

# Amplificador de RF de 350 W

Premio CQ 1998

*El amplificador que se describe es fruto del deseo del autor de mejorar la instalación de su cuarto de radio y el deparar unas horas de entretenimiento técnico.*

Xavier Paradell, EA3ALV

Las bajas condiciones de propagación dominantes durante el último período del pasado ciclo solar han extendido la instalación y uso de amplificadores de potencia por parte de muchos aficionados al DX. Esto ha tenido, entre otras, una consecuencia evidente: actualmente, el nivel de las señales que recibe cualquier operador de una estación DX o simplemente «interesante» es apreciablemente más alto que en años anteriores, con lo cual resulta cada vez más difícil hacerse oír en una acumulación de llamadas con los cuantos habituales de la instalación de mi QTH en la ciudad. De modo que, aun discrepando profundamente de esta política de «guerra del vatio», me planteé montar un amplificador modesto que me permitiera levantar mi señal algunos decibelios por encima del barullo generalizado de los *pileups*, pero sin comprometer demasiado la convivencia en una comunidad de vecinos. Considerando todas las variables, decidí construir un amplificador lineal con válvulas de una potencia de salida de unos 300-400 Wpwp.

Algunos de los componentes necesarios requieren un poco de trabajo de búsqueda, pero no son «imposibles». [1,2,3,4] En las consideraciones que siguen exponemos algunos de los criterios seguidos en el proyecto y ciertos detalles interesantes de la realización práctica.

## Elección de la válvula

Por supuesto, ni siquiera consideré realizarlo con semiconductores –y no por falta de deseos– ya que las directrices del proyecto eran la simplicidad, un coste asequible y aprovechar cuantas piezas pudiera de mi limitado almacén de componentes, ¡y la opción de transistores significaba exactamente todo lo contrario! La primera disyuntiva a resolver es el dilema triodo o tetrodo.

Las ventajas de los triodos, y de ellos –obviamente– los del tipo de polarización cero son: menor coste unitario y mayor sencillez del circuito de alimentación y polarización; sus inconvenientes son la necesidad de un circuito de adaptación de impedancias en la entrada y una tasa de intermodulación algo más elevada. Los triodos más conocidos, asequibles y dispo-



Foto 1. La válvula Svetlana 572B en su zócalo.

nibles en el mercado son los del tipo 811A y 572B. Para una potencia de salida de 300 W se requieren dos válvulas 811A en paralelo, mientras que basta con una sola 572B.

La posibilidad de adquirir válvulas Svetlana de fabricación rusa [4] nos lleva a unos precios de coste de 5.216 ptas. para la 811A (10.412 para dos unidades) o 13.964 ptas. para la única 572B, y a las que debe añadirse el del zócalo correspondiente (1.204 ptas. cada unidad).

Los modernos tetrodos cerámicos presentan las ventajas de una ganancia mayor –y por ello menores necesidades de potencia de excitación– además de un índice de intermodulación muy bajo y la posibilidad de realizar un circuito de entrada de banda ancha puramente resistivo; pero sus inconvenientes radican en la mayor complicación de los circuitos de polarización (especialmente la de rejilla pantalla) y un precio apreciablemente más alto, incluyendo el zócalo especial. Entre los tetrodos adecuados de

ese nivel de potencia encontramos, entre otros, los cerámicos 4CX250B y 4CX350A. Incluso con válvulas de procedencia rusa, los precios, a los que se debe añadir el coste de los zócalos, resultan apreciablemente superiores. Considerando, además la complicación añadida de la fuente de polarización de pantalla, la decisión final recayó sobre los triodos, y de ellos, el Svetlana 572B (foto 1). Esta válvula, con una disipación máxima de placa de 160 W, admite una potencia de entrada de 600 W a 2.400 V de placa, y puede entregar más de 300 Wpwp, con la ventaja añadida del corto período de calentamiento por su cátodo de caldeo directo, lo cual permite efectivamente activar el amplificador sólo en el momento en que es necesario.

## Consideraciones del circuito.

### Trabajo en clase B y línea de carga

La configuración elegida fue la de rejilla a masa con polarización cero. La tensión de alimentación disponible en carga estará limitada a unos 1.700 V, ya que se obtendrá doblando los 410 + 410 Vca de un transformador de recuperación de un amplificador de audio y lejos, por lo tanto, de los 2.400 V que menciona el fabricante para régimen ICAS en

Triodo 572B	
Amplificador lineal clase B con rejilla a masa	
<i>Características máximas</i> ..... ICAS*	
Tensión de placa	.....2750 V
Corriente de placa	.....275 mA
Disipación de placa	.....160 W
Potencia de entrada	.....600 W
Corriente de rejilla	.....50 mA
<i>Operación típica (&lt; 30 MHz)</i> ..... ICAS*	
Tensión de placa	.....2400 V
Polarización de rejilla	.....-2 V
Corriente de reposo de placa	.....45 mA
Corriente de placa monotonal	.....250 mA
Potencia de excitación	.....50 W
Potencia de salida útil	.....300 W
* (ICAS) Régimen Comercial Intermitente y de Aficionado	

Tabla I. Características máximas de servicio de la válvula Svetlana 572B, como amplificador en clase B con rejilla a masa.

clase B (tabla I); en esta tabla se da un valor de 45 mA para la corriente de reposo de placa y una intensidad media de 250 mA para la señal de un solo tono. La tensión mínima de placa durante el ciclo de trabajo se establece en 200 V, con el fin de evitar una corriente de rejilla excesiva. Ello nos lleva a señalar, en la gráfica de las curvas de placa (figura 1) el valor de la corriente de reposo (punto A) y el de cresta (250 · 45) x 2 = 410 mA (punto B). Entre ambos puntos trazamos la «recta de carga» sobre la que trabajará la válvula durante los semiciclos negativos de la tensión de excitación (aplicados al cátodo). Del examen de estas curvas características se desprende que la tensión de excitación de RF necesaria será de unos 82 V de cresta negativa (164 V pico a pico) pero apreciamos, ya en principio, una carac-

terística incómoda: las curvas de corriente de placa con polarización de 0 V y +10 V en rejilla están en esta zona muy juntas, de tal modo que, con polarización de rejilla cero el aumento de la corriente de placa no se iniciará hasta que la tensión de excitación alcance unos 10 V, que es una fracción importante del total. Ello, que no representa ningún inconveniente en onda continua (CW o incluso RTTY/FSK), en SSB significa, lisa y llanamente, recorte y distorsión; para reducir ese recorte deberemos polarizar la rejilla con una tensión ligeramente positiva (entre +5 y +10 V) cuando queramos operar en SSB. Volveremos sobre este punto más adelante. Durante las crestas positivas sobre el cátodo (rejilla negativa) la válvula permanece al corte, mientras la tensión de placa excursiona hasta casi el doble de la de alimentación por el efecto volante del tanque de placa (punto C de la figura 1).

**Circuito de excitación**

Con una tensión de excitación de cresta de 82 V y la tensión de placa en su límite inferior de 200 V, la corriente de cresta de rejilla será de 100 mA. De ello se deduce que la impedancia de rejilla-cátodo durante la cresta es de 82/0,1 = 820 Ω. En una zona intermedia la impedancia tiene un valor ligeramente más alto, aproximadamente 1.000 Ω. De ahí se deducen varias consecuencias. 1ª: que el valor de la carga que verá el excitador no es lineal, y ese valor disminuye con la excitación; 2ª: que se precisará algún dispositivo compensador de impedancia a la entrada para poder acomodarla al valor usual de alrededor de 50 Ω requerido por los transeptores, y 3ª: que si para esa adaptación se elige simplemente una resistencia de carga en paralelo, la potencia disipada en ella será elevada, toda vez que la tensión de cresta requerida (164 Vpp) corresponde a una potencia eficaz de 67,6 W, de los cuales sólo unos 3,5 W

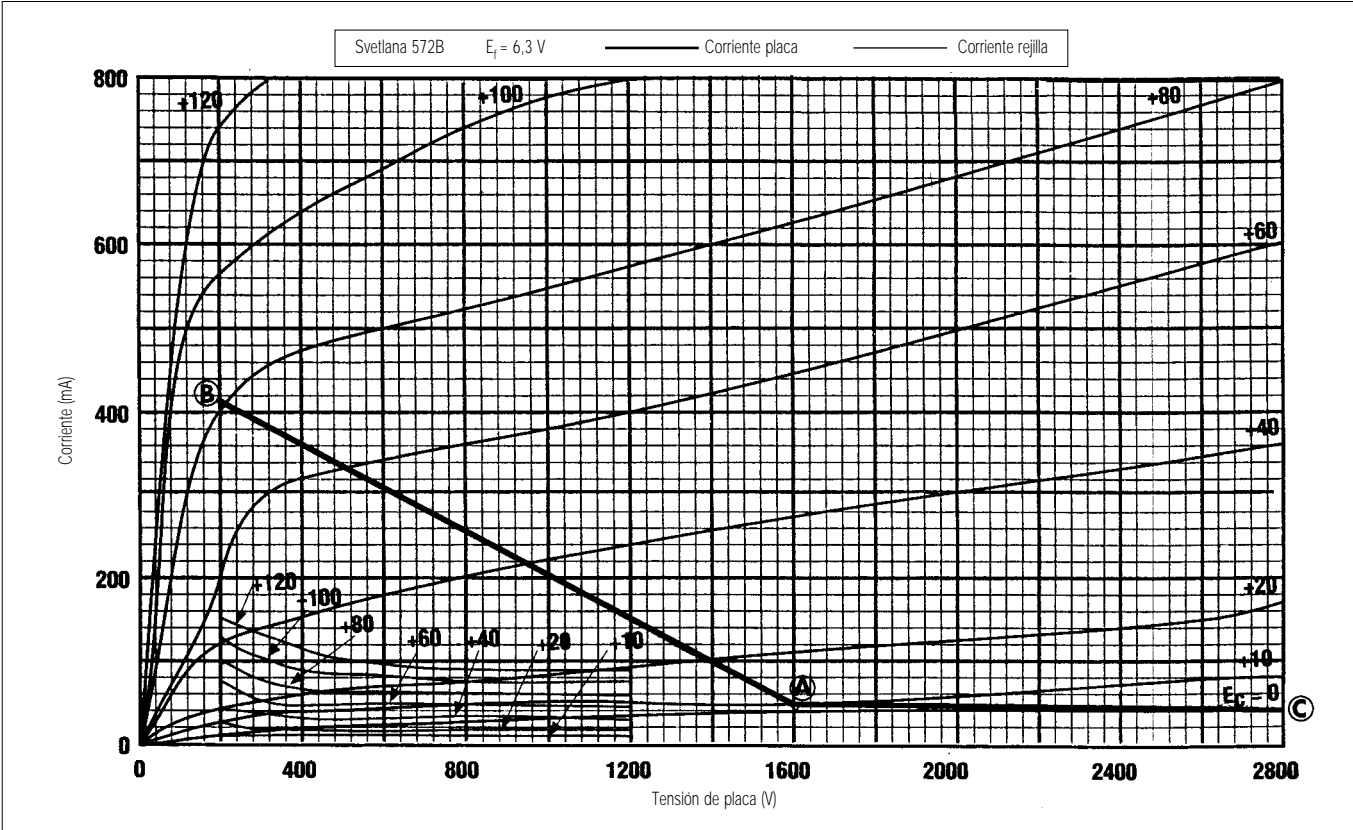


Figura 1. Curvas de placa de la válvula 572B.

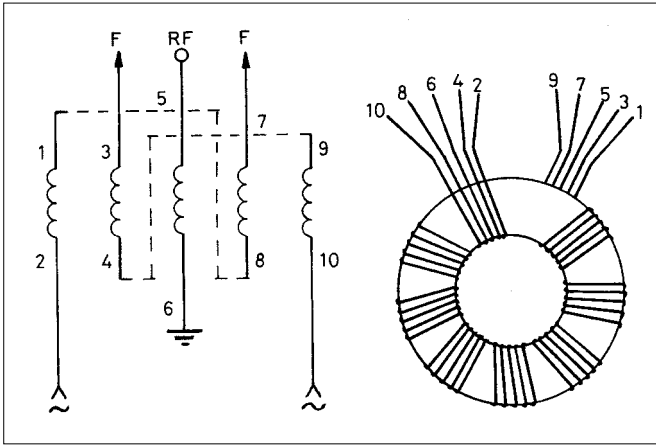


Figura 2. Transformador toroidal de RF; fases y conexionado.

se destinarán al espacio rejilla-cátodo, mientras que el resto se disipará en la resistencia de compensación; esto supone un rendimiento inadmisiblemente bajo.

Esta adaptación se podría hacer, por ejemplo, mediante un circuito en «pi», pero ello obligaría a conmutar elementos para cada banda, con el consiguiente engorro; trataremos de diseñar un transformador de banda ancha apropiado. En un amplificador de rejilla a masa con válvulas de caldeo directo es necesario aislar el filamento de masa para aplicarle la tensión de RF, y ello hace que sea preciso alimentarlo a través de bobinas de choque capaces de soportar la corriente de calefacción, que en el caso de la 572B es de 4 A. Esta intensidad, relativamente moderada, nos hace pensar en la posibilidad de agrupar en un solo componente la función de choque y de transformador, diseñando un transformador toroidal adecuado y cuyos devanados secundarios, conectados en serie dos a dos, serán recorridos por la corriente de filamento (figura 2).

El transformador de RF, de relación 1:2, está compuesto por un devanado de cinco hilos, formando un primario fuertemente acoplado a dos secundarios de doble número de espiras, sobre un núcleo toroidal de polvo de hierro. La corriente alterna de calefacción no afecta a la magnetización del núcleo, dado que aquella recorre ambos secundarios en sentido inverso, cancelándose entre sí. Doblar el número de espiras del secundario equivale a dividir por cuatro la impedancia reflejada sobre el primario, que ahora pasará a ser del orden de unos 250  $\Omega$ . Bastará, pues, conectar en paralelo una resistencia compensadora de 68

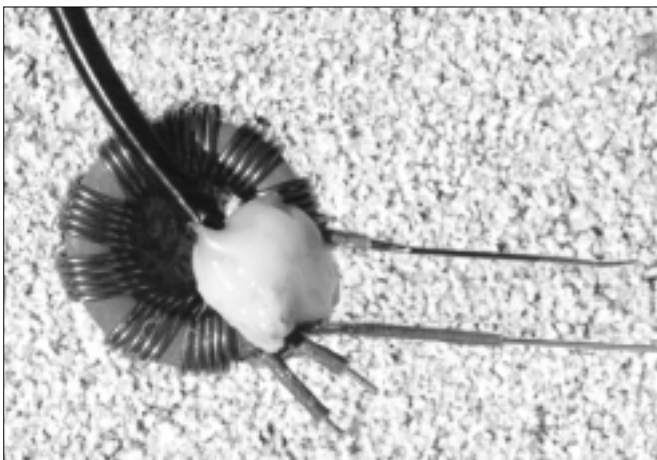


Foto 2. Transformador toroidal de RF; realización práctica.

$\Omega$  para tener aproximadamente los 50  $\Omega$  necesarios para un buen acoplamiento con un transmisor. La tensión de RF a aplicar a la entrada será ahora la mitad (29,1 Vef) y la potencia teórica de excitación será de 16,9 W. En realidad, se precisará algo más de potencia para compensar las pérdidas de adaptación, pero ya resultan valores adecuados; además la presencia de una resistencia compensadora linealiza la carga, reduciendo la distorsión en el excitador.

El transformador se realizó agrupando en paralelo cinco segmentos de 1 m de hilo de cobre esmaltado de 1 mm de diámetro, y se devanaron nueve espiras planas de este grupo sobre un núcleo de 37 mm de diámetro exterior, 20 m de diámetro interior y 16 mm de altura Ariston NTF361;<sup>[1]</sup> un equivalente Amidon sería el FT-50-43.<sup>[2]</sup> Las dos mitades de cada secundario se conectan en serie con conexiones cortas, y el conjunto de uniones –incluidas las del cable coaxial de entrada– se aseguraron y protegieron con resina fundente (foto 2).

### Circuito de polarización

Como apuntábamos anteriormente, con polarización cero (rejilla y cátodo puestos a masa para la corriente continua, la válvula trabaja bien en CW, pero en SSB su índice de productos de intermodulación (IMD) no sería todo lo bueno deseable; para evitar esto último la rejilla no se conecta a masa directamente, sino que se la desacopla para la RF con un par de condensadores de valores bien distintos (ello reduce los efectos de la inductancia parásita de las conexiones y de las resonancias serie de los condensadores) y, a través de un choque de RF, se la conecta bien sea a chasis (en CW) o a una tensión de polarización de +6,8 V (en SSB), proporcionada por un diodo Zener al que se le impone una corriente de 100 mA, valor máximo esperado para la corriente de rejilla. Naturalmente, esta polarización positiva de la rejilla se suprime completamente durante el periodo de recepción llevándola a masa por medio de una sección auxiliar del relé de control T/R (RL3b).

### El circuito de placa

La tensión anódica se aplica a la válvula a través de una bobina de choque no resonante en ninguna de las bandas de trabajo (CH1). Este choque no es difícil de construir, aunque se le debe prestar cierta atención; una resonancia serie parásita en una banda produciría recalentamiento del mismo. La figura 3 muestra un croquis de montaje descrito por DeMaw, W1FB, en 1979; los distintos bobinados en

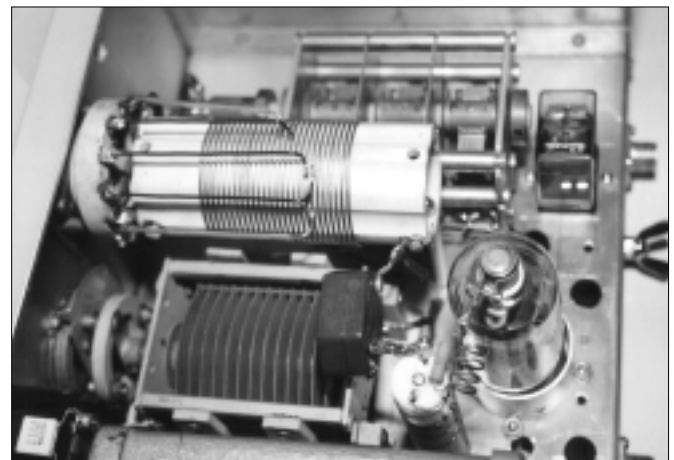


Foto 3. Detalle del tanque de placa.



Espiras contadas desde el extremo de placa			
Banda (metros)	Toma	C23% C24%	
15	6 1/4	5	70
17	6 1/3	10	85
20	7 1/3	30	80
30	10 2/3	45	70
40	12 2/3	50	60
80	—	85	50

Tabla III. Derivaciones en la bobina de placa.

Frec. (MHz)	C8 (pF)	L2 (μH)	C9-11 (pF)
1,8	266	28,3	1.481
3,6	135	14,3	751
7,1	71	7,5	393
14,2	36	3,8	198
18,1	33	2,9	200
21,2	30	2,0	202
24,9	30	1,6	214
28,5	30	1,1	226

Tabla II. Valores del tanque de placa ( $R_p = 3.500 \Omega$ ,  $R_1 = 50 \Omega$ ).

lelo; en la banda de 80 metros, se añade una sección más, permitiendo así un mayor margen de ajuste de impedancias en esa banda. La capacidad máxima del condensador variable de placa disponible, añadida a la de salida de la válvula más las capacidades parásitas del circuito alcanzan los 130 pF, de modo que –descartados de entrada los 160 metros– para la banda de 80 metros habrá que usar una relación L/C ligeramente distinta a la recomendada. Como el conmutador disponible es del tipo de cortocircuito progresivo con seis posiciones, se hizo necesario elegir sólo seis bandas posibles: esta elección recayó, naturalmente, en las de 80, 40, 30, 20, 17 y 15 metros, donde las necesidades de «empuje»

son más perentorias (esperemos que dentro de pocos meses, en 12 y 10 metros baste con un trozo de alambre en la azotea y 10 W, ¡Hil!).

La bobina L3 está compuesta por 27 espiras de hilo plateado de 1,5 mm de diámetro arrolladas sobre una forma cerámica de 52 mm de diámetro, ocupando 78 mm de longitud, y sus 17 μH proporcionan suficiente inductancia para la banda de 80 metros. Las tomas para las demás bandas se

determinaron experimentalmente una vez montada en su posición final por medio de un medidor de mínimo, conectando provisionalmente en paralelo con la misma condensadores fijos en serie-paralelo para alcanzar los valores de la tabla II (por ejemplo: 33 + 3,3 pF en serie con 180 + 18 pF para la banda de 20 metros, etc.), mientras la salida se mantenía cargada con una resistencia de 56 Ω. Finalmente, las tomas y las posiciones de sintonía de los condensadores (en una escala lineal de 0-100) quedaron como se describe en la tabla III. (Nota. En el dial del condensador de salida del «pi» la mínima capacidad –máxima carga– corresponde a la cifra más alta).

## Fuente de alimentación

Para la fuente de alimentación se aprovechó un excelente transformador Roselson AL-60 diseñado originalmente para la alimentación de amplificadores de alta fidelidad con válvulas. Este transformador tiene un bobinado secundario de alta tensión que proporciona 820 Vca con toma media y con una capacidad de corriente de 280 mA a régimen continuo. Tiene además dos secundarios de baja tensión para filamentos, uno de 6,3 V con toma media a 5 A y otro de 5 V a 4 A, con lo cual tenemos ya todas las tensiones necesarias en un solo transformador.

La alta tensión se obtiene mediante un doblador de onda completa de la tensión secundaria, y del que se extrae directamente la alimentación de placa, formado por dos ramas de diodos y de condensadores en serie. Los diodos están derivados con sendos condensadores cerámicos para absorber posibles impulsos transitorios. La tensión máxima a esperar en los períodos de reposo es de unos 2.300 V; para soportar ese valor de tensión se requerirían un par de condensadores al aceite de –por lo menos– 40 μF a 1.500 V, que son componentes caros y difíciles de encontrar, de modo que se trató de utilizar condensadores electrolíticos corrientes, que es preciso montar en serie y con

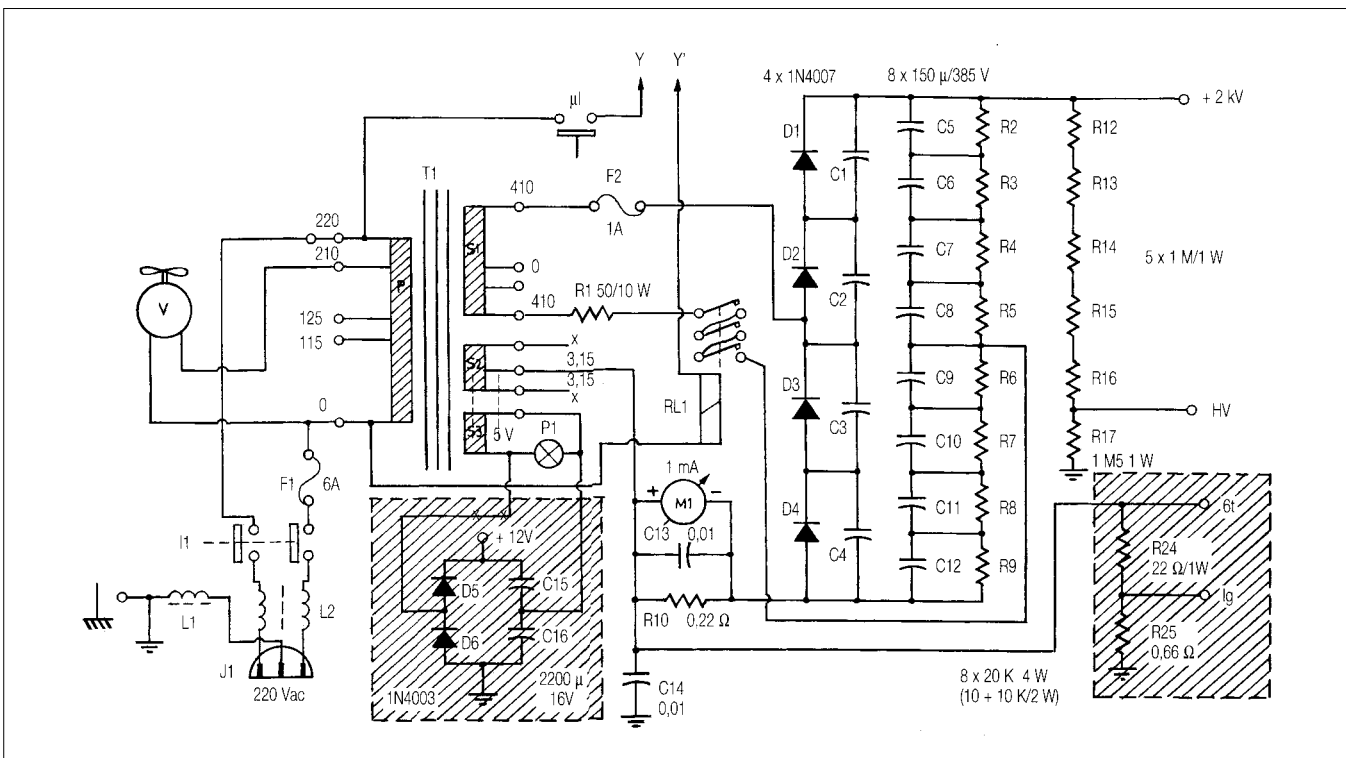


Figura 5. Esquema de la alimentación. Nota: el doblador de 12 V y algunos componentes están situados sobre el módulo de control y medida.

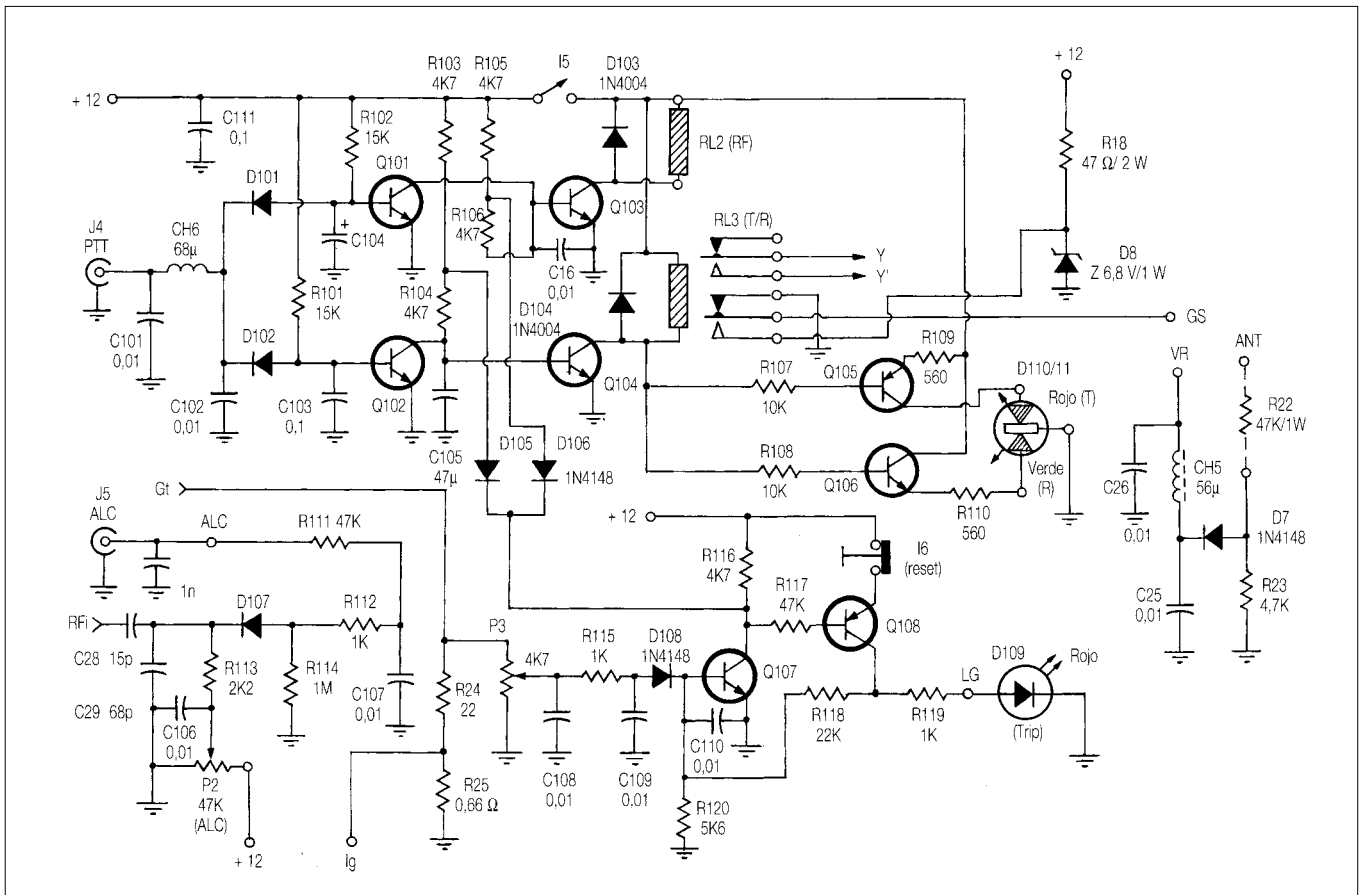


Figura 6. Esquema de la unidad de control y medida. El módulo agrupa los circuitos de: rectificador-doblador para 12 V, conmutación T/R, polarización de rejilla, generador de tensión de ALC, voltímetro de RF y disparo por excesiva corriente de rejilla.

resistencias equilibradoras para repartir equitativamente la tensión total. No es fácil encontrar en el mercado nacional condensadores electrolíticos formados para tensiones altas, ya que aunque es posible fabricarlos para tensiones máximas de 550 V, los tipos de mayor consumo –y por ello casi los únicos que se encuentran– son para 375/400 V. Con el valor esperado de tensión máxima, se precisan ocho condensadores en serie (C1 a C8) para poder soportarla con seguridad. Así pues, se disponen condensadores de 150  $\mu\text{F}/385\text{ V}$  en serie, conectándoles en paralelo sendas resistencias de 20  $\text{k}\Omega/4\text{ W}$  (2 x 10  $\text{K}/2\text{ W}$ ) que equilibran la tensión repartida sobre cada condensador. Esta serie provee una capacidad total de 18,75  $\mu\text{F}$ , que proporciona una constante de tiempo suficiente en modalidad SSB; y los 160  $\text{k}\Omega$  así derivados sobre la alta tensión drenan una corriente de unos 14 mA que descarga en poco tiempo la batería de condensadores al apagar el equipo.

La tensión para el caldeo de la 572B se toma directamente del secundario de 6,3 V con toma media y el circuito de filamento se alambra con cable grueso para reducir al mínimo la caída de tensión, mientras que el otro secundario, de 5 V, se aprovecha para generar, mediante un doblador de tensión, los 12 V necesarios para el circuito de control y para la polarización positiva de rejilla que se mencionó anteriormente. Como medida de seguridad, se incluyen fusibles en el primario y en el secundario de AT del transformador. La resistencia R1 limita la intensidad inicial de carga de los condensadores de filtro al cerrar el relé RL1. Este relé está sometido a tensiones muy elevadas y por ello no es posible utilizar ahí uno de tipo corriente, ya que hay riesgo que al abrir los contactos se cebara el arco, con posi-

bilidad cierta de incendio; una solución es utilizar un contactor industrial trifásico para 250 V/10 A, y disponer en serie los tres juegos de contactos. De unas tomas del primario se toma tensión para un ventilador de «surplus» que provee la necesaria refrigeración.

### Circuitos de medida y control

Mi experiencia en el uso de amplificadores de potencia me hace aconsejar el control simultáneo y permanente de las corrientes de placa y de rejilla y la potencia de salida. Aunque la medida de la tensión de RF en la línea de antena es una indicación útil, la potencia de salida –directa y reflejada– debe medirse, preferentemente, por medio de un vatímetro externo. Así pues, las corrientes y tensiones interesantes se controlan por medio de dos instrumentos. Uno de ellos (M1) es un miliamperímetro de 1 mA, derivado por una resistencia que multiplica por 500 su alcance, que presenta permanentemente la corriente de placa y el cual, por razones de seguridad, se conecta en el retorno de negativo de la fuente, mientras que el otro instrumento (M2) es un microamperímetro de 50  $\mu\text{A}$  a fondo de escala en función de multímetro, asociado a un conmutador que permite medir ya sea la corriente de rejilla, el alta tensión o una medida relativa de la tensión de RF en el terminal de antena. R12-R16 tiene un valor de 50  $\text{M}\Omega$  (5 x 10  $\text{M}\Omega$ ), que dará plena deflexión a 2.500 V, con lo cual la escala numérica del instrumento (50) debe multiplicarse por 50; obsérvese que el extremo de la cadena de resistencias voltimétricas se deriva a masa con otra resistencia adicional, de valor elevado respecto a la del instrumento: esto se hace para evitar

que en el terminal del conmutador aparezcan tensiones altas al abrir el circuito.

La corriente de rejilla se mide entre el punto central del secundario de filamento (cátodo) y chasis, cerrando así el circuito de rejilla, mientras el retorno de la alimentación de placa se hace «por encima» de ese punto. El valor de la resistencia multiplicadora R25 dependerá del alcance del instrumento usado en M2 y de su resistencia interna, que en este caso es de  $1.317 \Omega$ ; para multiplicar la escala por 2.000 (100 mA a fondo de escala) el valor de la resistencia en derivación es, por lo tanto y sin gran error  $1.317/2.000 = 0,66 \Omega$  (4 de  $2,7 \Omega$  en paralelo); la lectura en miliamperios (mA) será el valor numérico de la escala multiplicado por dos.

Para la conmutación T/R del amplificador se usan dos relés, activados por dos circuitos separados: uno de ellos -RL2- conmuta la señal de RF, mientras que RL3 corta la excitación al contactor del rectificador-doblador y pone a masa la rejilla. Esto permite ajustar de modo sencillo los tiempos de apertura y cierre, de modo que se garantice que el amplificador no podrá quedar activado sin carga, reduciendo el riesgo de arcos en los componentes de sintonía o en el relé de antena. El circuito de control de los relés está constituido por cuatro transistores montados en una plaqueta de circuito impreso para prototipos. Q101 y Q102 conducen mientras no se lleva a masa el terminal PTT, manteniendo al corte a Q103 y Q104. Al cerrar el circuito de VOX/PTT, Q103 cierra rápidamente el relé de RF; un instante después Q104 activa el de alta tensión. El tiempo de retardo entre ambos relés lo determina la constante de tiempo R103+R104/C105. Durante el paso a recepción, tras la apertura del PTT, la carga de C104 retarda la conducción de Q101, mientras Q102 conduce inmediatamente descargando C105, lo cual hace que se abra primero el relé de alta tensión y luego el de RF. El interruptor I5 (ESPERA/MARCHA) pone en servicio o inhibe totalmente el circuito de control; un diodo LED bicolor (D106-107) en el panel frontal indica al operador el estado de MARCHA en color verde, mientras que pasa a rojo cuando se activa el PTT del transceptor. El circuito se alimenta de la tensión auxiliar de 12 V obtenida del secundario de 5 V. El circuito y los relés ordinarios usados no permiten el funcionamiento en modo QSK en CW.

Tanto para evitar la generación de «salpiques» por sobremodulación como para proteger la vida de la válvula es preciso tomar medidas para limitar el valor de la excitación. De ello se encargan dos circuitos: el primero genera una tensión de control automático de nivel (ALC) que se deberá aplicar a la toma oportuna del transceptor; una parte de la tensión de RF aplicada a la entrada se rectifica con D107 y se la suma a una tensión de umbral ajustable por medio de un



Foto 4. Vista posterior del amplificador, con la tapa posterior y el ventilador retirados para mostrar los detalles del circuito de placa.

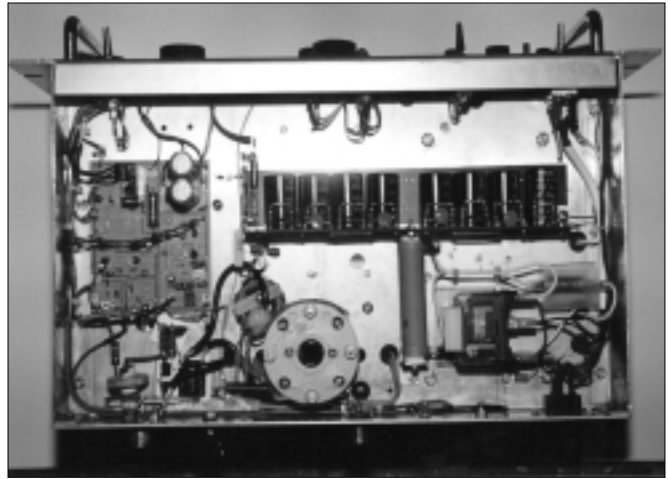


Foto 5. Disposición de los componentes en la parte inferior del chasis. Sobre el módulo de control se han agrupado el mayor número posible de componentes pequeños.

potenciómetro exterior P2; la tensión negativa de ALC resultante obtenida se aplicará al transceptor excitador para limitar la potencia en las crestas de modulación en SSB. El otro circuito -de protección- interrumpe el funcionamiento del amplificador si se sobrepasa de modo prolongado el valor límite de la corriente de rejilla de la válvula 572B, que se establece en 100 mA; la corriente de rejilla fluye por R24 + R25 y genera una tensión que -a partir de un nivel predefinido por P3- dispara el cerrojo electrónico formado por Q107 y Q108 que, a través de los diodos D107 y D108 desactiva los transistores de control de los relés T/R; un diodo LED en el panel frontal (D109) advierte de esta circunstancia; el pulsador I6 permite rearmar el circuito. La idea se tomó del *ARRL Handbook*, que usa un solo transistor y un relé de enclavamiento, pero sustituyendo el relé original por un transistor PNP y un par de resistencias, ¡que resultan mucho menos onerosos! Los componentes del circuito de control se montaron -junto con los de alimentación de 12 V- sobre una plaqueta de circuito impreso para prototipo (islas cuadradas).

### Disposición práctica de los componentes

Se disponía de un mueble metálico para «rack» de 19" en aluminio, recuperado de un generador de señal, cuyas medidas permitían alojar sobradamente los distintos componentes. La válvula se montó en posición vertical, con el zócalo por debajo del chasis y fijado a éste por medio de separadores, de forma que sobresaliera sólo la ampolla de la válvula. Esta posición es preferible a la horizontal -adoptada por varios fabricantes- para prevenir la posibilidad de cortocircuitos internos entre filamento y rejilla. Como medida adicional de blindaje entre la entrada y la salida se montó en la cara superior del chasis una sección de tubo de aluminio de 50 mm de diámetro y 40 mm de altura. El ventilador se monta sobre la tapa trasera, en función de extracción y alineado con la válvula.

En la parte superior del chasis se montan todos los componentes del circuito de salida, así como el transformador de alimentación, que debido a su tamaño se debió situar en posición horizontal y sujeto al chasis por medio de unas escuadras (foto 4), mientras que el transformador de RF de entrada, el módulo rectificador-doblador y su contactor trifásico y el módulo con los circuitos de control y medida se acomodan en la parte inferior del chasis (foto 5); el fondo se cubre con una plancha de hierro perforada para blindaje

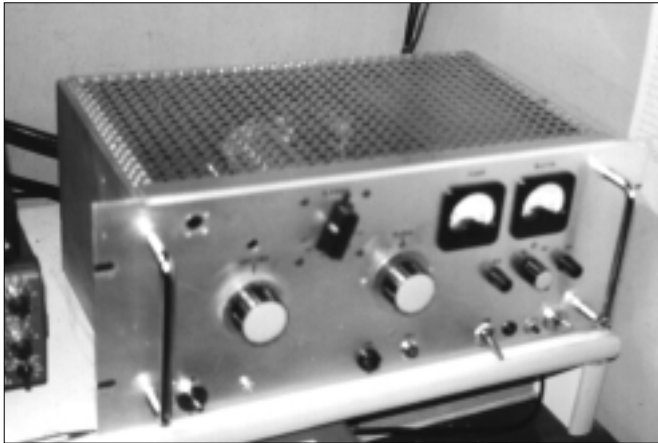


Foto 6. Situación de los mandos y controles en el panel frontal.

y protección, y a la que se dota de cuatro pies de goma para permitir el uso del equipo como de sobremesa.

En el panel delantero se sitúan los instrumentos de medida, los mandos graduados de los condensadores de carga y de placa –éste accionado a través de un desmultiplicador planetario del sintonizador original– y el resto de los mandos a disposición del operador (foto 6). Entre los ejes de los condensadores variables y los mandos del panel se interponen acoplamientos flexibles para eliminar posibles tensiones mecánicas. Los potenciómetros del ALC y el de ajuste del voltímetro de RF se montaron en el panel delantero simplemente para cubrir unos orificios existentes del anterior montaje. En la línea inferior se encuentran: el interruptor ESPERA-MARCHA y el LED bicolor, el portafusible del primario, el piloto de filamento, el conmutador SSB/CW, el pulsador de rearme del cerrojo de rejilla y su piloto indicador, y el interruptor general. Los letreros de los diversos controles y mandos se realizaron con letras adhesivas protegidas con una mano de barniz transparente, y el uso de unos botones de mando de calidad y una mano de pintura gris oscuro en las tapas trasera y superior, proporcionaron al equipo un acabado digno.

### Medidas de seguridad

Las tensiones superiores a 100 V son potencialmente peligrosas y me inspiran un profundo respeto, y los 2.000 V posibles en el circuito de placa son letales, de modo que



Foto 7. Vista general del equipo terminado, en su puesto de trabajo, listo para hacerse oír.

se han incorporado al equipo unas cuantas medidas de seguridad contra los excesos de confianza del operador: el interruptor principal I1 corta ambos polos de la red y el fusible del primario está situado después del interruptor, de modo que se pueda afirmar que no hay tensión de red en el mismo al apagar el equipo. Todas las conexiones con tensión de red se protegieron con trozos de funda termorretráctil. El fusible del secundario está situado bajo el chasis, todos los conectores «faston» del circuito de AT están protegidos con fundas aislantes y el rectificador y la batería de condensadores de filtro están protegidos por una pieza de plástico. En el circuito de excitación del contactor de alta tensión se inserta un microinterruptor que corta la corriente al retirar la tapa superior.

La conexión de tierra en la base de toma de red, recuperada de una fuente de alimentación de ordenador, incluye una bobina de choque L1 (5 espiras sobre un núcleo toroidal) para impedir la propagación de RF sobre la tierra de protección eléctrica y en la línea de red se incluye también un filtro toroidal –L2– para bloqueo de RF. El choque CH4, en paralelo con la salida de antena, en términos eléctricos no hace más que estorbar, pero en caso de cortocircuito de C22, llevaría a masa la alta tensión, fundiendo el fusible del secundario e impidiendo que aparezca tensión en el circuito de antena. El chasis se dota de una robusta conexión de tierra independiente, que debe unirse a las carcasas de todos los equipos de la instalación para eliminar cualquier diferencia de potencial de corriente alterna de red entre ellos; recordemos al respecto que es muy útil para este propósito el uso de una «barra equipotencial» situada tras la mesa de trabajo y a la que se unen las tomas de tierra de todos los chasis.

### Puesta en marcha y ensayos iniciales

Una vez terminado el montaje y determinadas las posiciones de las tomas de la bobina de placa según se ha descrito, y examinado cuidadosamente todo el montaje, retirar el fusible del secundario de alta tensión. Sin montar aún la válvula ni las tapas superior e inferior, verificar la tensión de filamentos en el mismo zócalo de la válvula con un buen voltímetro. Los errores superiores al 10 % deben corregirse modificando si es preciso las tomas del primario. Con la válvula en posición y el interruptor principal activado, pasar el conmutador MARCHA-ESPERA a MARCHA y poner a masa momentáneamente el terminal PTT/VOX; verificar que el LED bicolor luce y que los relés cierran y abren en la secuencia adecuada. Situar provisionalmente el potenciómetro de disparo de rejilla P3 a medio recorrido. Conectar provisionalmente una resistencia de  $56 \Omega/2 \text{ W}$  entre los puntos D (+12 V) y Gt del módulo de control: ello simula una corriente de rejilla de algo más de 150 mA. Poner a masa el terminal PTT y girar lentamente P3 en sentido antihorario hasta que se dispare el circuito limitador; desconectar la resistencia de  $56 \Omega$ , retroceder ligeramente P3 y pulsar I6 para restablecer el funcionamiento. P3 no precisará de otro ajuste.

Desconectar el equipo de la red, reponer el fusible del secundario, montar la válvula, colocar las tapas inferior y superior, conectar la salida de RF a una carga artificial a través de un vatímetro de alcance adecuado, conectar la entrada de RF a la salida de antena de un transceptor decamétrico, conectar los cables PTT y VOX e iniciar el ensayo «en vivo».

La medición de la alta tensión –si se desea– requiere eliminar *todas las medidas de seguridad* del amplificador y es una maniobra arriesgada; sea muy prudente. Asegúrese de que su tester es capaz de medir valores de hasta 4.000 Vcc y que está usando la borna y la escala correctas. Montar

## Lista de componentes

### Condensadores

C1...4 Cerámico disco, alta tensión, 4,7 nF 2000 V  
 C5...12 Electrolítico, 150  $\mu$ F 385/400 V  
 C13, 14 Cerámico 0,01  $\mu$ F 100 V 20 %  
 C15, 16 Electrolítico, 2.200  $\mu$ F 16 V  
 C17 Cerámico disco 10 nF 100 V 20 %  
 C18 Cerámico disco 0,1  $\mu$ F 100 V 20 %  
 C19 Cerámico o mica 4,7 nF 3.000 V 20 %  
 C20, C21 Cerámico disco 4,7 nF 100 V 20 %  
 C22 Mica 5.000 pF 5.000 V 20 %  
 C23 Variable, aire, 15-120 pF 4000 V  
 C24 Variable, aire, tándem 3 x 350 pF  
 C25, 26, 27 Cerámico disco 0,01  $\mu$ F 100 V  
 C28 Cerámico disco 22 pF 250 V 10 %  
 C29 Cerámico disco 68 pF 250 V 10 %  
 C101, 102 Cerámico disco 0,01  $\mu$ F 100 V 20 %  
 C103 Cerámico disco 0,1  $\mu$ F 50 V 20 %  
 C104 Electrolítico 10  $\mu$ F 25 V  
 C105 Electrolítico 47  $\mu$ F 16 V  
 C106, 107, 108 Cerámico disco 0,01  $\mu$ F 100 V 20 %  
 C109 Electrolítico 47  $\mu$ F 16 V  
 C110 Cerámico disco 0,01  $\mu$ F 100 V 20 %  
 C111 Cerámico disco 0,1  $\mu$ F 50 V 20 %

### Bobinas

L1 5 espiras cable aislado de 2,5 mm sobre toroide de hierro en polvo.  
 L2 2 x 5 espiras sobre toroide de hierro en polvo.  
 L3 27 espiras de 52 mm de diámetro y 78 mm de longitud, hilo plateado de 1,5 mm sobre forma cerámica (Veáse texto).  
 CH1 Choque 100  $\mu$ H, 100 mA sobre barra ferrita 6 mm.  
 CH2 4 espiras de hilo de 1,5 mm 2,5 x 2,5 cm autosoportada sobre R20.  
 CH3 Choque de placa (veáse texto).  
 CH4 Choque 600  $\mu$ H, en nido de abeja  
 CH5 Choque miniatura 56  $\mu$ H.  
 CH6 Choque miniatura 68  $\mu$ H.

### Resistores

R1 Bobinado 50  $\Omega$  15 W 5 %  
 R2...9 Metal-film 20 k $\Omega$  4 W 5 % (2 x 10K/2 W)  
 R10 Bobinado 0,22  $\Omega$  5 %  
 R12...16 Carbón 10 M $\Omega$  1 W 5 %  
 R17 Carbón 1,5 M $\Omega$  1 W 5 %  
 R18 Carbón 47  $\Omega$  2 W 5 %  
 R19 Carbón 68  $\Omega$  20 W 5 % (10 x 680  $\Omega$  2 W)  
 R20 Carbón 39  $\Omega$  2 W 10 %  
 R21 Bobinado 15  $\Omega$  5 W 5 %  
 R22 Carbón 47 k $\Omega$  1 W 5 %  
 R23 Carbón 4,7 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R24 Carbón 22  $\Omega$  2 W 5 %  
 R25 Carbón 0,66  $\Omega$  1 W 5 % (4 x 2,7  $\Omega$  1/4 W)  
 R101, 102 Carbón 15 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R103, 104 Carbón 4,7 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R105, 106 Carbón 4,7 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R107, 108 Carbón 10 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R109, 110 Carbón 560  $\Omega$  1/2 W 5 %

R111 Carbón 47 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R112 Carbón 1 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R113 Carbón 2,2 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R114 Carbón 1 M $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R115 Carbón 1 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R116 Carbón 4,7 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R117 Carbón 47 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R118 Carbón 22 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 R119 Carbón 1 k $\Omega$  1/2 W 5 %  
 R120 Carbón 5,6 k $\Omega$  1/4 W 5 %  
 P1 Potenciómetro de panel, 25 k $\Omega$ , lineal (Vrf)  
 P2 Potenciómetro de panel, 47 k $\Omega$ , lineal (ALC)  
 P3 Potenciómetro ajustable c.i. 4,7 k $\Omega$ , lineal (Disparo rej.)

### Diodos

D1, 2, 3, 4 Silicio 800 V/1 A 1N4007  
 D5, 6 Silicio 250 V/1 A 1N4004  
 D7 Silicio 50 V/50 mA 1N4148  
 D8 Zener 6,8 V 1 W  
 D101...108 Silicio 50 V/50 mA 1N4148  
 D109 LED rojo, alta luminosidad  
 D110, 111 LED bicolor rojo/verde

### Transistores

Q101, 102, 106, 107 NPN 30 V 100 mA hfe>80 (BC548)  
 Q103, 104 NPN 45 V 500 mA hfe>50 (BC337)  
 Q105, 108 PNP 25 V 100 mA hfe>50 (BC558)

### Transformadores

T1 Transformador de alimentación: primario 210/220 V; secundarios: 2 x 410 V 280 mA; 3,15 + 3,15 V 5 A; 5 V 4 A (Roselson AL60W o similar)  
 T2 Transformador toroidal de RF, doble secundario, relación 1:2 (véase texto).

### Varios

I1 Interruptor de panel, dos polos, 1 posición 250 V 10 A  
 I2 Conmutador para RF sobre cerámica, de cortocircuito progresivo  
 I3 Conmutador giratorio para panel 3 posiciones 1 circuito  
 I4 Interruptor de panel 1 polo, 2 posiciones  
 I5 Interruptor de panel 1 polo, 1 posición  
 I6 Pulsador de panel, normalmente cerrado  
 J1 Conector universal de red con toma de tierra para panel  
 J2, 3 Conectores SO-239 para panel  
 J4, 5 Conectores para panel RCA Fono  
 M1 Miliamperímetro de bobina móvil, 1 mA/100  $\Omega$   
 M2 Microamperímetro de bobina móvil, 50  $\mu$ A/1325  $\Omega$   
 P1 Lamparita piloto 6 V 0,2 A  
 RL1 Contactor trifásico 10 A/250 V, bobina 220 Vca (ELESTAR)  
 RL2 Relé 2 circuitos 2 posiciones, bobina 12 V/270  $\Omega$  (Ralux, Mod. NP)  
 RL3 Relé 2 circuitos, 2 posiciones 250 V/2 A; bobina 12 V  
 V Ventilador axial 85 mm diámetro, 20 cfm (pies cúbicos/minuto) 200 Vca (Tobishi 3951)  
 Caja, botones, carátulas, ojos de buey, portapilotos, etc.

la tapa superior para activar el microinterruptor de seguridad, conectar el equipo a la red y cerrar el interruptor principal. Use sólo una mano y fije sólidamente a chasis el terminal negativo del instrumento. Mida el alta tensión sólo en el terminal positivo del doblador; no toque nunca con la punta de prueba la placa de la válvula.

Aplicar tensión al primario y dejar transcurrir unos instantes, para que el filamento alcance la temperatura de régimen: el color normal del filamento es amarillo brillante; con el interruptor MARCHA/ESPERA en posición ESPERA y el de CW/SSB en posición CW, cargar el transceptor en AM en la banda de 80 metros, ajustando la salida a unos 20 W. Durante la prueba llevar el potenciómetro del ALC a su extremo izquierdo (máxima tensión positiva). Pasar el conmutador del instrumento auxiliar a «RF», que ahora estará midien-

do el nivel de RF proporcionado por el excitador, y ajustar el potenciómetro «Vrf» para tener una lectura de un 10 % de la escala. Reducir a cero la salida del transceptor y cortar la transmisión. Poner el conmutador de banda en 80 metros, situar el condensador de placa hacia el 85 % de su capacidad y el de carga a un 50 %, y poner el conmutador del instrumento M2 en la posición «lg». Pasar el interruptor MARCHA/ESPERA a MARCHA y pulsar el PTT/SEND del transceptor. La corriente de reposo de placa debe estar alrededor de los 40 mA. Aumentar la potencia de excitación observando el aumento de la corriente de placa; cuando ésta haya alcanzado los 100 mA girar el mando de placa y buscar el punto de resonancia, apreciable por un descenso de la corriente de placa. Aumentar excitación hasta que la corriente de placa alcance los 225 mA, aproximadamente. Mover lige-

## Pequeño diccionario de términos

**VFO:** Oscilador de frecuencia variable, controlado por modificación del valor de la capacidad o inductancia que determinan su frecuencia. A veces puede ser controlado por una tensión. Es crítico mantener una frecuencia estable.

**XFO:** Oscilador de frecuencia variable a cristal. Es fácil lograr que un cristal de cuarzo trabajando en fundamental varíe hasta un 10 % su frecuencia nominal, manteniendo un alto nivel de estabilidad.

**VCO:** Oscilador controlado por tensión. Nos referimos a él cuando se trata de osciladores controlados por un sistema de realimentación que mantiene estable su frecuencia (PLL).

**PLL:** Bucle de enganche de fase. Sistema de síntesis indirecta de frecuencia.

**BCD:** Decimal codificado en binario. Conjunto de 4 bits («ceros» y «unos») que permite hasta 16 combinaciones distintas, aunque generalmente se utilizan las combinaciones entre 0 y 9 (decimal).

ramente los condensadores de placa y carga para obtener la máxima potencia de salida. El punto correcto es aquél en que la corriente de placa es de 260 mA, el «bache» de corriente es poco perceptible, y ese punto debe coincidir con la máxima potencia de salida. Durante el proceso, vigilar que la corriente de rejilla no sobrepase los 50 mA (media escala). ¡Atención! A plena disipación (160 W), la placa de la válvula muestra un color rojo uniforme. ¡No permitir que el color pase a anaranjado!

Aumentar excitación hasta que la corriente de rejilla sobrepase los 100 mA y verificar que el disyuntor electrónico de protección funciona y desconecta el amplificador; reducir excitación y pulsar el interruptor I6 del panel para restaurar el funcionamiento. Anotar los valores de ajuste los condensadores de placa y de antena. Pasar el conmutador del multímetro a «Vat» y verificar la lectura de la alta tensión. Conmutar a «Vrf» y ajustar el potenciómetro correspondiente para tener una lectura de aproximadamente el 70 % de la escala.

Cerrar la transmisión, pasar el transceptor a SSB y poner el conmutador CW/SSB del amplificador en SSB. Pulsar el PTT y hablar ante el micrófono y, desde un valor muy bajo y sin activar el procesador de audio, ir aumentando MIC GAIN del transceptor hasta que su indicador de ALC alcance la mitad de la escala; la corriente de placa, que en reposo será de unos 50 mA, debe llegar hasta picos de 250 mA, aproximadamente. Avanzar el potenciómetro ALC del amplificador hasta que el indicador de ALC del transceptor alcance el final de la zona de ALC. No sorprenderse si al hablar

normalmente en SSB es difícil superar valores medios de corriente de placa de 160 mA; ello es perfectamente normal: la inercia del instrumento no permite medir los valores de pico y presenta sólo el valor medio, que es más bajo. Ensayar el funcionamiento del circuito de protección del amplificador (¡y de los vecinos de frecuencia!) activando el procesador del transceptor y hablando ante el micrófono con el MIC GAIN aumentado exageradamente.

Recordar que es favorable trabajar con valores altos de carga –aún cuando ello reduzca ligeramente la potencia máxima posible– y que la carga del amplificador es más alta cuando menor sea la capacidad del condensador de salida del «pi». (La carga sobre el amplificador aumenta al girar el mando ANTENA en sentido antihorario).

Repetir el proceso en las demás bandas y anotar las posiciones de los condensadores de placa y de antena.

Ensayar la estabilidad del amplificador desconectando su entrada y activando el PTT. El voltímetro de RF de salida y/o el vatímetro no deben presentar lectura en ninguna condición de sintonía y carga. Conectar el amplificador a una antena adecuada y pedir controles a colegas expertos y situados a distancias medias; la inserción del amplificador debe proporcionar aumentos de unos 6 dB (entre 1,5 y 2 puntos «S»).


### Nota final

El proyecto y el montaje del amplificador descrito fue el resultado tanto del deseo de mejorar mi instalación como el de pasar unas horas de entretenimiento técnico a un costo razonable. ¡Ambos deseos se cumplieron ampliamente!

Gustosamente proporcionaré la información adicional que esté a mi alcance a cuantos lectores estén interesados en realizar un proyecto similar, pero no me será posible suministrar planos (que no existen), componentes o ayuda material para ello.

¡Nos oímos en el próximo *pileup*!

### Referencias

- [1] Onda Radio, Gran Vía de les Corts Catalanes 581, 08011 Barcelona. Tel. (93) 323 54 62.
- [2] GCY Comunicaciones, Apartado 814, 25080 Lleida. Tel. (973) 22 15 17. Fax (973) 22 05 26.
- [3] ICP, 63 Rue de Coulommès, B.P. 12, 77860 Quincy-Voisins, Francia, Fax 01 60 044533. Ofrece un catálogo muy completo de piezas de 115 páginas por 30 FF en sellos.
- [4] Informática Industrial IN2, c/ Volta 196, 08224 Terrassa (Barcelona). Tel. (93) 733 19 19. Fax (93) 733 18 48.
- [5] Marcombo, S.A., Apartado 329, F.D. 08080 Barcelona. 

© CQ Radio Amateur 1997-1999

*Este artículo fue publicado en el número 164 de «CQ Radio Amateur» (Agosto de 1997) y por el mismo le fue concedido al autor el «Premio CQ al mejor artículo del año» en la XII edición de la «Noche de la Radioafición».*

*El autor, Xavier, EA3ALV, descubrió en los primeros años cuarenta la que sería su verdadera vocación en un desván, en forma de una radio de galena de las «de cursor». Allí empezó todo. Cincuenta años más tarde, una mirada atrás revela que Xavier ha vivido práctica e intensamente la mitad de la vida activa de la Radio (así, en mayúsculas) que cumplió recientemente su primer centenario. Muchas cosas han cambiado en esos últimos cincuenta años de radioafición, pero los principios básicos siguen siendo los mismos y aunque se hayan desterrado los micrófonos de carbón y los osciladores Hartley autoexcitados con los que Xavier inició sus escauceos en la banda, y aunque sea cada día más difícil encontrar un rincón de la tecnología que resulte aplicable al «cacharreo», la maravilla que permite recibir la voz o la manipulación -o el tecleo- de un corresponsal del otro lado del mundo seguirá fascinando a los jóvenes inquietos y curiosos.*