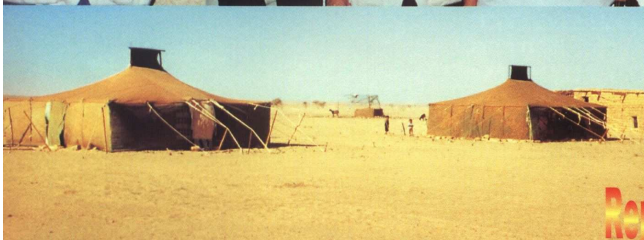


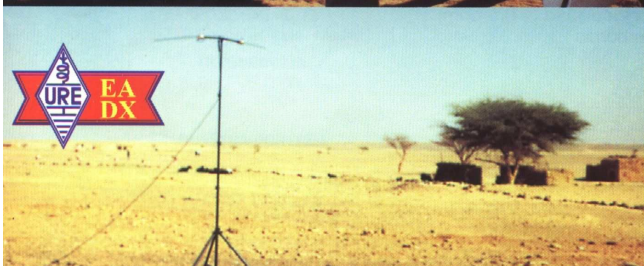


Radioaficionados

Unión de Radioaficionados Españoles - Febrero 2003



República Árabe Saharaui Democrática



TPEA ESPECIAL 100 AÑOS DE RADIOAFICIÓN EN ESPAÑA

MILIVOLTÍMETRO DE R.F.

1.- INTRODUCCIÓN.

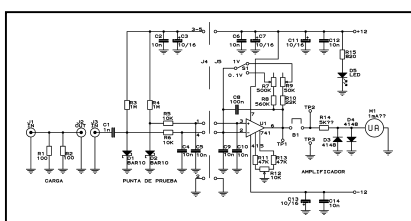
La construcción de equipos y circuitos por parte del radioaficionado es posible si se cuenta con las herramientas adecuadas. Y no me refiero solamente a las herramientas puramente mecánicas, limas, sierras, alicates, etc., sino también a los diversos equipos de medida necesarios para el ajuste y puesta a punto del circuito o equipo en cuestión, una vez finalizado su montaje.

El laboratorio del radioaficionado debe contar con el mayor número posible de aparatos de medida y control. Generadores, frecuencímetros, voltímetros, etc. son elementos indispensables para la puesta en funcionamiento de nuestros montajes.

En el presente artículo se describe la construcción de un Milivoltímetro de radiofrecuencia, apto para la realización de medidas de tensión y potencia de bajo nivel en osciladores, multiplicadores, preamplificadores, etc. El margen de frecuencias de funcionamiento va desde 1 MHz hasta 500 MHz, y es capaz de medir tensiones desde 20 milivoltios hasta 1 voltio. Este rango de medida se puede extender mediante los correspondientes atenuadores o amplificadores.

Con este instrumento podemos realizar medidas de tensiones y potencias en circuitos de radiofrecuencia de bajo nivel, osciladores, multiplicadores de frecuencia, dobladores, triplicadores, excitadores, mezcladores, etc.

2.- DESCRIPCIÓN.



En la figura número uno podemos ver el esquema general del Milivoltímetro. Podemos distinguir tres partes fundamentales, que irán montadas por separado. El circuito de entrada está formado por una carga de 50 ohmios, formada por las resistencias R1 y R2 conectadas en paralelo, que están montadas

sobre unos conectores, para poder conectarla o desconectarla a voluntad. El circuito rectificador está montado sobre una punta de prueba que se conecta al circuito de medida mediante un cable de varios conductores. El circuito amplificador con el instrumento de medida va alojado en una caja que también contiene la fuente de alimentación.

El funcionamiento del circuito es como sigue. La señal a medir se aplica, mediante el condensador C1, al circuito rectificador que está formado por dos diodos Schottky tipo BAR10, D1 y D2. Como es sabido, los diodos semiconductores tienen un potencial de umbral que tiene un valor de 0,5 – 0,7 voltios, dependiendo del material empleado en la construcción del diodo (ver Radioaficionados, Junio-2002). Si aplicamos una pequeña señal a un diodo semiconductor, este no empezará a conducir hasta que se supere el voltaje de umbral. Por esta razón, en este montaje, los dos diodos rectificadores están

polarizados en sentido directo, mediante las resistencias R3 y R4, de forma que hay una pequeña corriente de conducción. De esta manera, tensiones de radiofrecuencia muy pequeñas producirán un aumento de esta corriente de polarización y estas pequeñas variaciones de tensión, convenientemente amplificadas, serán indicadas por un instrumento de medida.

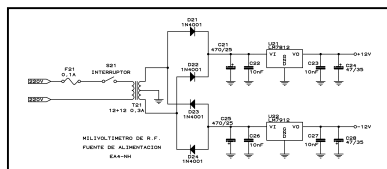
Se utilizan dos diodos iguales, aunque solamente uno de ellos es el encargado de rectificar la señal de entrada. Esto permite la compensación de las variaciones de temperatura.

Las tensiones presentes en los diodos se aplican a las entradas de un amplificador operacional. Estas tensiones están filtradas por los condensadores C4, C5, C9, C10 y las resistencias R5 y R6. Mediante estos componentes se elimina cualquier componente de radiofrecuencia en las tensiones aplicadas a las entradas del amplificador operacional.

El amplificador de tensión lo constituye el circuito integrado LM741. Entre la salida, patilla número seis y la entrada inversora, patilla número 2, se encuentra el condensador C8, mediante el cual se reduce la banda de paso del amplificador y se impide que amplifique cualquier señal alterna que pudiese captar cualquiera de sus entradas. Así mismo, entre la salida y la entrada se encuentran dos redes, R7-R8 y R9-R10, seleccionables mediante el conmutador S1. Estas redes fijarán la ganancia del amplificador operacional para las dos gamas de medida.

Entre las patillas número uno y cinco se encuentran las resistencias R11, R13 y el potenciómetro R12. Este circuito permite conseguir que en la salida del operacional tengamos exactamente cero voltios sin ninguna señal de entrada. Esto se conoce como “ajuste de offset”.

La tensión de salida del amplificador operacional se aplica al circuito de medida formado por el miliamperímetro M1 y la resistencia R14. En paralelo con el miliamperímetro tenemos los diodos D3 y D4 que le protegen frente a tensiones excesivas. El puente B1 y los puntos de prueba TP1, TP2 y TP3 servirán para la calibración del Milivoltímetro.



El circuito está alimentado por una Fuente que proporciona dos tensiones simétricas de +12 voltios y -12 voltios. El esquema de la Fuente de Alimentación se puede ver en la figura número dos. La tensión de red se conecta a un transformador con un primario a 220 voltios y un

secundario de 12+12 voltios a 300 miliamperios. La toma media del secundario del transformador T21 está conectada a masa. Mediante los diodos rectificadores D21 y D22 rectificamos en onda completa y obtenemos una tensión positiva que es filtrada por el condensador C21. Esta tensión sin estabilizar, de unos 18 voltios positivos respecto a masa, se conecta a la entrada del regulador U1, LM7812 en cuya salida tendremos una tensión de 12 voltios positivos estabilizados. Los condensadores C22 y C23 desacoplan el

regulador de las posibles tensiones de Alta Frecuencia que puedan aparecer. El condensador C24 filtra la tensión de salida.

La tensión de -12 voltios se obtiene de manera similar. Los diodos rectificadores D23 y D24 rectifican en onda completa y proporcionan una tensión negativa que es filtrada por el condensador C25. Esta tensión sin estabilizar, de unos 18 voltios negativos respecto a masa, se conecta a la entrada del regulador U22, LM7912 que proporciona una tensión de 12 voltios negativos y perfectamente estabilizados. Los condensadores C26 y C27 desacoplan el regulador de las posibles tensiones de Alta Frecuencia que puedan aparecer. El condensador C28 filtra la tensión de salida.

Un fusible de 0,1A y un interruptor completan el circuito de entrada de tensión de red a la fuente de alimentación.

3.- CONSTRUCCIÓN

El Milivoltímetro está formado por tres elementos independientes. Una carga de 50 ohmios, para efectuar medidas en circuitos con esta impedancia característica, una punta de prueba, que comprende los elementos rectificadores y un circuito amplificador que elevará las tensiones rectificadas para ser mostradas por un instrumento de medida.

Los componentes necesarios para la construcción del Milivoltímetro son los siguientes.

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN
R1	100 ohm
R2	100 ohm
R3	1M
R4	1M
R5	10 K
R6	10 K
R7	500 K ajustable
R8	560 K
R9	50 K ajustable
R10	22 K
R11	47 K
R12	10 K potenciómetro
R13	47 K
R14	5 K ??
R15	820 ohm
C1	1 nF
C2	10 nF
C3	10 μ F / 16 V
C4	10 nF
C5	10 nF
C6	10 nF
C7	10 μ F / 16 V

C8	100 nF
C9	10 nF
C10	10 nF
C11	10 μ F / 16 V
C12	10 nF
C13	10 μ F / 16 V
C14	10 nF
C21	470 μ F / 25 V
C22	10 nF
C23	10 nF
C24	47 μ F / 35 V
C25	470 μ F / 25 V
C26	10 nF
C27	10 nF
C28	47 μ F / 35 V
U1	LM741
U21	LM7812
U22	LM7912
D1	BAR10
D2	BAR10
D3	1N4148
D4	1N4148
D5	LED
D21	1N4004
D22	1N4004
D23	1N4004
D24	1N4004
M1	MILIAMPERÍMETRO
B1	PUENTE
J1	CONECTOR BNC HEMBRA
J2	CONECTOR BNC MACHO
J3	CONECTOR BNC HEMBRA
J4	CONECTOR DIN-5 MACHO
J5	CONECTOR DIN-5 HEMBRA
S1	CONMUTADOR
S21	INTERRUPTOR
F21	FUSIBLE
T21	TRANSFORMADOR 12+12 0,1A
11	TERMINALES
1	BOTÓN DE MANDO
Tubo de latón 25 mm long. 10 mm int.	
Caja	

3.1.- CARGA DE 50 OHMIOS.



La impedancia de carga normalizada suele ser de 50 ohmios. El Milivoltímetro tiene una impedancia de entrada de unos 2000 ohmios, por lo que no supone una carga excesiva en circuitos con impedancia de salida de 50 ohmios. Para igualar impedancias utilizaremos la carga de 50 ohmios. Este carga se construye con dos conectores BNC

macho y hembra, unidos mediante un corto trozo de tubo de latón o cobre, en cuyo interior se disponen dos resistencias de 100 ohmios en paralelo, conectadas a masa, tal como se indica en el esquema teórico de la figura número uno.

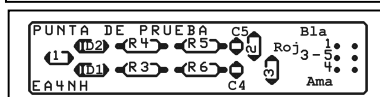
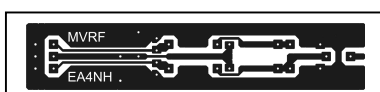
En la figura número tres se pueden ver los componentes utilizados para la construcción de la carga, un conector BNC hembra para panel, un conector BNC macho y un trozo de tubo de latón de 25 milímetros de longitud y 10 milímetros de diámetro interior. Cortaremos este tubo longitudinalmente por la mitad con una sierra de marquetería con un “pelo” para metales, lo más fino posible. Soldaremos las dos tuercas de los

conectores a una de las dos mitades. Esta operación será preciso realizarla con un soldador de bastante potencia, unos 80 o 100 vatios. También soldaremos dos terminales para la soldadura de las dos resistencias de 100 ohmios. En la figura número cuatro se puede ver esta mitad del tubo con las tuercas y los terminales soldados. Montaremos los dos conectores sobre sus

correspondientes tuercas y uniremos los dos contactos centrales con un trozo de hilo de cobre desnudo. Sobre este hilo de cobre soldaremos las dos resistencias de 100 ohmios, cuyos extremos soldaremos a los terminales que previamente hemos soldado en el interior del trozo de tubo que une los dos conectores. En la figura número cinco se puede ver este montaje.

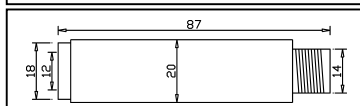
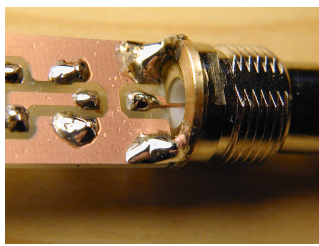
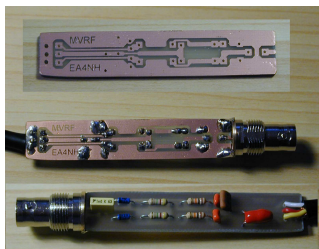
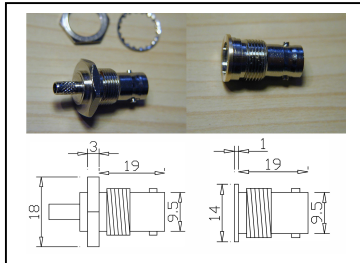
Una vez soldadas las resistencias y comprobado el circuito con un ohmetro, colocaremos la otra mitad del tubo de unión y cubriremos el montaje con un trozo de tubo termo-retráctil. En la figura número seis se puede ver la carga terminada.

3.2.- PUNTA DE PRUEBA.



La punta de prueba contiene el condensador C1, los diodos rectificadores D1, D2 y las correspondientes resistencias de polarización R3, R4. También se incluyen en la punta de prueba las

resistencias R5, R6 y los condensadores C2, C3, C4, y C5. Estos componentes se montan sobre el circuito impreso cuyo diseño se puede ver en la figura número siete. Las dimensiones de este circuito impreso son 71 milímetros de largo por 14 milímetros de ancho. La figura número ocho muestra la disposición de los componentes. El condensador C3 puede ser electrolítico o de tántalo, como el utilizado en el prototipo. Este condensador deberá montarse tumbado.



La entrada de señal se realiza a través de un conector BNC soldado directamente al circuito impreso, para tener unas conexiones lo más cortas posible. El conector BNC utilizado es un modelo con rosca para fijación en panel. Para poder usar este conector es preciso eliminar la parte trasera y tornearlo a un diámetro de 14 milímetros. En la figura número nueve se puede ver el conector antes y después de su torneado, así como sus dimensiones principales.

En la figura número diez se puede ver el circuito impreso de la punta de prueba sin componentes y el mismo circuito impreso una vez montados los componentes. En la figura número once tenemos un detalle del conector BNC de entrada.

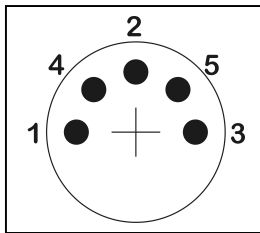
En el extremo opuesto del circuito impreso soldaremos el cable de tres conductores blindados, que en el prototipo tienen los colores blanco, rojo y amarillo. En el circuito impreso hay otros tres taladros para soldar las correspondientes mallas de los tres hilos blindados. La longitud de este cable deberá ser de un metro aproximadamente.

El circuito impreso de la punta de prueba se alojará en un tubo de aluminio procedente de un rotulador de punta gruesa, que podemos ver en la figura número doce. Desmontaremos el rotulador y con unas pinzas extraeremos el cartucho de tinta. También quitaremos la punta de fibra de la pieza de plástico. Esta pieza de plástico servirá para la salida de los cables.

Introduciremos el tubo del rotulador en disolvente universal de pinturas durante una media hora, tiempo suficiente para que la pintura exterior se ablande. Frotando con un trapo eliminaremos la

pintura del tubo de aluminio. Este tubo tiene un diámetro exterior de 20 milímetros y una longitud de 85 milímetros. En el fondo del tubo daremos un taladro de 12 milímetros de diámetro, que es el diámetro de la rosca del conector BNC utilizado en el prototipo. El diámetro de este taladro deberá corresponder al diámetro del conector utilizado. En la figura número trece

podemos ver el tubo de aluminio ya limpio, con el taladro para el conector en el fondo y la pieza de plástico que servirá para la salida del cable. En la figura número catorce tenemos las dimensiones principales de este tubo.

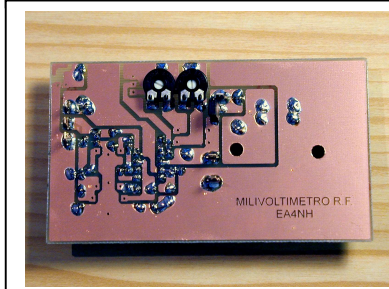
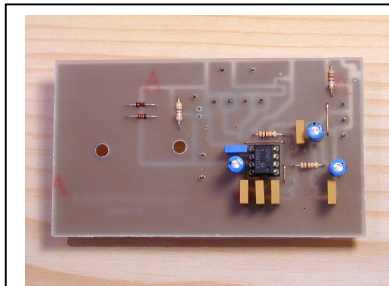
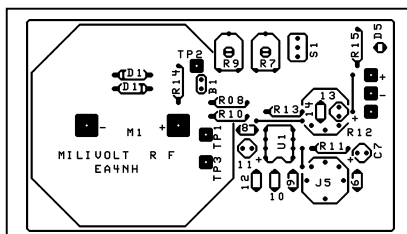
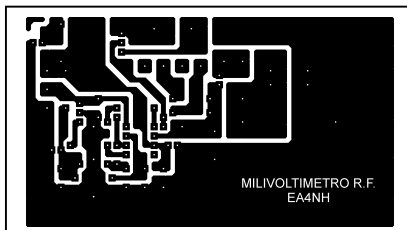


Introduciremos el circuito impreso de la punta de prueba en el tubo de aluminio y sujetaremos el conjunto con la tuerca del conector. No apretaremos en exceso esta

tuerca, ya que será necesario desmontar la punta de prueba durante el proceso de calibración. Colocaremos la pieza de plástico de salida de los cables y en el extremo libre soldaremos un conector macho DIN de cinco patillas. La numeración de estas patillas se puede ver en la figura número quince, donde tenemos el conector visto por el lado de las

soldaduras. Por último, en la figura número dieciséis tenemos la punta de prueba terminada.

3.3.- AMPLIFICADOR.



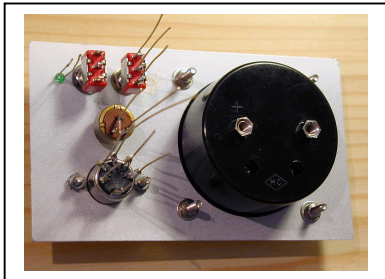
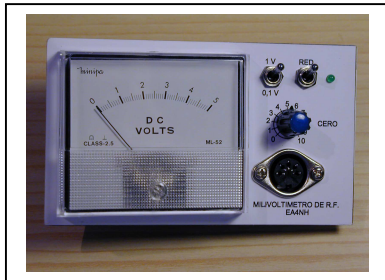
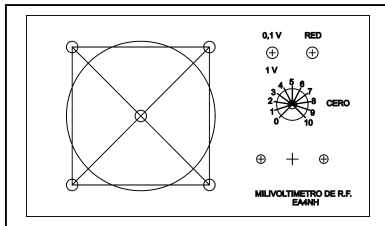
Para la construcción del circuito del amplificador de continua, utilizaremos el circuito impreso cuyo diseño se puede ver en la figura número diecisiete. En la figura número dieciocho tenemos la disposición de los componentes. Este circuito impreso tiene unas dimensiones de 101 milímetros por 57 milímetros.

Para el circuito integrado U1 utilizaremos un zócalo, lo cual facilitará su sustitución en caso de avería. El orden de montaje no es crítico, pudiendo empezar por los diodos D3 y D4, siguiendo por las resistencias, condensadores y demás componentes. No olvidar realizar los tres puentes indicados en la disposición de los componentes de la figura número dieciocho.

Los potenciómetros ajustables R7 y R9 se soldarán por el lado del cobre, así como el puente B1, los terminales TP1, TP2, TP3 y los tres terminales correspondientes a la alimentación.

En las figuras número diecinueve y veinte se puede ver el circuito impreso del amplificador por los dos lados con los componentes montados. Los dos taladros de cuatro milímetros que se pueden observar en estas

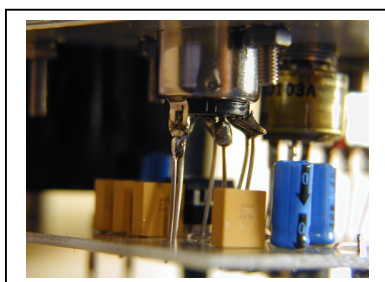
figuras, servirán para sujetar el circuito impreso sobre el instrumento de medida, M1.



Una vez montado el circuito impreso del amplificador, procederemos a la preparación del frontal del aparato. Este frontal lo realizaremos con chapa de aluminio de un milímetro de grueso aproximadamente. Sobre este frontal fijaremos el medidor M1, el conmutador de escalas S1, el interruptor de red S21, el potenciómetro de ajuste de cero R12 y el conector de la punta de prueba J5.

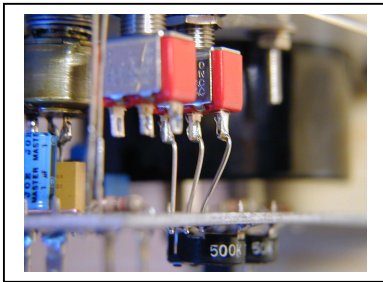
Las dimensiones de este frontal son 120 milímetros de ancho y 70 milímetros de alto. Para la realización de los taladros correspondientes a los distintos elementos que van fijados al panel frontal, utilizaremos como plantilla el diseño de la figura número veintiuno. Este diseño se ha impreso en papel fotográfico y posteriormente se ha pegado al panel frontal con adhesivo de contacto. En la figura número ventidos tenemos el panel frontal con estos elementos colocados.

Los taladros correspondientes al aparato de medida pueden variar en tamaño y posición, dependiendo del instrumento utilizado. En el prototipo se ha empleado un voltímetro MINIPA modelo ML-52 con una sensibilidad de cinco voltios a fondo de escala. En realidad se trata de un miliamperímetro con una sensibilidad de 1 miliamperio, que en su interior tiene una resistencia multiplicadora de 5000 ohmios. Esta resistencia se ha extraído del instrumento y se ha montado sobre el circuito impreso. Se puede utilizar cualquier otro aparato de medida con una sensibilidad de 1 miliamperio o mejor. El valor de la resistencia en serie, R14 deberá adecuarse a esta sensibilidad, tal como se indicará en el apartado de calibración.



Una vez colocados los elementos del panel frontal, soldaremos unos trozos de hilo desnudo en los terminales del conmutador S1, el potenciómetro R12 y el conector J5, tal como se puede ver en la figura número ventitrés. Introduciremos estos hilos desnudos en los taladros correspondientes del circuito impreso y acercaremos este lo más posible hacia el panel frontal hasta que haga tope sobre la parte

trasera del instrumento de medida. Colocaremos los dos tornillos de conexión de dicho instrumento y a continuación, soldaremos los hilos desnudos sobre el circuito impreso, cortando a continuación el sobrante.

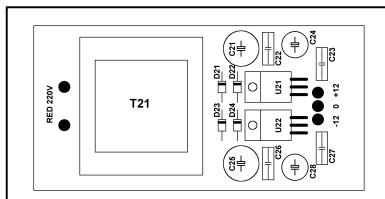
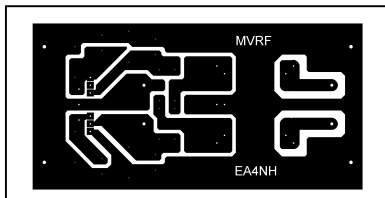


En la figura número veinticuatro tenemos el circuito impreso fijado y conectado al panel frontal. En la figura número veinticinco tenemos un detalle del conexionado del conector J5 y en la figura número ventiseis podemos ver el conexionado del

conmutador S1.

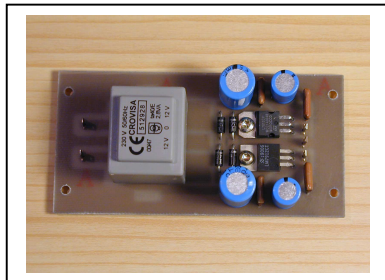
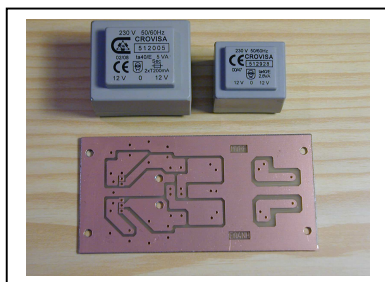
3.4.- FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La fuente de alimentación, cuyo esquema general tenemos en la figura número dos, entrega dos tensiones simétricas de +12 voltios y -12 voltios. El consumo del amplificador es muy reducido, alrededor de 15 miliamperios por cada línea de alimentación, por lo que, con los componentes indicados, la fuente trabajará durante mucho tiempo sin ningún esfuerzo.



El transformador empleado en el prototipo es una unidad de montaje sobre circuito impreso, con un secundario de 24 voltios con toma central y una corriente máxima de 100 miliamperios, cantidad más que sobrada, como ya se ha indicado.

Los reguladores U21 y U22 son del tipo normal, que pueden suministrar corrientes de hasta 1 amperio. También es posible montar los correspondientes modelos de baja potencia 78L12 y 79L12, pero al ser estos modelos más difíciles de encontrar se ha optado por los tipos más corrientes, aunque su tamaño sea mayor. En cualquier caso, el espacio también sobra en la caja empleada en el prototipo.



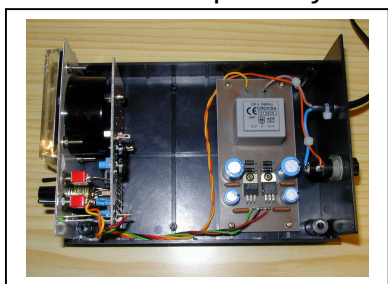
Para el montaje de la fuente de alimentación utilizaremos el circuito impreso que se muestra en la figura número veintisiete. En la figura número ventiocho tenemos la disposición de los componentes. El circuito impreso tiene dos juegos de taladros para poder acomodar dos tipos distintos de transformador, tal como se puede ver en la figura número veintinueve. Si el transformador disponible no coincide con ninguno de los tipos indicados, siempre será

posible su montaje sobre el circuito impreso mediante unos trozos de hilo desnudo de cobre. En la figura número treinta tenemos el circuito impreso de la fuente de alimentación dispuesto para su montaje en la caja.

3.5.- MONTAJE FINAL.

Una vez completado el montaje de los circuitos, procederemos a su montaje en la caja de plástico. Esta tiene unas dimensiones de 179 milímetros de largo, 74 milímetros de alto y 125 milímetros de ancho, medidas exteriores.

Uno de los paneles frontales será sustituido por el conjunto de panel frontal más circuito impreso ya montado, figura número venticuatro. La fuente de alimentación va sujeta al fondo de la caja con cuatro tornillos autorosca, sobre los pivotes dispuestos a tal fin.



En el panel posterior realizaremos dos taladros, para el portafusible y para el cable de entrada de tensión de red. Con unos trozos de cablecillo conectaremos las salidas de la fuente de alimentación a los terminales del circuito impreso del amplificador. Así mismo interconectaremos el interruptor de red, el fusible y la entrada de red a la fuente de alimentación. Esta disposición se puede ver en la figura número treinta y uno.

4.- PUESTA EN MARCHA Y CALIBRACIÓN.

Para la puesta en funcionamiento del Milivoltímetro utilizaremos un polímetro digital, instrumento muy corriente. Utilizaremos una unidad de la que estemos seguros de su buen funcionamiento, que no haya recibido golpes ni sobrecargas que puedan haber reducido su precisión. Necesitaremos un montaje auxiliar que se describirá más adelante.

4.1.- CARGA.

La comprobación de la carga se reduce a la medida de la resistencia entre el vivo de los conectores y masa, que deberá ser de 50 ohmios. Así mismo comprobaremos la continuidad entre los contactos centrales de los conectores BNC macho y hembra.

4.2.- PUNTA DE PRUEBA.

Para la comprobación de la punta de prueba aplicaremos una tensión de 12 voltios entre los puntos 3 y 5 del conector DIN, J4. Con el polímetro digital mediremos la tensión entre los puntos 1 y 4 de dicho conector y masa. Estas tensiones corresponden a la tensión de polarización de los diodos D1 y D2. En el prototipo se midieron 192 milivoltios y 194 milivoltios en cada diodo. Si estas tensiones son muy dispares deberemos sustituir uno o los dos diodos para obtener dos tensiones similares entre sí, independientemente de su valor absoluto.

La calibración del Milivoltímetro la realizaremos con una tensión derivada de la tensión de red, cuya frecuencia es de 50 Hz. A esta frecuencia el polímetro digital que utilizaremos para la calibración, es bastante exacto.



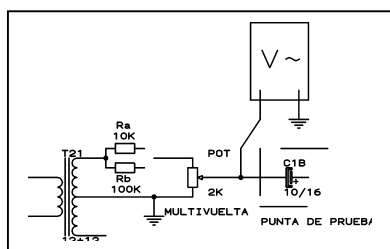
Para que esta tensión de 50Hz no sufra atenuación deberemos desmontar la punta de prueba y en paralelo con el condensador C1 soldaremos provisionalmente un condensador electrolítico o de tántalo de 10 microfaradios y una tensión de trabajo de 16 voltios, tal como se puede ver en la figura número treinta y dos.

4.3.- INSTRUMENTO DE MEDIDA.

Como ya se ha indicado, el instrumento de medida utilizado en el prototipo es un miliamperímetro con una sensibilidad de 1 miliamperio a fondo de escala. Se puede utilizar cualquier instrumento con una sensibilidad entre 100 microamperios y 1 miliamperio. La resistencia R14 deberá adecuarse a la sensibilidad del instrumento, de tal forma que con una tensión de 5 voltios aplicada al punto de prueba TP2 obtengamos la deflexión total de la aguja.

4.4.- CALIBRACIÓN.

Conectaremos la punta de prueba al Milivoltímetro y dispondremos el montaje



cuyo esquema tenemos en la figura número treinta y tres. Como se puede ver, la tensión alterna de 12 voltios procedente de un transformador auxiliar o del propio transformador del Milivoltímetro, se aplica a un divisor de tensión formado por la resistencia Ra o Rb y el potenciómetro de 2K. El propósito es obtener una tensión variable con un valor

máximo de 1 voltio, mediante la resistencia Ra, o un valor máximo de 100 milivoltios mediante la resistencia Rb. El potenciómetro de 2K deberá ser preferiblemente un modelo multivuelta para una calibración más precisa.

Encenderemos el Milivoltímetro sin aplicar ninguna tensión en la entrada y comprobaremos que el ajuste de CERO funciona correctamente en las dos gamas de medida. Aplicaremos una tensión de 100 milivoltios y con el conmutador S1 en la escala 0,1V ajustaremos el potenciómetro R7 para obtener la deflexión a fondo de escala. Repetiremos el procedimiento ajustando el potenciómetro R9 con una tensión de entrada de 1 voltio. Repetiremos los ajustes comprobando siempre el ajuste de CERO sin ninguna tensión en la entrada.

El siguiente paso es calibrar la escala del instrumento en los dos márgenes de medida. El procedimiento consistirá en aplicar en la entrada del Milivoltímetro tensiones variables cada 50 milivoltios en la escala de 1V y cada 5 milivoltios en la escala de 0,1V. En un papel milimetrado iremos anotando los valores de la tensión de entrada y la lectura del instrumento. Este procedimiento lo

realizaremos en las dos escalas de medida y lo repetiremos dos o tres veces para estar seguros de las medidas efectuadas, siempre comprobando el ajuste de CERO y el ajuste del fondo de escala. Uniremos los puntos obtenidos para cada escala de medida y obtendremos la curva de calibración, que observaremos que no es recta, debido distintos motivos, entre otros la falta de linealidad del instrumento de medida. En la escala de 0,1V y con valores de tensión de entrada muy bajos la curva se deforma de manera más acusada.

Una vez terminada la calibración, desoldaremos el condensador electrolítico que hemos dispuesto en paralelo con el condensador C1. Con las curvas obtenidas sobre el papel milimetrado ya podemos realizar medidas muy precisas. Un perfeccionamiento puede ser dibujar, con la ayuda de un programa de diseño gráfico, una escala a partir de los valores obtenidos del proceso de calibración. Esta última opción será recomendable si se piensa utilizar frecuentemente el milivoltímetro.

En la figura número treinta y cuatro podemos ver el Milivoltímetro terminado, calibrado y listo para su utilización.

5.- RESUMEN.

En el presente artículo se ha descrito la construcción, puesta en marcha y calibración de un Milivoltímetro de Radiofrecuencia. Es capaz de medir tensiones entre 20 milivoltios y 1 voltio, dentro de un margen de frecuencias de 1 a 500 MHz. La respuesta de frecuencia es muy plana entre 1 y 150 MHz, sufriendo algunas variaciones a partir de este punto. Tiene una impedancia de entrada aproximada de 2000 ohmios, dependiendo de la frecuencia de trabajo y se acompaña una carga de 50 ohmios para el trabajo en circuitos con esta impedancia característica.

Está construido con componentes y materiales de fácil adquisición y su calibración se puede realizar con un polímetro digital, instrumento normal en el laboratorio del radioaficionado.

Si realizamos la calibración cuidadosamente, dispondremos de un instrumento de gran utilidad para la medida de tensiones de radiofrecuencia en osciladores, multiplicadores, preamplificadores, etc. También puede servir como indicador de intensidad de campo para el ajuste y orientación de antenas. El lector sabrá, sin duda, dar al Milivoltímetro multitud de usos y aplicaciones en su laboratorio.

El autor no se hace responsable de posibles derechos de copia. La información para la realización de este montaje procede de diversas publicaciones, libros, revistas, etc., así como de los propios conocimientos del autor.

El autor no se hace responsable de posibles daños y/o perjuicios causados por la construcción y/o uso de este dispositivo, daños personales o muerte, daños a la propiedad, daños al medio ambiente, lucro cesante, pérdida total o parcial de datos informáticos o cualquier tipo de daño que se pudiera derivar del montaje y/o uso de este dispositivo.

No se aconseja el uso de este dispositivo en aplicaciones críticas, cómo son control de maquinaria peligrosa, control de navegación o tráfico, maquinaria de mantenimiento de vida o sistemas cuyo mal funcionamiento pueda provocar causas o efectos anteriormente mencionados. Este dispositivo no es tolerante a fallos.

El autor declina cualquier responsabilidad, ni se hace responsable de no mencionar a los dueños de las posibles patentes que aquí se pudieran reflejar.

El dispositivo descrito en el presente artículo es un montaje experimental, cuyo propósito es el estudio de los diferentes aspectos de la Electrónica, por tanto, no está destinado a su utilización industrial ni para su explotación comercial en cualquiera de sus facetas.

El autor no efectúa ninguna actividad comercial relacionada con este u otros montajes publicados en esta u otras revistas o publicaciones de cualquier tipo.

El presente artículo y todos los publicados hasta el momento en la revista "RADIOAFICIONADOS", están recopilados en un DVD a disposición de quien lo solicite. Se incluyen todos los textos, así como las fotografías, dibujos, gráficos, plantillas de circuitos impresos, etc.

Aunque se ha intentado proporcionar todos los detalles necesarios para la realización del proyecto, es posible que algún aspecto concreto no haya quedado suficientemente desarrollado. Como es natural, con mucho gusto el autor dará cumplida información sobre cualquier detalle no especificado, o cualquier punto en particular que no haya quedado completamente explicado. Buena suerte a todos.

Luis Sánchez Pérez. EA4-NH
Apartado 421, 45080-TOLEDO
Tlf. 606-383-140
Web: www.ea4nh.com
E-mail: ea4nh@ure.es

FIGURA NÚMERO UNO.
Esquema del Milivoltímetro.

FIGURA NÚMERO DOS.
Esquema de la fuente de alimentación.

FIGURA NÚMERO TRES.
Componentes de la carga.

FIGURA NÚMERO CUATRO.
Semi-tubo con terminales.

FIGURA NÚMERO CINCO.
Montaje de las resistencias.

FIGURA NÚMERO SEIS.
Carga terminada.

FIGURA NÚMERO SIETE.
Circuito impreso. Punta de prueba.

FIGURA NÚMERO OCHO.
Disposición de los componentes. Punta de prueba.

FIGURA NÚMERO NUEVE.
Conector de la punta de prueba.

FIGURA NÚMERO DIEZ.
Circuito impreso. Punta de prueba.

FIGURA NÚMERO ONCE.
Detalle del conector de entrada.

FIGURA NÚMERO DOCE.
Rotulador.

FIGURA NÚMERO TRECE.
Tubo de aluminio.

FIGURA NÚMERO CATORCE.
Dimensiones del tubo de aluminio.

FIGURA NÚMERO QUINCE.
Conector DIN.

FIGURA NÚMERO DIECISEIS.
Punta de prueba terminada.

FIGURA NÚMERO DIECISIETE.

Amplificador. Circuito impreso.

FIGURA NÚMERO DIECIOCHO.
Amplificador. Disposición de los componentes.

FIGURA NÚMERO DIECINUEVE.
Circuito impreso del amplificador.

FIGURA NÚMERO VEINTE.
Circuito impreso del amplificador

FIGURA NÚMERO VENTIUNO.
Diseño del panel frontal.

FIGURA NÚMERO VENTIDOS.
Panel frontal.

FIGURA NÚMERO VENTITRES.
Panel frontal. Parte posterior.

FIGURA NÚMERO VENTICUATRO.
Circuito impreso y panel frontal.

FIGURA NÚMERO VENTICINCO.
Conexionado del conector J5.

FIGURA NÚMERO VENTISEIS.
Conexionado del conmutador S1.

FIGURA NÚMERO VENTISIETE.
Fuente de alimentación. Circuito impreso

FIGURA NÚMERO VENTIOCHO.
Fuente de alimentación. Disposición de los componentes.

FIGURA NÚMERO VENTINUEVE.
Fuente de alimentación. Transformador.

FIGURA NÚMERO TREINTA.
Fuente de alimentación montada.

FIGURA NÚMERO TREINTA Y UNO.
Cableado.

FIGURA NÚMERO TREINTA Y DOS.
Punta de prueba. Calibración.

FIGURA NÚMERO TREINTA Y TRES.
Circuito Para la calibración.

FIGURA NÚMERO TREINTA Y CUATRO.
Milivoltímetro terminado.