



Un ATENUADOR de

Acoplado este atenuador con el Generador DDS.1645, publicado en la revista N.255, podéis ampliar el número de aplicaciones y enriquecer la instrumentación de vuestro laboratorio electrónico

Disponer en un laboratorio (aunque sea casero) de un atenuador programable a una impedancia constante de **50 ohm**, para trabajar a una alta frecuencia puede ser muy recomendable, sobretodo si los valores de atenuación son modificables a través de dos dip-switch numéricos, sobre los cuales se lee directamente la atenuación en dB.

Quien haya desarrollado nuestro generador **DDS LX.1645** (ver revista **N.255**), habrá observado que la impedancia de la señal en salida es constante sobre la parte de trabajo, e igual a unos **22 mW**, equivalente a **3 Vpp** sobre una carga de **50 ohm**.

Algunas veces esta señal puede ser excesiva, por lo que cuando en esta señal quiere verificarse la sensibilidad de los receptores de radio, esta se atenuaría.

La atenuación de una señal de alta frecuencia no puede realizarse a través de un potenciómetro, al igual que se hace con las señales de baja frecuencia, actuando en el mando "volumen".

Si utilizamos un potenciómetro se puede modificar la impedancia de salida del generador (y la impedancia de la señal), por lo que se altera el **ROS** (relación onda estacionaria) de la conexión degradando todo el sistema; la

naturaleza inductiva del potenciómetro provoca que la atenuación no sea lineal con la frecuencia.

Por ello, cuando se trabaja con alta frecuencia se utilizan atenuadores de impedancia constante, compuestos únicamente por tres resistencias anti-inductivas configuradas en **pi**, o incluso en **T**.

El problema que nos encontramos con este caso, es que con una única celda atenuadora, la atenuación resultante es siempre la misma.

Para modificarla se necesita sustituir las tres resistencias por otras de diferente valor; los valores que se consiguen de los cálculos, son necesarios obtenerlos a través de serie/paralelo, lo que supone una gran complicación.

De todos modos, es posible desarrollar atenuadores con valores de atenuación diferentes y seleccionables con conmutadores mecánicos, sin embargo sino se realiza adecuadamente a través del uso de conmutadores a una baja

inductancia y conexiones cortas, difícilmente alcanzaremos frecuencias superiores a los 100 Mhz.

Nuestro atenuador nos permite conseguir unos valores máximos de atenuación de **-60dB** con una precisión de un **dB**.

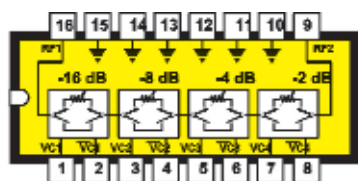
Para quien no lo sepa, explicamos que **-60dB** corresponde a una relación de potencia igual a **1.000.000**, es decir que aplicando en la entrada del atenuador una señal con una potencia de **50mW**, en salida se obtiene, insertando todos los **-60dB** de atenuación, una señal de potencia igual a:

$$50 \text{ mW} / 1.000.000 = 50 \text{ nW (nanoWatt)}$$

Para ello, os aconsejamos consultar la Otra aplicación que podemos realizar con este proyecto sería, controlar la ganancia de una antena respecto a un dipolo.

De hecho, si tenemos un atenuador calibrado en **dB** es posible determinar el aumento de la

0,1 MHz-1 GHz y 1-60 dB



AT 220

Fig1. En el interior del integrado AT 220, están presentes varios interruptores que permiten insertar más o menos atenuadores sobre la señal de entrada.

-dB ATENUACIÓN	POTENCIA	POTENCIA (dBm)	VRMS/50 Ohm
0	22 mW	+13,42	1,046 V
-3	11 mW	+10,42	0,74 V
-6	5,5 mW	+7,42	0,52 V
-10	2,19 mW	+3,42	0,33 V
-20	0,219 mW	-6,58	0,10 V
-30	0,0219 mW	-16,58	0,033 V
-40	0,00219 mW	-26,58	0,010 V
-50	0,000219 W	-36,58	0,0033 V
-60	0,0000219 W	-46,58	0,0010 V

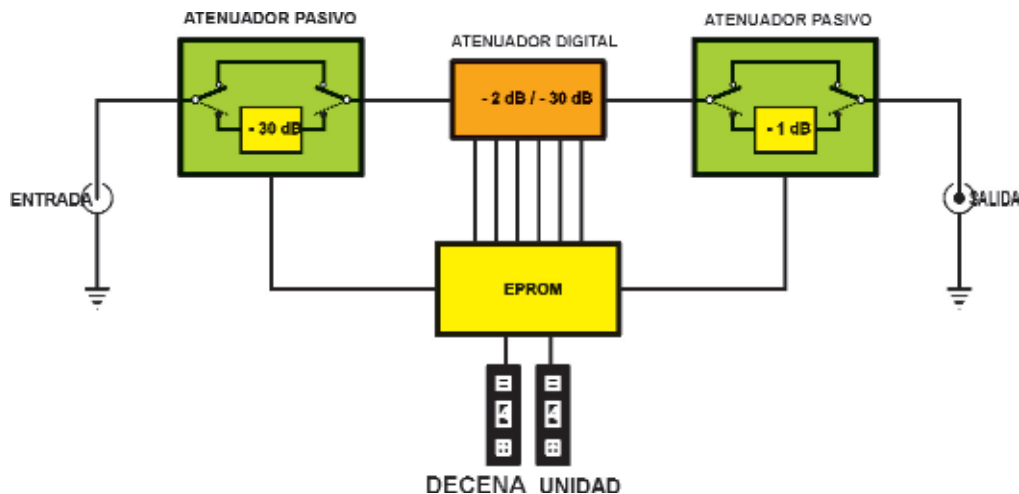


Fig.2 esquema por bloques de nuestro atenuador digital. Le hemos añadido dos estadios, -1 dB y -30 dB, para generar valores intermedios. La Eprom es leída por un selector que permite activar las 8 salidas, para los diferentes valores de atenuación que hay del -1 al -60 dB.

ganancia de la antena respecto al dipolo, utilizando el S/Meter de un receptor.

En este caso, los dB de atenuación irán regulados de tal manera que al alcancen el mismo nivel que se consigue al conectar el dipolo al receptor.

De este modo, los dB de atenuación insertados serán equivalentes a la ganancia de la antena. Otro uso posible, sería el de determinar el nivel de potencia correcto de un oscilador local, aplicado a un estadio mixer.

El atenuador es capaz de trabajar hasta una frecuencia de 1000 Mhz, iguales a 1 Ghz, con una frecuencia mínima de unos 0,1 Mhz y, como hemos dicho anteriormente, con valores de atenuación comprendidos entre -1 dB y -60 dB con pasos de 1 dB.

La máxima potencia en entrada no debe ser superior a los 300 mW.

ESQUEMA ELÉCTRICO

Para realizar el proyecto del atenuador programable es necesario utilizar 3 bloques de atenuación colocados en línea, y compuestos por elementos SMD (ver Fig.2).

Empezando por la entrada, la señal aplicada podrá (según como esté regulado el valor de atenuación) atravesar los dos diodos pin DS2-DS3, que en este caso se comportarán como dos interruptores cerrados, sin prácticamente conseguir ninguna atenuación. También puede aplicarse al atenuador de -30dB, a través de dos diodos pin DS1-DS4, compuesto por las resistencias R8-R9-R10.

En resumen, si los dos dipswitch se regulan en valores superiores a 30 dB, la señal se aplicará en el atenuador, no obstante no se percibirá ninguna atenuación, y por tanto, se aplicará directamente a la entrada del integrado IC1 AT220 (ver pin 16).

El AT220 es un integrado con estadios de atenuación en su interior. 4 de sus estadios (-2,-4,-8,-16) combinados entre sí, pueden determinar cualquier nivel de atenuación entre -2 y -30 dB con pasos de 2 dB.

Los niveles de atenuación se seleccionan a través de los niveles lógicos 0/+5V aplicados a sus pines comprendidos entre 1 – 8.

De todos modos, si aplicamos a estos la combinación oportuna, la señal pasará directamente a la salida (pin 9), sufriendo únicamente una pequeña atenuación.

Para conseguir el paso más pequeño, es decir el +/- 1 dB, en la salida del integrado IC1 (ver pin 9) hay conectado un estadio parecido al de entrada, o sea un estadio de atenuación conmutado por diodos pin.

La única diferencia es que los valores de las resistencias de las que esta compuesto el atenuador (R30-R31-R32), se calculan por una atenuación igual a -1 dB.

Por tanto, este estadio se introducirá ,solamen-

te, cuando se necesite una atenuación de -1 dB, como por ejemplo en las atenuaciones de:

- 1 dB
- 3 dB
- 5 dB-
-
-
- 11 dB
-
-
- 15 dB
-
- 39 dB

Tabla N.2 Relación entre tensión y potencia en función de los dB de atenuación.

dB	Tensión	Potencia
0,0	1,000	1,000
1,0	1,122	1,259
2,0	1,259	1,585
3,0	1,413	1,995
4,0	1,585	2,512
5,0	1,778	3,162
6,0	1,995	3,981
7,0	2,239	5,012
8,0	2,512	6,310
9,0	2,818	7,943
10,0	3,162	10,00
11,0	3,548	12,59
12,0	3,981	15,85
13,0	4,467	19,95
14,0	5,012	25,12
15,0	5,623	31,62
16,0	6,310	39,81
17,0	7,079	50,12
18,0	7,943	63,10
19,0	8,913	79,43
20,0	10,00	100,0
21,0	11,22	125,9
22,0	12,59	158,5
23,0	14,12	199,5
24,0	15,85	251,2
25,0	17,78	316,2
26,0	19,95	398,1
27,0	22,39	501,2
28,0	25,12	631,0
29,0	28,18	794,3
30,0	31,62	1.000
31,0	35,48	1.259
32,0	39,81	1.585
33,0	44,67	1.995
34,0	50,12	2.512
35,0	56,23	3.162
36,0	63,10	3.981
37,0	70,79	5.012
38,0	79,43	6.310
39,0	89,12	7.943
40,0	100,0	10.000
41,0	112,2	12.590
42,0	125,9	15.850
43,0	141,3	19.950
44,0	158,5	25.120
45,0	177,8	31.620
46,0	199,5	39.810
47,0	223,9	50.120
48,0	251,2	63.100
49,0	281,8	79.430
50,0	316,2	100.000
51,0	354,8	125.900
52,0	398,1	158.500
53,0	446,7	199.500
54,0	501,2	251.200
55,0	562,3	316.200
56,0	631,0	398.100
57,0	707,9	501.200
58,0	794,3	631.000
59,0	891,2	794.300
60,0	1.000	1.000.000

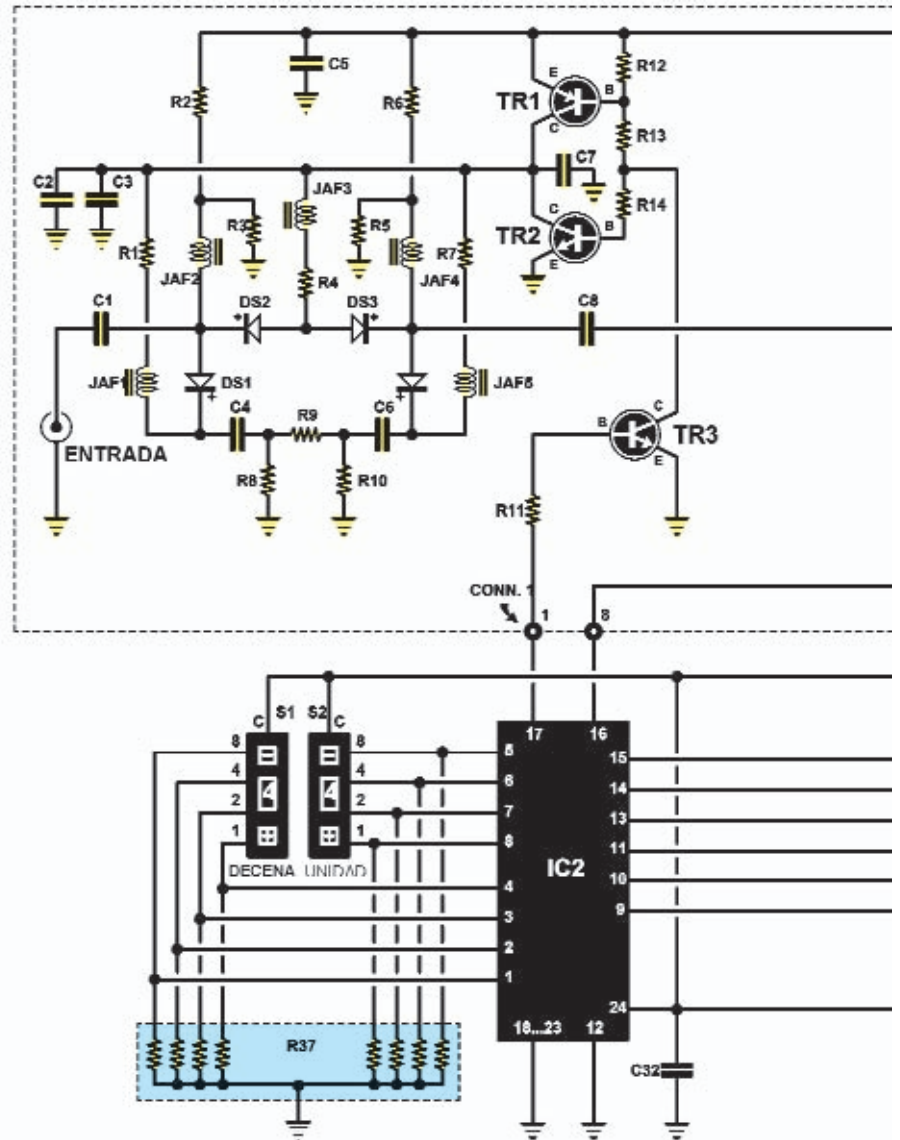
Fig.3 consultando los valores mostrados en esta tabla podéis conocer inmediatamente, la relación entre la tensión y la potencia en función de los dB de atenuación.

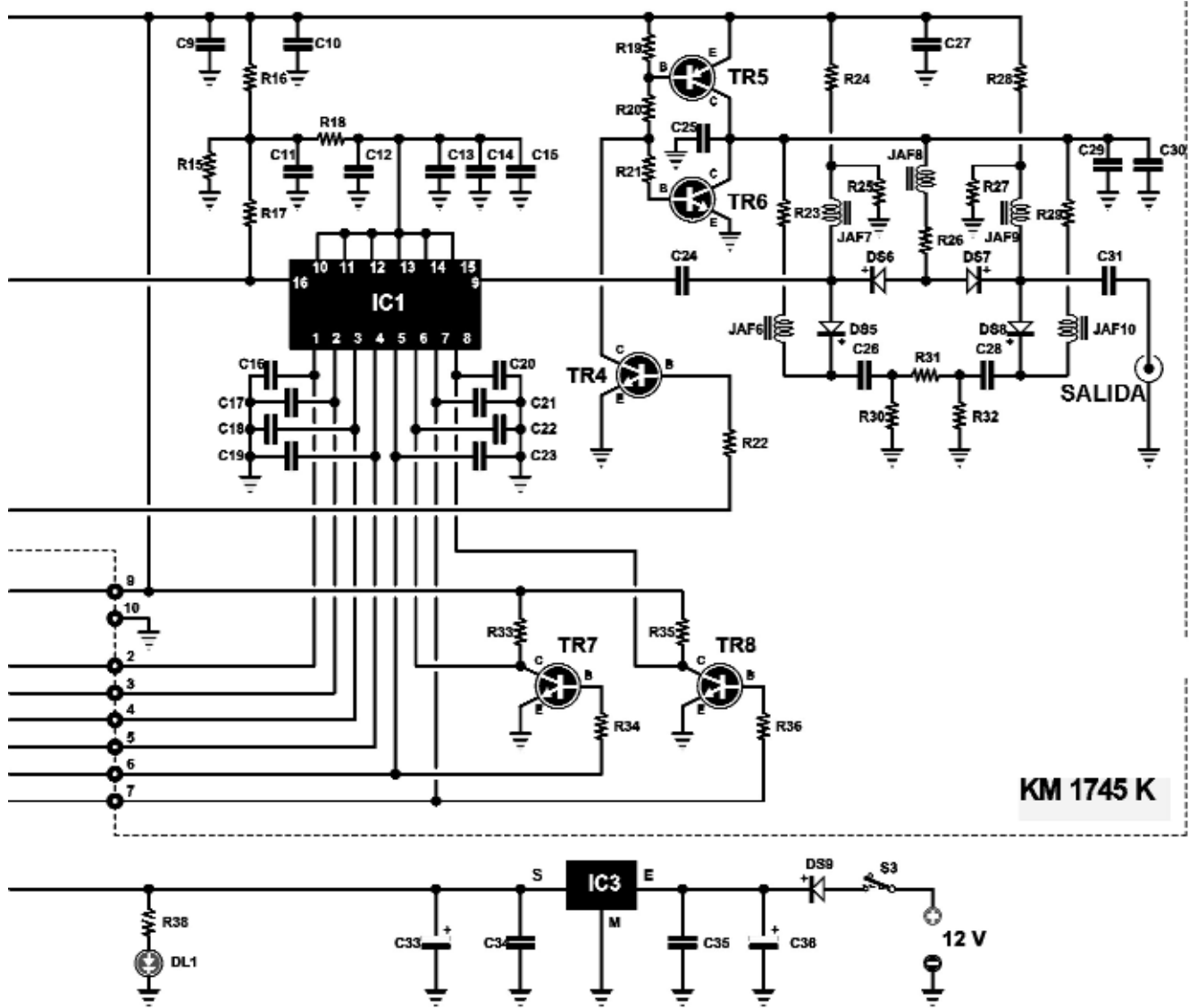
LISTA DE COMPONENTES
KM 1745

- R1 = 1.000 ohm**
R2 = 1.000 ohm
R3 = 1.000 ohm
R4 = 470 ohm
R5 = 1.000 ohm
R6 = 1.000 ohm
R7 = 1.000 ohm
R8 = 56 ohm
R9 = 680 ohm
R10 = 56 ohm
R11 = 3.300 ohm
R12 = 680 ohm
R13 = 3.300 ohm
R14 = 3.300 ohm
R15 = 1.000 ohm
R16 = 1.000 ohm
R17 = 10.000 ohm
R18 = 10.000 ohm
R19 = 680 ohm
R20 = 3.300 ohm
R21 = 3.300 ohm
R22 = 3.300 ohm
R23 = 1.000 ohm
R24 = 1.000 ohm
R25 = 1.000 ohm
R26 = 470 ohm
R27 = 1.000 ohm
R28 = 1.000 ohm
R29 = 1.000 ohm
R30 = 1.000 ohm
R31 = 68 ohm
R32 = 1.000 ohm
R33 = 1.000 ohm
R34 = 3.300 ohm
R35 = 1.000 ohm
R36 = 3.300 ohm
C1 = 100.000 pF
C2 = 100.000 pF
C3 = 100.000 pF
C4 = 100.000 pF
C5 = 100.000 pF
C6 = 100.000 pF
C7 = 100.000 pF
C8 = 100.000 pF
C9 = 100.000 pF
C10 = 10.000 pf
C11 = 100.000 pF
C12 = 100.000 pF
C13 = 100.000 pF
C14 = 100.000 pF
C15 = 100.00 pF
C16 = 1.000 pF
C17 = 1.000 pF
C18 = 1.000 pF
C19 = 1.000 pF
C20 = 1.000 pF
C21 = 1.000 pF
C22 = 1.000 pF
C23 = 1.000 pF

- C24 = 100.000 pF**
C25 = 100.000 pF
C26 = 100.000 pF
C27 = 100.000 pF
C28 = 100.000 pF
C29 = 100.000 pF
C30 = 100.000 pF
C31 = 100.000 pF
JAF1 = imp. 4,7 microH.
JAF2 = imp. 4,7 microH.
JAF3 = imp. 4,7 microH.
JAF4 = imp. 4,7 microH.
JAF5 = imp. 4,7 microH.
JAF6 = imp. 4,7 microH.

- JAF7 = imp. 4,7 microH.**
JAF8 = imp. 4,7 microH.
JAF9 = imp. 4,7 microH.
JAF10 = imp. 4,7 microH.
DS1-DS8 = diodos tipo BA592
TR1 = PNP tipo BC857
TR2 = NPN tipo BC847
TR3 = NPN tipo BC847
TR4 = NPN tipo BC847
TR5 = PNP tipo BC857
TR6 = NPN tipo BC847
TR7 = NPN tipo BC847
TR8 = NPN tipo BC847
IC1 = Integrado tipo AT220



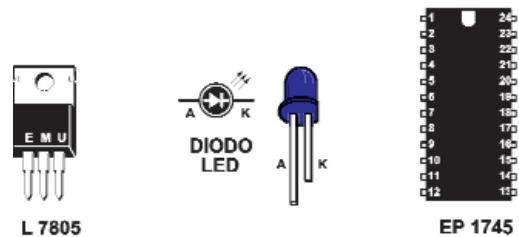


KM 1745 K

LISTA DE COMPONENTES
LX.1745

- R37 = 3.300 ohm red resistiva
- R38 = 680 ohm
- C32 = 100.000 pF poliéster
- C33 = 100 microF. electrolítico
- C34 = 100.000 pF poliéster
- C35 = 100.000 pF poliéster
- C36 = 100 microF. electrolítico
- IC2 = eprom tipo EP1745
- IC3 = integrado tipo L7805
- DS9 = diodo tipo 1N.4007
- DL1 = diodo led
- CONN1 = conector 10 pin
- S1-S2 = conmutador binario
- S3 = interruptor

Fig.4 Esquema eléctrico del atenuador LX.1745-KM1745K. La parte de color se suministra con los componentes en SMD, mientras que los restantes se constituyen con los componentes tradicionales.



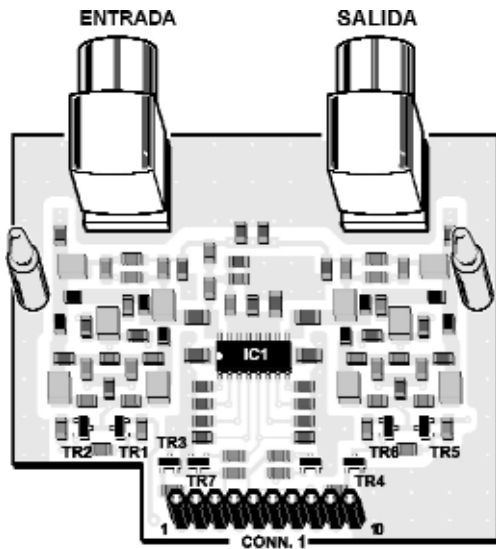


Fig.5 Esquema práctico de la sección RF del atenuador denominado KM1745K, que os suministramos con los componentes en SMD.

Fig.6 esta foto reproduce la sección RF de este atenuador. Debajo se puede observar el conector acoplado con la tarjeta base LX.1745.

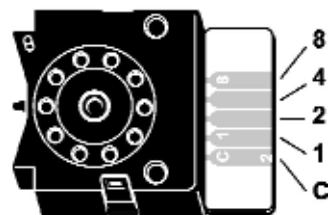
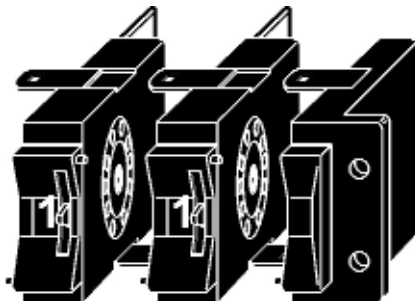
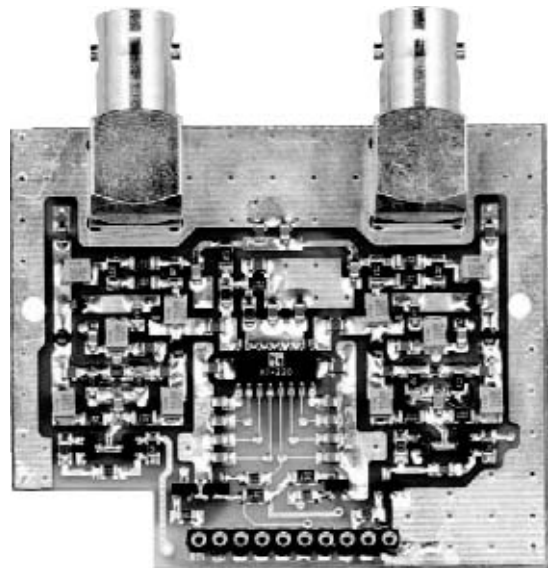


Fig.7 los dos pre-selectores se completan con dos tapas. Antes de realizar esta operación, os aconsejamos de llevar a cabo la conexión con la tarjeta base LX.1745, tal y como se ve en la fig.8.

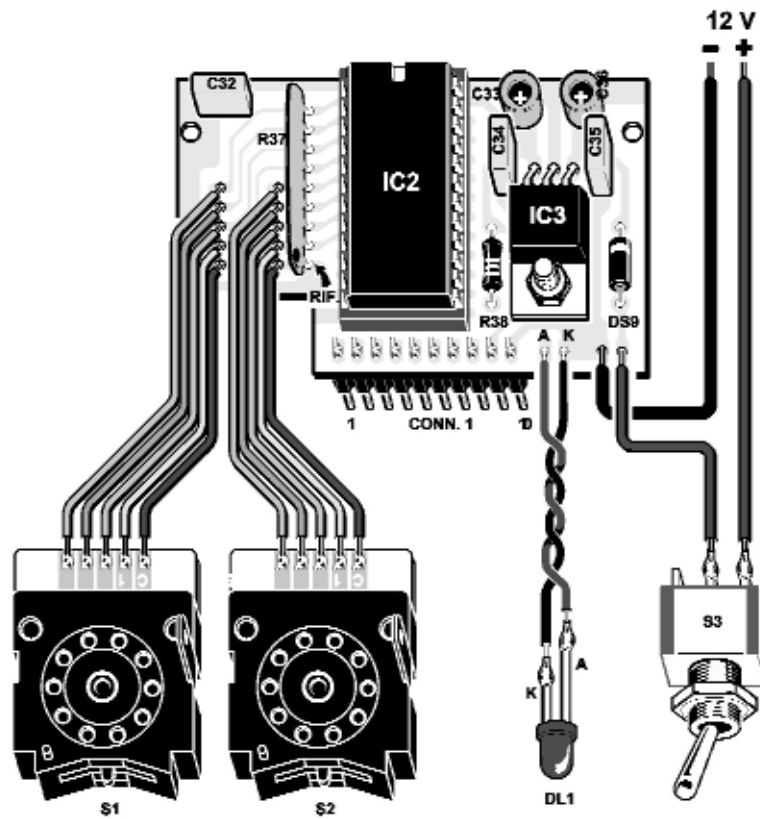


Fig.8 esquema práctico del montaje de la tarjeta base LX.1745. Siguiendo las indicaciones que vemos en esta ilustración no encontraréis grandes dificultades, para realizar el montaje de esta parte del proyecto y en realizar las conexiones externas.

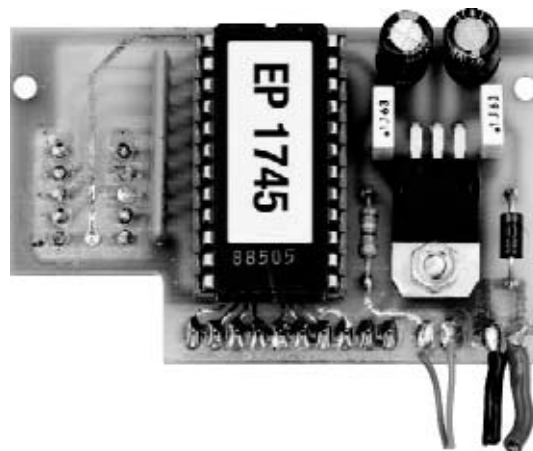


Fig.9 en esta foto se reproduce el montaje de la tarjeta base LX.1745, que hemos desarrollado en nuestro laboratorio para realizar los test en el circuito.

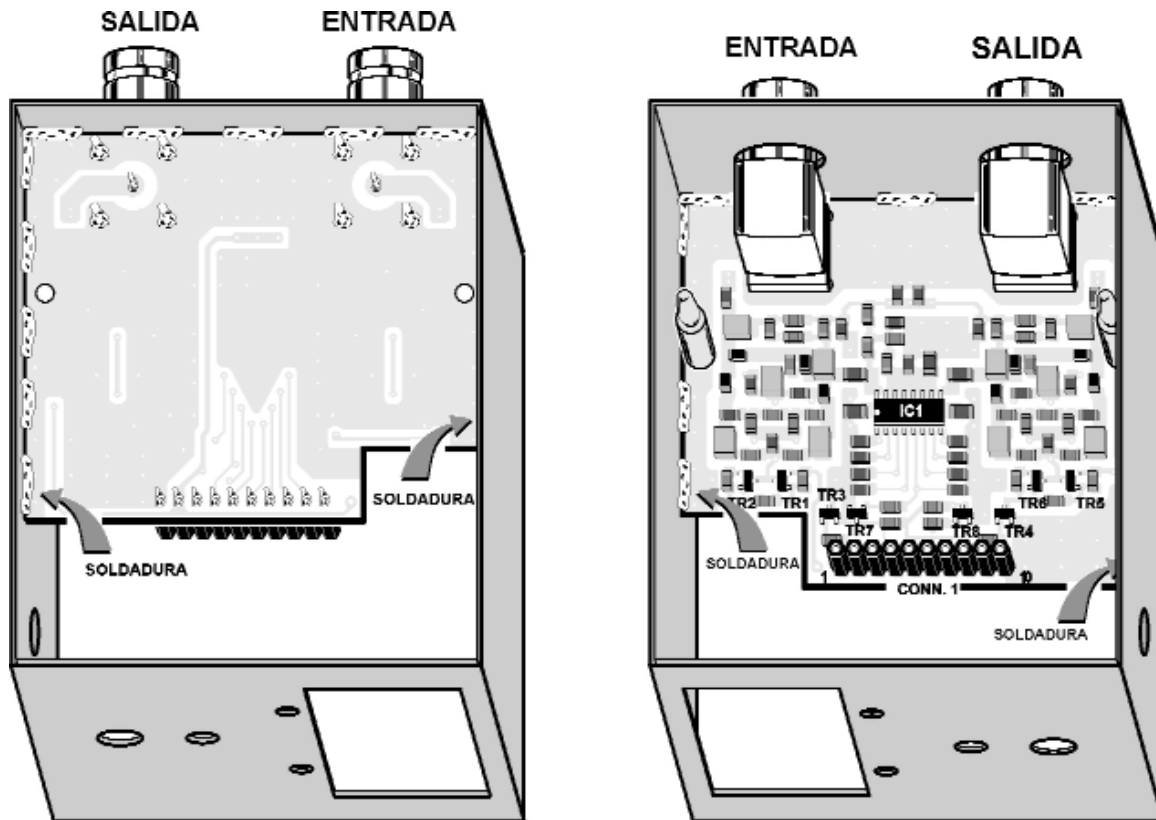


Fig.10 tal y como hemos visto en los dibujos reproducidos aquí arriba, es de gran importancia realizar una cuidadosa soldadura de la tarjeta SMD KM1745K sobre los bordes del contenedor, para obtener un blindaje perfecto.

Si queremos obtener una atenuación de **-41 dB**, los 3 estadios atenuadores se realizaran de este modo:

será habilitado el primero a **-30 dB** (R8-R9-R10);

El integrado IC1 se programará para atenuar **-10 dB** (estadios de atenuación 8+2);

será habilitado el atenuador a **-1 dB** (R30-R31-R32).

Si sumamos todos los valores, obtendremos:

30 +10 +1 = 41 dB totales

Obviamente esta selección se realizará de manera automática, gracias al uso de la memoria Eprom **IC2**, que aplicará los niveles lógicos 0/1 en función del valor de atenuación elegido.

Todos los transistores que hay en el circuito sirven para conseguir los niveles de tensión justos, de tal manera que se puedan pilotar los diodos del atenuador; únicamente los dos transistores **TR7-TR8** desarrollan la función de "inversor lógico".

El circuito necesita una tensión de alimentación estable a **+5** voltios, suministrada por el integrado estabilizador IC3.

Por tanto, es posible utilizar una tensión de alimentación comprendida entre los **+8** voltios y los **+15** voltios, mientras que la corriente máxima absorbida no supera los **200 mA**.

REALIZACIÓN PRÁCTICA

Debido a las frecuencias sobre las que se tiene que operar, os ofrecemos la parte **RF** del

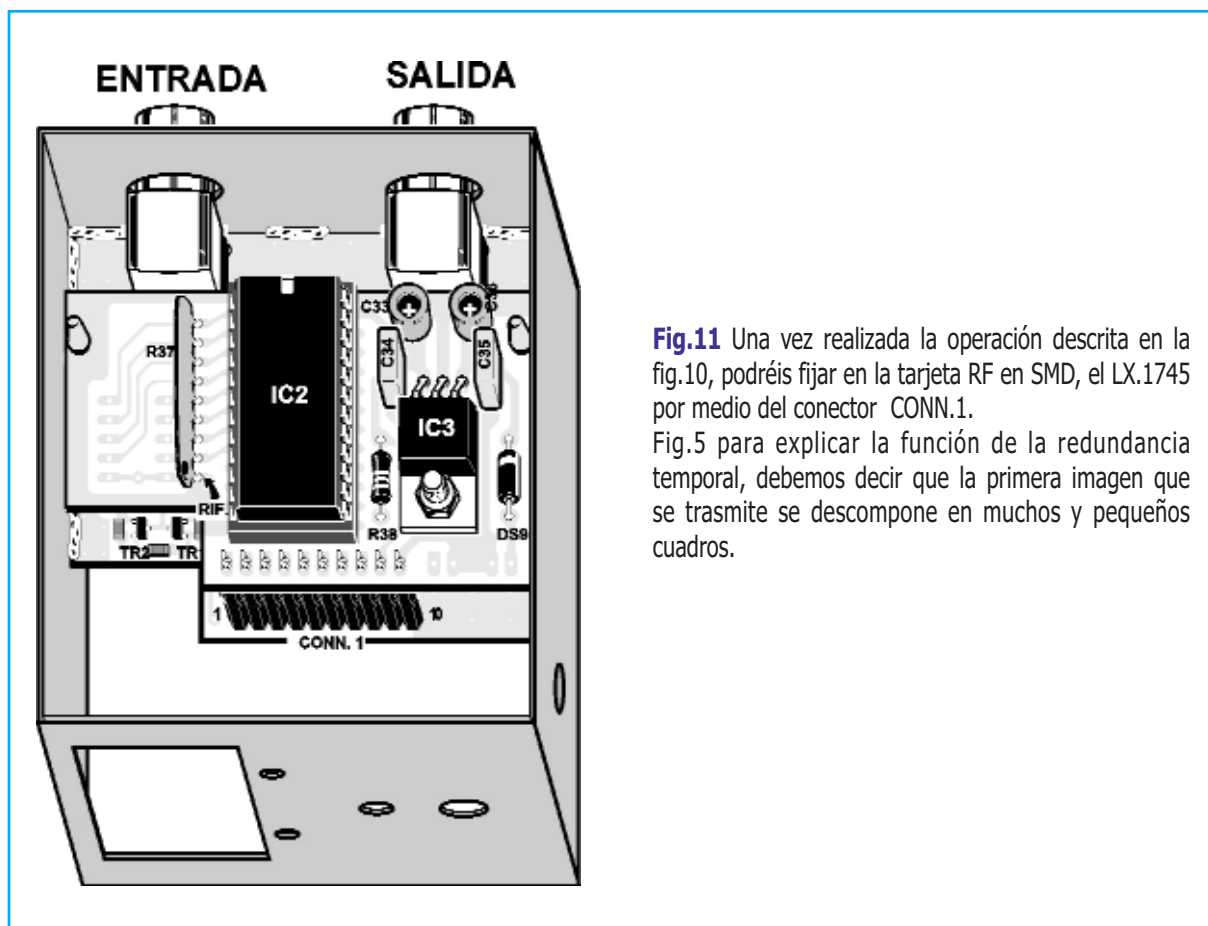


Fig.11 Una vez realizada la operación descrita en la fig.10, podréis fijar en la tarjeta RF en SMD, el LX.1745 por medio del conector CONN.1. Fig.5 para explicar la función de la redundancia temporal, debemos decir que la primera imagen que se trasmite se descompone en muchos y pequeños cuadros.

atenuador con los componentes en **SMD** denominados **KM1745K** (ver fig.5).

A ella esta asociada el circuito impreso base **LX.1745**, sobre el que debéis montar los componentes requeridos (ver fig.9).

Comenzad por soldar las resistencias **R38** y el diodo **DS9**, tened cuidado con este último, pues, su polaridad, indicada con una banda blanca, debe estar dirigida hacia arriba.

Luego, continuad con los condensadores de poliéster **C34** y **C35**, y los dos condensadores electrolíticos **C33** y **C36**, dirigiendo hacia abajo el lado de su cuerpo con un + impreso.

Introducíd el zócalo para la Eprom **IC2**, situando la muesca de referencia tal, y como se explica en el ejemplo.

Insertad los **3** terminales del integrado estabilizador de **5** voltios **IC3** en los orificios correspondientes, y luego soldarlos con cuidado (ver fig.8).

En la misma cara del impreso soldar el grupo de resistencias **R37**, respetando la muesca de referencia que, como veréis, deberá estar orientada hacia abajo.

En el blister hemos incluido un cable plano para conectar el impreso con los pre-selectores (ver fig.8).

Con un fragmento de cable conectad los terminales del led **DL1** tanto al impreso como al interruptor **S3**, dejándole los cables de conexión a una longitud adecuada para poder sacar el conmutador por el frontal de la caja.

Soldad los dos pre-selectores a los dos fragmentos del cable, como hemos explicado en la **fig.8**, y después de haber girado el circuito impreso insertad los pines del conector **CONN.1**.

Llegados a este punto, podéis proceder con el montaje de la tarjeta en **SMD KM1745K**, al interior de mueble que os hemos facilitado en este proyecto.

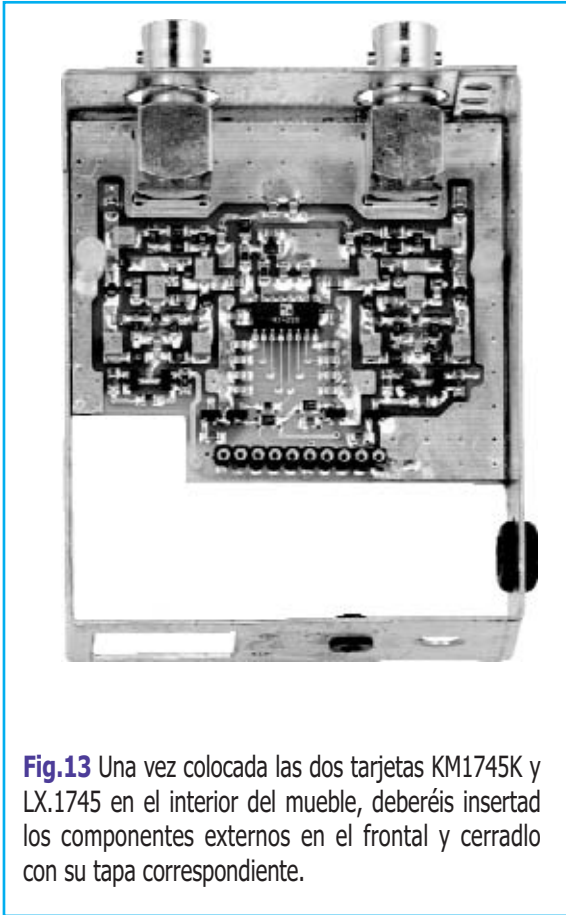


Fig.13 Una vez colocada las dos tarjetas KM1745K y LX.1745 en el interior del mueble, deberéis insertar los componentes externos en el frontal y cerrado con su tapa correspondiente.

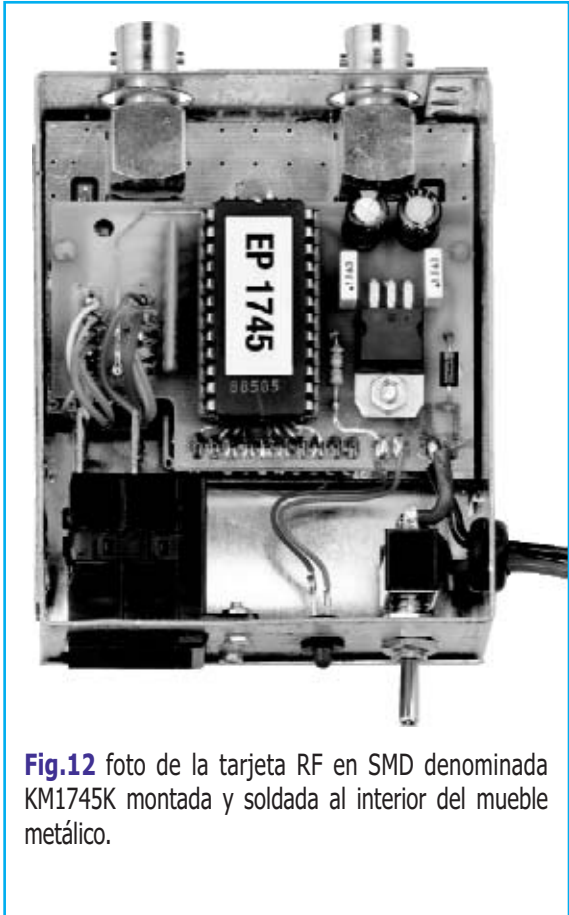


Fig.12 foto de la tarjeta RF en SMD denominada KM1745K montada y soldada al interior del mueble metálico.

Como podéis ver en la **fig.10**, debéis soldar los márgenes de los bordes del contenedor para conseguir un blindaje perfecto.

Si tomamos como referencia la **fig.11**, insertad el impreso base en **LX.1745** sobre la tarjeta en **SMD KM1745K**, por medio del conector **CONN1**.

Fijad en su lugar correspondiente los pre-selectores, atornillar el conmutador **S3** en su orificio, extraed de los agujeros (con una cinta) los cables de alimentación de **12 voltios**, junto con el led del power on.

Después cerrad las dos tapas.

Tanto el diodo pin como el integrado **AT220** introducen unos **3 dB** de pérdidas. Por tanto, debéis recordar que el valor total de atenuación aplicado será igual al valor impuesto sobre los pre-selectores más **3 dB**

Para la prueba, conectad la salida de **VHF** del generador **DDS** o de un generador **RF**, a la entrada del atenuador, y la salida de este

último a la entrada de un osciloscopio: si la entrada del osciloscopio no dispone de una carga de **50 ohm**, deberéis aplicar una externo, de tal manera que haga funcionar la salida del atenuador sobre una carga de **50 ohm**.

Si actuamos sobre los pre-selectores, veremos como la señal se atenúa en función de los **dB** insertadas.

PRECIO DE REALIZACIÓN

LX.1745: Todos los componentes necesarios para desarrollar la tarjeta base del atenuador RF (ver fig.8), junto con el circuito impreso, un fragmento de cable y el mueble metálico MO1745 (ver figg.12-13):.....60,48 €

KM.1745k: La tarjeta RF con los componentes montados en SMD(ver fig.5):.....111,50 €

CS.1745: Circuito impreso:.....8,4 €

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA