

2-m- und 70-cm-Vorverstärker mit GaAs-FETs

MARTIN STEYER – DK7ZB

Die hier vorgestellten Vorverstärker haben sich in verschiedenen Exemplaren seit zehn Jahren bewährt und können mit kommerziellen Produkten durchaus mithalten, obwohl die Bauteilekosten minimal sind. Die Rauschzahlen liegen für beide Ausführungen unter 1 dB. Zum Einsatz kommt in beiden Verstärkern ein Dualgate-GaAs-FET CF 300; der Aufbau erfolgt in konventioneller Verdrahtungstechnik in handelsüblichen Weißblechgehäusen.

■ Stromlaufplan

Bild 1 zeigt den für beide Ausführungen identischen Stromlaufplan. Die Ein- und Ausgangskreise sind für niedrige Rauschzahlen in verlustarmer Technik aufgebaut; zur Abstimmung dienen Rohrtrimmer. Dabei kommen auf 2 m Helix-Kreise zum Einsatz, auf 70 cm verkürzte $\lambda/4$ -Kreise.

Die Betriebsspannung muß für die GaAs-FETs auf 6,2 V reduziert werden. Besser als zum Rauschen neigende integrierte Spannungsregler eignet sich hier eine einfache Z-Diode.

Die Vorspannung für das Gate 1 entsteht durch den Spannungsabfall am Sourcewiderstand, der für Gate 2 durch einen Spannungsteiler. Die Drainspannung wird parallel über eine Drossel zugeführt; so läßt sich das kalte Ende des Ausgangskreises direkt auf Masse löten, was die Konstruktion deutlich vereinfacht. Eine über den Drainanschluß geschobene Ferritperle reduziert zusammen mit der konsequenten Kammerbauweise die vor allem beim 2-m-Typ mögliche Schwingneigung.

Am Ausgang ist jeweils ein Dämpfungsglied vorzusehen, das die hohe Durchgangsverstärkung reduziert, um eine Übersteuerung des nachfolgenden Empfängers zu vermeiden, s.u. Die erste Tabelle enthält die Widerstandswerte für drei ausgewählte Dämpfungswerte des Dämpfungsglieds.

Aus der zweiten Tabelle gehen die Bauteile hervor; wenn für die beiden Bänder eine unterschiedliche Dimensionierung erforderlich ist, stehen die Daten für die 70-cm-Version in Klammern und kursiv hinter denen für die 2-m-Ausführung. Für minimale Rauschzahlen sollte man hochwertige Metallschichtwiderstände einsetzen.

■ Mechanik

Ich habe bewußt keine Leiterplatte verwendet, da der CF 300 dabei besonders im 2-m-Band zu instabilen Betriebszuständen neigt, die sich nur durch konsequente Kammerbauweise mit Trennung des Drainanschlusses von der Eingangsbeschaltung vermeiden lassen.

Die benötigten handwerklichen Fähigkeiten zum Aufbau in einem handelsüblichen Weißblechgehäuse mit den Abmessungen 72 mm × 55 mm × 30 mm sind minimal. Verkupfern und anschließendes Versilbern brachte weder auf 2 m noch auf 70 cm einen meßbaren Unterschied, so daß man wohl beruhigt beim unbehandelten Weißblech bleiben kann.

Man beginnt sinnvollerweise mit dem Zusammenlöten des Gehäuses; vor dem Einbau der (mittigen) Trennwand sollte man das 3-mm-Loch (25 mm von der Seitenwand entfernt) für den Drainanschluß bohren. Die Lötnähte müssen sauber auf beiden Seiten und rundum gezogen werden; dabei möglichst wenig Lötzinn und einen heißen Kolben verwenden! Danach werden die Bohrungen für die Rohrtrimmer und die Durchführungskondensatoren angebracht, wobei sich deren Durchmesser nach den verwendeten Bauteilen richtet.

C1 und C7 sind keramische Rohrtrimmer, noch besser setzt man für C1 einen Glasrohrtrimmer (Johnson) sein. Wer mecha-

nisch geschickt vorgeht, kann runde Teflon-Trimmer (SKY) direkt zwischen die Kammerwand und L1 einlöten.

Direkt auf das Blech gelötete anschlusslose Keramikscheiben (Klatschkondensatoren) dienen gleichzeitig als Lötstützpunkte für den Feldeffekttransistor. Die Betriebsspannung gelangt über keramische Durchführungskondensatoren in die Kammern. Für die Abblockkondensatoren am CF 300 sind auch SMD-Keramikkondensatoren verwendbar. In diesem Fall braucht man allerdings beim Einlöten eine ruhige Hand und ein gutes Auge. Für die Außenverdrahtung empfiehlt sich diese Lösung weniger, da mechanische Belastung leicht zum Bruch der SMD-Kondensatoren führt.

Besser als eine lange Beschreibung zeigt ein Blick auf Bild 2 den Einbau des GaAs-FETs. Der CF 300 wird mit seinen beiden Anschlüssen Gate 2 und Source unmittelbar auf zwei Trapezkondensatoren gelötet, Gate 1 ist unmittelbar mit der Eingangsinduktivität L1 verbunden. Der Drainanschluß führt durch ein 3-mm-Loch in die zweite Kammer zu L2.

Beim Umgang und Einbau des GaAs-FET gilt es zu beachten, daß diese Bauelemente empfindlich gegen statische Aufladung sind. Das Erden von Gehäuse und Lötspitze ist unbedingt notwendig; außerdem sollte man die Anschlüsse des FET nicht mit einer Pinzette oder den Fingern anfassen, es sei denn, auch die Pinzette wird geerdet.

Widerstände für das Dämpfungsglied

Dämpfung [dB]	R ₁ = R ₃ [Ω]	R ₂ [Ω]
3	270	18
6	150	39
10	100	82

Wie die jeweiligen Induktivitäten und deren Einbau aussehen, geht am besten aus dem Foto hervor (Bild 3); bei dem abgebildeten 2-m-Verstärker sind der Antennenanschluß und das Dämpfungsglied noch nicht verdrahtet.

Der antennenseitige 50-Ω-Punkt kann direkt an eine BNC-Buchse angeschlossen werden. Einfacher und HF-technisch ebenso sauber ist die Möglichkeit, den Innenleiter des Koaxialkabels direkt an L1 anzulöten, die Abschirmung dabei innen (!) in der Kammer. Sie empfiehlt sich aber nur bei Integration des Verstärkers in ein Gehäuse; sonst setzten sich Bewegungen des Kabels zum Innenleben des Verstärkers fort und führen dort früher oder später zu einem Drahtbruch.

Das selten entbehrliche Dämpfungsglied wird in Freiluftverdrahtung eingebaut. Die Bauelemente zur Stabilisierung und zum Abblocken der Betriebsspannung finden an der oberen Kammeraußenseite ihren Platz. Bild 4 zeigt ihre Lage.

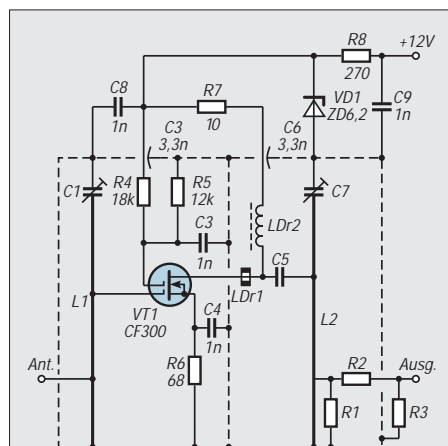


Bild 1: Stromlaufplan für beide Verstärkerversionen

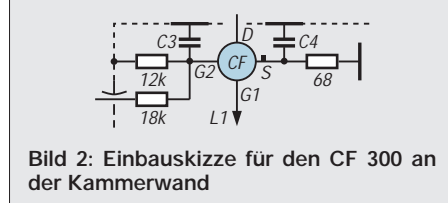


Bild 2: Einbauskitze für den CF 300 an der Kammerwand

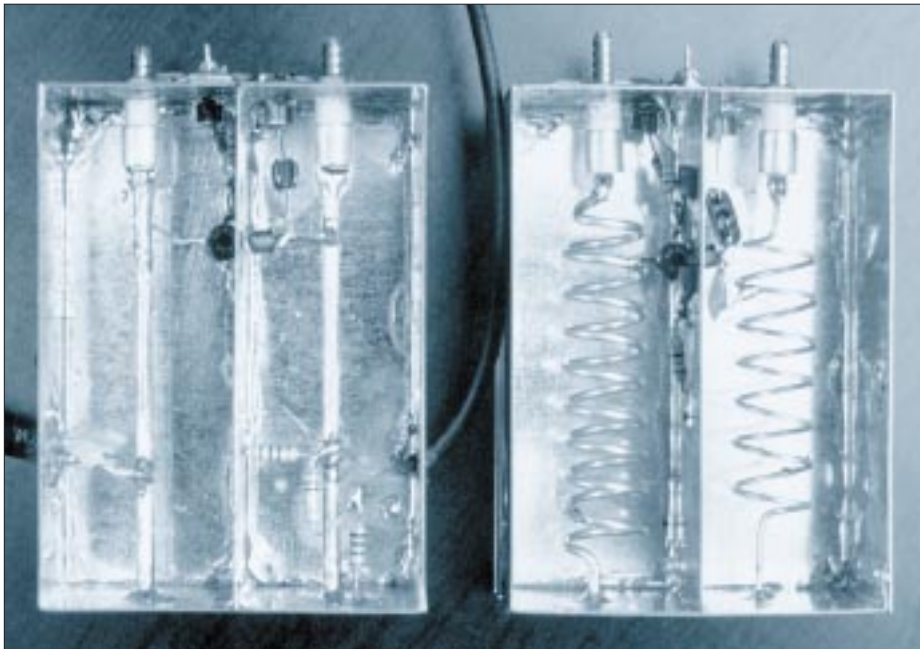


Bild 3: Ansicht der fertigen Vorverstärker; links die 70-cm-Ausführung, rechts die 2-m-Ausführung

Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme muß man sich über das Dämpfungsglied Gedanken machen. Die meisten nachgeschalteten Transceiver erreichen eine Verbesserung der Gesamt-rauschzahl bei etwa 12 bis 15 dB Vorverstärkung, es sei denn, wir verfügen über ein ausgesprochen taubes Exemplar. Die Durchgangsverstärkung liegt bei der 2-m-Version um 25 dB, bei der 70-cm-Version um 21 dB. Wenn wir die Differenz auf die Kabeldämpfung und das Dämpfungsglied aufteilen, so gehört zu 3 dB Kabelverlusten ein 7-dB-Dämpfungsglied für 2 m bzw. eines mit 3 dB bei 70 cm.

Bauelemente und Spulendaten

(70-cm-Daten kursiv in Klammern)

C1, C7	Rohrtrimmer 10 pF (6 pF)
C2, C6	Keramische Durchführungskondensatoren, 1 bis 5 nF (unkritisch)
C3, C4	anschlußlose keramische Scheibenkondensatoren 1 nF
C5	Keramik, 100 pF (27 pF)
C8, C9	anschlußlose keramische Scheibenkondensatoren 1 nF
L1	9 Wdg., 1,5-mm-CuAg, 10 mm Innendurchmesser. Anzapfung für Gate 1 bei 1,5 Wdg. vom heißen Ende, für Antenne bei 1,25 Wdg. vom kalten Ende <i>(2,5-mm-CuAg, 60 mm lang, Anschluß Antenne bei 18 mm vom kalten Ende)</i>
L2	7 Wdg., 1-mm-CuAg, 10 mm Innendurchmesser. Anzapfung für Drain bei 5,5 Wdg vom kalten Ende <i>(2,5-mm-CuAg, 60 mm lang, Anschluß Auskopplung 20 mm vom kalten Ende)</i>
LDr1	Ferrit-Dämpfungspferle, auf Drainanschluß geschoben
LDr2	10 Wdg., 0,2-mm-CuL, auf Ferrit-Dämpfungspferle
VT1	Dualgate-GaAs-FET CF300 (Telefunken)
VD1	Z-Diode 6,2 V, 1 W

Eine Kontrolle der am GaAs-FET liegenden Gleichspannungen gegen Masse ist sinnvoll, damit wir uns überzeugen können, daß der Transistor die Einbauprozedur unbeschadet überstanden hat. Zunächst prüfen wir, ob die 6,2 V an VD1 liegen. Eine geringfügig niedrigere Spannung muß sich am Drain einstellen. Anschließend mißt man den Spannungsabfall am Sourcewiderstand (68 Ω), der bei 1,2 bis 1,3 V liegen sollte. Das entspricht einem Drainstrom von knapp 20 mA (18 bis 20 mA sind normal). Mit weniger Drainstrom (10 bis 12 mA) ist die Rauschzahl noch geringfügig besser, wogegen die Übersteuerungsfestigkeit abnimmt.

Wer möchte, kann dazu bei Kontrolle des Spannungsabfalls den Sourcewiderstand auf 82 bzw. 100 Ω erhöhen. Die korrekte Spannung an Gate 2 liegt etwa bei 2,9 V; mißt man hier deutlich mehr (4 V), liegt ein Fall für den Halbleiterfriedhof vor.

Abgleich

Der Abgleich erfolgt zunächst mit beiden Trimmern auf Signalmaximum. Der anschließend zu suchende Abgleichpunkt des Vorkreises auf Rauschminimum ist nicht



Bild 4: Die Außenverdrahtung für die Betriebsspannung

identisch mit dem maximaler Verstärkung!

Wer keinen Rauschgenerator zur Verfügung hat, sollte einen schwachen Träger einstellen, der bei FM noch einen kräftigen Rauschanteil hat. Geringfügiges Verdrehen führt zu deutlichen Rauschänderungen auf dem Signal.

Diese Methode ist äußerst praktisch, denn sie nutzt gleich zwei Eigenarten der Frequenzdemodulation: Zumindest in Amateurfunkgeräten erfolgt bereits ohne Signal eine volle Begrenzung, außerdem vergrößert sich im Bereich der Demodulationsschwelle, d.h., bei schwachen Signalen, der Signal/Rausch-Abstand stärker als das Signal selbst. Die Begrenzung sorgt dafür, daß die mit der Verbesserung des Signal/Rausch-Abstands einhergehende Veränderung der Signalstärke ohne Einfluß bleibt, und die Nutzung der Demodulationsschwelle macht geringe Veränderungen des Rauschfaktors besser erkennbar.

Man kann auf diese Weise also einfach und eindeutig den Punkt des Empfindlichkeitsmaximums bestimmen. Bei einem rauschfreien Signal ist selbstverständlich kein Abgleich mehr möglich!

Sinnvoll ist diese Methode übrigens auch für einen Nachgleich, wenn die gesamte Übertragungskette (Antenne, Kabel, Relais, Vorverstärker) angeschlossen ist. So mancher am Rauschmeßplatz abgeglichene Vorverstärker erwies sich im praktischen Einsatz nämlich doch nicht als optimal empfindlich, denn wer kann dafür garantieren, daß bei Antenne, Stecker, Kabel und Relais keinerlei Transformationseffekte in der theoretisch aus 50-Ω-Komponenten zusammengesetzten Anlage auftreten?

Anschluß an die vorhandene Anlage

Hier können nur Tips gegeben werden, weil die Einsatzgegebenheiten unterschiedlich aussehen dürften. Ein Schalten mit HF-Vox ist die denkbar schlechteste Lösung, besser ist es, mit einer Gleichspannung die beiden (sinnvollerweise echten!) Koaxialrelais zu schalten, die im Sendefall den Vorverstärker überbrücken. Diese Umschaltung muß sicher und auch ausreichend schnell funktionieren, um den Verstärker vor der Sendehf zu bewahren.

Ich habe die Vorverstärker jeweils in die Endstufen eingebaut, weil mein Koaxialkabel zur Antenne nur 5 m lang ist. Beim 2-m-Transverter wird dann direkt in den Mischer eingekoppelt.

Für Conteste ist eine hohe Empfindlichkeit, die mit entsprechender Durchgangsverstärkung verbunden ist, weniger sinnvoll. Dort sollte man die Vorverstärker lieber nicht einsetzen, um den Mischer und die nachgeschaltete ZF zu entlasten.