

LINEAL RF de potencia de banda ancha

Con un par de MOSFET PD55015 es posible lograr un amplificador de potencia de banda ancha sin ningún punto de calibración. La configuración "Push-pull" ha permitido obtener una potencia de salida entre 20 y 30 vatios.

Las principales dificultades a las que se enfrentan los que se predisponen a montar **amplificadores de potencia para radiofrecuencia** se refieren a la calibración, una operación delicada que se realiza con instrumentación adecuada y costosa, además de con los conocimientos técnicos necesarios que lamentablemente no todos poseen. Por esta razón, pensamos que para muchos lectores interesará el proyecto que se presenta en estas páginas, un amplificador de potencia que no requiere ningún ajuste de la compensación. La fase de calibración, por lo tanto se verá muy simplificada, incluyendo sólo el ajuste de la corriente continua de bias que se realiza con un sencillo tester.

La frecuencia de trabajo de nuestro amplificador está entre **10 y 110MHz**, por tanto incluye la onda corta y la parte baja de VHF con la banda **FM 88-108 MHz**. El circuito es por eso muy adecuado para amplificar la señal de salida tomada de un excitador de FM y luego aplicarla a la antena, o impulsar una etapa posterior de potencia.

La configuración utilizada es la de **Push-Pull** que usa un par de **MOSFET** impulsados en antifase; esta configuración ha permitido obtener una potencia de salida máxima de **entre 20 y 30 vatios**. En la descripción del esquema eléctrico se intentará proporcionar toda la información relativa a las fases del proyecto con las que se han conseguido estas características. La **ganancia de potencia** del amplificador es igual a aproximadamente de **18 dB** y corresponde a la relación entre la potencia de salida y la de entrada de aproximadamente **63 veces**.

Por ejemplo, para obtener **20 vatios** de potencia debe ser aplicada a la entrada una potencia de salida de poco más de **0,3 vatios**. La **linealidad de frecuencia** dentro de la banda de trabajo es, sin embargo, de unos **2 dB**, pero de estos dos datos y de cómo se interpretan hablaremos más adelante.

La potencia requerida es de **28 voltios** en continua y la corriente máxima absorbida es aproximadamente de **2 amperios**.

■ ESQUEMA ELÉCTRICO

Hemos elegido como el dispositivo activo dos MOSFET para radiofrecuencia de tipo **PD55015** fabricados por **ST**. Este componente ya lo hemos usado en el lineal para banda **FM LX.1636** y hemos podido constatar sus excelentes características eléctricas junto con un coste razonable.

El uso de dos MOSFET conectados en **push-pull** en lugar de uno solo, además de garantizar el doble de potencia de salida, permite obtener una supresión extra de armónicos de salida del amplificador (es decir, el segundo, cuarto y sexto armónico). Esto nos permite simplificar el filtrado de posibles señales armónicas de salida, lo que podría perturbar las porciones de la banda más alejadas de la frecuencia de salida principal de uso. Esta condición permite usar un simple filtro de paso bajo compuesto por menos celdas filtrantes y obtener una supresión de armónicos muy eficaz.

El funcionamiento de **push-pull** se obtiene manejando los dos terminales del puerto MOSFET con una señal desfasada en **180°** (es decir, en antifase) con respecto a la señal de entrada. Las dos señales en antifase amplificadas, tomadas del terminal **Drain**, se “combinana” posteriormente con el fin de obtener una sola señal de amplitud más robusta.

Los terminales **Source** están conectados a tierra. Generar y luego combinar los dos señales en antifase es tarea de los denominados “**Balun**” que en nuestro circuito están etiquetados como **T1** el de entrada y como **T3** el de salida.

El **Balun T1**, a partir de una señal no balanceada como la que se aplica al conector de entrada **BNC**, produce dos señales de amplitud idéntica, pero en fase invertida manteniendo fijo el valor de la impedancia [véase la figura 2].

Para obtener la anchura de banda necesaria y garantizar un funcionamiento a la frecuencia mínima de trabajo, se ha utilizado un pequeño núcleo toroidal **FT50-43** (véase fig. 2) en el que se enrollan 6+6 vueltas de las que se compone la bobina.

Para mejorar las características del **Balun** en términos de adaptación de impedancia es bueno que el devanado de realice con doble cable trenzado (**twisted wire**), con un hilo de cobre para transformadores de **0,5 milímetros** de diámetro. Antes de enrollarlos los dos cables se trenzan para formar una “**línea de transmisión**” con el valor de la impedancia lo más cerca posible a los **50 ohmios** utilizados en el campo RF.

En la práctica, el acoplamiento de los cables generar una **pequeña capacidad eléctrica** entre ellos, que, junto a la inductancia propia del hilo, determina las constantes distribuidas y, por lo tanto, la impedancia de la línea de transmisión construida [ver Fig.3].

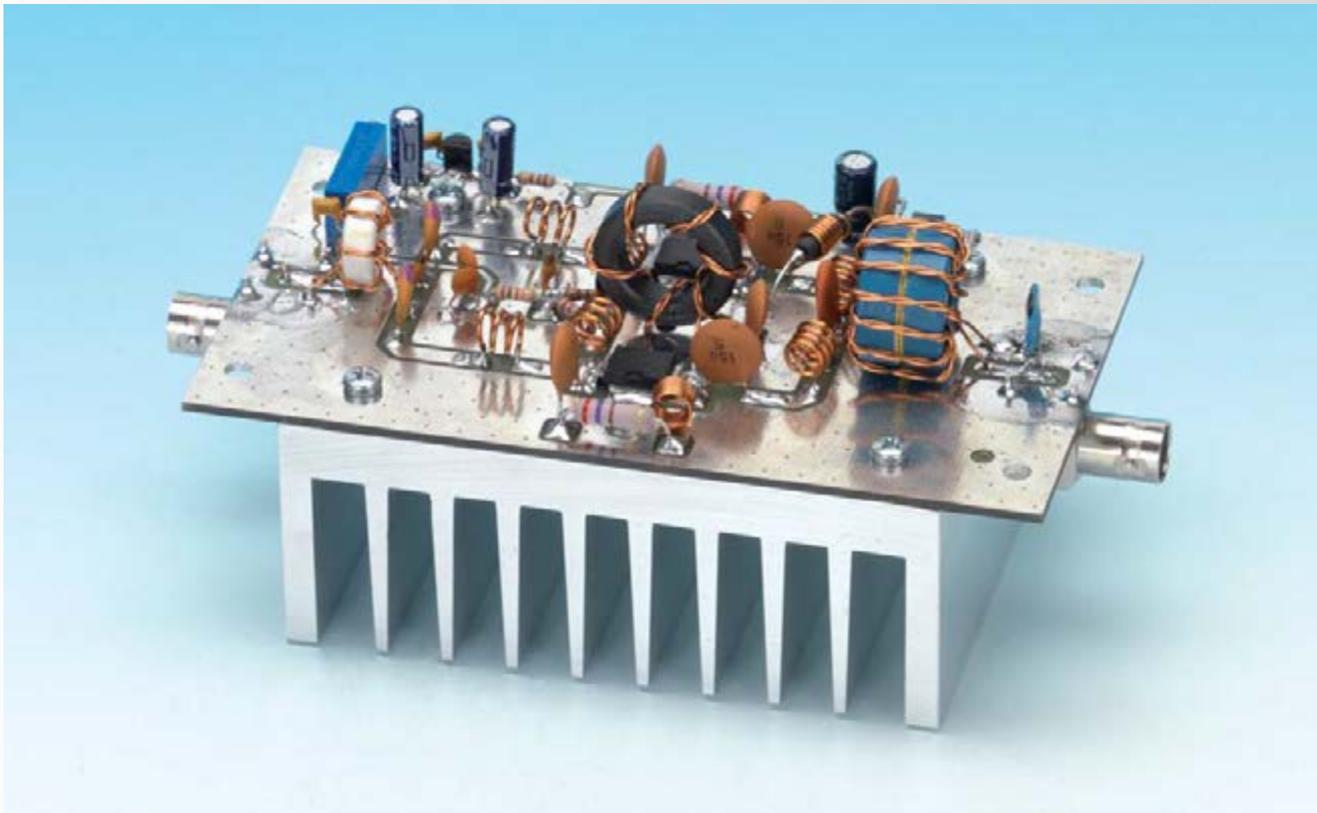


Fig.1 Foto del amplificador de RF de banda ancha de potencia.

Se obtiene en este punto la **señal equilibrada**, pero queda por resolver el problema de la adaptación de impedancia: sabemos que para obtener la mayor transferencia posible de potencia entre un generador y una carga, las dos impedancias deben ser lo más parecidas que se pueda. La impedancia de entrada de nuestro amplificador, por tanto, será de unos **50 ohmios**.

La impedancia de entrada de los MOSFET (**gate**) es altamente capacitiva debido a que este pin está casi "aislado ohmicamente" con respecto a los otros dos pines de **Source** y **Drain**; se ha explotado esta característica para que la red de adaptación de impedancia sea operativa en toda la banda de trabajo del amplificador.

En la práctica, este condensador "virtual" de aproximadamente **90 picofaradios** (como se deduce de la hoja de especificaciones del componente), se utiliza como un componente que forma parte de un filtro de paso bajo (dos secciones de pi griego), consistiendo por las inductancias **L1**, **L2**, **L3** y **L4**, los condensadores **C2** y **C13** y por la capacidad de **Gate**.

Las resistencias **R3** y **R4** sirven como una "carga" de cierre a este filtro, por lo que el todo es adaptado a la entrada de **50 Ohmios** y tiene un buen **Return Loss** en la banda el trabajo del amplificador [véase fig.4]. Los dos condensadores **C1** y **C3** (ver fig. 6) tienen la tarea para dejar pasar la señal de RF y bloquear la tensión continua de polarización aplicada a ambos terminales **Gate** del MOSFET.

Esta tensión de polarización se toma del cursor del potenciómetro **R1** y se aplica al nodo de las resistencias **R3** y **R4** a través de la resistencia **R2**, que se adosa para absorber del amplificador corriente en reposo (es decir, sin ninguna señal aplicada en la entrada), de entre **100** y **200 miliamperios**.

La tensión de **bias** estabilizada por un regulador de **5 voltios** (ver **IC1**) se utiliza con el fin de poner los dos MOSFET en **leve conducción**. Así se obtiene la **mejor linealidad** del amplificador junto con la máxima **ganancia de potencia**.

La red compuesta por los componentes **C12-R5-L5**, por un lado, y **C14-R6-L6**, por otro lado, sirve para introducir una retroacción negativa en el amplificador cuyo valor depende de la frecuencia: esta característica es útil para una **ganancia constante** a través de la banda de trabajo del amplificador. Si no se adoptase, habría una ganancia exagerada en las frecuencias bajas, que también podría crear inestabilidad y autoscilaciones falsas y, al revés, la reducción de la ganancia hacia las frecuencias altas.

En su lugar, utilizando la realimentación negativa, la variación de ganancia que se obtiene dentro del ancho de la banda de trabajo (**10 MHz-110 MHz**) se sitúa en **± 2 dB**.

De salida, la señal amplificada está disponible de forma equilibrada en ambos terminales de **Drain** de los MOSFET **MFT1** y **MFT2**.

Obviamente, para que esté disponible en el conector de salida se debe realizar la operación inversa en comparación con la entrada, es decir, transformar la señal balanceada en una desequilibrada que ejecuta el **Balun T3** (ver fig.6).

Pero antes de esta operación hay que revisar y corregir la adaptación de la impedancia entre los terminales de **Drain** del MOSFET y la salida del amplificador: también en este caso si la impedancia de salida del amplificador debe tener un valor igual o próximo a los **50 ohmios** nominales.

En ausencia de otros datos, en la práctica, el valor de resistencia de salida de r amplificador MOSFETe calcula fácilmente con la siguiente fórmula:

$$R_u = \sqrt{\frac{P_o}{V_{ds2}}}$$

donde:

R_u es la resistencia de salida del **Drain** de los **MOSFET** expresada en **ohmios**;

V_{DS} es la tensión de alimentación expresado en **Voltios**;

P_o es la potencia de salida del amplificador expresada en **Watts**.

Considerando una tensión de alimentación de **28 Voltios** y una **potencia de 15 vatios** por MOSFET (para una potencia total de salida de **30 vatios**) se obtiene:
$$R_u = \sqrt{\frac{15}{28}} = 26,1 \text{ Ohm}$$

Además de esta resistencia equivalente de salida se debe considerar también la capacidad de **Drain C_d** que se conecta en paralelo a ella, que se puede medir consultando el **data sheet** en unos 50 picofaradios.

Por lo tanto, el circuito equivalente de un solo MOSFET será igual al que podemos ver a la izquierda de la fig.5. Sin embargo, teniendo en cuenta que en nuestro amplificador se utilizan dos MOSFET, en realidad, el circuito equivalente es igual a al de la derecha en la misma fig.5.

Las dos resistencias **R_d** se conectarán en serie, así como las dos capacitancias de **Drain C_d**, entonces el valor total de la resistencia de salida será igual a:

$$R_{dd} = R_d + R_d = 26,1 + 26,1 = 52,2 \text{ Ohm}$$

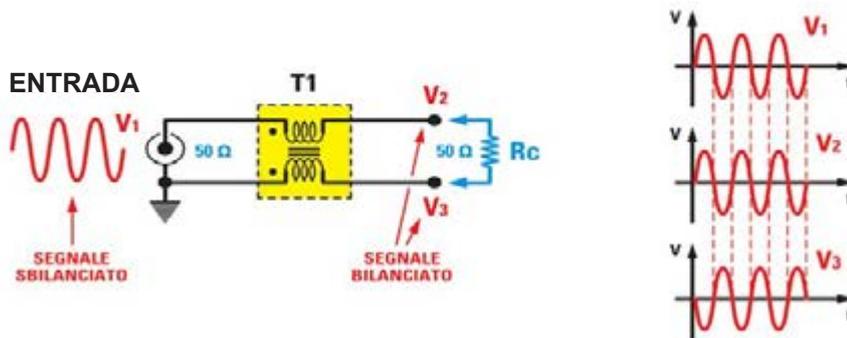


Fig. 2 Para obtener de una señal de RF "desequilibrada" dos señales idénticas con amplitud pero con fase invertida, hemos usado el transformador T1.

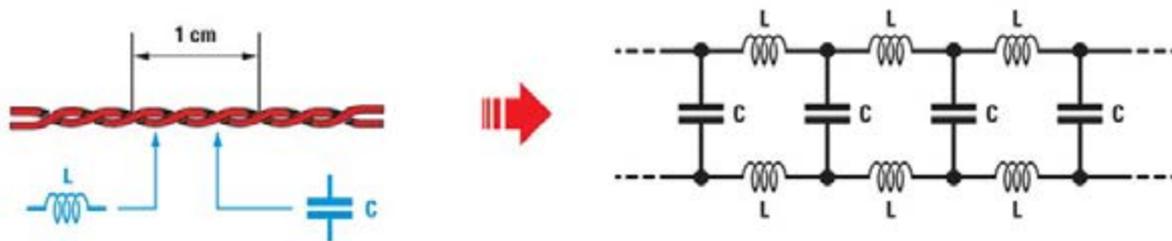


Fig. 3 Enrollando juntos dos cables se obtiene una "línea de transmisión" cuya impedancia depende del número de vueltas por cm de longitud.

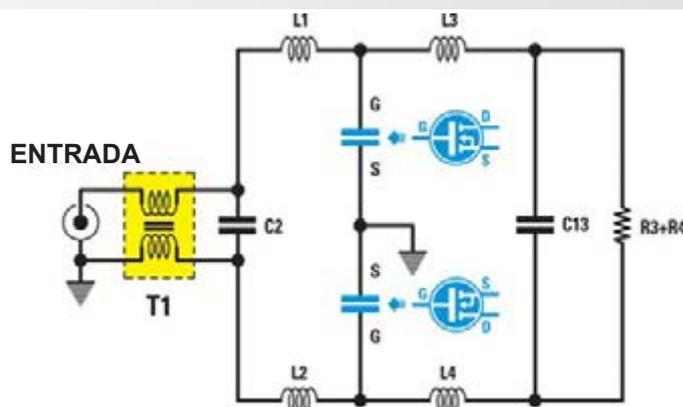


Fig.4 Aquí se puede ver el diagrama equivalente a la sección de entrada del amplificador; la capacidad de "Gate" del MOSFET se utiliza como "Condensador" para formar un filtro de paso bajo.

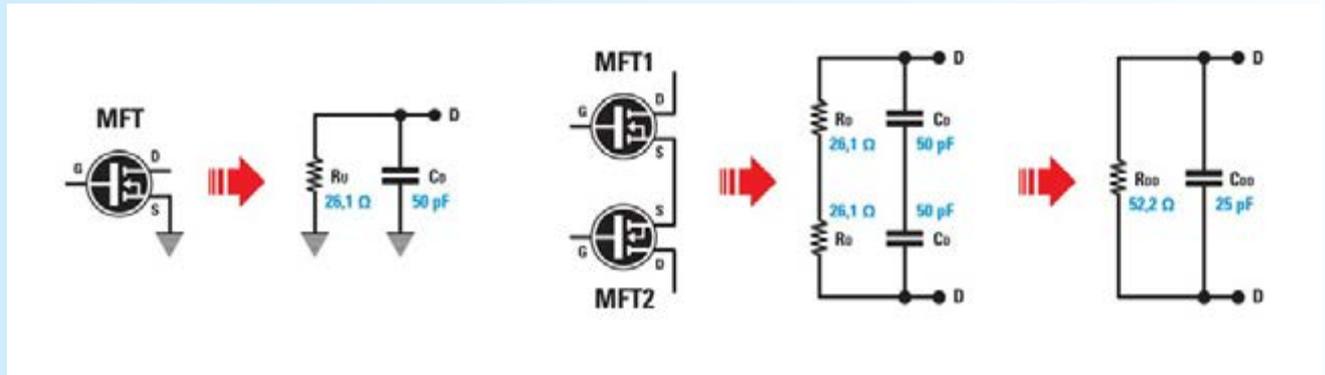


Fig.5 Desde la izquierda se puede ver el circuito equivalente de drain de un MOSFET, en el centro cómo se combinan los valores en configuración push-pull y a la derecha, los valores finales.

valor muy cerca de los 50 ohmios nominales que debe tener la salida y por lo tanto no requiere ningún otro ajuste. La capacidad total de Drain C_{dd} se reducirá a la mitad con respecto la capacidad de salida C_d ya que están conectadas en serie, siendo: $C_{dd} = C_d : 2 = 50 : 2 = 25$ picoFaradios

por lo tanto, el circuito de salida equivalente de nuestro amplificador es el que se puede ver a la derecha de la fig.5.

La capacidad de salida C_{dd} de los dos MOSFET se usará como si se tratara de la capacidad de dos condensadores insertados en el circuito, junto con el condensador C_{22} y con las dos inductancias L_7 y L_8 , para formar un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte sólo ligeramente mayor que el límite superior del amplificador, como se ha hecho en el circuito entrada.

Los dos condensadores C_{20} y C_{21} tienen la tarea de permitir el paso de la señal de radiofrecuencia de radio y de bloquear la tensión continua presente también en el terminal Drain de los MOSFET.

A través de los devanados realizados en el núcleo toroidal que compone el T_2 (ver esquema en la fig.11), se aplica la tensión continua al Drain de los dos MOSFET; el sentido de envolvimiento en controfase es necesario porque evita la "saturación" del núcleo ya que se anula el campo magnético.

El transformador Balun T_3 realiza la operación inversa con respecto a la del transformador de entrada T_1 : toma la señal de "equilibrada" de los drain de los MOSFET y la "desequilibra" para conectarla a la toma de salida.

El condensador C_2 de la entrada y el condensador C_{23} conectado en paralelo a la salida mejoran la adaptación de impedancia del amplificador.

Los condensadores C_{17} - C_{18} - C_{19} componen un eficiente by-pass, de modo que no haya residuos de radio frecuencia en la línea de alimentación y que el polo "frío" de T_2 esté conectado dinámicamente a tierra en materia de radio frecuencia. Un fusible F_1 de 3 amperios protegerá el amplificador en el caso de que se aplique por error la tensión de alimentación con la polaridad invertida. En ese caso, el diodo DS_1 se polarizaría directamente y, entrando en conducción, derritiría el fusible, salvaguardando el amplificador de roturas más graves.

■ REALIZACIÓN PRÁCTICA

Sugerimos comenzar el montaje soldando los dos MOSFET $PD55015$ (ver MFT_1 y MFT_2) estando todavía "libre" el circuito impreso. Hay que apoyarlos de uno en uno en el circuito impreso, comprobando que su marca de referencia en U esté orientada hacia abajo (véase la fig. 13). De este modo los dos terminales Source de los MOSFET quedarán dispuestos uno encima y otro abajo, el terminal Drain a la derecha y el terminal Gate a la izquierda.

Mantener presionado sus cuerpos en el circuito impreso y soldar a la masa los dos terminales Source, luego en la almohadilla de la derecha el terminal Drain y finalmente soldar el terminal Gate a la izquierda. Esto debe hacerse tan rápidamente como sea posible para que no se sobrecalienten los componentes e intentando al mismo tiempo realizar unas buenas soldaduras.

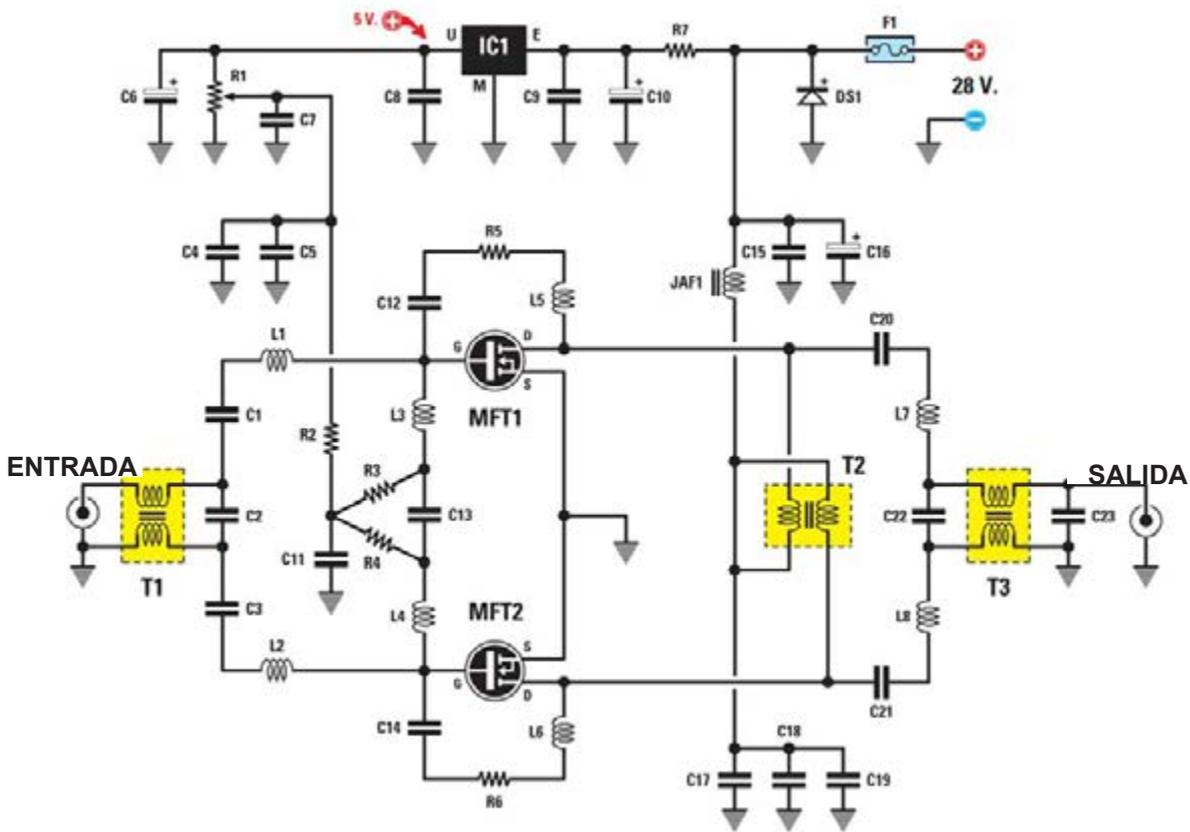


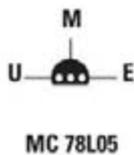
Fig. 6 Esquema del amplificador de RF y debajo una lista completa de los componentes.

LISTA DE PIEZAS LX.1793

- R1 = 1.000 ohmios trimmer de 20 g.
- R2 = 1.000 ohmios
- R3 = 27 ohmios
- R4 = 27 ohmios
- R5 = 270 ohmios 1 vatio
- R6 = 270 ohmios 1 vatio
- R7 = 100 ohmios
- C1 = 4700 pF CER. VHF
- C2 = 33 CER pF. VHF
- C3 = 4.700 pF cerámico
- C4 = 1.000 pF cerámico
- C5 = 47.000 pF cerámico
- C6 = 10 microF. electrolítico

- C7 = 100000 pF multicapa
- C8 = 100.000 pF multicapa
- C9 = 100.000 pF multicapa
- C10 = 10 microF. electrolítico
- C11 = 33 pF CER. VHF
- C12 = 15.000 pF CER. VHF
- C13 = 18 pF CER. VHF
- C14 = 15.000 pF CER. VHF
- C15 = 15.000 pF CER. VHF
- C16 = 100 microF. electrolítico
- C17 = 1.000 pF multicapa
- C18 = 15.000 pF CER. VHF
- C19 = 100.000 pF multicapa

- C20 = 15.000 pF CER. VHF
- C21 = 15.000 pF CER. VHF
- C22 = 51 pF CER. VHF
- C23 = 27 pF CER. VHF
- L1-L8 = véase el texto
- T1-T3 = véase el texto
- JAF1 = véase el texto
- DS1 = 1N4007 tipo de diodo
- MFT1 = MOSFET de tipo PD55015
- MFT2 = MOSFET de tipo PD55015
- IC1 = tipo integrado MC78L05
- F1 = 3 amperios



Conexiones de los MOSFET de tipo PD55015 vistas desde arriba con la muesca de referencia orientada hacia abajo y el integrado MC78L05 visto desde arriba.

PROYECTO

LX. 1793

Como todos los MOSFET, también los **PD55015** son sensibles a la carga residual electrostática que podrían dañarlos (especialmente si se aplican al Gate) : por tanto, es aconsejable utilizar para la soldadura una "estación de soldadura aislada de la red" o, como alternativa, conectar momentáneamente el terminal Gate a tierra del circuito impreso por medio de un corto puente, eliminando después la soldadura.

Como se puede ver en la fig.13, la realización práctica de este lineal prevé el montaje de componentes indicados en la lista, entre los cuales destacab las **8 bobinas L1-L8** y la impedancia **JAF1**. El devanado de estos componentes no implica dificultades, pero hay que poner atención en ello y por esta razón se sugiere ponerlo en práctica pronto, tomando como referencia los dibujos explicativos que se reproducen en la secuencia de las figuras 7-8.

Por lo tanto, hay que disponer de una varilla o una broca de un diámetro de 5 mm [véase la fig.7] y proceder a dar las vueltas necesarias con el cable de cobre esmaltado, teniendo en cuenta lo siguiente:

L1-L2-L3-L4 = 3 vueltas del diámetro de **0,8 mm** espaciadas de modo que se obtenga una longitud de **6 mm**.

L5-L6 = 8 vueltas del diámetro de **0,5 mm** todas seguidas, sin espacios.

L7-L8 = 4 vueltas del diámetro de **0,8 mm** espaciadas de modo que se obtenga una longitud de **8 mm**.

En el caso de la impedancia **JAF1** se usará una varilla o una broca de diámetro de **3,5 mm** [ver fig.8] y se darán **6** vueltas del diámetro de **0,8 mm** todas seguidas, sin espacios.

En la bobina obtenida se inserta un núcleo de **ferrita** con dos reóforos que se sueldan cuidadosamente a los lados de su cuerpo [ver Fig. 8] para hacer contacto eléctrico.

Recordemos que todos los reóforos de estas bobinas se cubrirán con estaño para eliminar todo rastro de pintura aislante y permitir una soldadura eficaz a las pistas del circuito impreso. Al acabar la envoltura de las bobinas, hay que raspar los terminales de modo que el color rojo-oro, se convierta en plata.

Una vez hechas todas las bobinas, pasamos a los transformadores **T1-T2-T3** [véase las figuras 9-10-11-12]. Una vez más, aconsejamos seguir con calma nuestras indicaciones y su realización no resultará difícil.

Lo primero es sacar del blister el cable esmaltado de **0,6 mm** y hacer una trenza de modo que las 3

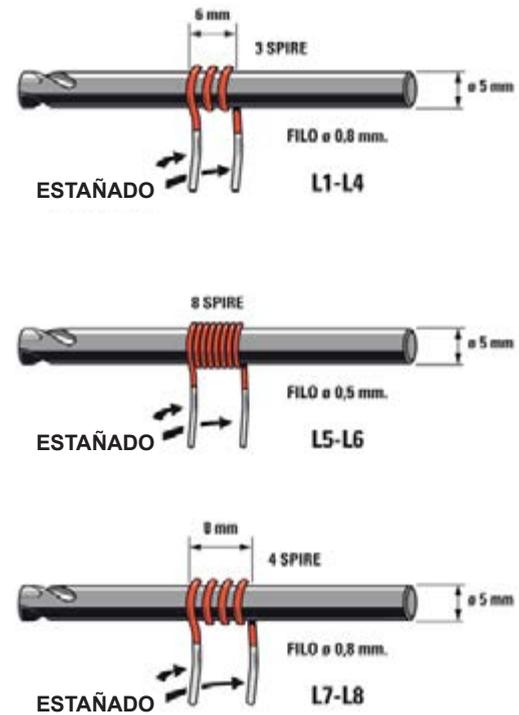


Fig.7 Hemos simulado aquí la secuencia de las operaciones para lograr las 8 bobinas de este artículo.

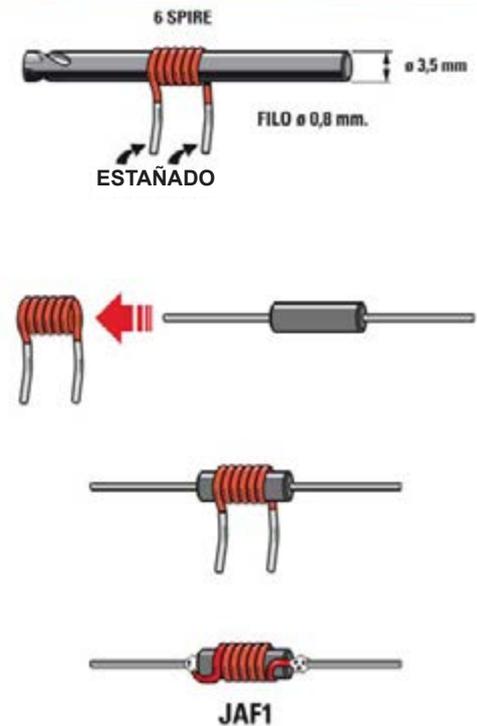


Fig.8 siguiendo las instrucciones de esta ilustración no habrá dificultad a la hora de ejecutar la impedancia JAF1.

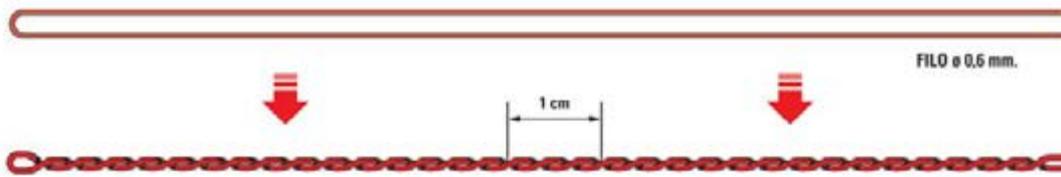


Fig. 9 Para hacer los transformadores T1-T2-T3 primero se debe crear una trenza con cable de diámetro 0,6 mm. 1 cm de trenza consta de 3 vueltas (ver dibujo).

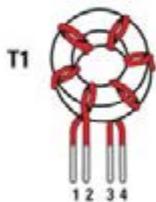


Fig.10 Para hacer la envoltura alrededor del transformador T1 hay que envolver el pequeño núcleo de ferrita con 6 vueltas de cable esmaltado, espaciándolas de modo que se distribuyan uniformemente sobre su superficie.

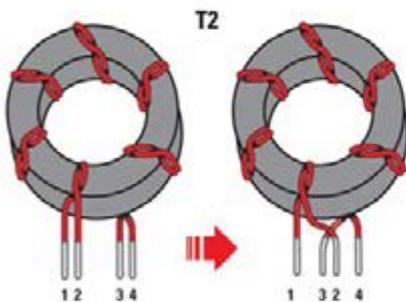


Fig. 11 El núcleo de color gris que se encuentra en el interior del blister está destinado a la realización del transformador T2. Dar 6 vueltas distanciándolas entre sí de manera homogénea.

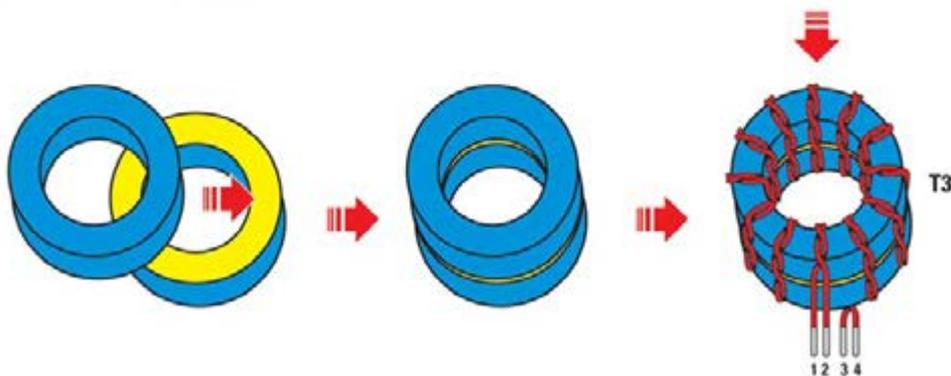


Fig. 12 Para el transformador T3 hay que utilizar dos núcleos de ferrita en azul poniendo en contacto con las dos superficies de color amarillo y una envoltura de 12 vueltas con el fin de cubrir la superficie de manera uniforme.

vueltas completas cubran una longitud de **1 cm** como se muestra en la figura 9. Recomendamos ayudarse en esta operación fijando un extremo del cable a una abrazadera y siguiendo al pie de la letra las indicaciones que ofrecemos.

En este punto a fin de realizar el transformador **T1** se envuelven en torno al pequeño núcleo de ferrita de color blanco las **6 vueltas de doble cable** necesarias usando la "trenza" que se acaba de hacer, tratando de distanciarlas de una manera uniforme sobre la totalidad núcleo.

Se obtendrán así **4** terminales de cable: con un tester habrá que identificar los terminales **1, 2, 3, 4** (véase la fig.10) para poder soldarlos en sus respectivas plataformas marcadas por los números correspondientes (ver fig.13).

Antes de soldarlos en el circuito impreso, estos terminales deben estar limpios y bien cubiertos de estaño de modo que no queden residuos de barniz aislante. Continúe con el transformador **T2**, envolviendo alrededor del núcleo de ferrita de color gris **6** vueltas de doble cable utilizando siempre un torzo de la misma "trenza"; las vueltas se enrollan sobre toda la superficie del núcleo.

También en este caso se obtendrán **4** terminales, que una vez identificados por medio de un tester se a sus almohadillas marcadas con los respectivos números **1, 2, 3, 4** (véase fig.13).

Finalmente se realizará el transformador **T3** que prevé el uso de dos núcleos toroidales emparejados de color **azul/amarillo**, que hay que poner en contacto antes uno con otro por sus dos lados de color **amarillo** (véase la fig.12). Para mantener juntos los dos toroides se puede utilizar una gota de pegamento rápido.

En este punto se envuelven con 12 vueltas de doble cable, espaciándolas para cubrir de modo uniforme toda la superficie de los núcleos toroidales y obtener, como en los casos anteriores, **4** terminales. También en este caso después de que identificarlos utilizando el tester, se sueldan a sus respectivas almohadillas marcadas con los números **1, 2, 3, 4**.

Ahora se introducen en el circuito todas las resistencias de **1/4 vatios** y las dos resistencias **R5-R6** de **1 vatio**, reconocibles por su mayor tamaño; a continuación, los condensadores cerámicos y los electrolítico, en el caso de estos últimos orientando la cara marcada por el signo + tal y como se muestra en la fig.13.

Todos los componentes descritos en este documento se

sueldan directamente sobre las almohadillas de cobre del circuito impreso manteniendo los terminales tan cortos como sea posible.

A continuación, se puede continuar el montaje soldando en la esquina superior izquierda el integrado estabilizador de voltaje **IC1**, poniendo hacia abajo el lado plano de su cuerpo y separando sus terminales laterales para centrarlos en sus respectivas almohadillas.

Luego, se inserta el diodo **DS1** girando hacia la izquierda la banda blanca de su cuerpo (ver fig.13).

Y ahora de montan las bobinas, la impedancia **JAF1** y los transformadores **T1-T2-T3**, soldando cuidadosamente los reóforos tal y como se muestra en la fig.13. En el lado opuesto, a la derecha y a la izquierda del circuito impreso se introducen los dos conectores **BNC** de entrada y de salida, soldando sobre las pistas de cobre sus **5** terminales.

Para completar el conjunto, se apoya sobre este mismo lado del circuito el **disipador de calor** (ver Fig.15), fijándolo con los pernos de hierro adecuados.

Si se desea mejorar la conductividad térmica se puede extender una pequeña capa de pasta térmica entre el circuito y el disipador. En los cuatro agujeros a cada lado del circuito impreso se insertan los pernos de los separadores de metal, que servirán para fijar el lineal a la base de una posible caja en la que poner el amplificador.

En el BNC de entrada se aplica la señal de RF amplificada tomada de un generador o un excitador, mientras que en el BNC de salida se toma la señal que se enviará a una antena o bien la que servirá para la entrada de otro amplificador más de potencia.

■ CALIBRACIÓN

Como hemos mencionado anteriormente, este amplificador lineal no requiere ningún ajuste de compensación para obtener la máxima potencia de salida, sólo requiere un ajuste del consumo de corriente en reposo, un valor que debe estar entre **100 y 200 miliamperios**.

Antes de aplicar la tensión de alimentación, que debe ser igual a **28 voltios estabilizados ($\pm 5\%$)** en continua (tomada de una fuente de alimentación capaz de suministrar una corriente de salida de **por lo menos 2 amperios**), habrá que girar el tornillo de ajuste del potenciómetro **R1** como se muestra en la figura 16, para iniciar sin tensión de polarización aplicada a los gate de los MOSFET. De esta manera el amplificador no absorberá ninguna corriente.

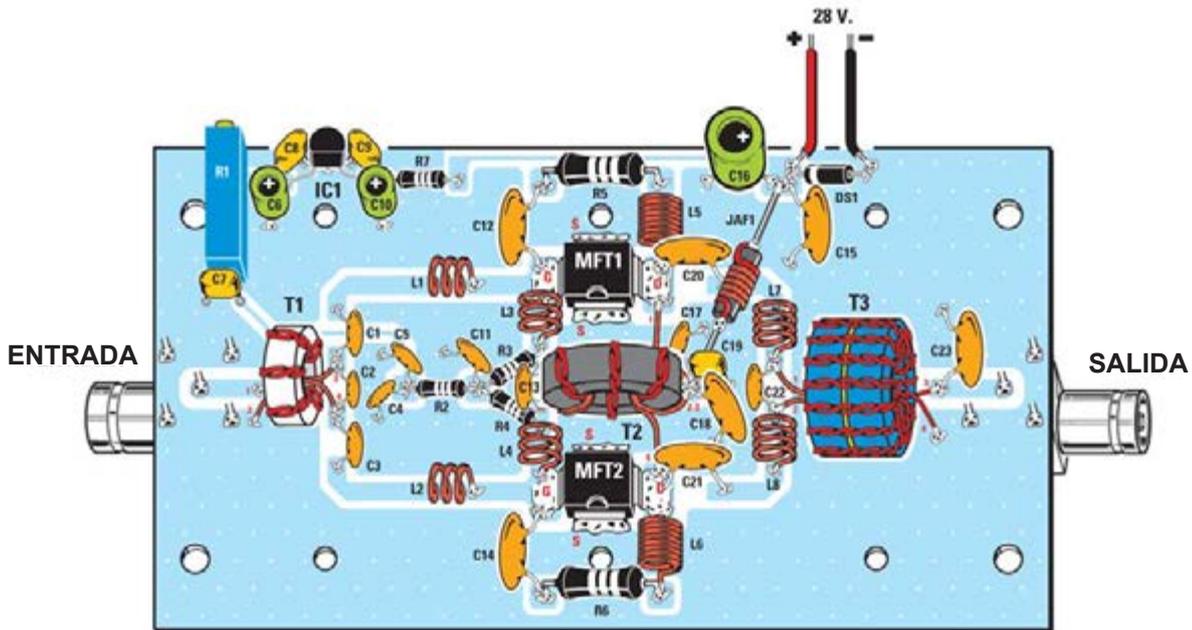


Fig.13 Esquema de montaje conveniente del amplificador de RF. Una vez hechas las bobinas y los transformadores siguiendo algunas instrucciones hay que soldarlos al circuito en las posiciones asignadas a ellos.

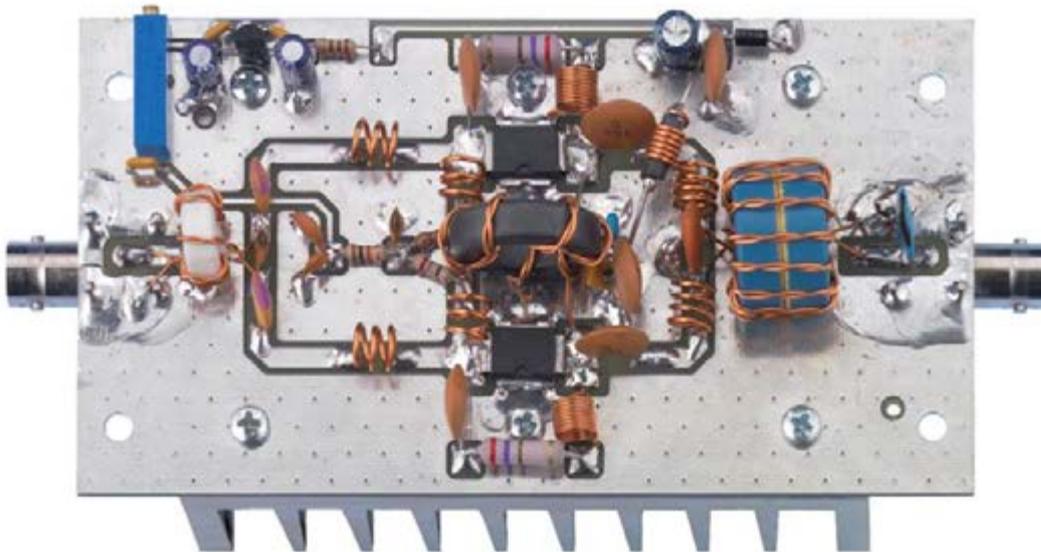


Fig.14 Foto del circuito impreso, con todos los componentes instalados, que hemos hecho en nuestro laboratorio.

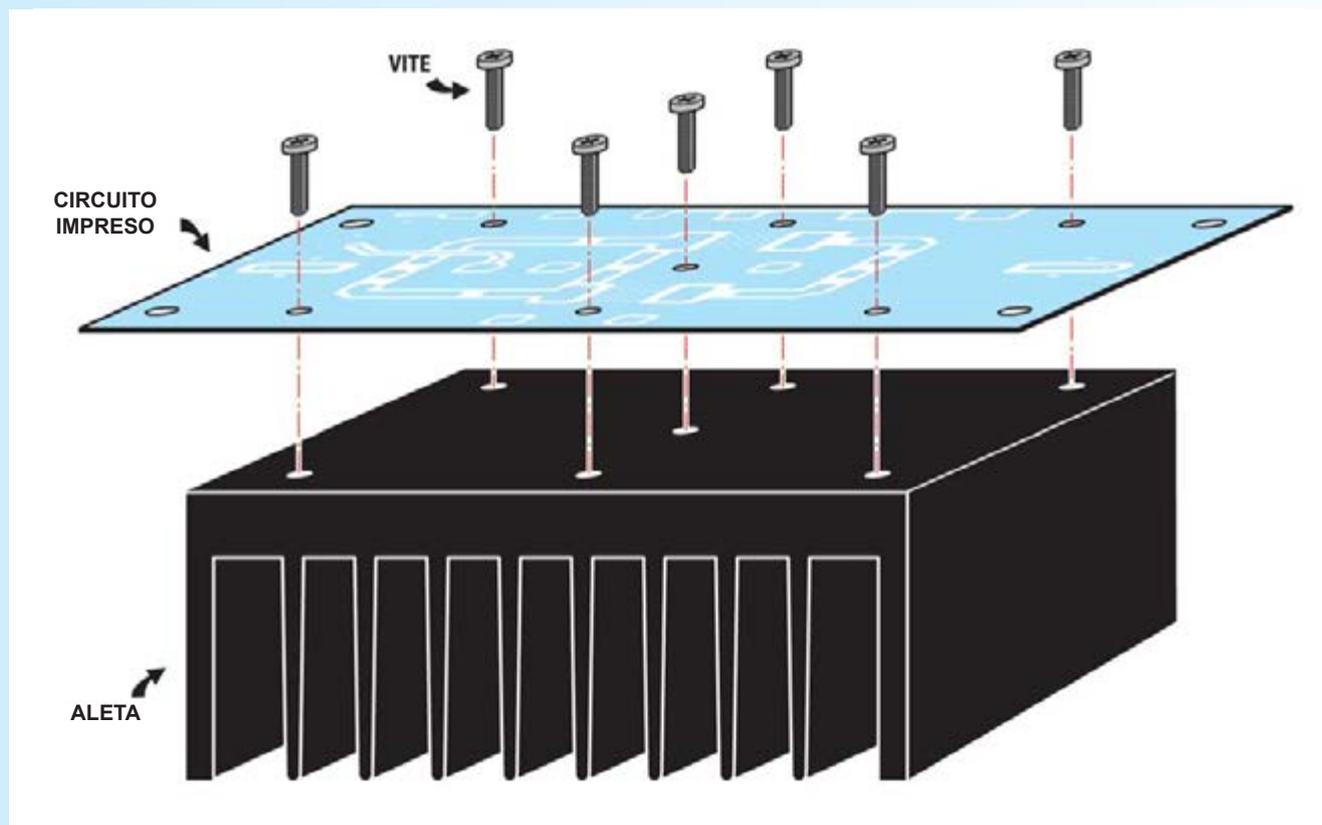


Fig.15 En la parte posterior de la placa del circuito impreso montada sobre la aleta de refrigeración, asegúrela con los tornillos de metal que hay en el blister.

Nota: ya que el potenciómetro multivoltas **R1** no tiene indicada esta condición, se recomienda girar el tornillo de ajuste al menos **20 vueltas** en la dirección mostrada en la fig.16, para asegurar que se parte con un voltaje de **0 voltios**.

En este punto se puede aplicar la tensión de alimentación. Por ello la operación de calibración de la corriente de bias se debe realizar sin aplicar ninguna señal a la entrada del amplificador y sin que haya carga en el conector de salida.

En el polo positivo se aplica el tester para la medición de corriente continua.

Después, se gira lentamente el potenciómetro **R1** de manera que el amplificador de corriente absorba entre **100 y 200 miliamperios**. Desconectar el tester y aplicar otra vez la tensión de alimentación. La potencia de salida será obviamente proporcional a la potencia que se aplicará en su entrada.

Ya que el amplificador tiene una ganancia de unos **+18 DB**, que corresponde a un incremento de **63 veces** la potencia de entrada, es evidente que para obtener **20 vatios** de salida es necesario aplicar de entrada una potencia de: $P_{in} = 20 : 63 = 0,317$ vatios

En todos los casos, la potencia máxima aplicable a la entrada no debe exceder un valor entre los **0,45 y 0,5 vatios** ya que, más allá de este valor, ya no aumenta la potencia de salida, sino que sólo se consigue un incremento de los armónicos generados, debido a la "compresión" del amplificador y también a una posible rotura de los MOSFET.

Además, es recomendable para potencias de salida mayor de **10 vatios** y para largos períodos de funcionamiento del amplificador, enfriar el circuito con un ventilador pequeño (véase la fig.17), dirigiendo el flujo de aire también a los transformadores de salida que tienden a calentarse durante su funcionamiento.

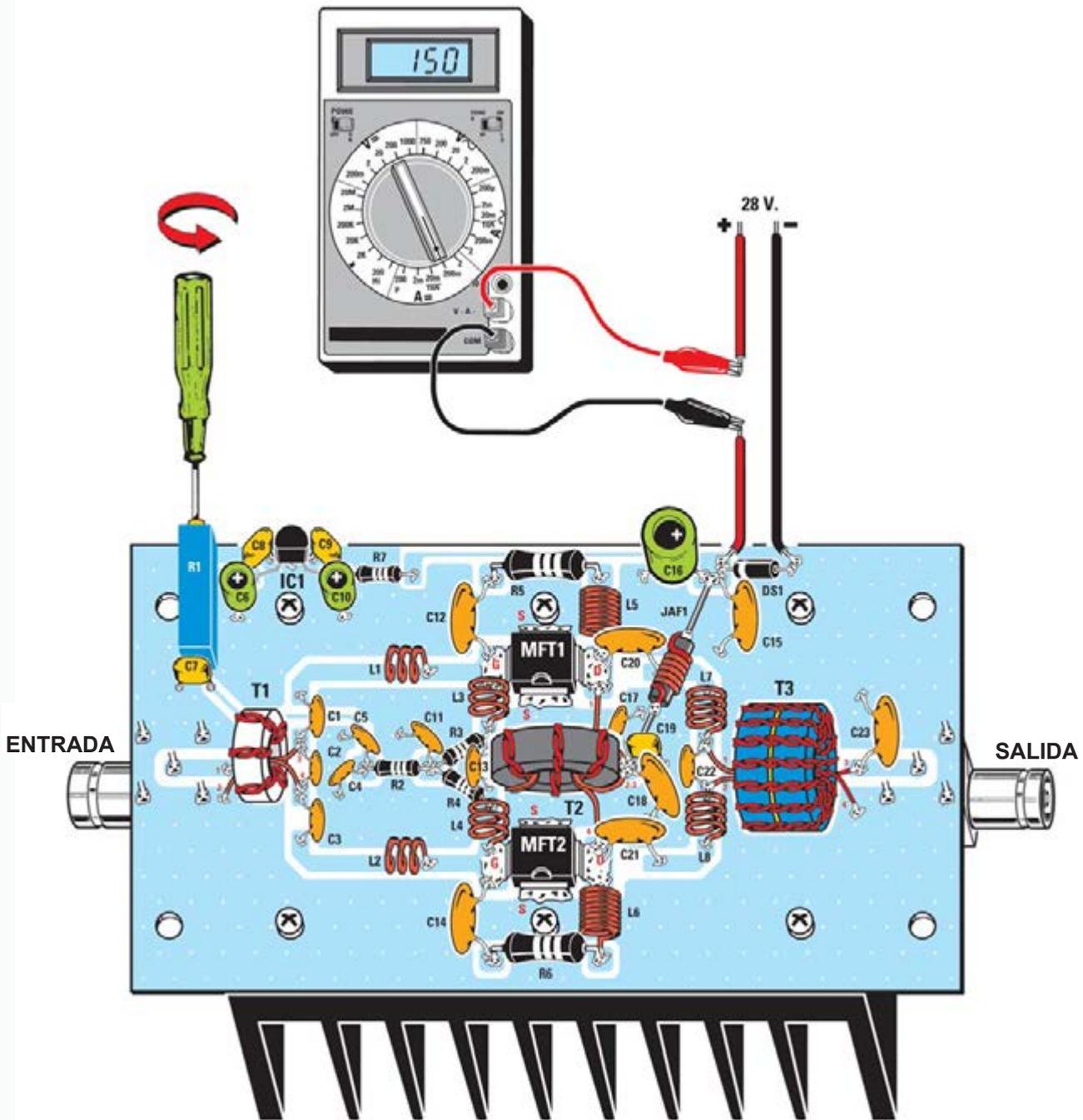


Fig.16 Antes de aplicar la tensión de alimentación del amplificador, debe girar completamente, en el sentido de la flecha, el tornillo de ajuste del potenciómetro R1. Luego, después de conectar la alimentación, debe girar en la dirección opuesta, de manera que el circuito absorba una corriente de entre 100 y 200 miliamperios.

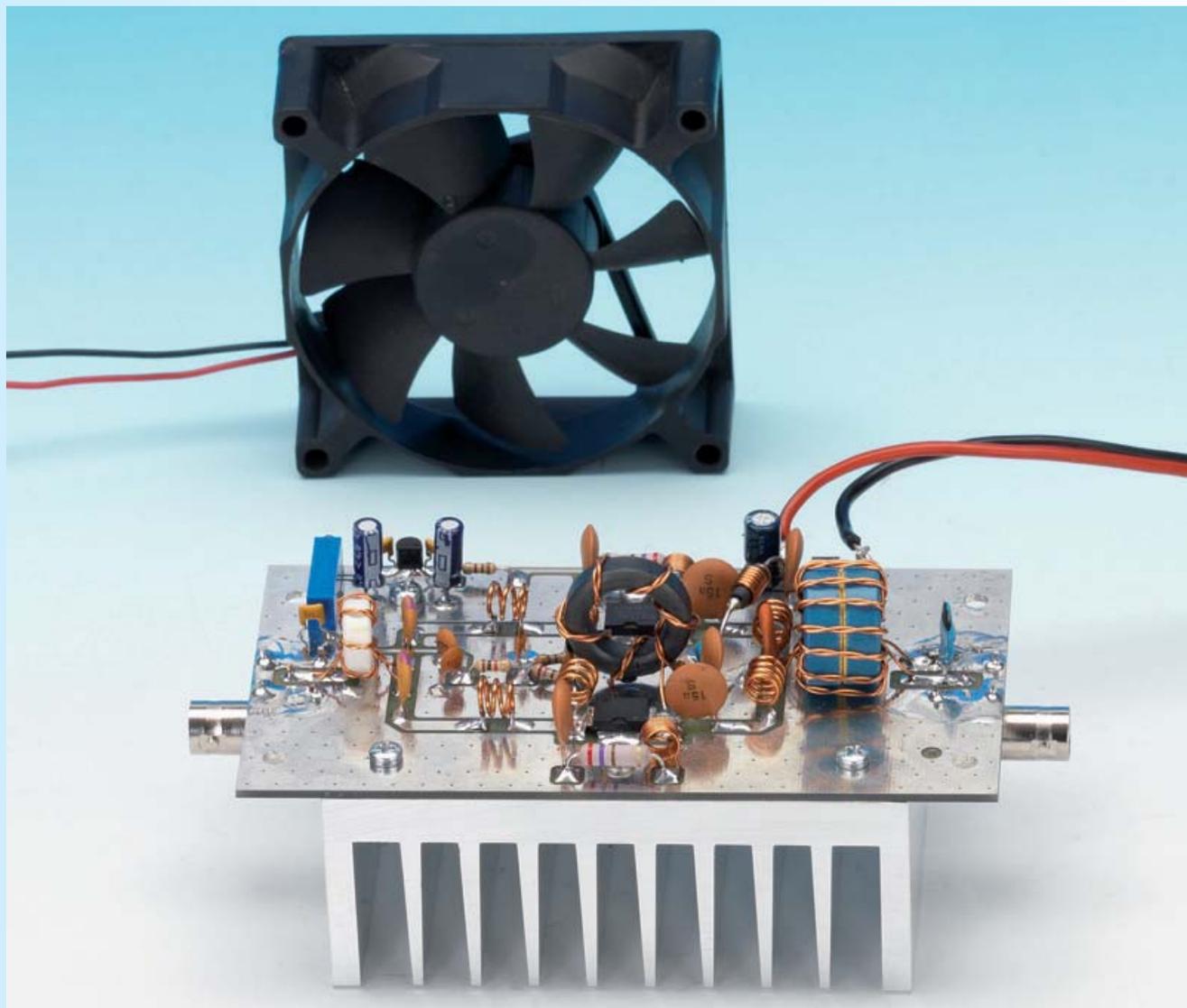


Fig. 17 En el caso de que se esté trabajando con una potencia de salida por encima de 10 vatios y por períodos de tiempo largos, le aconsejamos dirigir un pequeño ventilador de refrigeración hacia el circuito y en particular a los procesadores que tienden a recalentarse durante la operación.

Normalmente, la amplitud de los armónicos de salida se cifra en **-20/-30 dB** en comparación con la fundamental y por lo tanto ya resultan suficientemente atenuadas. Pero se pueden atenuar aún más mediante la inserción externa de un filtro especial de paso bajo.

■ **COSTE DE REALIZACIÓN**

Todos los componentes necesarios para fabricar este **LINEAL RF LX.1793** (véase fig.13), incluyendo la placa de circuito impreso y la aleta: **100,00 Euros**

El precio del circuito impreso **LX.1793** es de: **17,50 Euros**

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