

144 MHz High Power Amplifier

by QNSFF, Mark de Muck
Konig Albert Laan 126, B-9000 Gent

1.) Concept

This amplifier, using two 3CX800A7 grounded grid triodes in parallel in a quarter wave stripline circuit produces over 1500 W rf in FM and RTTY, and up to 2.8kW in CW and SSB.

Even at the 2.8kW output level, the average dissipation per valve will never reach half the maximum permitted dissipation (800W per valve). The blower requirements and the blower noise are low. The loaded Q of stripline is low, this results in:

- a.) higher harmonic content, a lowpass filter is included.
- b.) high efficiency: approx 70%, depending on bias and drive power.
- c.) large bandwidth of the output circuit: when tuned to 144.250 MHz, no adjustment is needed between 144 and 144.5 MHz (measured at 2kV/1.4A).

The valves are connected in parallel and no separate monitoring is necessary. 20 valves were tested in the circuit and all showed the same parameters.

2.) Construction

The anode box and resonator are constructed from 2mm red copper. Aluminium is also suitable for the box. Don't use brass for the strip line unless silver plated. Silver plating of the copper circuit increases the efficiency by +-1%. The anode resonator L1 measures 342x165mm and contains C4 (+-630pF) to separate the HV from the ground. 0.6mm Teflon (PTFE) sheet is kept between L1a and L1b,c by M3x10 bolts through six 018x2 Teflon discs pressed into the 18mm holes in L1a. The two Teflon sheets are 178x95mm and extending over the conducting surfaces to prevent HV flashover. Contact with the anodes is made by finger stock. The space between the bottom and the cover of the box is 62mm. The plate line is just in the middle, and kept in place by a Teflon standoff 0 18mm long 33mm. C1 is a fixed capacitor, screwed to the bottom plate near valves. The two 0.3mm bronze flappers C2 and C3 are kept 20mm from the cover. C2 by a copper U 20mm wide and 70mm long, one side soldered to the flapper, the other side bolted to the cover. C3 is insulated from the cover by a Teflon block 10x10x70mm and fixed with self tapping screws. A small wire loop is soldered at the inside of C2 and its value is lowered by moving the strip towards to the cover by 0.3mm fishing line through the cover. C3, the outputcoupling capacitor is moved towards to the cover by a teflon cord, made by cutting a 0.6mm wide strip from 0.6mm teflon sheet. (fishing line would burn here because of the strong rf field).

The holes in the bottom to clamp the grid rings are not marked. Also the diameter for the anode holes in the plate line isn't, this depends on the type of finger stock used.

3.) The blower system

The air inlet is through a 0 144mm hole in the bottom. 1.5mm inox mesh is clamped between the blowers and the bottom. 120mm square computer type blowers are used because of long life and low noise level. Different types were tried and all brought a pressure of about 3mm water column into the cavity. Although a 3mm water column is enough to cool the valves at an average of 400W per valve, we decided that it would be better to run the valves a bit cooler. Putting 2 of the same blowers in series increased the pressure to about 4mm. Finally we adopted the ETRI 125XR (clockwise) blowing into a PAPST (anticlockwise). This brought the pressure to 8.5mm because of the opposite senses of turning. If the PAPST was blowing into the ETRI, the resulting pressure was even higher (10.5mm) but the noise level was unacceptable high. The air outlet is in the cover and 1.5mm inox mesh is clamped between the SK1906 chimneys and the cover.

4.) The Lowpass Filter

C5 and C6 are 18pF capacitors, made of RG142 high temperature teflon coax. RG142 has $\pm 1\text{pF/cm}$. Two identical pieces of RG142 are cut so that the screened length of the coax is 18cm. The outer insulation is removed for 1cm on each side and the braid tinned. Cut two 0.5mm copper strips about 1cm by 2cm and form these to fit against the coax and the cover. Put solder on the inside of the strips and on the cover. Press the coax with the strips against the cover and heat with a hot flame on the rear side until the solder melts. Solder L2, L3 and L4 in place and remove the flapper C3. Clamp the braid of a piece RG58 between the teflon block and the cover. Solder the inner conductor of the cable as short as possible to L2. Connect a good dummy load to the output connector and a directional coupler via some length of RG58. Adjust the coils L2, L3 and L4 by stretching to obtain at least 30dB of return loss to the filter. Solder C3 in place.

5.) The Output Connector

If you use N-connectors, be sure that these are of good quality and in good shape. Don't use ex-equipment. If a bad contact occurs, the center pin burns away immediately. 7/16 or C-connectors are a better choice but N is more compatible with measuring equipment etc.

6.) Tuning up

With the loading C3 to minimum and a dummy load connected, apply about 40W of drive, and adjust C2 for maximum output. Adjust C9 for maximum output. Observe the grid current, increase the loading if the grid current goes over 50mA. As you increase the drive power, the loading should become heavier and the value of C2 lower. Insert a directional coupler in the input circuit, and adjust C9 for maximum return loss at the drive level you are going to use. The drive required for max. output is abt. 85 Watts. The output is 2.2kW at 2kV and 2.8kW at 2.5kV. Anode current at full drive is 1.6A. Quiescent current is abt. 120mA with 8.2V Zener in the cathode and about zero with 12V Zener. Heater requirement is only 3A at 13.5V. The max input on FM and RTTY is 1A at 2350V. Harmonics are more than 60dB down.

7.) Precautions

The heaters should be on for 2 minutes before drive may be applied. HV may be switched on simultaneously with the heaters. Never apply drive without HV on the anodes. Keep the grid current below 100mA. Be sure antenna relays are closed before power is applied and vice versa. The grid and anode meters should be protected with 3A diodes. Nearby 70cm antennas may pickup sufficient RF to blow the frontend. Some electronic circuits can be used to protect the PA from misuse.

8.) Component list/ Bauteileliste

Z1= 12V Zener 20W (on cooling fin/auf Kühlkörper).
 Z2= 8.2V Zener 20W (on cooling fin/auf Kühlkörper).
 C7= 200pF uncased mica/ Glimmerkondensator ohne Gehäuse.
 C8= 20pF uncased mica/ Glimmerkondensator ohne Gehäuse.
 C9= 21pF air trimmer/ Lufttrimmer (TRONSER).
 C10= 4x1000pF 3kV.
 C11, C12, C13= 1000 feedthrough capacitors/ Durchführungskondensatoren.
 L5= 0.5mm copper strip 90x20mm/ 0.5mm Kupferstreifen 90x20mm.
 L6= 3 turns \emptyset 10, 1.5mm 15mm long/ 3 Wdg. \emptyset 10, 1.5mm 15mm lang.
 L7= 4 turns \emptyset 10, 1.5mm 15mm long/ 4 Wdg. \emptyset 10, 1.5mm 15mm lang.
 Anode RFC= 15 turns \emptyset 10, 0.8mm 35mm long/ Anodendrossel 15 Wdg. \emptyset 10, 0.8mm 35mm lang.
 Kathode and heater RFC= 45cm \emptyset .8mm close wound on \emptyset 10mm/ Kathoden- und Heizdrosseln= 45cm \emptyset .8mm dicht gewickelt mit 10mm Durchmesser.

L2= 2.5 turns \varnothing 10 close wound 2.5mm CuAg/ 2.5 Wdg \varnothing 10mm dicht gewickelt mit 2.5mm starkem CuAg.

L3= 4 turns \varnothing 13mm, 15mm long 2.5mm CuAg/ 4 Wdg. \varnothing 13mm, 15mm lang mit 2.5mm CuAg.

L4= 3 turns \varnothing 10mm, 15mm long 2.5mm CuAg/ 3 Wdg. \varnothing 10mm, 15mm lang aus 2.5mm CuAg.

Sockets/Socket: SK1900.

The author can supply valves and all metalwork./ Röhren und Mechanik sind beim Autor erhältlich.

144 MHz Leistungs Endstufe

von ON5FF

In dem hier beschriebenen Linear Verstärker werden zwei Trioden vom Typ 3CX800A7 in Gitter- Basisschaltung, parallel angeordnet, verwendet. Der Anodenresonanzkreis ist in $\lambda/4$ Stripline ausgeführt. Die Endstufe erzeugt in FM oder RTTY 1500W HF und bis zu 2.8kW in CW oder SSB Betrieb. Selbst bei einer Anodenspannung von 2.8kV sind die Röhren nur zur Hälfte ihrer möglichen Verlustleistung belastet (800W pro Röhre). Weiter zeichnet die beschriebene Endstufe einen geringen Lüfteraufwand, sowie niedrige Lüftergeräusche während des Betriebes aus. Durch das niedrige Q des Anodenstreifenleitungskreises ergeben sich folgende Eigenschaften der Endstufe:

- a.) Größerer Harmonischenanteil im Ausgangssignal, aber dagegen ist ein Tiefpaßfilter eingebaut.
- b.) Hoher Wirkungsgrad: ca. 70%, hängt von der Treiberleistung und dem eingestellten Arbeitspunkt ab.
- c.) Große Bandbreite. Keine Nachstimmung zwischen 144 und 144.5MHz erforderlich (gemessen bei 2kV und 1.4A).

Die beiden Röhren sind parallel geschaltet und benötigen keine getrennte Beobachtung während des Betriebes. 20 verschiedene Röhren wurden beim Verfasser ausprobiert; alle zeigten gleiche Betriebsbedingungen.

2.) Die Konstruktion

Die Anodenkammer mit dem Resonator besteht aus 2mm starkem Kupfer. Aluminium kann genauso verwendet werden. Der Resonator sollte nicht aus Messing gefertigt werden, außer mit anschließender Versilberung. Empfohlen wird ein Kupferstreifen, der anschließend versilbert wird. Durch das Versilbern erhöht sich der Wirkungsgrad um ein paar Prozent. Die Abmessungen des Anodenresonators betragen 342x165mm und beinhalten schon C4 mit einer Kapazität von etwa 630pF. 0.6mm Teflonfolie befindet sich zwischen L1a und L1b,c, mit M3x10mm Schrauben nochmals 10mm Teflonscheiben 18x2mm isoliert, befestigt in den 18mm Bohrungen in L1a. Zwei weitere Teflonfolien (178x95mm) befinden sich an der Zarge um Hochspannungsüberschlägen vorzubeugen. Den Anodenkontakt stellt ein Fingerstock Material her. Der Abstand zwischen Boden und Deckel beträgt 62mm. Der Anodenkreis befindet sich in der Mitte und ist auf Teflon-Abstandshaltern D=18mm, 30mm lang, befestigt. C1 ist ein fester Kondensator, auf die Bodenplatte geschraubt, in der Nähe der Röhren. Die zwei justierbaren Bronzefahnen C2 und C3 sind 20mm von der Bodenplatte entfernt angebracht. C2 ist ein U-Profil aus Kupfer (20mm breit und 70mm lang), an dessen eine Seite die Bronzefahne angelötet ist. Die andere Seite ist mit der Bodenplatte verschraubt. C3 ist durch einen Teflon Block 10x20x70mm mit selbstschneidenden Gewindeschrauben befestigt. Eine dünne Drahtschleife ist innerhalb C2 angelötet, an welcher ein Stück Angelschnur befestigt wird, um die Bronzefahne später bewegen zu können. C3, der Auskoppelkondensator wird in ähnlicher Weise abgestimmt, jedoch kann hier wegen der hohen HF-Feldstärke keine Nylonschnur verwendet werden; sie würde einfach durchbrennen. Es muß eine Teflonschnur angefertigt werden, indem man aus einer etwa 0.6mm starken PTFE-Folie einen 0.6mm breiten Streifen herausschneidet. Der Durchmesser der Durchbrüche für die Röhren hängt von dem verwendeten Fingerstock-Material ab und ist dementsprechend zu bemessen.

3.) Das Kühlsystem

Der Lufteinlaß befindet sich in der Bodenplatte und hat einen Durchmesser von 114mm. Zwischen dem Lüfter und dem Innenraum befindet sich ein Schutzgitter mit einer Maschenweite von etwa 1.5mm. Verwendet wird ein Axiallüfter, wie er häufig in der Computertechnik Verwendung findet (120x120mm), wegen des geringen Geräuschpegels. Verschiedene Typen wurden getestet. Alle Typen brachten einen Druck von ca. 3mm Wassersäule. Normalerweise ausreichend um eine mittlere Verlustwärme von 400W pro Röhre abzuführen. Wir entschlossen uns jedoch die Röhren etwas kühler zu betreiben. Zwei derartige Lüfter mit gleicher Drehrichtung übereinandergelagert ergaben einen Druck von 4mm Wassersäule. Ein anderer Versuch brachte deutlich bessere Ergebnisse. Ein ETRI (125XR) Lüfter, rechtsdrehend drückt in einen darüber befindlichen PAPST Lüfter linksdrehend. Das Ergebnis brachte 8.5mm Wassersäulen Druck. Als wir den PAPST Lüfter in den ETRI drückend betrieben haben, erhielten wir das beste Ergebnis von 10.5mm Druck, aber der Geräuschpegel bei dieser Anordnung war zu hoch und wir entschieden uns für die vorletzte Version. Der Luftaustritt in die Kammer ist so angeordnet, daß er sich direkt zwischen Bodenplatte und Kamin des SK1906 Sockels befindet.

4.) Das Tiefpaßfilter

C5 und C6 sind 18pF Kondensatoren, welche aus RG142 (Teflon Koaxkabel) hergestellt werden. Dieses Kabel hat pro cm eine Kapazität von etwa 1pF. Zwei gleichlange Stücke (18cm lang) an ihren Enden etwa 1cm abisoliert und 1cm die Abschirmung stehen lassen und verlöten.

Zwei zugeschnittene Kupferstreifen 0.5mm stark ca. 10x20mm werden über die Abschirmung des Koaxkabels gedrückt und mit der Grundplatte verlötet. Hierzu sollte die Platte mit einer Flamme vorher erwärmt werden, damit das Lötzinn gut fließt. Anschließend werden L2, L3 und L4 angelötet. C3 (Die Bronze-Abstimmfahne wird jetzt entfernt. An L2 wird ein Stück RG58 (Innenleiter) angebracht und die Abschirmung mit der Masse verbunden. Davor wird ein SWR Meter geschaltet und an die Antennenbuchse ein Abschlußwiderstand angeklemt. Auf 144.3MHz wird nun etwas Leistung dem Punkt L2 zugeführt. Durch Abstimmen der Spulen (Zusammendrücken oder auseinanderbiegen) L2, L3 und L4 sollten mindestens 30dB Rückflußdämpfung erreicht werden. Anschließend wird C3 wieder angelötet.

5.) Die Ausgangsbuchse

Wenn eine N-Buchse benutzt werden soll, ist darauf zu achten, daß sich diese in unversehrtem Zustand befindet. Von Verwendung bereits benutzter oder ausgebauter Buchsen wird dringend abgeraten. Schon bei einem leichten Kontaktfehler in der Steckverbindung würde beim Betrieb der Innenleiter abbrennen. Besser für die Übertragung großer Leistungen wie hier ist die Benutzung von der 7/16 Norm (Siemens oder Spinner) oder der C-Norm. Der Vorteil der N-Norm ist, daß die meisten Meßgeräte über Anschlüsse dieser Norm verfügen usw.

6.) Der Abgleich

Wenn die Anpassung von C3 eingestellt ist und ein Abschlußwiderstand angeschlossen ist, wird in die Endstufe eine Treiberleistung von etwa 40W gegeben. Mit C2 wird maximale Ausgangsleistung abgeglichen, ebenso mit C9. Beim Abgleichen sollte der Gitterstrom beobachtet werden. Wird der Gitterstrom höher als 50mA sollte er durch Nachstimmen der Auskopplung mit C3 wieder reduziert werden. Bei größerer Ansteuerleistung sollte zwischen Treiber und Endstufe ein SWR-Meter eingeschleift werden, um das Eingangs SWR zu kontrollieren. Mit CE9 wird auf größte Rückflußdämpfung abgeglichen. Die erforderliche Treiberleistung für maximale Ausgangsleistung beträgt 85W. Bei 2kV Anodenspannung beträgt die Ausgangsleistung 2.2kW, bei 2.5kV Anodenspannung 2.8kW HF. Bei voller Treiberleistung beträgt der Anodenstrom etwa 1.6A.

Der Ruhestrom beträgt ca. 120mA bei einer 8.2V Zener Diode in der

Kathodenleitung. Etwa \emptyset bei einer 12V Zenerdiode. Als Heizstrom sind bei 13.5V nur 3A erforderlich. Die maximal zulässige Anodenspannung bei FM und RTTY Betrieb soll 2350V nicht übersteigen. Die Oberwellenunterdrückung beträgt 60dB.

7.) Hinweise zum Betreiben

Die Heizung der Röhren sollte 2 Minuten eingeschaltet sein, bevor die Treiberleistung auf die Endstufe geschaltet wird. Die Anodenspannung kann gleichzeitig mit der Heizspannung angelegt werden. Niemals Ansteuerung auf die Röhre geben ohne zugeschaltete Anodenspannung! Den Gitterstrom in jedem Fall unter 100mA halten. Sicherstellen, daß das Antennenrelais angeschossen ist und zur Antenne durchgeschaltet ist, bevor gesendet wird. Die Instrumente zum Anzeigen des Gitter- und Anodenstromes mit 3A Dioden schützen. Nahestehende Antennen zur 2m Antenne können einen großen Teil der abgestrahlten HF aufnehmen und Empfangsvorstufen zerstören. Zusätzliche elektronische Sicherheitsschaltungen können sehr nützlich sein, außerdem sollte die Endstufe gegen Mißbrauch geschützt werden.

Die Bauteilliste befindet sich am Ende des englischen Textes auch in deutsch.







