



CONTADOR GEIGER

Con el nuevo Contador Geiger de última generación que presentamos en este artículo se puede controlar, incluso durante muy largos períodos de tiempo, si el nivel de radiactividad presente en el aire o en un entorno concreto supera el umbral de peligrosidad. Los datos recogidos por el medidor se pueden almacenar directamente en una tarjeta de memoria SD. Además, conectando el dispositivo a un ordenador personal, se pueden procesar y visualizar en tiempo real los valores de radiactividad medidos.

Quienes tengan en casa un viejo **reloj** de los **años 50** con revestimiento **fosforescente** en **números** y **agujas** podrán observar con asombro como un medidor de **radiactividad** demuestra que emiten un nivel de radiación superior a lo normal.

Afortunadamente estas **sustancias** utilizadas hace más de 50 años fueron **sustituidas** por otras nuevas que no emiten radiaciones de ningún tipo.

Sucede lo mismo con las **primeras lámparas** de **gas** utilizadas en **campings**, se retiraron hace tiempo del mercado ya que contenían **Torio radiactivo**.

Sin embargo, acercando un **Contador Geiger** a la **base de granito** de una **cocina** o a las **baldosas de cerámica** de un **baño** se capta una **débil emisión radiactiva** procedente de estos materiales.



Fig.1 El nuevo Contador Geiger LX.1710 utiliza el tubo LND 712, sensible a radiaciones alfa, beta y gamma. Se trata de un tubo fabricado en Estados Unidos ampliamente difundido. No obstante quienes deseen utilizar el viejo tubo SBM 20 de fabricación rusa, sensible a radiaciones beta y gamma, también pueden utilizarlo ya que el contador está diseñado para soportar ambos sensores.

MULTIFUNCIÓN (I)

Esto **no** tiene que crear **falsos alarmismos**, ya que estamos hablando de valores de **radiación muy baja**, pero es indicativo de que la **radiactividad** no es un fenómeno que únicamente concierne a las **centrales** y a las **armas nucleares**, como a menudo solemos pensar.

La base de una cocina o la cerámica del baño **no** representan ciertamente un **problema** para **nuestra salud**, pero **no** se puede decir lo mismo de los **contaminantes radiactivos** que afectan al **terreno**, y por consiguiente al **agua**, a los **cultivos** y a la **ganadería**, como así lo atestiguan los medios de comunicación.

Es muy común ver en un **telediario** o leer en un **periódico** noticias sobre el uso de **armas radiactivas** en las guerras, intercepciones de **tráfico negro** de **material nuclear**, descubrimiento de nuevos **vertederos radiactivos**, robos de **material médico radiactivo**, hallazgos de **residuos de hospitales** con isótopos tratados de forma ilícita, etc.

... Y lo que todavía es más grave, los **contaminantes** que están presentes en los **vertederos radiactivos** a veces también se encuentran en **terrenos** destinados a **agricultura** y **ganadería**. Estas cargas de muerte, al filtrarse en el **terreno** y en el **agua**, dispersan compuestos que resultan **sumamente tóxicos** si se **tragan** o si se **inhalan**.

Los **daños biológicos** producidos por la **contaminación radiactiva** no se suelen advertir en el momento de la exposición, al contrario, las **malformaciones genéticas** y los **tumores** se suelen manifestar varios **años después** de las **exposiciones**.

La dimensión de este problema ha producido que los **controles** se **intensifiquen** y que muchos ciudadanos, preocupados por su **salud** y por la de sus **hijos**, hayan decidido poner manos a la obra y adquirir un **Contador Geiger**, es decir el instrumento que permite **detectar** la presencia de **radiaciones peligrosas** en el entorno.

Esta medida, que en un tiempo únicamente era prerrogativa de los **laboratorios**, hoy es **accesible** a todo el mundo gracias a la disponibilidad en el mercado de **instrumentos fáciles de usar** y, sobre todo, a **precios asequibles**, como así demuestra el éxito que han tenido los diferentes modelos de **Contador Geiger** que nosotros hemos realizado.

Cuando hace dos años surgió la práctica imposibilidad de hallar en el mercado internacional el **tubo SBM 20** tuvimos que suspender algunas entregas del **Contador Geiger LX.1407**, lo que lógicamente ha suscitado protestas de nuestros lectores al no poder disponer del instrumento.

Las peticiones de **Contadores Geiger** son incesantes y dado que, como siempre, hacemos todo lo posible por atender las demandas de nuestros lectores, localizamos un **nuevo proveedor** que nos ha permitido satisfacer las numerosas solicitudes.

Al mismo tiempo hemos dado impulso al proyecto realizando un **nuevo Contador Geiger** con un **microprocesador de 16 bits** que permite realizar algunas **funciones adicionales**, muy útiles para los que utilizan este tipo de instrumentos.

En efecto, desde hace mucho tiempo llevamos recibiendo **experiencias** y **sugerencias** por parte de los lectores que han adquirido el **Contador Geiger LX.1407**.

Muchos de ellos, por ejemplo, nos han manifestado lo interesante que sería la **conexión** a un **ordenador personal** para poder procesar y visualizar los **datos recogidos**. Reelaborando los datos se pueden realizar **gráficos**, **estadísticas**, etc.

Algunos lectores habrían preferido que el **tubo Geiger** se encontrara en el **exterior** del **mueble contenedor** para poder realizar las medidas de radiactividad con **mayor versatilidad**.

Otros nos han señalado la posibilidad de ofrecer la lectura en las **unidades de medida** adoptadas **recientemente** por el **Sistema Internacional**, esto es el **microSievert/hora** y el **microGray/hora**.

No obstante la mayoría de las consultas se han dirigido a la posibilidad de **realizar medidas** a lo largo de **periodos de tiempo prolongados** (horas, días o semanas) y no solamente medir **valores instantáneos**.

De este modo, recogiendo los datos en un período prolongado de tiempo, es posible calcular el **valor medio** sobre un número muy grande de valores, incrementando notablemente la **precisión** de las medidas de radiactividad realizadas.

Con estos precedentes no hemos tenido otra elección que diseñar un **nuevo Contador Geiger** que satisfaga todas las demandas que se han ido produciendo a lo largo del tiempo.

Quienes, por curiosidad, intenten localizar **Contadores Geiger** se percatarán de que son **difíciles de localizar** y además tienen **precios considerables**. Para nosotros este ha sido un motivo más que nos ha animado a diseñar un renovado y económico **Contador Geiger** al alcance de todos, tanto **aficionados** como **profesionales**.

Todos los que deseen comprobar el **nivel de radiactividad** del entorno o de elementos específicos tienen a su disposición, a un precio asequible, un instrumento que ofrece la posibilidad de realizar medidas durante **varios días** pudiendo **procesar** los **datos** tomados con un **ordenador personal**, extrapolando medias, valores mínimos, máximos, desviaciones ... y la posibilidad de **imprimir** los **gráficos resultantes**.

A todo esto se le suma que cuando se realicen **medidas ambientales prolongadas** en lugares sometidos a **polvo** y **humedad** bastará con insertar el instrumento en un **contenedor de poliestireno**, de precio irrisorio, para realizar una **protección económica** y al mismo tiempo **eficaz**.

Hemos optado por un tipo de **tubo diferente** al anterior **SBM 20** dada su escasa disponibilidad, el tubo **LND 712**.

No obstante para quienes deseen utilizar el viejo **tubo SBM 20**, utilizado en proyectos anteriores, hemos previsto la **posibilidad de utilizarlo** en el nuevo circuito.

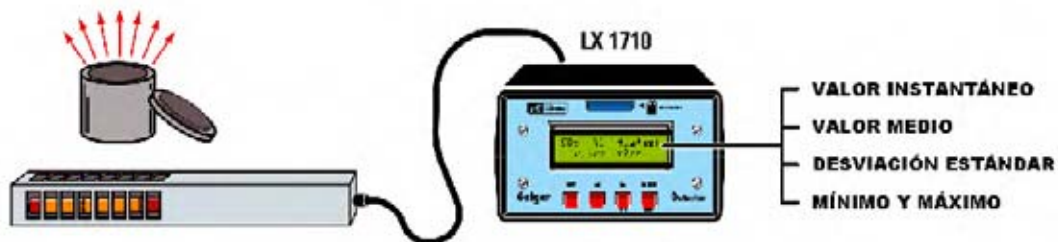


Fig.2 Utilizado el contador en el modo "Stand-alone" se muestra el valor instantáneo de radiactividad, los valores máximos y mínimos registrados durante el periodo de lectura, el valor medio y la desviación estándar correspondiente a los últimos 10 minutos de medición. Es importante tener presente que el valor medio proporciona una medida más precisa que el valor instantáneo al tomarse un gran conjunto de medidas en lugar de una.

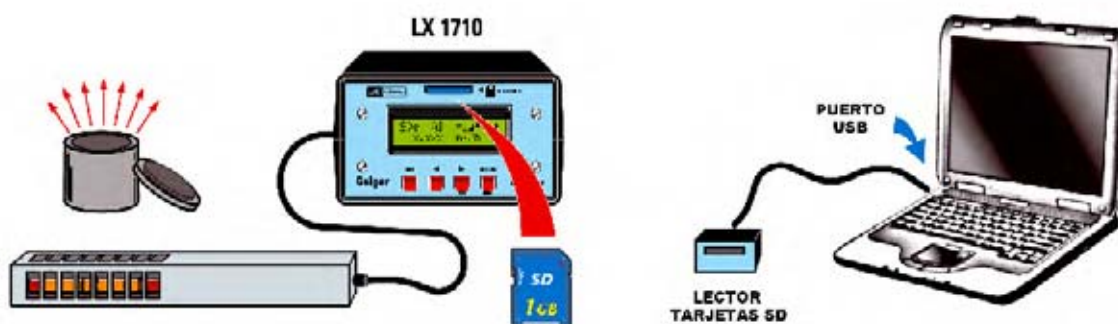


Fig.3 Insertado en el contador una tarjeta de memoria SD de 1 GByte se puede registrar un número enorme de datos durante un periodo de tiempo muy prolongado. Los datos capturados pueden procesarse posteriormente con un ordenador personal insertando la tarjeta de memoria SD en el lector de tarjetas del PC. Si el ordenador no dispone de lector de tarjetas SD se puede instalar un lector SD externo con conexión USB.



Fig.4 El contador también puede conectarse a un puerto RS232 de un ordenador personal. En este tercer modo operativo los valores de radiactividad medidos por el contador se vuelcan al PC cada 10 segundos, permitiendo observar en tiempo real como varía la intensidad de cualquier fenómeno radiactivo. Los datos capturados pueden almacenarse posteriormente en el disco duro del ordenador.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Antes de pasar a la descripción de las características técnicas queremos hacer unas puntualizaciones importantes.

Un **Contador Geiger** permite medir el nivel de **radiactividad** presente en el **aire** o dentro de un **entorno**, ahora bien **no** es posible medir con estos instrumentos el nivel de **contaminación radiactiva** presente en los **alimentos** o en el **agua**.

Esto es debido a que la **débil emisión** procedente de fuentes de este tipo se oculta con la **radiactividad natural** que, además, varía a lo largo de un día por la incidencia de los rayos cósmicos.

Para poder medir **valores** de **radiactividad muy bajos** es necesario realizar las medidas dentro de un **habitáculo apantallado** con espesas **paredes de plomo** que anulen la radiactividad natural.

Además los instrumentos solo son capaces de medir los **tipos de radiación** a los que sus **sensores son sensibles**.

Cuando proyectamos el nuevo contador pensamos en un instrumento que fuese lo más **útil** posible, incluso a las personas que tienen la necesidad de tomar medidas durante **periodos de tiempo muy prolongados**.

Para procesar los datos provenientes de cualquier aparato son, sin duda, los **ordenadores personales** los dispositivos más ampliamente utilizados actualmente en todos los ámbitos. Por esta razón hemos dotado al contador de la capacidad de **conectarse directamente** a un **PC**.

Los datos correspondientes a la **alimentación** del **Contador Geiger** son los siguientes:

- **Alimentación:** 6 voltios (5 pilas tipo AA recargables de 1,2 voltios) o bien mediante alimentador externo.

- **Consumo:** 130 mA (sin tarjeta SD, con altavoz y display en funcionamiento) - 33 mA (sin tarjeta SD, sin altavoz con el display sin iluminación) - 11 mA (Sleep).

El uso de una tarjeta de memoria SD aumenta el consumo unos 2 mA.

SENSOR LND 712

- **Medición:** Radiaciones alfa, beta y gamma.
- **Gas:** Neón + Halógeno.
- **Sensibilidad Co60** (cps/mR/h): 18.
- **Sensibilidad Cs137** (cps/mR/h): 16.
- **Fondo:** 10 cpm máximo.
- **Capacidad:** 3 pF.
- **Alimentación:** 500 voltios DC.
- **Temperatura de trabajo:** -40 / +75°C.
- **Dimensiones:** 9,1 mm de diámetro.

Por último también precisamos que hemos desarrollado el diseño para un **nuevo tubo Geiger**, permitiendo la posibilidad de utilizar el **anterior tubo** e incluso uno **diferente** a estos dos, siempre y cuando su alimentación sea de **400 voltios** o de **500 voltios**.

En un **próximo artículo** detallaremos la forma de utilizar un **tubo Geiger diferente** a los propuestos por nosotros.

Las **innovaciones** más significativas que presenta el nuevo **Contador Geiger** son:

- Posibilidad de montar **dos sensores** diferentes, el **LND 712** o bien el **SBM 20** (opcional).

- Salida **RS232** para realizar la conexión a un **ordenador personal**.

- **Almacenamiento** de datos en **tarjeta SD** de **1 GiByte**.

- Lectura de **valores instantáneos** de radiactividad, grabación de **valores mínimos-máximos**, cálculo de **medias** y **desviaciones**.

- Lectura de valores de radiactividad en las siguientes **unidades de medida**:

cps
miliRoentgen/h
microGray/h
microSievert/h
microCoulomb/kg/h

- Posibilidad de activación de una **alarma externa** al superar un **nivel** de radiactividad **prefijado**.

- Doble alimentación, **pilas** o **alimentador externo**.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Observando el esquema eléctrico reproducido en la Fig.5 se puede apreciar claramente que el **Contador Geiger** está compuesto por **5 bloques** diferentes. Estos son:

- **Sonda de medida**, es decir el **chasis metálico** dentro del cual están alojados el **tubo Geiger**, el **circuito** que proporciona al tubo la **alta tensión** y el **circuito** que mide los **impulsos** de cuenta procedentes del tubo y los envía al microprocesador.

- **Tarjeta base**. Incorpora el control de la **función Sleep**, el **zumbador** y la **interfaz RS232** para la conexión al ordenador personal.

- **Tarjeta microcontrolador**. Contiene el micro programado **PIC 24F J128 GA010** montado en **SMD**.

- **Tarjeta display**, esto es, la tarjeta que incorpora el **display** de **2 líneas de 16 caracteres**, el **circuito** de control de las **pilas** y los **4 pulsadores** de comando.

- La **Tarjeta SD** que permite de **alojar** la **memoria SD** en la que se almacenan los datos.

Para analizar el funcionamiento del **Contador Geiger** vamos a detallar a continuación el funcionamiento de cada uno de los diferentes **bloques** que lo componen.

Sonda de medida

La **sonda de medida** contiene el circuito impreso que sustenta el **tubo Geiger**, la etapa que genera la **alta tensión** necesaria para su **alimentación** y la etapa de **generación** de **impulsos digitales** en función de la **radiación medida** por el tubo (ver Fig.5).

Utilizando el **nuevo tubo LND 712** la tensión de **alimentación** tiene que ser de **500 voltios** (para obtenerla es necesario montar el diodo zéner **DZ5**).

Quienes deseen montar el **viejo tubo SBM 20** han de ajustar la tensión de **alimentación** a **400 voltios**, operación que se realiza **sustituyendo** el diodo zéner **DZ5** por un **punteo de cable**.

Para elevar la tensión de los **6 voltios** procedentes de las **5 pilas** de **1,2 voltios** hasta **500 voltios** se utiliza un **oscilador** de **50 KHz**, formado por **TR2** y por las dos envolturas del **primario** del transformador **T1**.

La tensión obtenida en el secundario del transformador se aplica a la **etapa triplicadora** formada por **DS1-DS2-DS3** y por **C1-C2-C3**, que permite obtener en los contactos del diodo **DS1** una tensión de **500 voltios**, **estabilizada** mediante los diodos zéner **DZ1-DZ2-DZ3-DZ4-DZ5** y el transistor **TR1**.

En **ausencia** de **radiactividad** entre los **dos electrodos** del tubo **no** hay circulación de **corriente** ya que el **gas** contenido en su interior **no conduce**. En estas condiciones sobre **R8** **no** hay ninguna caída de **tensión**.

En cuanto una **partícula radiactiva** alcanza el **tubo Geiger** en el **gas encerrado** en su interior se produce una **ionización** que se traduce en una **rápida circulación** de **corriente** entre los **electrodos**.

Estos rápidos pasos de corriente por la resistencia **R8** generan los **impulsos** que son mandados a las puertas **IC1/A** e **IC1/C**, utilizadas como **circuito de encuadre**.

Los impulsos obtenidos del terminal **8** de **IC1/C** se aplican, mediante **CONN.1**, al terminal **6** del micro **IC1**, que procede a **contarlos**.

Por otro lado la puerta **IC1/B** está configurada para realizar un **oscilador monoestable**, cuya **frecuencia** depende de la constante de tiempo **R10-C8**. Cada vez que el tubo Geiger genera un impulso el terminal **11** de **IC1/A** pasa a **nivel lógico 0**, provocando que el monoestable **IC1/B** genere un **impulso** de unos **120 milisegundos** de duración.

Este impulso se aplica a la puerta **IC1/D**, configurada como **inversor**, y posteriormente, mediante el interruptor **S2**, al diodo **DS7**, activando el **zumbador** a través del transistor PNP **TR5**. De esta forma los **breves impulsos** producidos por el tubo se **transforman** en **señales audibles**.

La sonda dispone de una **pantalla metálica** utilizada **opcionalmente**: Si **no se instala** mide **todas las radiaciones**, en cambio si se **instala** solo mide las **radiaciones gamma**.

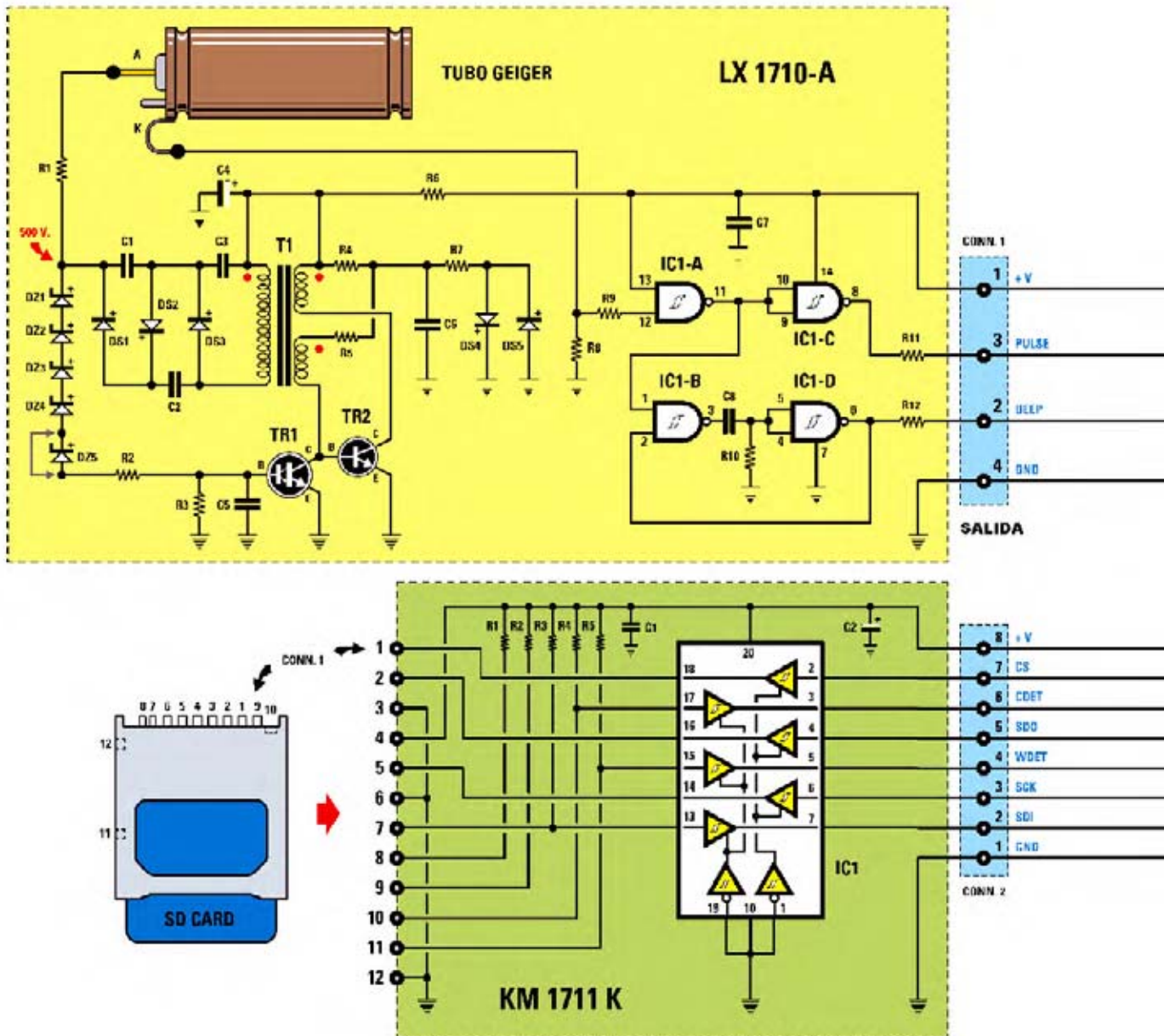
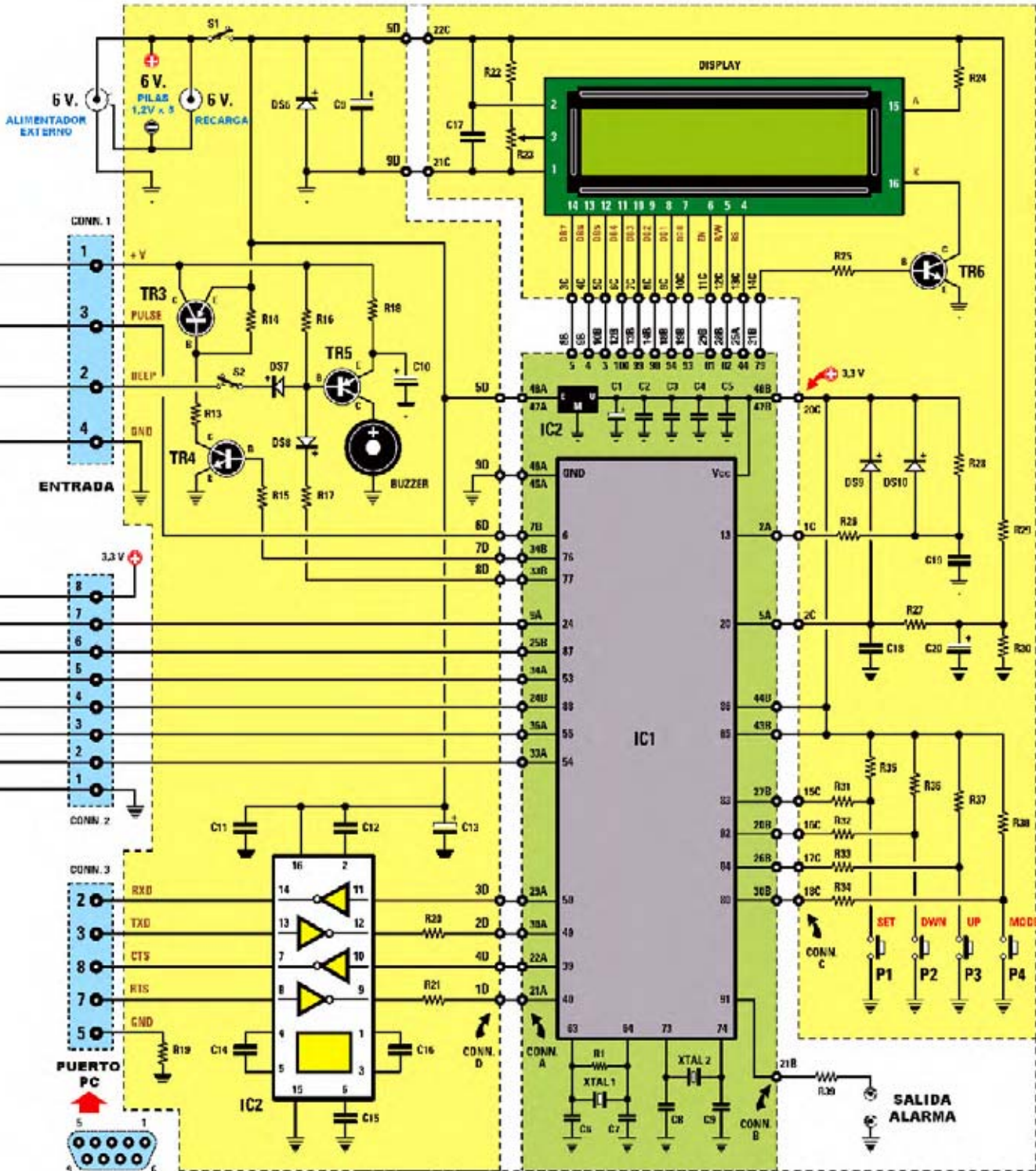


Fig.5 En el esquema eléctrico se pueden apreciar claramente los bloques que componen el Contador Geiger. La tarjeta LX.1710/A corresponde a la Sonda que aloja el tubo Geiger, la tarjeta KM1711/K se ocupa de recepcionar la memoria SD, la tarjeta LX.1710/B aloja el circuito de control del zumbador y la interfaz RS232, la tarjeta KM1710/K incorpora el microprocesador, la tarjeta interfaz LX.1710/C y la tarjeta LX.1710/D con los 4 pulsadores, el circuito de control de las pilas y el display.
 Quienes deseen sustituir el tubo LND 712 por el SBM 20 han de reemplazar el diodo zéner DZ5 (tarjeta LX.1710/A) por un puente de cable, reduciendo así la tensión de alimentación del tubo de 500 voltios a 400 voltios.

LX 1710-D



LX 1710-B

KM 1710 K

LX 1710-C

Tarjeta base

La tarjeta base aloja las **5 pilas recargables** tipo **AA** de **1,2 voltios** cada una, necesarias para la alimentación del contador.

Como se puede observar en el esquema eléctrico el **Contador Geiger** puede ser **alimentado** tanto a través de **pilas** como a través de un **alimentador externo** de **6 voltios**.

Con el objetivo de **reducir el consumo** y **aumentar la autonomía** de las **pilas**, muy a tener en cuenta cuando el contador se utiliza durante mucho tiempo, hemos previsto un **control del display** que **desactiva la retroiluminación** cuando no se utiliza ninguno de los **4 pulsadores (SET-DOWN-UP-MODE)** durante **18 segundos** (los datos permanecen en el display pero sin retroiluminación).

También hemos previsto, buscando un **uso eficaz** de las **pilas**, una **función de "Sleep"** del **microprocesador**, muy útil cuando no se prevé utilizar el contador durante un cierto período de tiempo entre medidas.

Activando la función de **Sleep** se pone el microprocesador en modo **"Real Time clock"**, esto es anula todas sus funciones a excepción del control del tiempo. En estas condiciones la

absorción de corriente del contador es **mínima**.

La **función Sleep** tiene **ventajas** sobre una operación de **reinicio** o de **apagado/encendido** ya que permite "despertar" en cualquier momento al micro **sin tener que cargar de nuevo** todos los **parámetros de programación** del instrumento (se mantienen sin alteración dentro de la propia memoria del microcontrolador).

Continuando con el esquema eléctrico la tensión obtenida de las pilas, una vez que atraviesa el interruptor de encendido **S1**, se aplica al **integrado estabilizador IC2** montado en la **tarjeta KM1710/K**, su función es proporcionar una tensión **estabilizada de 3,3 voltios** necesaria para la alimentación del **microcontrolador**.

Los **6 voltios** procedentes de las pilas también se aplican al **emisor del transistor PNP TR3**, utilizado como **interruptor**. En efecto, cuando se pasa a estado **Sleep** el micro **desconecta** la **alimentación** de la **etapa de medida** generando en su terminal **76** un **nivel lógico 0** que lleva a estado de **corte** al transistor **TR4** y, consecuentemente, también al transistor **TR3**. De esta forma el **micro** continúa **alimentado** pero **no el tubo Geiger**, que deja así de consumir energía.

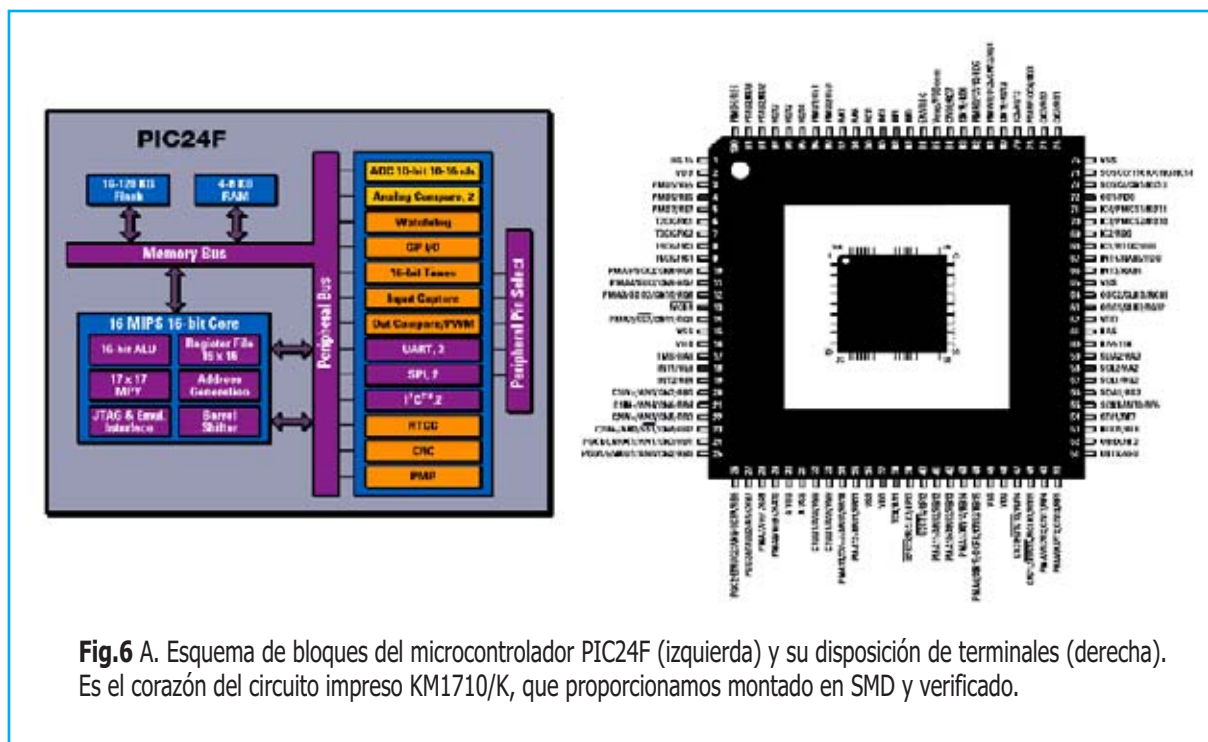


Fig.6 A. Esquema de bloques del microcontrolador PIC24F (izquierda) y su disposición de terminales (derecha). Es el corazón del circuito impreso KM1710/K, que proporcionamos montado en SMD y verificado.

LISTA DE COMPONENTES LX.1710 A+B+C+D

R1 = 4,7 megaohmios
R2 = 1 megaohmio
R3 = 1 megaohmio
R4 = 4.700 ohmios
R5 = 4.700 ohmios
R6 = 1 ohmio
R7 = 680 ohmios
R8 = 220.000 ohmios
R9 = 1.000 ohmios
R10 = 470.000 ohmios
R11 = 3.300 ohmios
R12 = 3.300 ohmios
R13 = 3.300 ohmios (*)
R14 = 33.000 ohmios (*)
R15 = 10.000 ohmios (*)
R16 = 33.000 ohmios (*)
R17 = 3.300 ohmios (*)
R18 = 100 ohmios (*)
R19 = 10 ohmios (*)
R20 = 470 ohmios (*)
R21 = 470 ohmios (**)
R22 = 15.000 ohmios (**)
R23 = Trimmer 10.000 ohm. (**)
R24 = 18 ohmios 1/2 W (**)
R25 = 3.300 ohmios (**)
R26 = 470 ohmios (**)
R27 = 470 ohmios (**)
R28 = 4.700 ohmios (**)
R29 = 10.000 ohmios (**)
R30 = 4.700 ohmios (**)
R31 = 470 ohmios (**)
R32 = 470 ohmios (**)
R33 = 470 ohmios (**)
R34 = 470 ohmios (**)
R35 = 10.000 ohmios (**)
R36 = 10.000 ohmios (**)
R37 = 10.000 ohmios (**)
R38 = 10.000 ohmios (**)
R39 = 1.000 ohmios (***)
C1 = 10.000 pF 1.000V cerámico
C2 = 10.000 pF 1.000V cerámico
C3 = 10.000 pF 1.000V cerámico
C4 = 100 microF. electrolítico
C5 = 33 pF cerámico
C6 = 100.000 pF poliéster
C7 = 100.000 pF poliéster
C8 = 220.000 pF poliéster
C9 = 100 microF. electrolítico (*)
C10 = 100 microF. electrolítico (*)
C11 = 100.000 pF poliéster (*)
C12 = 1 microF. poliéster (*)
C13 = 10 microF. electrolítico (*)
C14 = 1 microF. poliéster (*)
C15 = 1 microF. poliéster (*)
C16 = 1 microF. poliéster (*)

C17 = 100.000 pF poliéster (**)
C18 = 100.000 pF poliéster (**)
C19 = 100.000 pF poliéster (**)
C20 = 10 microF. electrolítico (**)
DS1 = Diodo BYW36
DS2 = Diodo BYW36
DS3 = Diodo BYW36
DS4 = Diodo 1N.4150
DS5 = Diodo 1N.4150
DS6 = Diodo 1N.4007 (*)
DS7 = Diodo 1N.4150 (*)
DS8 = Diodo 1N.4150 (*)
DS9 = Diodo 1N.4150 (**)
DS10 = Diodo 1N.4150 (**)
DZ1-DZ5 = Zéner 100V 1W
DISPLAY = LCD WH1602A (**)
TR1 = Darlington NPN BC.517
TR2 = Transistor NPN ZTX.653
TR3 = Transistor PNP BC.557 (*)
TR4 = Transistor NPN BC.547 (*)
TR5 = Transistor PNP BC.557 (*)
TR6 = Transistor NPN ZTX.653 (**)
IC1 = Integrado TTL 74HC132
IC2 = Integrado AD.232 (*)
T1 = Transformador TM1710
S1-S2 = Interruptores (*)
P1-P4 = Pulsadores (**)
Buzzer = Zumbador 12V (*)
Tubo = Tubo LND 712

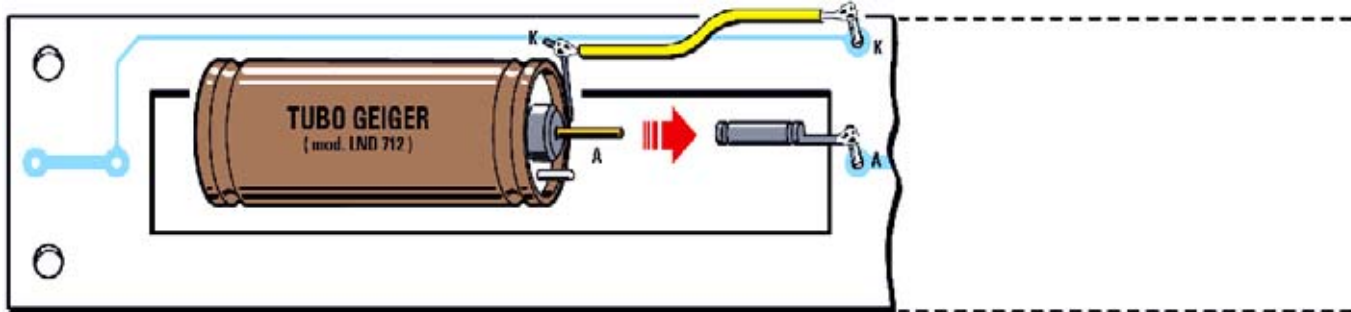
LISTA DE COMPONENTES KM1710/K

R1 = 1 megaohmio
C1 = 100 microF. electrolítico
C2 = 100.000 pF cerámico
C3 = 100.000 pF cerámico
C4 = 100.000 pF cerámico
C5 = 100.000 pF cerámico
C6 = 22 pF cerámico
C7 = 22 pF cerámico
C8 = 22 pF cerámico
C9 = 22 pF cerámico
XTAL1 = Cuarzo 8 MHz
XTAL2 = Cuarzo 32,768 KHz
IC1 = PIC 24F J128 GA010
IC2 = Integrado LM2936M

LISTA DE COMPONENTES KM1711/K

R1 = 10.000 ohmios
R2 = 10.000 ohmios
R3 = 10.000 ohmios
R4 = 10.000 ohmios
R5 = 10.000 ohmios
C1 = 100.000 pF cerámico
C2 = 220 microF. electrolítico
IC1 = Integrado TTL 74HC244

NOTA Los componentes marcados con un asterisco (*) deben montarse en el circuito impreso LX.1710/B, los marcados con dos asteriscos (**) en el circuito impreso LX.1710/D y los marcados con tres asteriscos (***) en el circuito impreso LX.1710/C.



Cuando el contador **sale** del estado de **Sleep** el **micro** genera en su terminal **76** un **nivel lógico 1** que **activa** el transistor **TR4** y consecuentemente el transistor **TR3**, proporcionando de nuevo **alimentación** a la **etapa de medida**.

En la tarjeta base también se encuentra el circuito de **control del zumbador**, constituido por el transistor **TR5** y por los diodos **DS7-DS8**. El **zumbador**, como ya hemos indicado, se utiliza para hacer **perceptibles** los **impulsos** durante la **medición**, además de señalar **condiciones de alarma** como, por ejemplo, cuando se superan los valores de radiactividad de un nivel prefijado.

El interruptor **S2** permite elegir si **producir sonidos** o **no** a partir de los **impulsos** procedentes de la etapa de medida. Independientemente de esta condición el zumbador puede ser activado en cualquier momento por el **microcontrolador**, a través del diodo **DS8**, para señalar una **condición de alarma**.

Por último también se encuentra el integrado **IC2**, un **convertor TTL-RS232** que permite convertir las señales de **niveles TTL** presentes en la **salida del micro** a los **niveles** utilizados en conexiones **RS232 (+12 voltios / -12 voltios)**.

Precisando, cuando en la **salida del micro** hay **3,3 voltios** el integrado **IC2** genera una señal de **-12 voltios (nivel lógico 1)**, mientras que cuando en la **salida del micro** hay **0 voltios** **IC2** genera una señal de **+12 voltios (nivel lógico 0)**.

Así a través del **conector CONN.3** es posible la conexión a un **ordenador personal** utilizando uno de sus **puertos serie RS232 (COM:)**.

Tarjeta del microcontrolador

Esta tarjeta, que contiene el microcontrolador programado **PIC 24F J128 GA010 (IC1)**, la proporcionamos completamente **montada y probada** al tratarse de **tecnología SMD** (ver Figs.12-13).

Además incorpora un pequeño **estabilizador de tensión de 3,3 voltios (IC2)**, un **cuarzo de 8 MHz (XTAL1)** y un **cuarzo de 32,768 KHz (XTAL2)**. Estos últimos generan los **relojes** necesarios para el funcionamiento del **micro** y para la gestión del **calendario**.

Como se puede apreciar en el esquema eléctrico de la Fig.5 este bloque constituye el **núcleo central** del instrumento.

A él llegan las señales procedentes de los **pulsadores SET-DOWN-UP-MODE**, parte la información hacia el **display** y genera la señal de control del **zumbador**.

También le llegan los impulsos procedentes de la **etapa de medida** así como las conexiones del **conector RS232** y del **lector** de tarjetas de **memoria SD**.

Por último, en el terminal **91** de **IC1**, se dispone de una **salida** que permite activar un **circuito de alarma externa** cuando se **supera** un **nivel de radiactividad** previamente establecido.

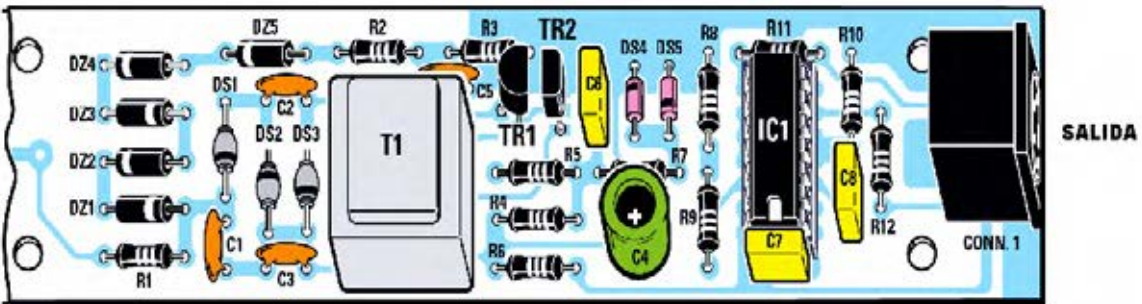


Fig.7 Esquema práctico de montaje de la tarjeta LX.1710/A. Para realizar la instalación del tubo hay que seguir atentamente las indicaciones del texto del artículo. El tubo Geiger se ha de fijar utilizando cuatro gotas de silicona, garantizando así al mismo tiempo una fijación óptima y la máxima exposición a las radiaciones.

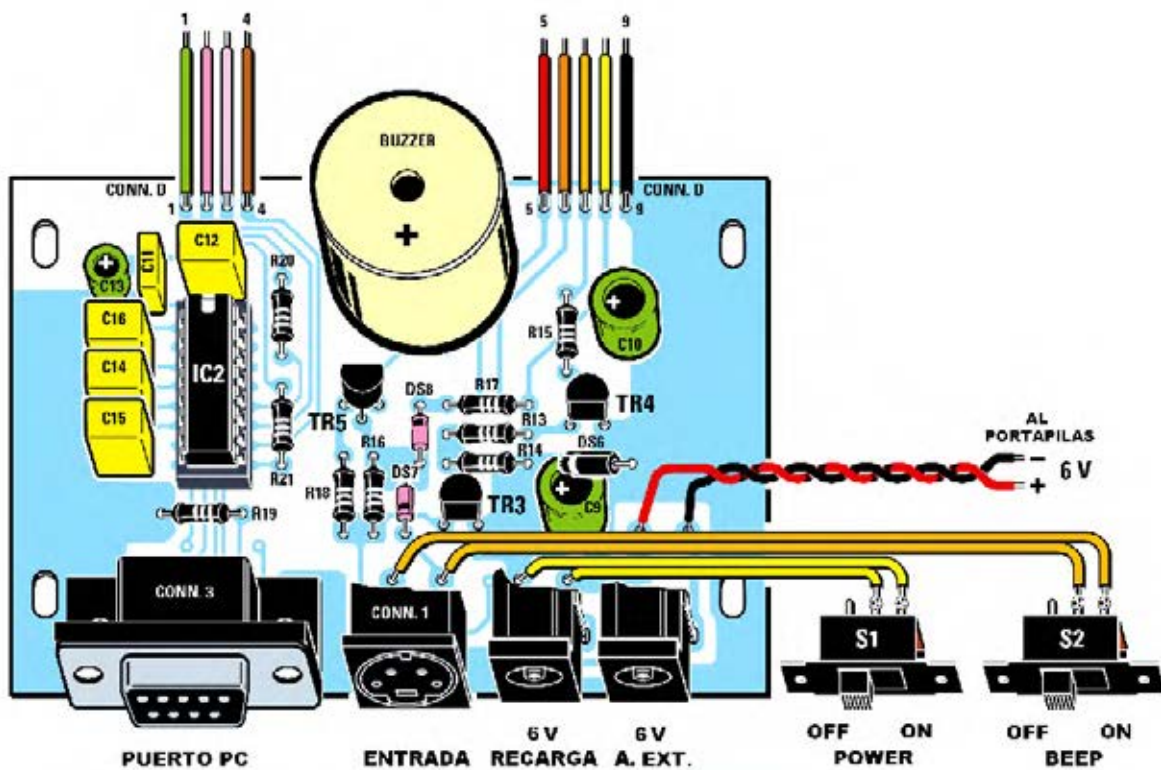


Fig.8 Esquema práctico de montaje de la tarjeta LX.1710/B. En la parte superior se encuentran los terminales (CONN.D) para realizar la conexión al circuito impreso LX.1710/C, mientras que en la parte inferior se encuentran directamente instalados en el impreso los conectores para la conexión al PC, para la sonda, para el eventual alimentador externo y para la recarga de las pilas.

Tarjeta display

El componente principal de esta tarjeta es el **display** de 2 líneas de 16 caracteres utilizado por el contador tanto en la **programación** de los **parámetros** como en la **lectura** de **medidas**.

El pequeño **trimmer R23** regula la **luminosidad** y el **contraste**, mientras que el transistor **TR6** es utilizado por micro para **deshabilitar** la **retroiluminación** del **display** cuando se precise **ahorrar energía**.

Otros elementos importantes son los **pulsadores** de control del instrumento (**SET-DOWN-UP-MODE**) y el circuito de **control** del **nivel de carga** de las **pilas**, constituido por **R27-R30-C18-C20**.

En cuanto el nivel de las pilas (o de la tensión proporcionada por el alimentador externo) cae por **debajo** de **5,4 voltios** el micro indica en el **display** el **escaso suministro eléctrico** existente.

NOTA Esta señal es **muy útil** cuando los datos se **registran** en la tarjeta de **memoria SD** ya que la condición de **energía insuficiente se indica** en cada una de las **medidas realizadas** en estas condiciones para poder ser **descartada**.

Por último este circuito impreso contiene la **etapa** que realiza el correcto **inicio del micro (RESET)** cuando recibe energía eléctrica. Los componentes que forman esta etapa son el condensador **C19**, la resistencia **R28** y el diodo **DS10**.

Tarjeta lectora memoria SD

En este caso se trata de una placa que permite **almacenar** todos los **datos registrados** por el contador utilizando uno de los medios más **modernos y versátiles** actualmente: Las **tarjetas de memoria Secure Digital (SD)**.

La placa contiene un integrado (**IC1**) que realiza la función de **buffer** entre el **microcontrolador** y la **tarjeta de memoria** a través del **conector** de **12 terminales (CONN.1)** que soporta la propia memoria. Al tratarse también de una placa con **tecnología SMD** se proporciona **montada y probada**.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Este proyecto se compone de **6 circuitos impresos**: El circuito **KM1710/K** y el **KM1711/K** se proporcionan **montados** en **SMD** y **verificados**. Los circuitos impresos **LX.1710/A**, **LX.1710/B**, **LX.1710/C** y **LX.1710/D** han de **montarse** utilizando los impresos y los componentes incluidos en el kit.

Aunque a primera vista puede parecer complejo el montaje es **sencillo**, aunque **laborioso**.

Comenzamos con el circuito **LX.1710/A**, que una vez montado ha de instalarse dentro del **contenedor metálico** de la **Sonda** (ver Fig.15).

El montaje puede comenzar con la instalación del **zócalo** para el **integrado IC1**, teniendo mucho cuidado durante la soldadura para no realizar involuntarios cortocircuitos entre sus terminales.

A continuación se pueden instalar las **resistencias (R1 a R12)**, controlando sus valores, los **condensadores cerámicos (C1-C2-C3-C5)** y el **condensador electrolítico (C4)**, controlando en este último la correcta **polaridad** de sus terminales.

Acto seguido hay que instalar los **condensadores de poliéster (C6-C7-C8)**, los **diodos BYW36 (DS1-DS2-DS3)** y los **diodos 1N4150 (DS4-DS5)**, orientando en todos ellos sus **franjas negras** de referencia tal como se indica en la Fig.7.

Es el momento de instalar el **Darlington BC517 (TR1)**, orientando hacia la **derecha** su lado **plano**, el **transistor ZTX653 (TR2)**, orientando hacia la **izquierda** su lado **plano** y el **transformador TM1710 (T1)**, en la única posición que permiten sus terminales

Ahora hay que instalar **IC1** en su **zócalo**, orientando su muesca de referencia tal como se muestra en el esquema de montaje práctico, y soldar el **conector Mini-DIN** de **4 terminales** utilizado para conectar la sonda al contador.

A continuación hay que proceder al montaje de los **diodos zéner (DZ1-DZ5)**, orientando sus **franjas blancas** de referencia tal como se indica en la Fig.7.

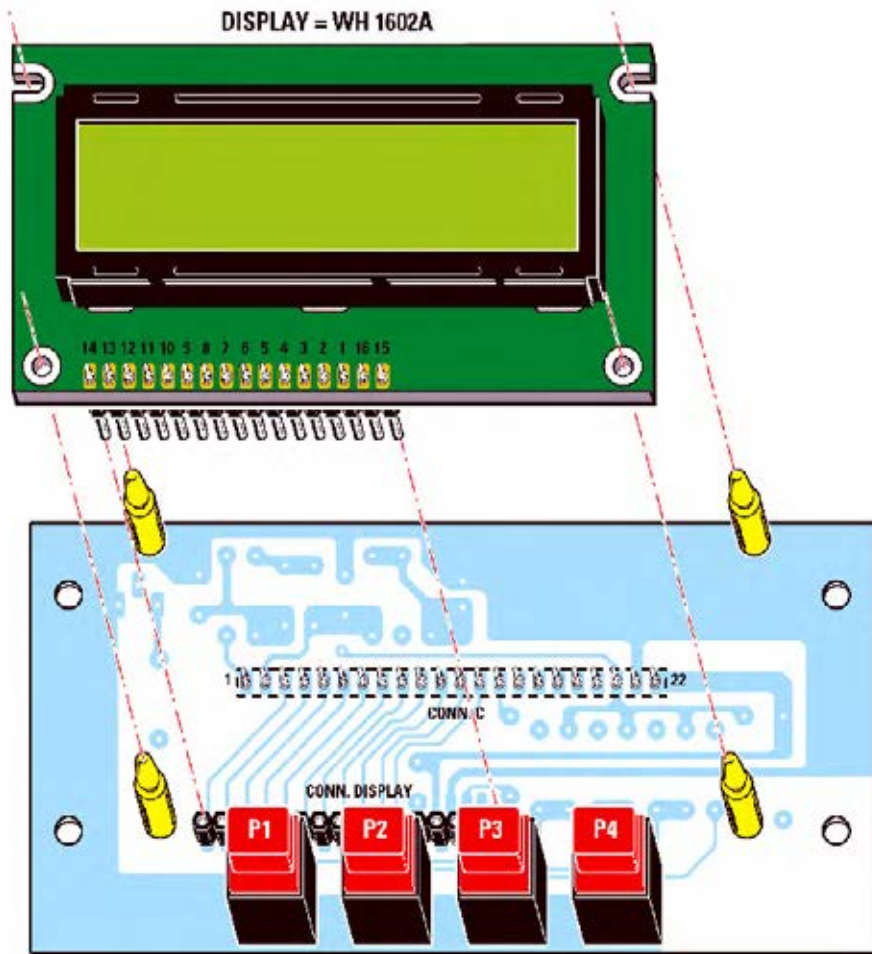


Fig.10 Aquí hemos representado la inserción del display WH1602A en el impreso LX.1710/D. Hay que prestar la máxima atención para insertar correctamente los terminales del conector macho presente en el display en el conector hembra soldado en el circuito impreso.

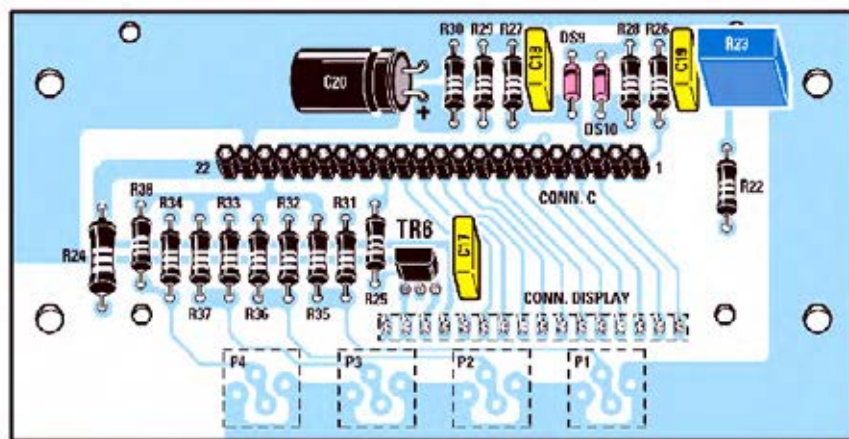


Fig.11 Esquema de montaje práctico del circuito impreso del display LX.1710/D visto por el lado de los componentes. El trimmer R23, situado en la parte superior-derecha, permite regular la luminosidad y el contraste del display.

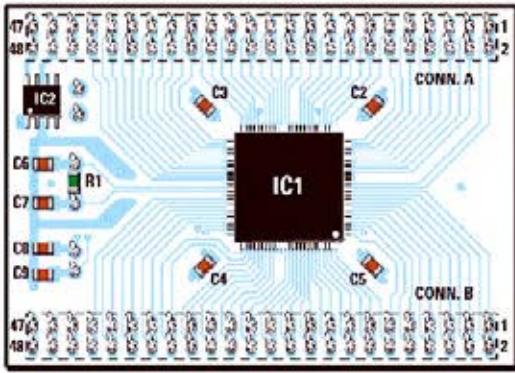


Fig.12 Esquema y fotografía del circuito impreso premontado en SMD KM1710/K.

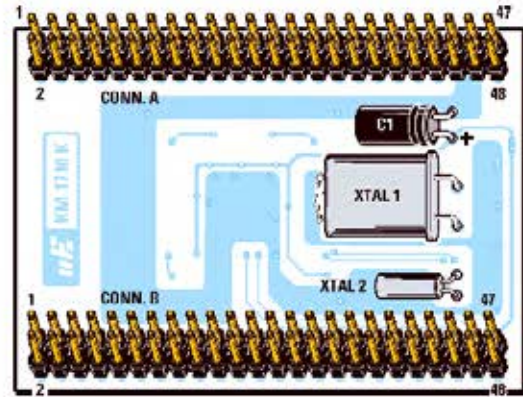


Fig.13 Esquema y fotografía del circuito impreso KM1710/K, visto por el lado opuesto.

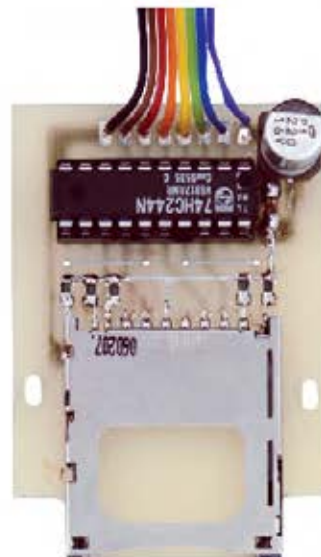
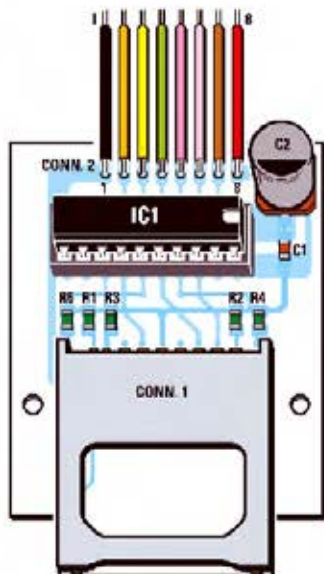
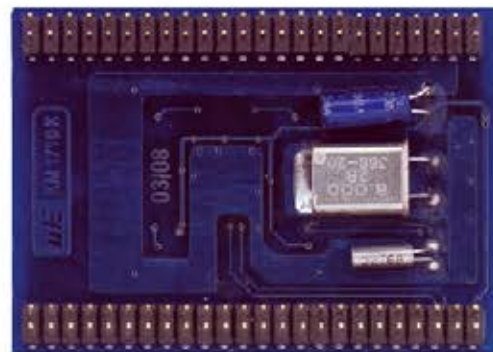
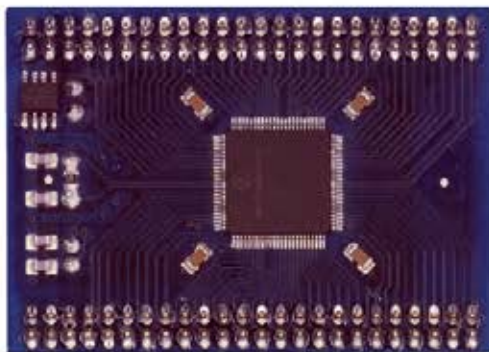


Fig.14 Esquema y fotografía del pequeño circuito impreso premontado en SMD KM1711/K. En CONN.1 se inserta la tarjeta de memoria SD mientras que CONN.2 se utiliza para la conexión con la tarjeta LX.1710/C.

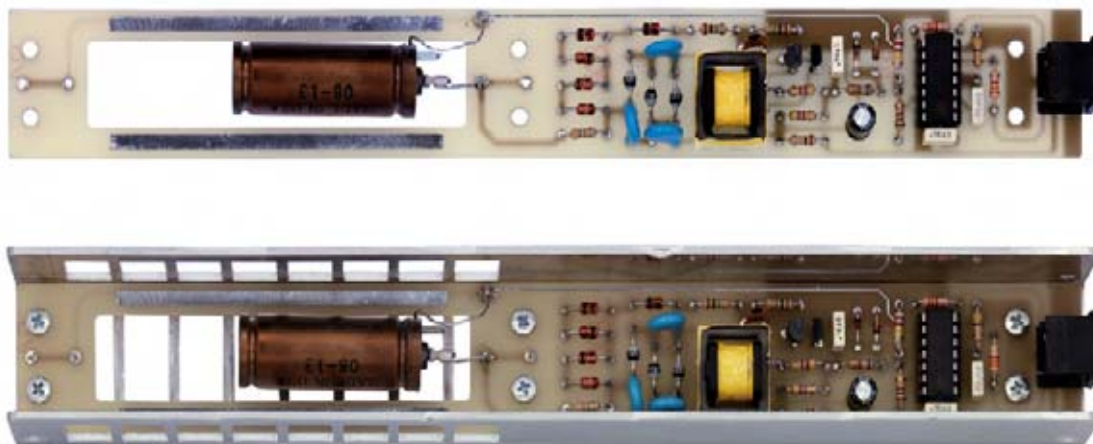


Fig.15 En la fotografía de la parte superior se muestra uno de nuestros prototipos del circuito impreso LX.1710/A completamente montado con todos sus componentes, incluyendo también el tubo Geiger LND 712.

En la fotografía de la parte inferior el circuito impreso se muestra instalado dentro del mueble contenedor metálico de la Sonda. Como se puede apreciar claramente el impreso se fija al mueble mediante 6 tornillos metálicos.

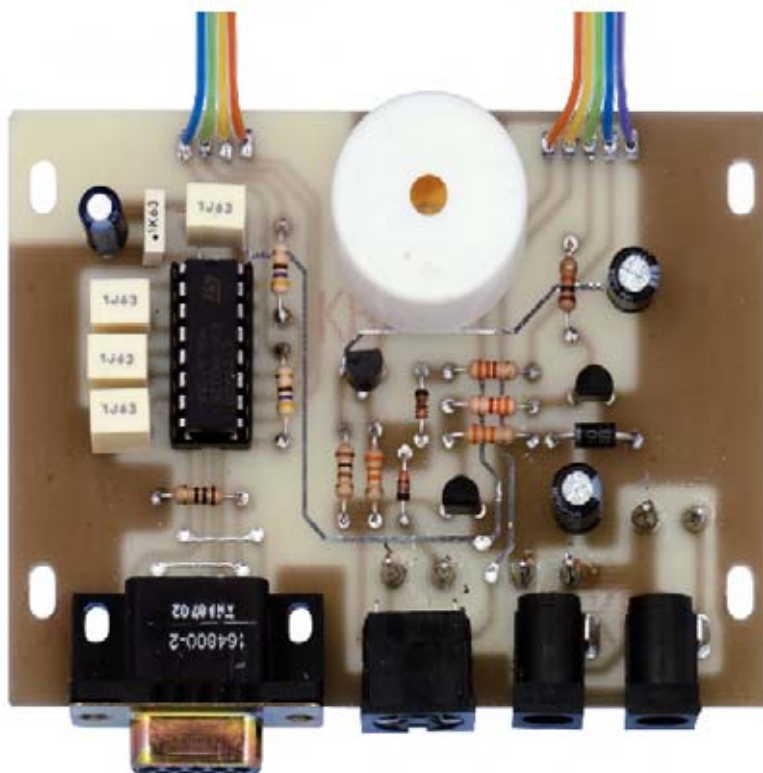


Fig.16 Fotografía de un prototipo del circuito Base LX.1710/B una vez realizado su montaje. Las mangueras de 4 y 5 cables corresponden a CONN.D, utilizado para realizar la conexión a la tarjeta LX.1710/C. En la parte inferior se encuentran CONN.3, CONN.1 y los conectores para la alimentación externa (antes de soldar sus terminales hay que verificar encajen perfectamente en el circuito impreso para que estén preparados para su perfecta alineación con los orificios del mueble contenedor).

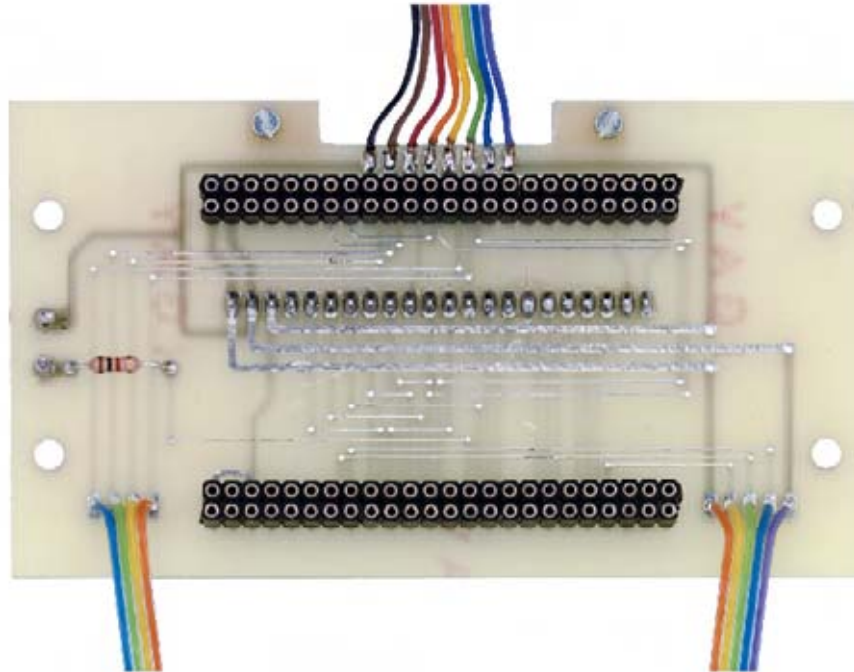


Fig.17 Fotografía del prototipo del circuito impreso LX.1710/C. CONN.A y CONN.B se utilizan para realizar la conexión con la tarjeta premontada KM.1710/K. Las mangueras de 4 y 5 cables corresponden a CONN.D, utilizado para realizar la conexión a la tarjeta Base LX.1710/B. Los dos terminales tipo pin situados a la izquierda se utilizan para conectar los bornes de la señal de alarma.

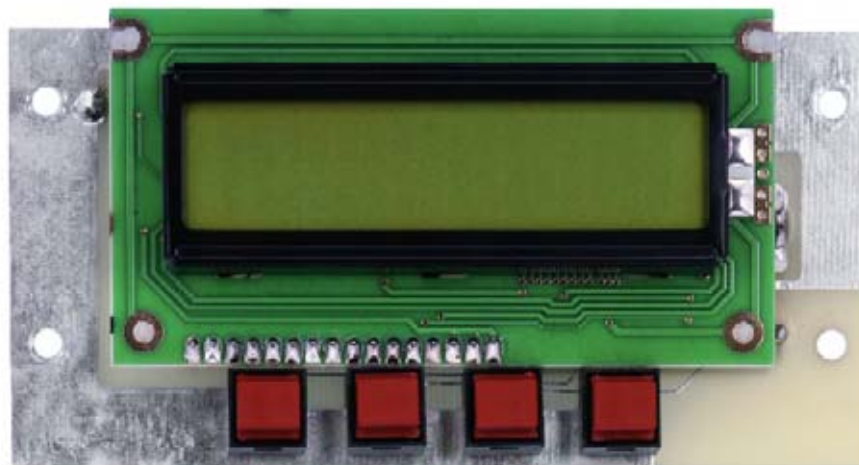


Fig.18 Fotografía del circuito impreso del Display LX.1710/D. En la parte inferior se encuentran los pulsadores de comando SET-DOWN-UP-MODE. En el reverso del impreso se encuentra, además de otros componentes, el conector hembra CONN.C utilizado para realizar la conexión con la tarjeta LX.1710/C (ver Fig.19).

Una vez instalado el tubo en el circuito impreso hay que proceder a **colocar** este último en el **fondo** del **contenedor metálico** de la **Sonda** haciendo coincidir los **6 agujeros del impreso** con los correspondientes **separadores** presentes en el **mueble contenedor**.

En esta posición hay que **fijarlo** utilizando los **6 tornillos metálicos** incluidos en el kit (ver Fig.15).

Para finalizar el montaje de esta etapa solo queda **fijar** la **tapa** de su **mueble contenedor metálico** utilizando **2 tornillos**.

Concluida esta fase operativa puede comenzar el montaje del circuito **LX.1710/B** (ver Fig.8). En la **lista de componentes** asociada al esquema eléctrico sus componentes se encuentran marcados con **un asterisco (*)**.

Aunque no es obligatorio seguir una secuencia precisa para realizar el montaje nosotros aconsejamos comenzar con la instalación del **zócalo** para el **integrado AD232 (IC2)**, respetando su orientación. Después se pueden montar las **resistencias (R13 a R21)**, controlando sus valores.

Es el momento de soldar los **condensadores de poliéster (C11-C12-C14-C15-C16)** y los **condensadores electrolíticos (C9-C10-C13)**, respetando en estos últimos la **polaridad** de sus terminales.

Ahora se puede instalar el **diodo DS6**, orientando hacia la **izquierda** su **franja blanca** de referencia, y los **diodos DS7-DS8**, orientando sus **franjas** de referencia tal como se indica en la Fig.8.

Acto seguido hay que proceder al montaje de los **transistores BC.557 (TR3-TR5)** y del **transistor BC.547 (TR4)**, orientando sus **lados planos** tal como se muestra en el esquema de montaje práctico.

A continuación hay que instalar, en su zócalo correspondiente, el **integrado IC2**, orientando hacia **arriba** su muesca de referencia en forma de **U**, y el **zumbador**, orientando hacia **abajo** su terminal **positivo (+)**.

Para terminar el montaje de este circuito impreso sólo quedan por instalar los **conectores**, los **interruptores** y los **portapilas**.

A la izquierda del zumbador hay que soldar **4 cables** de **CONN.D**, a la derecha hay que soldar los **5 cables** restantes de **CONN.D**.

En la parte inferior hay que instalar el conector **CONN.3**, necesario para la conexión con el ordenador vía RS232, **CONN.1**, utilizado para conectar la Sonda, y, por último, las **dos tomas** utilizadas para la eventual conexión a un **alimentador externo** y para la **recarga** de las **pilas**.

NOTA Antes de soldar los terminales de los **conectores** hay que prestar mucha atención para que **encajen perfectamente** en el **circuito impreso**, ya que sólo así quedarán perfectamente **alineados** con los orificios correspondientes del **mueble contenedor**.

Es el momento de instalar los **interruptores (S1-S2)** siguiendo las sencillas indicaciones del esquema de montaje práctico (ver Fig.8).

Por último ya solo queda montar el **grupo** de los **portapilas**, respetando la **polaridad** de los **cables (rojo al positivo y negro al negativo)**. En la Fig.27 se muestra la forma de interconectar entre sí los **dos portapilas** y su conexión al impreso.

El **cable** a utilizar ha de ser lo **suficientemente largo** para que, una vez fijado a la tapa del mueble contenedor, este se pueda abrir sin problemas (ver Fig.26).

Pasamos al tercer circuito impreso a montar: El circuito interface **LX.1710/C** (ver Fig.9). En este impreso además se ha de instalar el impreso SMD **KM1710/K** y conectar los circuitos **KM1711/K, LX.1710/B y LX.1710/D**.

En este caso los únicos componentes a instalar son la **resistencia R39**, los **2 conectores hembra** de **48 terminales CONN.A y CONN.B**, sobre los que se enchufarán los conectores macho CONN.A y CONN.B presentes en el circuito **KM1710/K**, y el conector **CONN.C** de **22 terminales** utilizado para conectar el circuito **LX.1710/D**.

Una vez en posesión del circuito impreso y dispuesto tal como se muestra en la Fig.9 hay que proceder a montar la **resistencia R39** y, a lado, los **2 terminales tipo pin** a los que posteriormente se conectarán los **bornes de salida de alarma** (fijados al **panel posterior**).

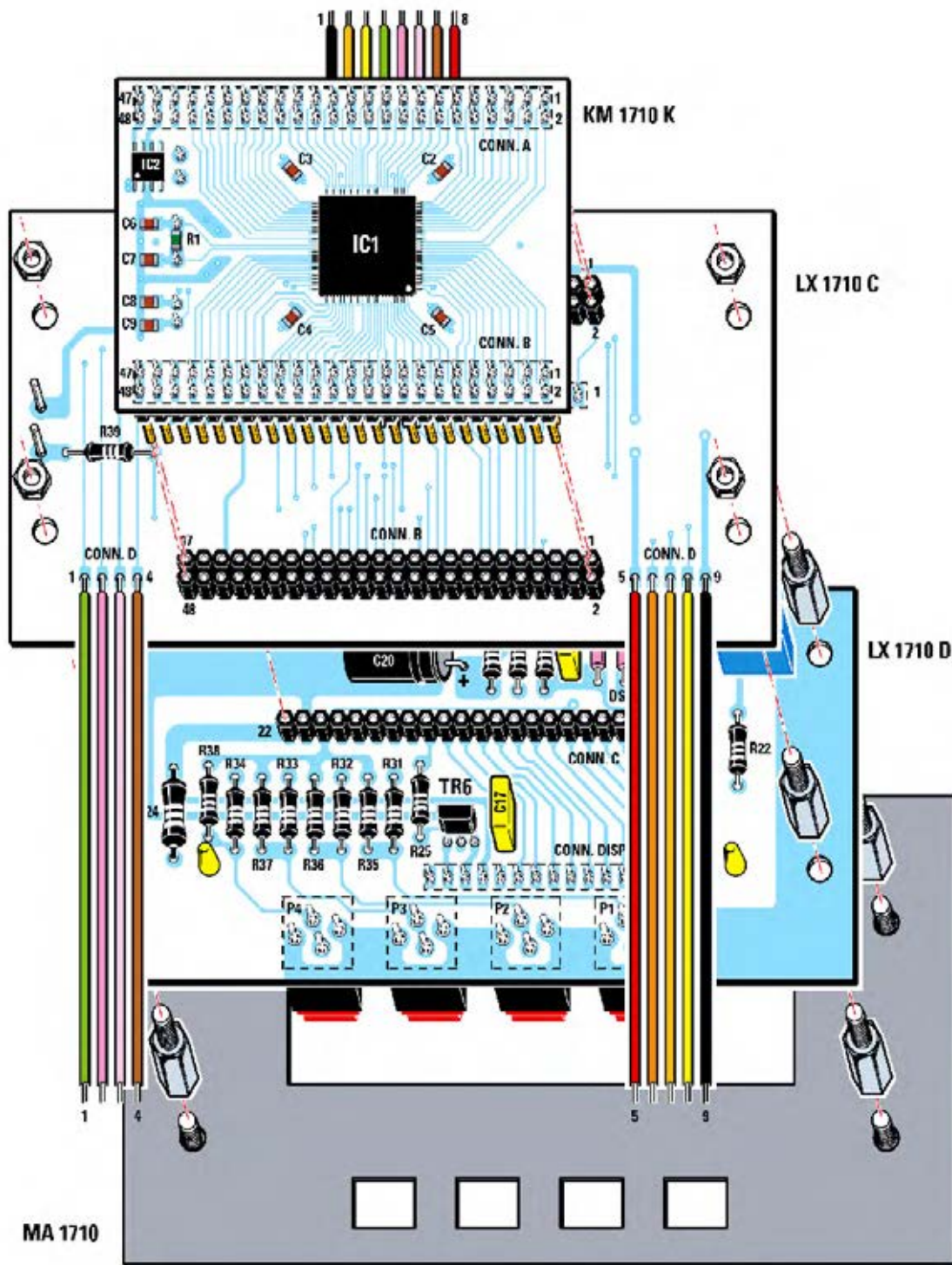


Fig.19 En este esquema se muestra la secuencia de montaje de los circuitos KM1710/K, LX.1710/C, LX.1710/D y el panel frontal del mueble contenedor. Es muy importante verificar cuidadosamente que los terminales de los conectores macho encajen perfectamente en los correspondientes conectores hembra. También hay que prestar mucha atención en respetar la orientación en la inserción del circuito KM1710/K en el circuito LX.1710/C.

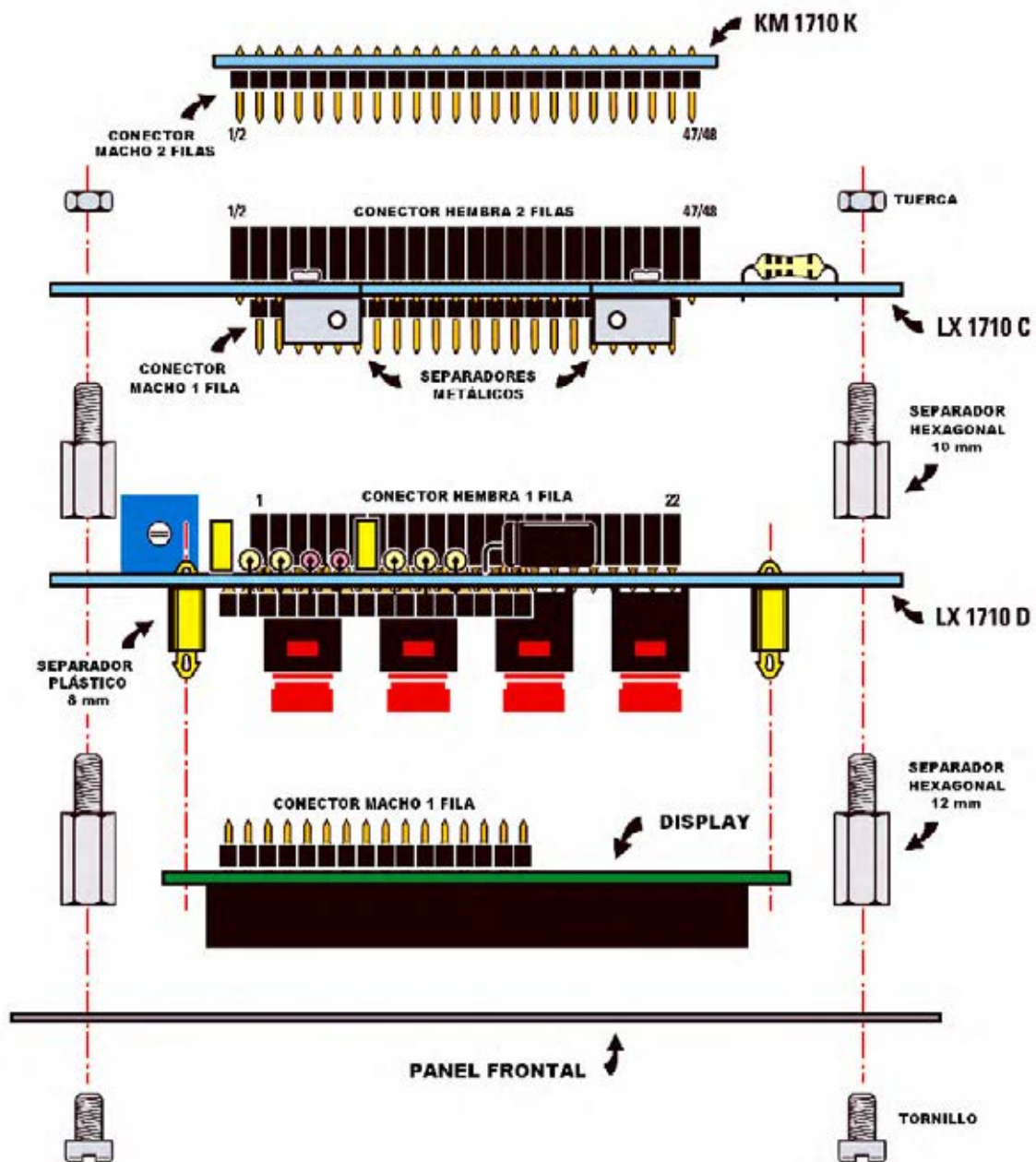


Fig.20 Secuencia de montaje de los circuitos KM1710/K, LX.1710/C y LX.1710/D, mostrada desde arriba en la figura anterior. Una vez montados los circuitos impresos y en disposición de los separadores, tuercas y tornillos, la primera operación a realizar es la inserción de los 16 terminales del conector macho del display WH1602A en el conector hembra presente en la tarjeta LX.1710/D.

Los separadores de plástico de 8 mm visibles a ambos lados de esta tarjeta han de encajar perfectamente en los agujeros presentes en el display WH1602A, permitiendo así tener los circuitos a la distancia adecuada.

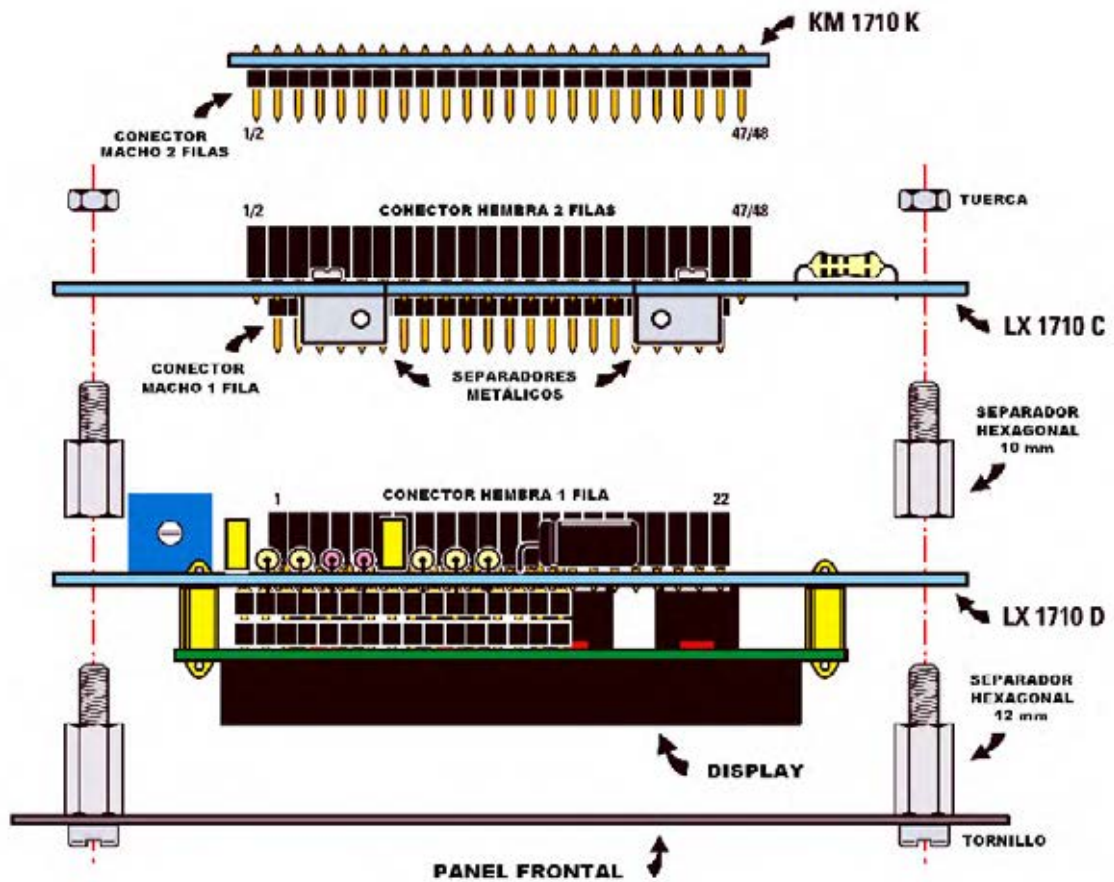


Fig.21 Una vez realizada la operación descrita en la Fig.20 el conjunto tendrá el aspecto aquí mostrado. Ahora hay que insertar la tarjeta LX.1710/C en la tarjeta LX.1710/D a través de los correspondientes conectores. Después se han de fijar mediante 4 separadores hexagonales de 10 mm, tal y como se indica en el esquema.

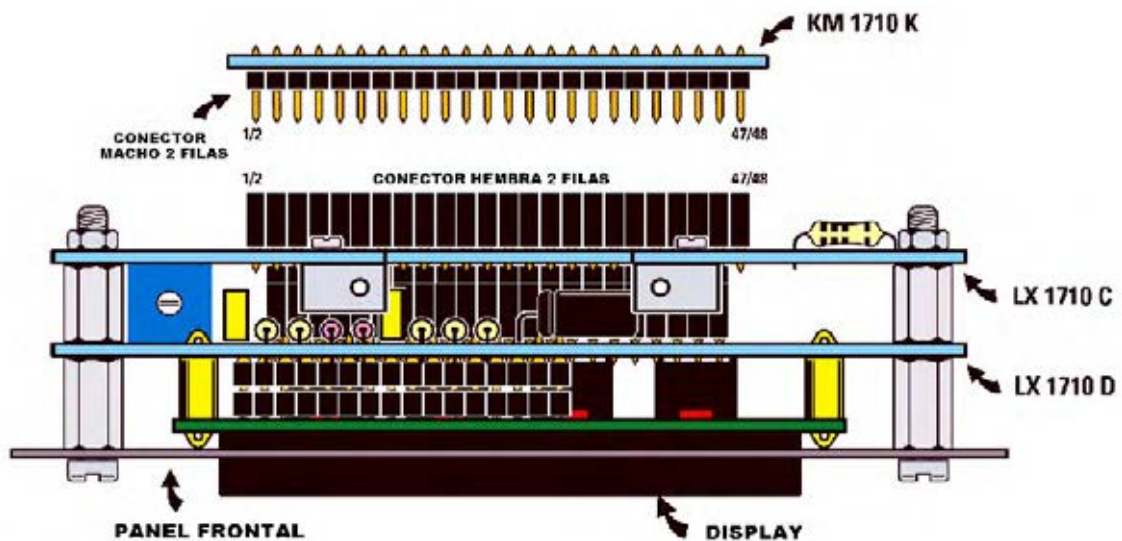


Fig.22 Sobre el bloque constituido por los circuitos LX.1710/D y LX.1710/C hay que proceder a insertar, por un lado, el panel frontal del mueble haciendo salir el display por el orificio correspondiente y fijándolo mediante tornillos. Por el otro lado hay que insertar el circuito premontado KM1710/K, a través de los conectores correspondientes.

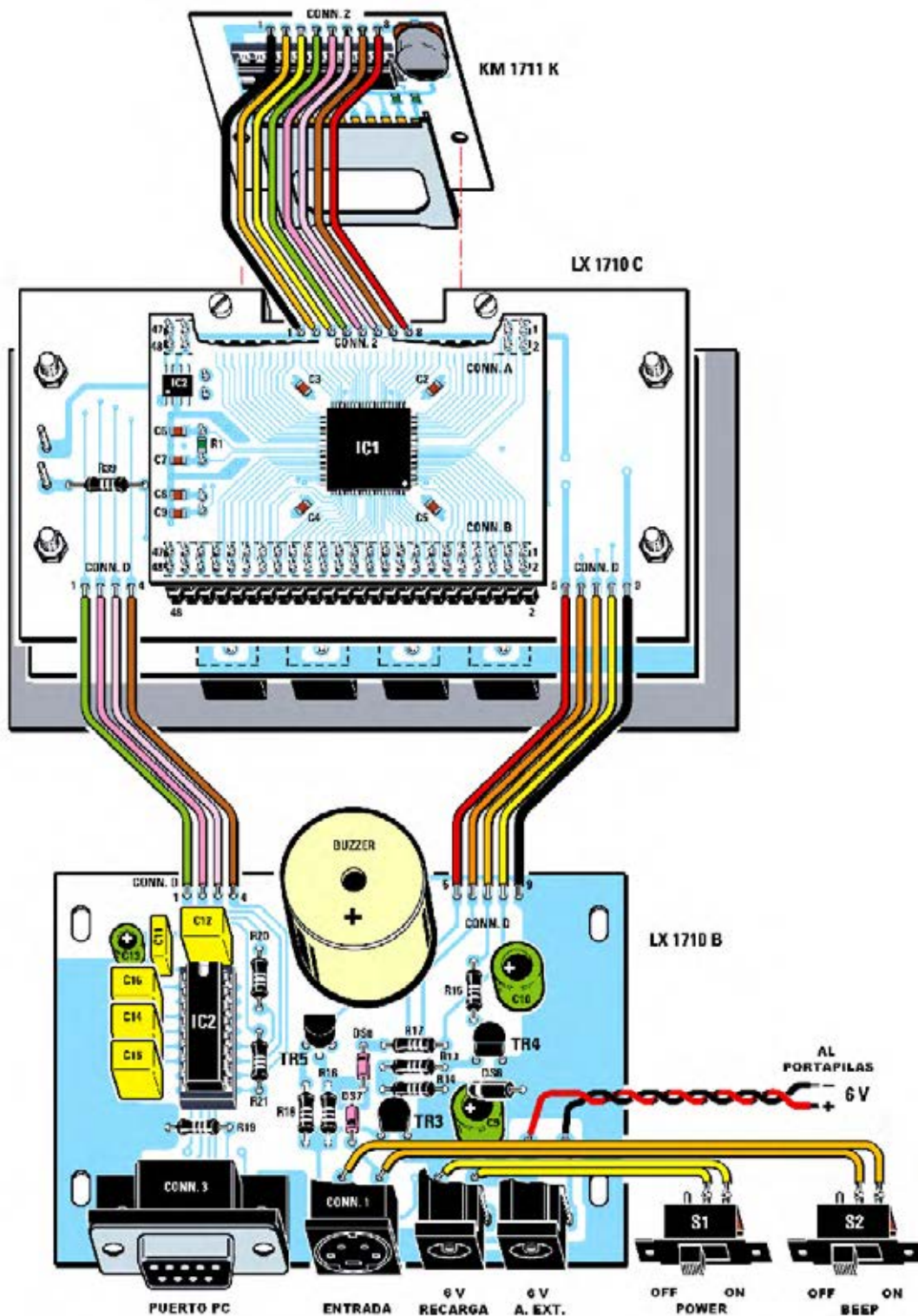


Fig.23 Una vez llevada a cabo la secuencia de montaje descrita en las figuras anteriores hay que realizar el cableado del circuito LX.1710/C con el circuito LX.1710/B y con el KM1711/K, prestando mucha atención en no intercambiar ningún cable.

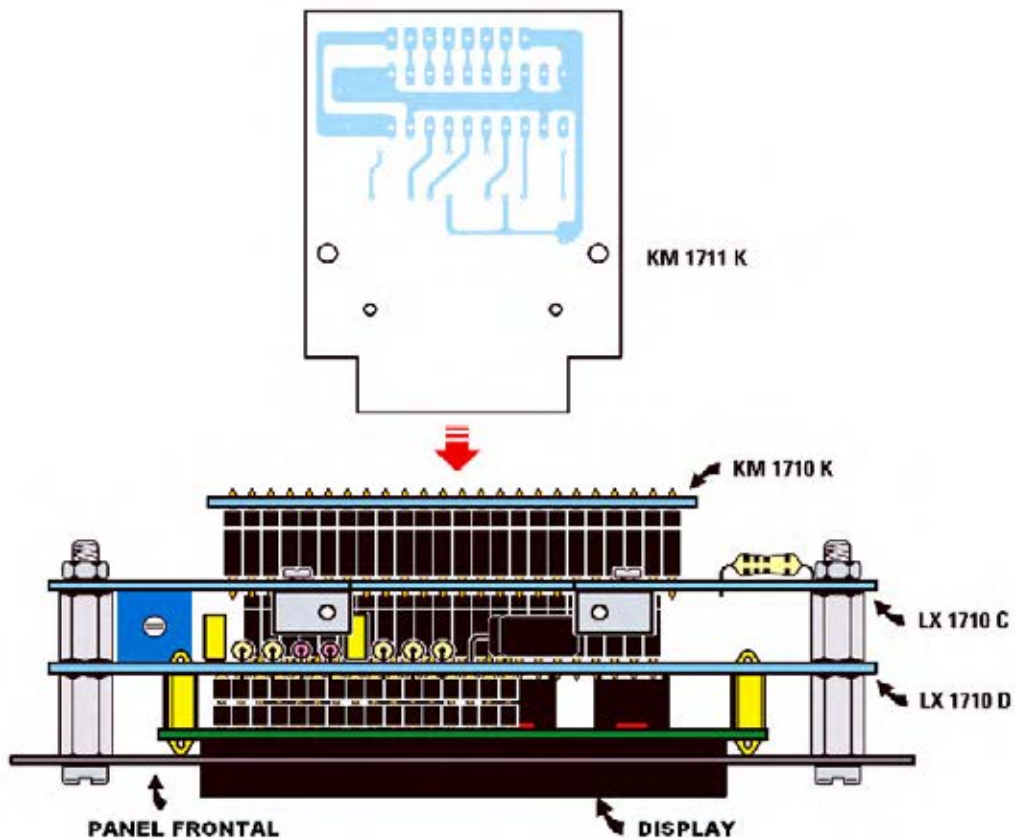


Fig.24 En este esquema se muestra el sentido correcto de inserción de la tarjeta KM1711/K. Como se puede observar ha de instalarse sobre el bloque formado por los circuitos KM1710/K, LX.1710/C y LX.1710/D haciendo coincidir los dos agujeros presentes en el circuito impreso con los agujeros presentes en los dos separadores metálicos fijados en la tarjeta LX.1710/C (ver Fig.25).

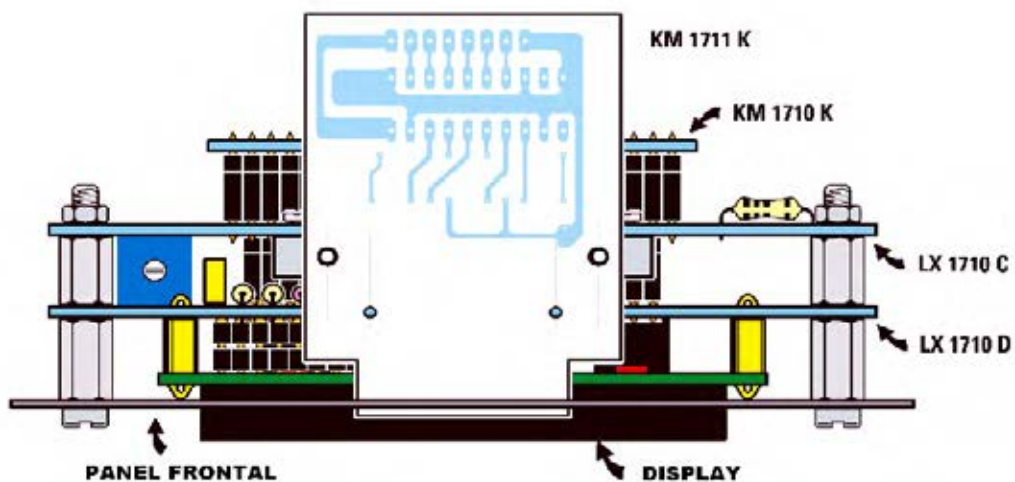


Fig.25 Esquema de montaje práctico con la tarjeta KM1711/K completamente instalada. La fijación de la tarjeta KM1711/K con los dos separadores metálicos de la tarjeta LX.1710/C se realiza mediante tornillos.

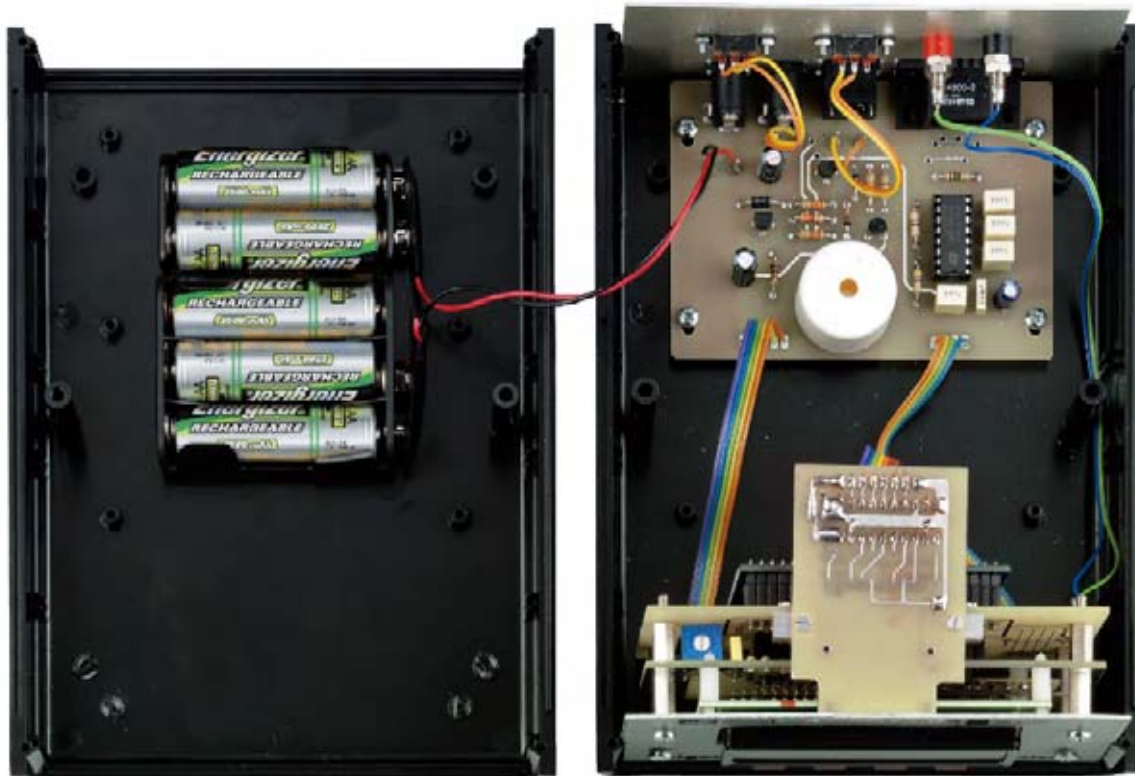


Fig.26 En esta fotografía se puede observar el conjunto una vez montados todos los elementos que componen el Contador Geiger. Antes de cerrar el mueble hay que encender el instrumento para verificar que el display se visualiza correctamente, en caso contrario hay que regular el trimmer R23 (tarjeta LX.1710/D) hasta conseguir una perfecta visualización.

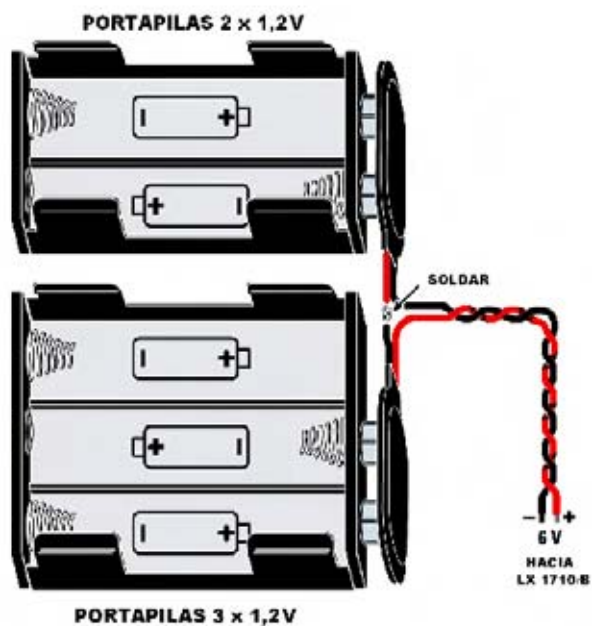


Fig.27 En este esquema hemos representado las conexiones a realizar entre los portapilas incluidos en el kit. Los portapilas se han de instalar en el espacio reservado para ellos (ver Fig.26), conectándolos a la tarjeta Base LX.1710/B respetando la polaridad de los cables.

También hay que montar en el mismo lado del impreso los **2 conectores hembra de 48 terminales** y las **3 mangueras de cable** utilizadas para conexas los diferentes circuitos: La manguera de **8 hilos (CONN.2)** para la tarjeta de soporte **SD KM1710/K** y las mangueras de **4 y 5 hilos (CONN.D)** para la conexión del circuito **LX.1710/B** (ver Fig.23).

Ahora hay que dar la **vuelta al circuito impreso** y, por el otro lado, soldar el **conector macho de 22 terminales CONN.C** utilizado para conexas el circuito **LX.1710/D**.

A los lados de **CONN.2** se encuentran **dos agujeros** en los que hay que instalar los **separadores de aluminio perforados** que se utilizarán posteriormente para **fijar** el impreso **KM1710/K**.

El último circuito impreso a montar es el correspondiente al Display, esto es el **LX.1710/D** (ver Figs.10-11). En la **lista de componentes** asociada al esquema eléctrico sus componentes se encuentran marcados con **dos asteriscos (**)**.

El montaje ha de comenzar con el lado de la **serigrafía** orientado hacia **arriba** (ver Fig.11), instalando todas las **resistencias de 1/4 vatio**, la **resistencia de 1/2 vatio (R24)** y el **trimmer R23**.

A continuación se puede instalar el **conector hembra de 22 terminales CONN.C**, que se utilizará posteriormente para conexas el circuito **LX.1710/C**.

Es el momento de instalar los **condensadores de poliéster (C17-C18-C19)** y el **condensador electrolítico (C20)**, montando este último en **posición horizontal** y respetando la **polaridad** de sus terminales (ver Fig.11).

Para terminar el montaje de los componentes de este lado del impreso hay que montar los pequeños **diodos DS9-DS10**, orientando sus **franjas** de referencia hacia **arriba**, y el **transistor TR6**, orientando en este caso hacia **arriba** la parte **plana** de su cuerpo.

Una vez dada la **vuelta al circuito impreso** hay que montar los **4 pulsadores (P1-P2-P3-P4)**, el **conector de tira hembra de 16 terminales** que sustentará el **display** y los **4 separadores de plástico** utilizados para

mantener el display ligeramente separado del circuito impreso **LX.1710/D**.

Ahora se puede proceder al montaje del **display**, instalando previamente el **conector de tira macho de 16 terminales**. Hay que introducir el conector **macho** sobre el **hembra** del circuito impreso **LX.1710/D** y hacer pasar los **separadores de plástico** por los **agujeros** correspondientes de la tarjeta del **display**.

Una vez **finalizado el montaje** de los **circuitos impresos** hay que **cablearlos** antes de proceder a su instalación en el mueble contenedor.

En primer lugar hay que coger la **manguera de cable** incluida en el kit y cortar unos **15 cm** para realizar la conexión entre **CONN.2** de la tarjeta **LX.1710/C** y **CONN.2** de la tarjeta **KM1711/K**. A continuación hay que cortar otros **2 tramos de 15 cm**, uno con **4 hilos** y otro con **5 hilos**, utilizados para conexas entre sí **CONN.D** (terminales **1-4 / 5-9**) de la tarjeta **LX.1710/C** y **CONN.D** de la tarjeta **KM1710/B** (ver Fig.23). Una vez cableadas las **tarjetas** ya se pueden **fijar** dentro del **mueble**.

Es el momento de **fijar** la tarjeta **LX.1710/D**, con el display instalado, en la parte interna del **panel frontal**. Para realizar esta operación hay que utilizar los **4 tornillos** y los **8 separadores hexagonales de 12 mm** tal como se indica en las Figs.20-21-22.

Ahora, sobre los mismos **separadores hexagonales**, hay que **fijar** la tarjeta **LX.1710/C**, prestando atención en que su **conector macho de 22 terminales** quede perfectamente ensamblado al correspondiente **conector hembra** de la tarjeta **LX.1710/D**. Después ya se puede proceder a la **fijación definitiva** de la tarjeta utilizando **4 tuercas** (ver Fig.22).

Acto seguido hay que instalar la tarjeta **KM1710K** sobre la tarjeta **LX.1710/C**, introduciendo correctamente los **48+48 terminales** de los **conectores macho** en los correspondientes **conectores hembra** de la tarjeta **LX.1710/C**.

IMPORTANTE Al insertar la tarjeta **KM1710/K** en la tarjeta **LX.1710/C** hay que hacerlo en el **sentido adecuado** (ver Fig.19), de **no** hacerlo así se podría **dañar** la tarjeta.

El siguiente paso consiste en **fijar** la tarjeta **KM1711/K**. Hay que **posicionarla** sobre el grupo de las tarjetas **LX.1710/D** y **LX.1710/C**, fijadas anteriormente, haciendo coincidir los **dos agujeros** de la tarjeta **KM1711/K** con los **agujeros** presentes sobre los **separadores de aluminio perforados** anteriormente instalados en la tarjeta **LX.1710/C** (ver Figs.24-25).

Ahora ya se puede **fijar** utilizando **dos tornillos metálicos**. De esta forma la tarjeta **KM1711/K** queda perfectamente anclada sobre la tarjeta **LX.1710/C**.

Es el momento de **montar** el **panel posterior** de aluminio en las **guías** correspondientes del mueble contenedor y **posicionar** la tarjeta **LX.1710/B** sobre el fondo del mueble, haciendo coincidir los **4 agujeros** del **circuito impreso** con los **4 anclajes** de plástico del mueble y los **conectores** de la tarjeta con los **orificios** correspondientes del **panel posterior**. En esta posición ya sólo queda **fijar la tarjeta** al mueble utilizando **4 tornillos metálicos** (ver Fig.26).

En el **panel frontal** hay que instalar los **interruptores S1** y **S2**, ya cableados, en sus orificios correspondientes fijándolos mediante **4 tornillos metálicos**.

Antes de cerrar el mueble hay que instalar las **5 pilas recargables tipo AA** en los correspondientes **portapilas** y **encender el instrumento**, verificando que aparecen indicaciones en el **display**. Si no se visualiza nada, o es poco visible, hay que ajustar el **trimmer R23** de tarjeta **LX.1710/D** hasta conseguir una **correcta visualización**.

Para finalizar el montaje solo queda poner la **tapa al mueble** y **conectar** al contador la **Sonda** utilizando el **cable** incluido en el kit. El **instrumento** ya **está listo** para ser utilizado.

CONTINÚA en el SIGUIENTE NÚMERO

En las líneas que componen este artículo hemos expuesto los **principios de funcionamiento** del sistema, el **esquema eléctrico** y el **montaje práctico** del circuito. Por cuestión de espacio posponemos para el **siguiente número** la forma de **utilizar** el Contador Geiger en sus diferentes **modos operativos** y **situaciones prácticas**.

PRECIO de REALIZACIÓN

Precio de todos los componentes necesarios para realizar el circuito impreso de la **Sonda LX.1710/A** (ver Figs.7-15), el circuito impreso **Base LX.1710/B** (ver Figs.8-16), el circuito impreso **Interfaz LX.1710/C** (ver Figs.9-17) y el circuito impreso **Display LX.1710/D** (ver Figs.10-11-18), incluidos los correspondientes **circuitos impresos** y el **circuito SMD KM1710/K** con el **PIC programado** (ver Figs.12-13) **218,80€**

KM1711/K: Precio del circuito del **lector de tarjetas SD** completamente **montado** en **SMD** y **verificado** (ver Fig.14), excluida la tarjeta de memoria SD **27,00€**

SE2.45: Precio del **tubo Geiger alfa-beta-gamma LND712** (Fig.1, izquierda) **108,00€**

SB2.40: Precio del **tubo Geiger beta-gamma SBM 20** (Fig.1, derecha) **63,00€**

MO.1710: Precio del **mueble contenedor** de plástico, incluyendo **paneles** **30,80€**

MOX.1710: Precio del **contenedor metálico** que aloja la **etapa de la Sonda** con el tubo Geiger **20,50€**

CS.1710/A: Circuito impreso **9,50€**

CS.1710/B: Circuito impreso **8,00€**

CS.1710/C: Circuito impreso **8,00€**

CS.1710/D: Circuito impreso **7,50€**

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN I.V.A.

En los kits **no proporcionamos** los siguientes componentes: **Tarjeta de memoria SD**, **pilas recargables**, **cargador** y **alimentador externo**.

ATENCIÓN El tubo Geiger LND 712, al tratarse de un componente **particularmente frágil**, lo proporcionamos, como es nuestra costumbre, en un **embalaje adecuado**. Si llega en las entregas en **malas condiciones** es la **empresa de transporte** la responsable.