

40 Watt FM-PA für 70cm

Die folgende Bauanleitung beschreibt eine Sendeendstufe für das 70cm Band. Sie ist speziell für FM-Betrieb optimiert, für SSB ist sie ungeeignet. Eine besondere Eigenschaft ist ihre sehr schnelle Sende-Empfangsumschaltzeit und die verschleißfreie Umschaltung mit Pindioden, die sie besonders für Packet Radio Betrieb, selbst bis 76800 Bps geeignet macht.

Die technischen Daten

Ausgangsleistung:	35 Watt bei 12V, > 40W bei 13,5V
Ansteuerleistung:	0,2 ... 7 Watt (siehe Text)
Nebenaussendungen:	< -70dBc
Sende-Empfangsumschaltzeit:	2ms
RX-Durchgangsdämpfung:	< 0,7dB
Betriebsspannung:	9 ... 14 Volt
Stromaufnahme:	ca. 8 A
Abmessungen:	100x120x67mm inkl. Kühlkörper

Schaltungsbeschreibung

Bild 1 zeigt das Schaltbild der PA. Solange die Schaltung kein Ansteuersignal bekommt (Empfangsfall) fließt durch die Dioden D1, D2 und D3 kein Strom, sie sind daher hochohmig. Das Empfangssignal wird somit von der Antennenbuchse P2 über die beiden Leitungskreise L1 und L2 zum Transceiveranschluß P1 geführt. Die Kondensatoren C3, C4 und C5 ergänzen die Leitungen zum Tiefpaßfilter und sorgen für eine gute Anpassung. Die Durchgangsdämpfung des Empfangszweiges wird nur durch die Leitungsverluste bestimmt, diese liegen bei einem halben dB, dazu kommt jeweils ca. ein zehntel dB Verluste der Koax-Stecker.

Sobald ein Signal mit mehr als 100mW Leistung an der Transceiverbuchse anliegt, schaltet die PA auf Senden. Die Dioden D4 und D5 richten einen Teil des Ansteuersignals gleich, T1 öffnet und legt die Basis über R5 nach Masse. Über T2 fließt nun ein Strom durch die Dioden D1, D2 und D3, wodurch diese sehr niederohmig werden. Da die Streifenleitungen L1 und L2 eine Länge von Lambda-Viertel haben, wird der Kurzschluß von D2 auf einen Leerlauf an den beiden Buchsen P1 und P2 transformiert. Dadurch ist der Empfangspfad für das HF-Signal gesperrt. Statt dessen öffnen D1 und D3, wodurch die Ansteuerleistung zum Endstufenmodul gelangt und das verstärkte Ausgangssignal auf die Antenne.

Das Endstufenmodul verträgt eine maximale Eingangsleistung von 0,5Watt, daher ist zu seinem Schutz das Dämpfungsglied R1 bis R3 nötig, wenn eine höhere Ansteuerleistung verwendet wird. Hier sind induktionsarme Metalloxidwiderstände gut geeignet. Das Modul selbst hat nur eine unzureichende Unterdrückung von Oberwellen, deswegen befindet sich auf der Platine ein fünfpoliges Tiefpaßfilter, L3 und L4 und C12 bis C13, das ebenfalls aus Streifenleitungskreisen aufgebaut ist.

Aufbau

Auf Bild 2 sieht man den Bestückungsplan, die Bilder 3 und 4 zeigen die Platinenober- und Unterseite. Alle HF-kritischen Bauteile sind SMD-Ausführungen, die Bauform der Kondensatoren ist 0805, diese Normbezeichnung gibt Größe der Teile an. Die Platine sieht etwas ungewohnt aus, da sie die Leiterbahnen auf der Oberseite hat und die Unterseite nur aus Masse-

fläche besteht. Verwendet man keine durchkontaktierte Platine, werden die Massepins der be-
drahteten Bauteile von der Unterseite her gelötet, die übrigen Pins und die SMD-Bauteile lötet
man von oben an. Die Durchkontaktierungen bestehen in diesem Fall aus 1,3mm dicken Löt-
stiften, um eine möglichst geringe Serieninduktivität zu erhalten.

Bevor ein SMD-Bauteil eingelötet wird, muß man zuerst eines der beiden Pads mit etwas Löt-
zinn versehen. Dann hält man das Teil mit der Pinzette fest und lötet es mit einem Ende an
dem Pad an. Nachdem das Zinn erstarrt ist, kann man das zweite Pad anlöten. Bei den Kon-
densatoren muß man sehr vorsichtig sein, diese Teile haben keine Beschriftung. Es gibt außer
Nachmessen keine Möglichkeit mehr den Wert herauszufinden, wenn man sie einmal aus der
Verpackung genommen hat. Bei D2 und D3 kennzeichnet der rote Punkt die Kathode.

Das PA-Modul wird auf der Unterseite der Platine montiert. Die Beschriftung zeigt zur Plati-
ne, der Kühlflansch von ihr weg. Vor dem Anlöten schraubt man es mit 8mm langen Ab-
standsbolzen an der Platine fest und steckt die Anschlußdrähte durch die dafür vorgesehen
Löcher. Die Drähte schneidet man von der Oberseite der Platine her kurz ab und lötet sie fest.

Der nächste Schritt ist der Einbau in das Gehäuse. Sehr gut geeignet ist ein Schubert Weiß-
blechgehäuse mit dem Abmessungen 111x55x30mm. Die Bohrungen für die BNC Buchsen
müssen so angebracht werden, daß der Innenleiter auf der Platine aufliegt. Im Bodenblech
muß man eine Aussparung für das PA-Modul aussägen. Die Montage Schritt für Schritt:

- Einsetzen der beiden BNC-Buchsen in die Seitenteile und gut festschrauben.
- Einlöten des Durchführungskondensators und Abwinkeln des inneren Pins um 90 Grad in
Richtung Platine. Anlöten der Lötöse für die Masseverbindung.
- Zusammenstecken der beiden Seitenteile und des Deckels. Löten der Kanten der Seiten-
teile.
- Einsetzen der fertig bestückten Platine so, daß sie auf den Innenleitern der BNC-Buchse
aufliegt und der Anschlußdraht des Durchführungskondensators im zugehörigen Loch
steckt.
- Anlöten der Platine am Weißblechgehäuse. Dazu ist ein kräftiger LötKolben mit feiner
Spitze nötig.
- Aufstecken des Bodenbleches. Wenn alles richtig gemacht wurde, muß das PA-Modul
durch die Aussparung schauen und bündig mit dem Bodenblech abschließen.
- Deckel abnehmen und BNC-Buchsen und Duko an der Platine anlöten.
- PA auf den Kühlkörper anschrauben (Abstandsbolzen nicht vergessen).
- Deckel aufsetzen.

Inbetriebnahme

Ein Abgleich des Gerätes ist nicht nötig. Je nach Ansteuerleistung, die der Transceiver besitzt,
sind die Widerstände für das Dämpfungsglied R1 bis R3 zu wählen. Die Werte findet man in
der Tabelle. Auf keinen Fall darf man dem PA-Modul eine zu große Eingangsleistung zumu-
ten.

Ansteuerleistung	R1, R3	R2
0,2 – 0,5 W	nicht bestücken	Drahtbrücke
0,5 – 2 W	150 Ohm	39 Ohm
2 – 7 W	100 Ohm	82 Ohm

Hat man alles soweit zusammengebaut, schließt man Transceiver und Wattmeter an die PA an. Zuerst bekommt die PA keine Betriebsspannung. Tastet an den Steuersender, so muß das Wattmeter dessen Sendeleistung anzeigen. Bis zu 20% weniger ist noch OK, noch weniger deutet auf einen Defekt hin. War dieser Test erfolgreich, legt man Betriebsspannung an, am besten über ein Amperemeter zur Kontrolle. Tastet man den Steuersender erneut, muß man nun die volle Ausgangsleistung am Wattmeter sehen. Die Stromaufnahme sollte 8 Ampere nicht nennenswert überschreiten, eine zu hohe Stromaufnahme ist ein Zeichen für Fehlanpassung.

Thermaldesign

Bei voller Leistung setzt das PA-Modul ca. 60 Watt in Wärme um. Der Wärmewiderstand des PA-Transistors im Modul zum Kühlflansch beträgt 2 Grad pro Watt, die maximal zulässige Sperrschichttemperatur ist 175 Grad. Das bedeutet, daß bei einem Wärmewiderstand des Kühlkörpers von 0,5 Grad pro Watt Dauerbetrieb bei voller Leistung nur bei einer Umgebungstemperatur von maximal 25 Grad möglich ist. Dies ist ein höchst unpraktikabler Wert. Will man wirklich Dauerbetrieb machen bleibt als Alternative nur die Zwangskühlung mit einem Lüfter.

Der verwendete Kühlkörper SK71 hat einen Wärmewiderstand von 0,9°/W. Bei einem Sendempfangsverhältnis von 1:1 (entsprechend 30 Watt mittlerer Verlustleistung), der sowohl beim Sprechfunk wie bei Paket Radio selten überschritten wird, und einer angenommenen Umgebungstemperatur von 50 Grad, steigt die Sperrschichttemperatur des PA-Transistors auf maximal 140 Grad. Unter diesen Bedingungen ist ein zuverlässiger Betrieb bedenkenlos möglich.

Nachwort

40 Watt sind schon eine ganz ordentliche Leistung, man sollte daher auf alle Fälle beim Experimentieren die nötige Sorgfalt walten lassen. Langt man an eine Antenne, die diese Leistung abstrahlt, kann man sich tiefe Löcher in die Finger brennen, ebenso, wenn man mit den Fingern in die laufende PA hineinfäßt. Daneben besteht akute Brandgefahr bei Kurzschlüssen auf der Gleichspannungsseite, da die PA-Netzteile oft einen beträchtlichen Strom abgeben können. Auch die Beachtung der Sicherheitsabstände gemäß der relevanten Richtlinien wie z.B. VDE 0848 sollten beachtet werden. Daneben sei darauf hingewiesen, daß das PA-Modul das Verpolen der Betriebsspannung ausgesprochen übel nimmt, d.h. es geht dabei sofort kaputt.

Natürlich kann der Autor dieser Zeilen aus Schäden, die durch Aufbau oder Betrieb der Schaltung entstehen, keine Haftung übernehmen. Die Schaltung kann für private Zwecke beliebig nachgebaut werden, alle Rechte der Veröffentlichung und der kommerziellen Verwertung liegen jedoch beim Autor.

Bei Fragen zur Schaltung stehe ich über Packet Radio oder Internet (df2fq@amsat.org) gerne zur Verfügung. Bausätze sind in Vorbereitung, bei entsprechendem Interesse gibt es auch Fertiggeräte.

Holger Eckardt, DF2FQ

Achtung, ab 1.3.99 neue Anschrift: Kirchstockacherstr. 33, 85662 Hohenbrunn

Stückliste, elektrische Bauteile

Referenz	Wert	Bauform
C1	1p	0805
C2	100p	0805
C3	5p6	0805
C4	10p	0805
C5	2p2	0805
C6	100p	0805
C7	100p	0805
C8	10n	0805
C9	10n	0805
C10	10n	0805
C11	10n	0805
C12	8p2	0805
C13	12p	0805
C14	8p2	0805
C15	100p	0805
C16	10 μ /16V	Elko, stehend
D1	BA479	SOD68
D2	MA4P1250	1210
D3	MA4P1250	1210
D4	1N4148	DO35
D5	1N4148	DO35
F1	10A-tr	SI-Halter
L5	0.22 μ H	RM7,5mm
L6	FCX	6-Loch Drossel
Q1	M57729	PA-Modul, H3
R1	100R/3W	RM 17,5mm
R2	82R/3W	RM 17,5mm
R3	100R/3W	RM 17,5mm
R4	4k7	RM 10mm
R5	4k7	RM 10mm
R6	10k	RM 10mm
R7	470R	RM 10mm
R8	330R	RM 15mm
T1	BC547	TO92
T2	BC557	TO92

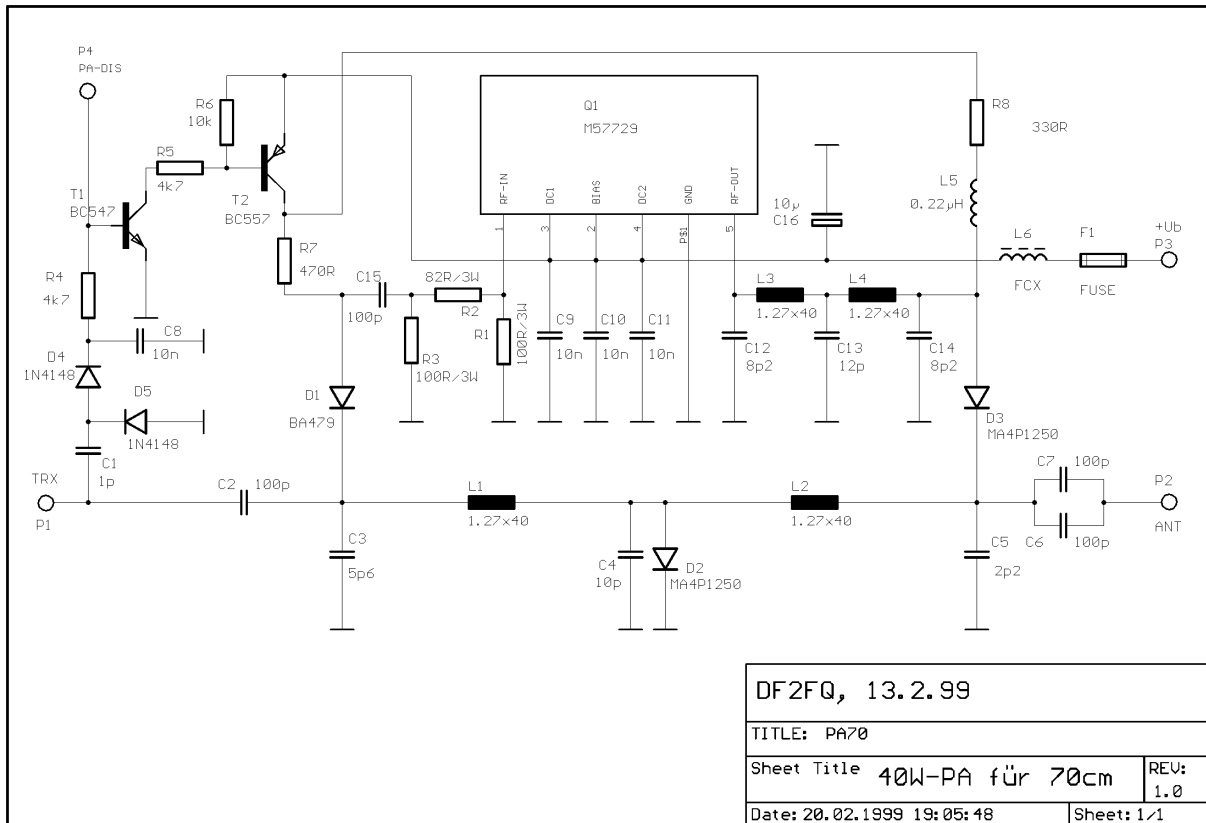


Bild 1, Schaltbild

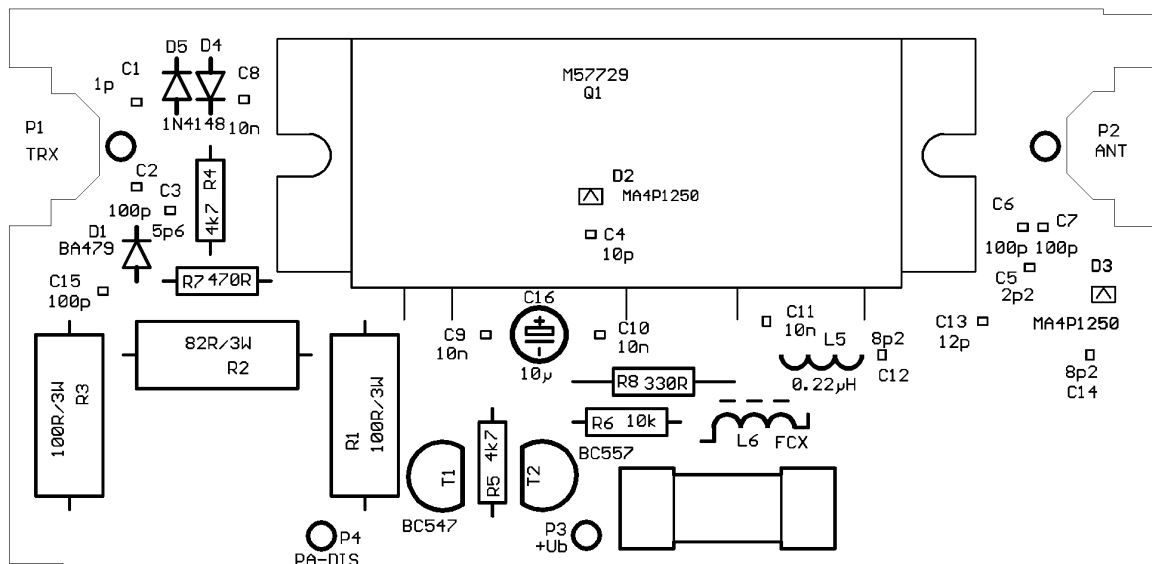


Bild 2, Bestückungsplan

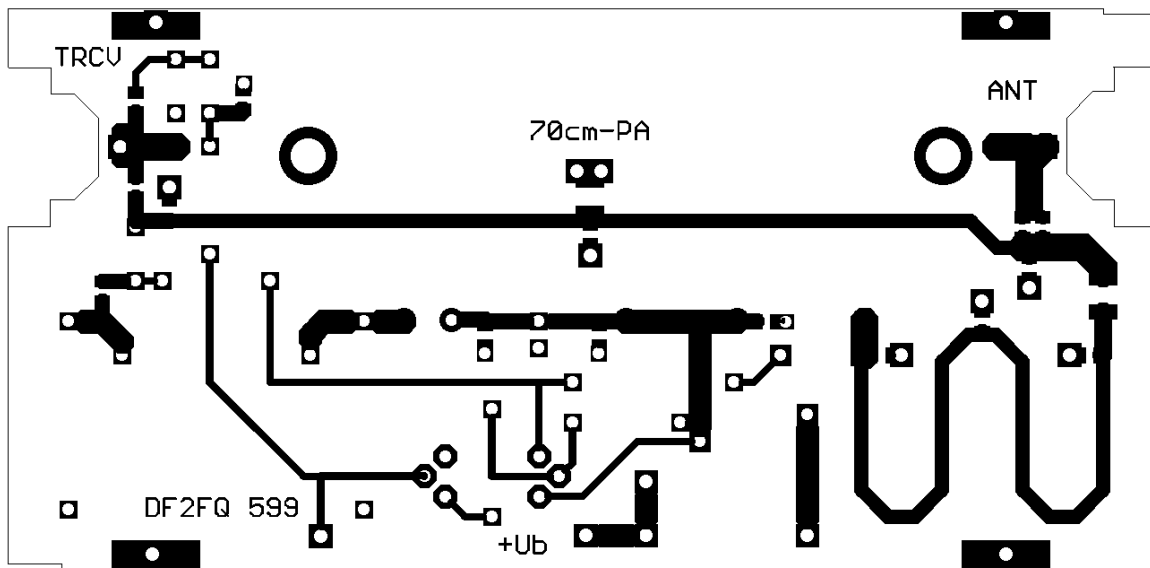


Bild 3, Platinenoberseite

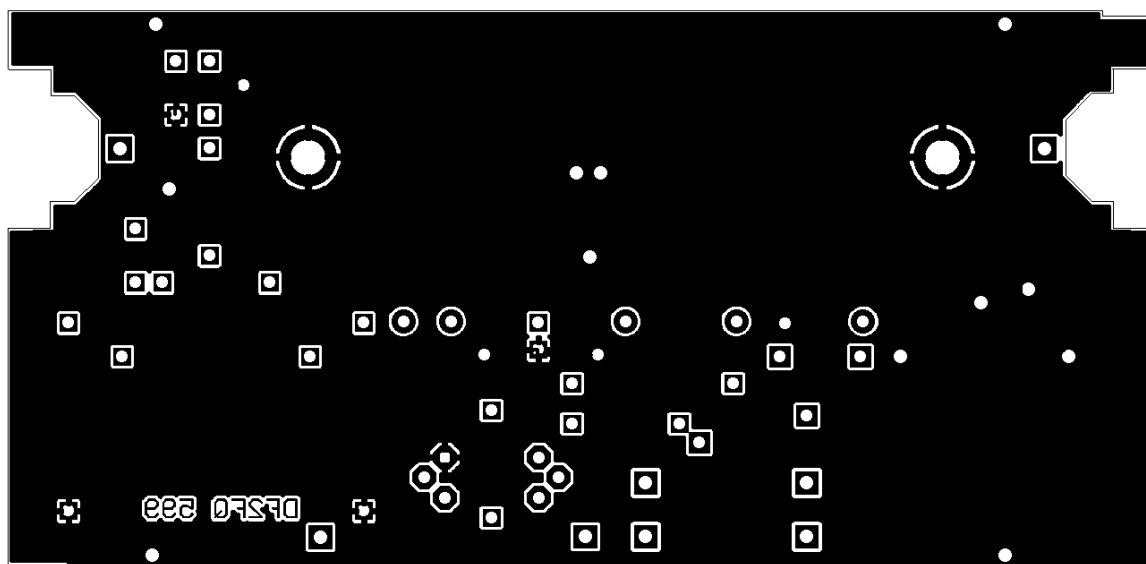


Bild 4, Platinenunterseite