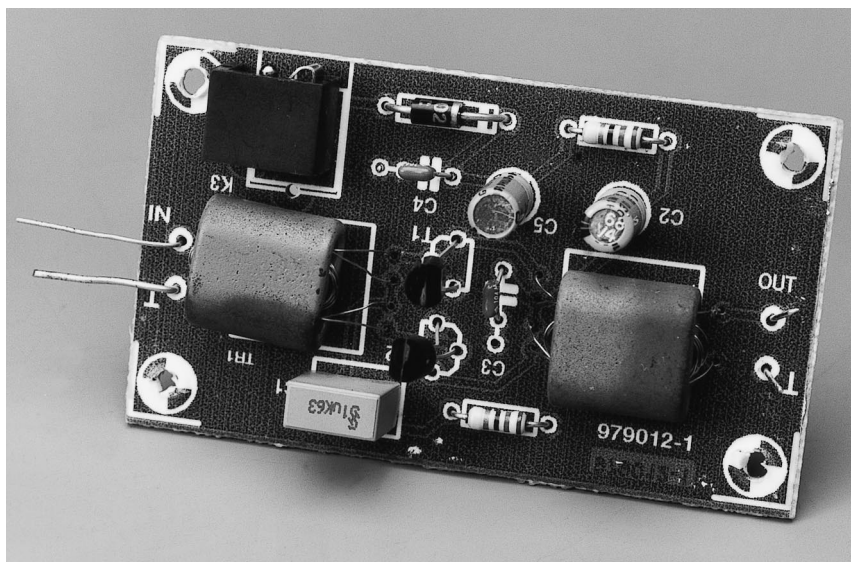


# Breitband-HF-Vorverstärker

## Für Lang- und Mittelwelle

Der hier beschriebene Vorverstärker arbeitet im Gegentakt und verwendet ein Paar preiswerter JFETs. Mit ein paar Änderungen der Schaltung läßt sich der Frequenzbereich nach unten bis VLF und nach oben bis 30 MHz und bei Bedarf selbst bis 150 MHz erweitern.



Während viele Breitbandverstärker primär für Kurzwelle ausgelegt sind und einen -3-dB-Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz oder von 1 bis 30 MHz aufweisen, ist für die darunter liegenden Bereiche selten etwas zu finden. Der hier vorgestellte Verstärker bietet einen relativ großen Dynamikbereich und einen hohen Intercept-Punkt dritter Ordnung. Eigenschaften, die der an den unteren Bereichen interessierte DXer zu schätzen weiß, besonders, wenn er in der Nähe starker lokaler Mittelwellensender wohnt.

Der Basisentwurf des Verstärkers hat eine Bandbreite, die eine Dekade (10:1) von 250 kHz bis 2500 kHz umfaßt. Die Eingangs- und Ausgangsimpedanzen von 50  $\Omega$  entsprechen dem für HF-Baugruppen unter 30 MHz üblichen Standardwert. Für Frequenzen über 30 MHz läßt sich die Impedanz leicht anpassen.

### EIN GEGENTAKT-VERSTÄRKER

Das Grundprinzip des Verstärkers ist in **Bild 1** dargestellt. Zwei identische

Verstärker, A1 und A2, verstärken jeweils eine Halbwelle des Sinussignals am Eingang. Die Aufteilung des Signals am Eingang wird durch einen Übertrager erzielt, dessen Sekundärwicklung eine geerdete Mittelanzapfung (centre tap CT) aufweist. Am Ausgang dient ein ähnlicher, aber umgekehrt angeschlossener Übertrager dazu, die Signalkomponenten wieder zusammzusetzen. Hier ist die Mittelanzapfung auf der Primärseite zu finden und mit der Betriebsspannung verbunden.

Da der Gegentaktverstärker symmetrisch aufgebaut ist, hat er eine bemerkenswerte Eigenschaften: Geradzahlige Harmonische heben sich am Ausgang auf, so daß das Ausgangssignal ein reineres Spektrum aufweist als bei einem mit den gleichen Bauteilen (einer Hälfte) aufgebauten unsymmetrischen Verstärker.

### PRAKTISCHE SCHALTUNG

Die praktische Ausführung des beschriebenen Prinzips ist in **Bild 2** zu

sehen. Sie wurde von einer ähnlichen Schaltung abgeleitet, die in Doug DeMaw's Buch "W1FB's QRP Notebook" zu finden ist (siehe Literaturhinweis am Artikelende). Dieser aktive Verstärker ist mit den Transistoren T1 und T2 bestückt, bei denen es sich um Junction-FETs des Typs BF256B handelt, die bis in den VHF-Bereich hinein verwendet werden können. Falls gewünscht, lassen sich auch die Typen MPF102, 2N4416 oder NTE-451 einsetzen.

Die FETs sind zwischen den beiden Übertragern Tr1 und Tr2 angeordnet. Der gleichstrommäßig als Gate-Source-Widerstand zur Einstellung der FETs dienende Widerstand R1, der mit C1 für Wechselspannungen kurzgeschlossen (entkoppelt) ist, liegt an der Mittelanzapfung des Eingangsübertragers (B2/C1). Am Ausgangsübertrager wird über die Mittelanzapfung die Betriebsspannung von etwa 9 V zugeführt, wobei R2 als Strombegrenzungswiderstand dient und in Verbindung mit C2/C3 die Betriebsspannung breitbandig entkoppelt. Die über K1 zugeführte Betriebsspannung sollte trotzdem einigermäßen stabil und gut geglättet sein.

Dieser Beitrag basiert auf der Schaltung (circuit diagram) Nr. 7-12 in dem Buch "Secrets of RF Circuit Design" von Joseph J. Carr, erschienen bei TAB Books (McGraw-Hill), ISBN 0-07-011673-3 (Taschenbuch), 0-07-011672-5 (gebunden).

## WICKELN UND BESTÜCKEN

Neben den FETs bestimmen eigentlich nur die beiden Übertrager die Eigenschaften der Schaltung, und die hat man selbst in der Hand, will sagen, selber wickeln ist angesagt. Wenn man dabei sorgfältig arbeitet, ist der Rest der Schaltung ziemlich unkritisch, vorausgesetzt, man hält alle Bauteilanschlüsse so kurz wie möglich.

Die Kerne sind einfache 2-Loch-Ferritperlen vom Typ BN-43-202 (Amidon) oder 4C6 (Philips Components).

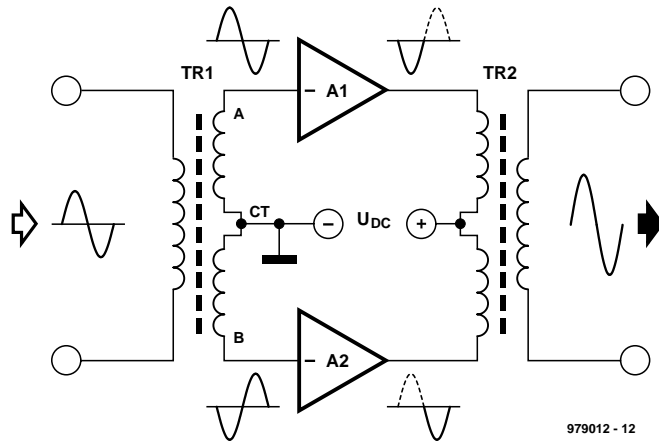
Jeder Übertrager besteht aus drei Wicklungen. Die mit "B" und "C" bezeichneten Wicklungen bestehen aus 12 Windungen mit 0,3-mm-Kupferlackdraht, die bifilar gewickelt werden. Die Ein- beziehungsweise Auskopplung erfolgt jeweils durch die Wicklung "A". Beim Eingangsübertrager Tr1 besteht "A" aus 4 Windungen mit 0,15-mm-Kupferlackdraht, während es bei Tr2 nur zwei Windungen mit dem gleichen Draht sind. Die Übersetzungsverhältnisse primär/sekundär der Übertrager (1:9 bei Tr1, 36:1 bei Tr2) passen die Source- und Drainimpedanzen an 50  $\Omega$  Eingangs- und Ausgangsimpedanz an. Zur Verdeutlichung sind die Anschlüsse der Wicklungen mit ihren Bezeichnungen in Bild 4a angegeben. Die andere Zeichnung, Bild 4b, zeigt die Verwendung eines Ringkerns, der für Frequenzen über 30 MHz verwendet wird (davon später mehr).

Was bei einem 2-Loch-Kern unter einer Windung zu verstehen ist, zeigt Bild 5. Links ist eine einzige Windung dargestellt, rechts sind es zwei Windungen. Beim Wickeln beginnt man am besten mit der Wicklung A von Tr 1. Das Ende des Kupferlackdrahts wird auf eine Länge von etwa 5 mm abisoliert und verzinkt. Das Drahtende wird durch das eine Loch gesteckt und durch das andere wieder zurückgezogen, so daß man eine Windung wie in Bild 5 links gewickelt hat. Wenn man den Draht jetzt noch drei mal durch die Löcher zieht, hat man die geforderten 4 Windungen für die Primärseite (A) von Tr 1. Beide Wicklungsenden befinden sich auf der gleichen Seite des Kerns (wie in Bild 5 rechts). Die Enden werden jetzt so auf Länge geschnitten, daß man sie in die Platine löten kann. Jetzt wird auch das andere Drahtende abisoliert und verzinkt.

Die Enden sind noch mit "A1" und "A2" zu bezeichnen (Papieretiketten o.ä.), und damit ist die Eingangswicklung von Tr1 auch schon fertig.

Die Sekundärwicklungen B-C werden zusammen (bifilar) gewickelt und bestehen jeweils aus 12 Windungen mit 0,3-mm-Kupferlackdraht. Als erstes verdrillt man die beiden Drähte miteinander, wofür man eine elektrische Bohrmaschine (mit Drehzahlregler) im

1



979012 - 12

**Bild 1. Funktionsprinzip des Gegentakt-HF-Verstärkers. Aufgrund des symmetrischen Aufbaus heben sich geradzahlige Harmonische am Ausgang auf.**

der langsamsten Gangart wie folgt verwenden kann: Zwei etwa 85 cm lange Drahtstücke abschneiden, die Enden verdrillen und in das Bohrfutter einspannen. Die anderen Drahtenden werden ebenfalls verdrillt und in einen Schraubstock eingespannt. Jetzt spannt man die Drähte und setzt die Bohrmaschine langsam in Bewegung, so daß die Drähte verdrillt werden. Das Drehen wird beendet, wenn die vom verdrillten Drahtpaar gebildete Spirale pro cm etwa 3 bis 5 Gänge aufweist.

Vor dem Wickeln wird ein Ende des verdrillten Paares abisoliert und verzinkt (Drähte nicht miteinander verlöten). Die Drahtenden werden mit "B1" und "C1" gekennzeichnet. Den Draht auf der "A1" gegenüberliegenden

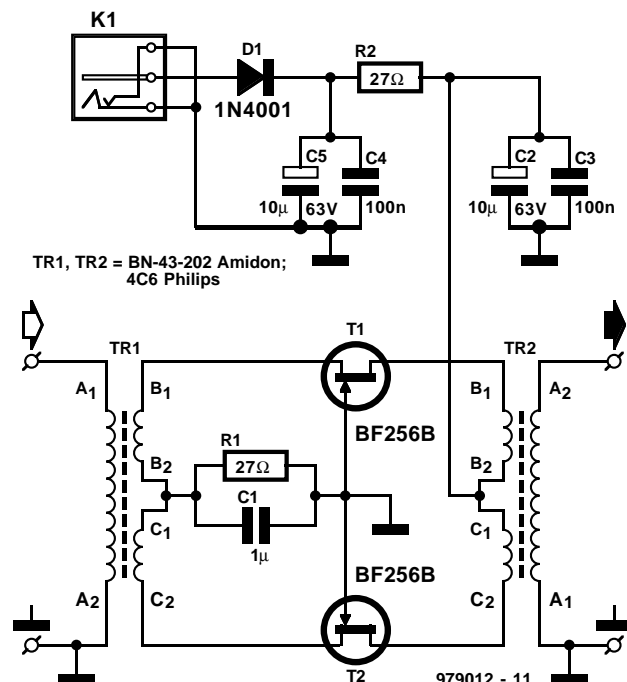
Seite durch den Kern führen und 12 Windungen wickeln. Die beiden zu langen anderen Drahtenden bis auf etwa 10 mm abschneiden und verzinnen.

Für das Verbinden der freien Drahtenden des verdrillten Paares braucht man ein Ohmmeter oder einen Durchgangstester, um festzustellen, welcher Draht wo endet. Das zu "B1" gehörende Drahtende wird mit "B2" bezeichnet, der andere Draht hat die Enden "C1" und "C2". "C1" wird nun mit "B2" verlötet, um die Mittelanzapfung herzustellen.

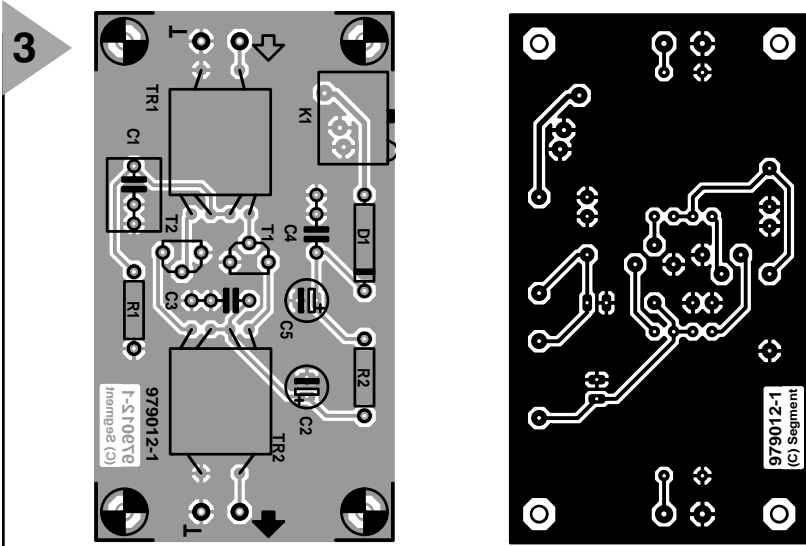
Übertrager Tr2 wird genauso gewickelt wie Tr1, nur mit dem Unterschied, daß die Kopplungswicklung hier statt 4 nur 2 Windungen aufweist. Bevor man die Anschlußbezeichnungen entfernt und die Übertrager in die Pla-

**Bild 2. Schaltbild des Breitbandverstärkers. Je nach Ausführung der Übertrager läßt sich der Verstärker für Frequenzen zwischen 10 kHz und 150 MHz modifizieren.**

2



979012 - 11



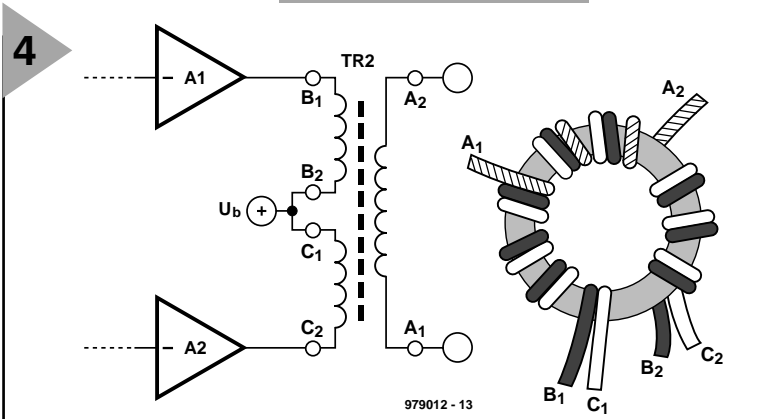
**Bild 3. Layout und Bestückungsplan der Platine.**

tine einlötet, werden sie einem sorgfältigen Draht-für-Draht-Test mit einem Ohmmeter unterzogen.

**FÜR HÖHERE FREQUENZEN**

Die erste Modifikationsmöglichkeit betrifft die Verwendung des Vorverstärkers für Frequenzen bis 30 MHz, was sehr einfach geht: 1. C1 auf 100 nF ändern. 2. Die Übertrager auf einen gemeinsamen Ringkern wickeln. Im ursprünglichen Entwurf war das ein FT-37-43-Ferrit-Ringkern mit den Wicklungen im gleichen Windungsverhältnis wie gehabt (12:12:2 und 12:12:4). Das Wickeln ist nicht sehr kompliziert - siehe Bild 4b. Für Frequenzen über 50 MHz sollte auch ein Philips-Kern (Kernmaterial 4C6) verwendbar sein, das wurde von uns aber nicht ausprobiert. Alternativ kann auch ein Amidon Pulvereisenkern T-50-2 (rot) oder T-50-6 (gelb) verwendet werden. Dabei braucht

**Bild 4. Bezeichnung der Anschlüsse der Primär- und Sekundärwicklung (a) und die Verwendung eines Ringkerns (b), mit dem der Vorverstärker im VHF-Bereich eingesetzt werden kann. Die Übertrager werden dann auf dem gemeinsamen Kern zum Teil bifilar gewickelt.**



- Stückliste**
- Widerstände:  
R1, R2 = 27 Ω
- Kondensatoren:  
C1 = 1 μF (Folie, z.B. MKT)  
C2, C5 = 10 μF/63V stehend  
C3, C4 = 100 nF
- Halbleiter:  
D1 = 1N4001  
T1, T2 = BF256B
- Außerdem:  
K1 = Netzteilbuchse für Platinenmontage  
Tr1, Tr2 = Zweiloch-Kern, Amidon Typ BN-43-202 oder Philips-Kern (Kernmaterial 4C6, siehe Text).  
Wicklungen:  
TR1A = 4 Wdg. 0,15 mm CuL  
TR1B = 12 Wdg. 0,3 mm CuL  
TR1C = 12 Wdg. 0,3 mm CuL  
TR2A = 2 Wdg. 0,15 mm CuL  
TR2B = 12 Wdg. 0,3 mm CuL  
TR2C = 12 Wdg. 0,3 mm CuL

man etwa 20 Windungen für die "A"-Wicklung von Tr2 und 7 Windungen für die

"A"-Wicklung von Tr 1. Wenn der Verstärker für einen bestimmten KW-Bereich ausgelegt werden soll, kann man auch mit anderen Kern-Typen und Windungsverhältnissen experimentieren. Nützliche Informationen hierzu findet man im Datenblatt dieser Ausgabe, das die Kurzdaten von Amidon-Ringkernen enthält.

Die dritte Variante betrifft die Anpassung des Verstärkers für sehr niedrige Frequenzen (VLF). Die grundsätzlichen Änderungen betreffen natürlich die Kerne und Windungszahlen. Ein Amidon-Kern-Typ 43 ist ab etwa 10 kHz verwendbar, benötigt aber hohe Windungszahlen, um in diesem Bereich effektiv zu arbeiten. Das Material vom Typ 73, das im Kern BN-73-202 zu finden ist, liefert einen AI-Wert von 8.500, während der BN-43-202 nur etwa 2.890 aufweist. Eine Verdopplung der Windungszahl ist ein guter

Ausgangspunkt für Verstärker unter 200 kHz. Der Typ-73-Kern ist ab etwa 1 kHz brauchbar, bei noch höheren Windungszahlen kann man ihn selbst für NF ab etwa 20...100 Hz einsetzen.

(979012-1)

**Literatur:**  
Doug DeMaw: "W1FB's QRP Notebook", erschienen bei der ARRL, 225 Main Street, Newington, CT 06111, USA. Internet: [www.arrl.org](http://www.arrl.org).

Amidon-Katalog, Amidon Associates, 2216 East Gladwick, Dominguez Hills, CA 90220, USA. Internet: [www.amidoncorp.com](http://www.amidoncorp.com).

**Bild 5. Eine Windung (links) und zwei Windungen (rechts) auf einem Zweiloch-Kern.**

