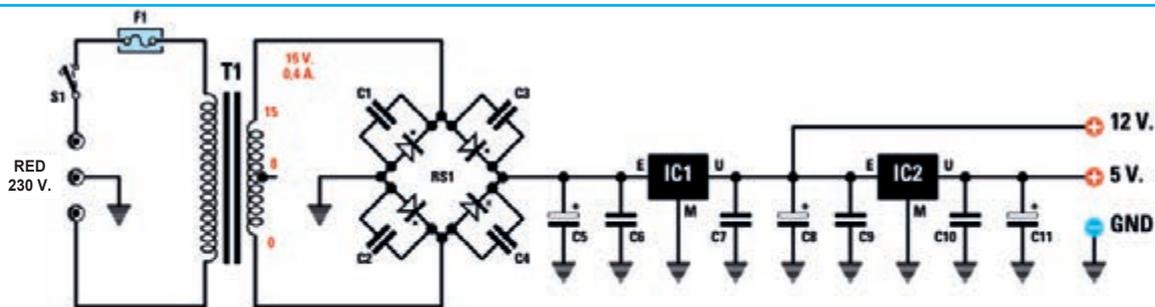


Fig. 9 Para esta aplicación hemos usado uno de nuestros alimentadores, el LX1701. Por supuesto, también se puede utilizar otro tipo de fuente mientras que proporcione los 12 voltios de salida que necesita la aplicación.

## EJECUCIÓN PRÁCTICA

Cualquier persona que desee información acerca de las características eléctricas y las formas de montar la tarjeta base **LX.1741**, la tarjeta de entrada digitales **LX.1742** y la fuente de alimentación **LX.1701** puede encontrarla en el artículo "Monitor de grietas en las paredes" publicado en la revista y que proporcionaremos de forma gratuita a cualquiera que solicite el kit del convertor LX.1782.

En la figura 4 se ha reproducido el esquema práctico del LX 1782, que prevé la instalación de pocos componentes.

Comenzamos, como siempre, introduciendo en el circuito impreso el zócalo para el integrado **IC1** y luego se introducen en las posiciones asignadas las tres resistencias **R1-R2-R3** y el trimmer **R4**.

A continuación, se monta el condensador electrolítico **C1** con forma de cilindro, teniendo cuidado de poner el cuerpo en horizontal en comparación con el circuito impreso: para obtener esta condición tendrá que doblar en forma de **L** sus dos terminales prestando atención a poner hacia abajo el positivo marcado por un signo +.

Después se suelda el condensador de poliéster **C2** arriba a la derecha y se introduce el integrado **IC1** en su respectivo zócalo. Luego se gira el circuito impreso hacia el lado opuesto y se montan los dos conectores pequeños **CONN2-CONN3**, que insertan en la tarjeta **LX.1741** donde pone **CONN2** y **CONN3** (ver figura 4) para determinar la conexión

entre los dos circuitos impresos.

Así se obtiene el ejemplo que se ve en la fig.8.

Una vez hecha esta simple operación, para ejecutar la aplicación que acabamos de describir sólo queda hacer el cableado entre las dos tarjeta y el alimentador de tarjetas **LX.1701** (ver figura 8).

Dependiendo de sus necesidades específicas, también puede ampliar el sistema añadiendo la tarjeta de entradas digitales **LX.1742** como se ejemplifica en la figura 8, añadiendo, si es necesario, otros interfaces.

Ahora sólo queda explotar lo mejor posible el gran potencial de este proyecto.

## COSTE DE REALIZACIÓN

Los componentes necesarios para la tarjeta del convertor **LX.1782** (ver Figura 4), incluyendo el circuito impreso: **16,50 euros**

Sólo el circuito impreso **LX.1782**: **10,00 Euros**

*Nota:* (Publicado en la Revista 294) para conocer el coste de la placa base **LX.1741**- **60.00€** incluyendo CD-Rom **CDR.1741**, la tarjeta de entradas digitales **LX.1742**-**31,95€** y la fuente de alimentación **LX.1701**-**46.00€** se puede consultar el artículo "Monitorizar grietas en las paredes con USB" publicado en la revista.

Los costes **no** incluyen el **IVA**, ni los gastos de envío a domicilio.

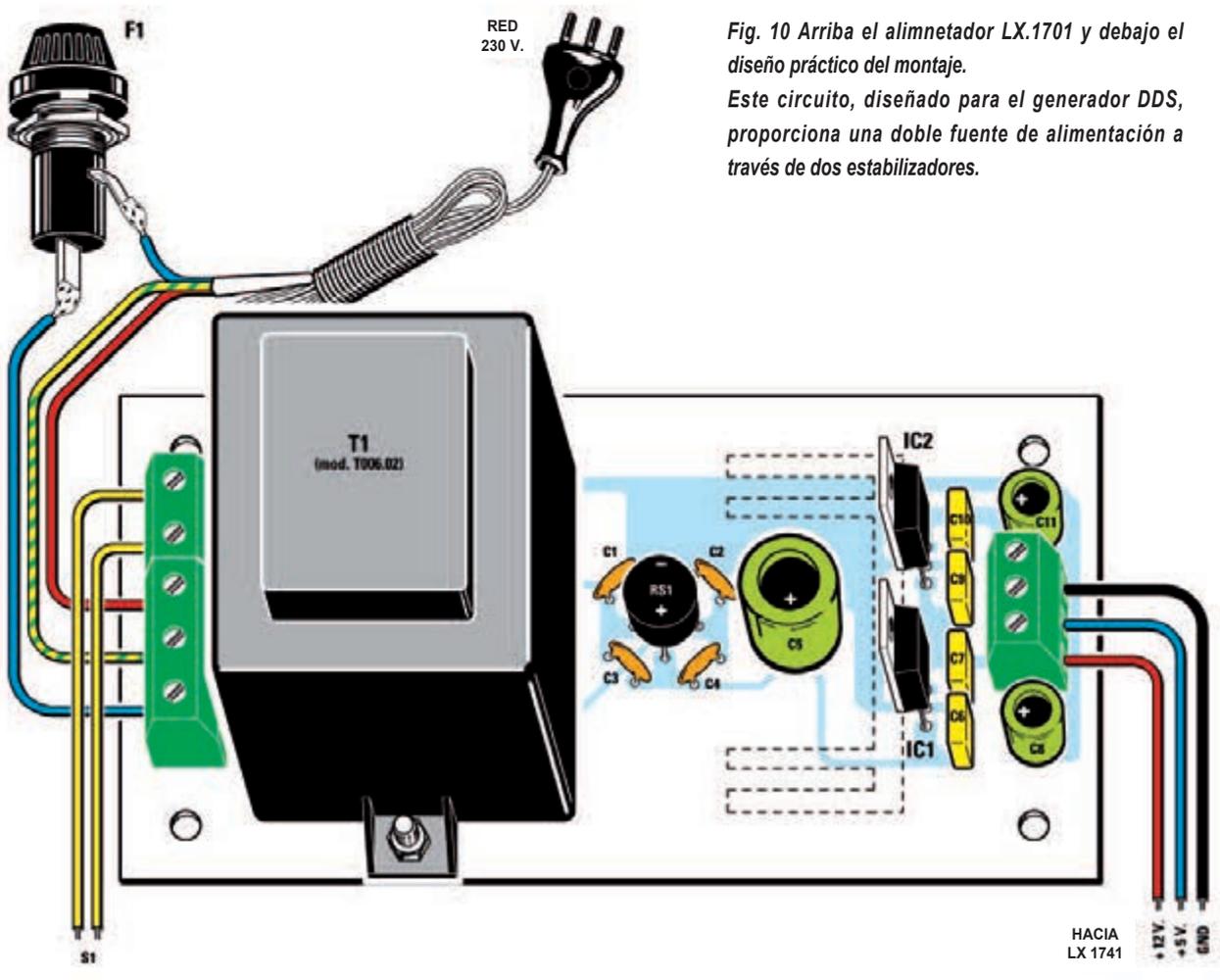


Fig. 10 Arriba el alimnetador LX.1701 y debajo el diseño práctico del montaje. Este circuito, diseñado para el generador DDS, proporciona una doble fuente de alimentación a través de dos estabilizadores.

## SOFTWARE DEMO

El software de demostración de esta aplicación está implementado en **Visual Basic 6**, un lenguaje programación sencillo, perfectamente compatible con el sistema operativo **XP** o **Windows 98**, y al alcance de todos, ya que se puede descargar gratuitamente de Internet.

Para obtener este software hemos usado una fuente utilizada con el interfaz **LX.1741** para el seguimiento de las grietas en las paredes, hemos añadido “algunos” códigos “y transformado las ocho salidas que habíamos adaptado para activar o desactivar **4 + 4 relés** (ver LX.1412) en un excelente generador de voltaje **de 0 a 5 voltios o de 0 a 10 Voltios de 8 bits**.

Después de lanzar la aplicación, en el pantallazo que se reproduce en la figura 13 se verá en la parte inferior izquierda números **entre el 0 y el 255**: en la casilla de al lado seleccionar **X1** o **X2** (ver fig.13-14), dependiendo de si se ha girado el trimmer al máximo o al mínimo.

Esta opción determina el valor de la tensión de salida que puede estar entre 0 y 5 voltios o entre 0 y 10 voltios.

Para conocer el **COM** utilizado por vuestro sistema para comunicarse con el **USB** hay que ir al icono Mi PC, hacer clic con botón derecho del ratón y seleccionar **Propiedades**. A continuación, **Hardware** y luego **Administrador de dispositivos y puertos** (COM y LPT).

En nuestro caso, el puerto **COM** ha resultado ser COM9 (ver Fig. 12).

Luego en el menú superior pinchar sobre Abrir puerto serie (ver figura 13) y se verán los datos que fluyen del USB en el panel central.

Seleccionando X1 y moviéndolo hacia la derecha o la izquierda el cursor de la barra de desplazamiento de la parte inferior, se puede **augmentar o disminuir** la señal de salida en el **DA**.

Al mismo tiempo los dipswitch se moverán según el valor **binario 1 o 0** que se puede comprobar en la ventana inferior (Ver fig.13-14).

Además de verse en binario, el número también aparecerá en decimal y se verá el valor teórico del voltaje de salida.

Si se ha girado el trimmer para obtener la máxima tensión de **10 voltios**, utilice la escala **x2** para tener el valor alineado con la tensión de salida (ver Fig. 14).

Se puede quitar del código la gestión de los botones simplemente colocando el apóstrofe delante de cada **“Image”**.

...

‘visualizza sul dip switch lo stato binario dei dip

```
‘deviatore1
If bit(1) = 0 Then
‘Image10.Picture = ImageList1.ListImages(7).
Picture
NewTX (“A”)
Else
Image10.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX (“B”)
End If
```

```
‘deviatore2
If bit(2) = 0 Then
Image11.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
NewTX (“C”) ‘trasmette i dati alla scheda
Else
Image11.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX (“D”)
End If
```

```
‘deviatore3
If bit(3) = 0 Then
Image12.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
NewTX (“E”)
Else
Image12.Picture = ImageList1.ListImages(6).Picture
NewTX (“F”)
End If
```

```
‘deviatore4
If bit(4) = 0 Then
Image13.Picture = ImageList1.ListImages(7).Picture
...
```

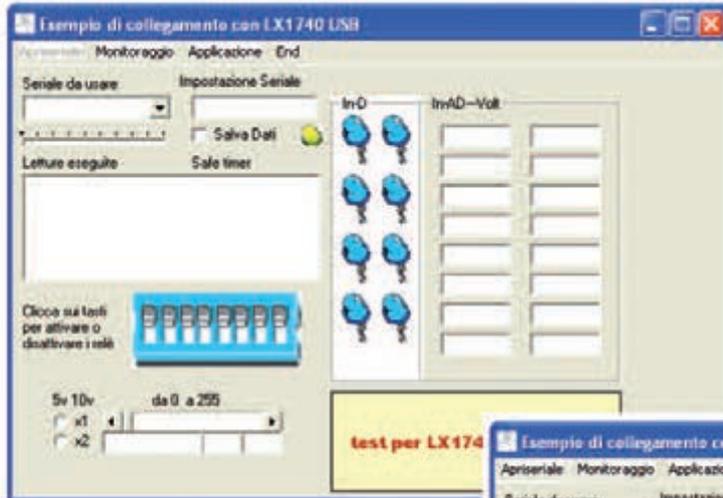


Fig.11 Conectado al PC el cable USB de la interfaz, continuar con la instalación del programa. Aparecerá en la ventana de al lado.

Fig. 12 Seleccione el puerto COM, que en nuestro caso es COM9 que es y haga clic a continuación en el menú superior para Abrir puerto serie.



Fig.13 Desde el puerto USB comenzará el flujo de datos relacionados con la tensión que aparecerá en la parte inferior izquierda.

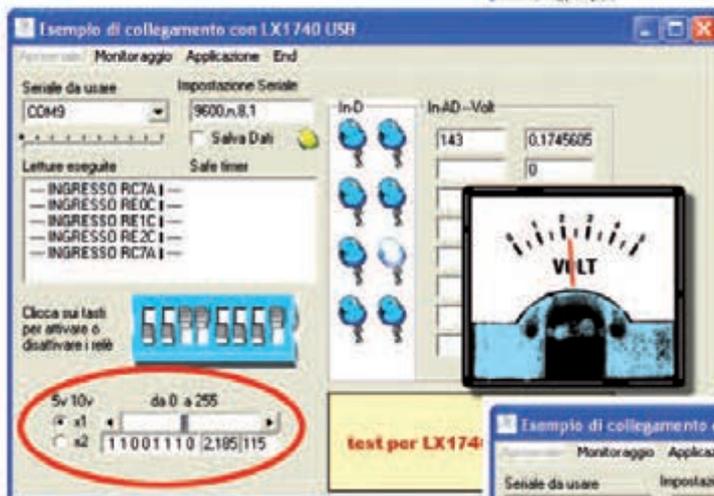


Fig. 14 Seleccione en la casilla correspondiente x1 o x2 según si el trimmer se gira al máximo o al mínimo. La tensión de salida puede variar entre 0-5 V o entre 0-10 V.

