

Mikrowellen-Baugruppen im Einsatz

Transverter für 47 GHz mit Wendeverstärker

Philipp Prinz, DL2AM

Der in [1] beschriebene 76-GHz-Transverter in Wendetechnik funktioniert anstandslos. Dies war für mich Grund genug, die gleiche Technik auch für 47 GHz anzuwenden.

Zuerst machte ich Versuche mit vorhandenen Bausteinen. Ein Uni-Gehäuse für 76 GHz veränderte ich soweit, dass ich auf der Unterseite anstelle des Multipliers einen Übergang WR 28 anschrauben konnte (Bild 1). Den Hohlleiter (HL) bohrte ich auf 3,9 mm auf und weitete mit der Reibahle auf saubere 4 mm. So war es möglich, meinen 23,5-GHz-Verstärker [2] mit SMA-Stecker an den 47-GHz-Mischer zu schrauben (Bild 2). Aus früheren Versuchen hatte ich noch einen Verdoppler 12 auf 24 GHz, die Platine (PCB) stammt von Michael Kuhne, DB6NT, mit der Nr. 2 [3]. In den Verdoppler setzte ich am 24-GHz-Ausgang nach dem ausgefrästen 18-GHz-HL eine SMA-Buchse zur Auskopplung ein (Bild 3). Nun fehlte noch die PCB für den Mischer, es ist die Nr. 25 von DB6NT, und als Diode versuchte ich es mit der MA46H146. Und schon konnte ich die einzelnen Bausteine testen.

In den Verdoppler speiste ich 11,736 GHz mit dem Oszillator MKU-LO 12PLL ein. Ich war erstaunt, dass dabei 16 mW bei 23,5 GHz entstanden. Die 11,736 GHz sind um 55 dB unterdrückt (Bild 4). Es gibt von DB6NT auch eine PCB Nr. 10 für eine Ausgangsfrequenz von 11,736 GHz. Nun schraubte ich den Verdoppler an den

23,5-GHz-DL2AM-Verstärker, der an die SMA-Buchse des HL-Übergangs vom 47-GHz-Mischer angeschlossen wurde. Somit hatte ich einen kompletten 47-GHz-Sender. Ich war wieder erstaunt, als ich am HL-Ausgang nach Abgleich 15 mW bei 47 GHz messen konnte. Bild 5 stellt das 47-GHz-Signal dar, es ist sehr sauber im ganzen Bereich.

Auch wurde ein Oszillator getestet, den ich mit der PCB Nr. 24 von DB6NT aufgebaut habe. Damit sind 4...5 mW bei 23,472 GHz möglich, und somit könnte der Verdoppler von 12 auf 24 GHz wegfallen.

Das Konzept

Jetzt konnte ich mir die Gestaltung des Transverters mit Wendemechanik überlegen. Michael, DB6NT, lieferte einen Verstärker für die Wendemechanik mit folgenden Daten: 180 mW out, Noise 4,7 dB, Gain 27 dB (Bild 6). Die Wendemechanik fertigte Micro-Mechanik Krause.

Nun war zu überlegen, wie man einen 23,5-GHz-Verstärker (z.B. MKU-PA-244 TX), der einen WR-42-HL am Ausgang und am Eingang eine SMA-Buchse hat, an ein Mischergehäuse anflanschen kann: Ein neues Gehäuse und eine neue PCB sind erforderlich (Bild 7). Micro-



Bild 1:
Verändertes 76-GHz-
DL2AM-Uni-Gehäuse



Bild 2:
Angeschraubter
23,5-GHz-Verstärker
mit 47-GHz-Mischer



Bild 3: 12-GHz-/24-GHz-Doppler mit 23,5-GHz-Amp und 47-GHz-Mischer

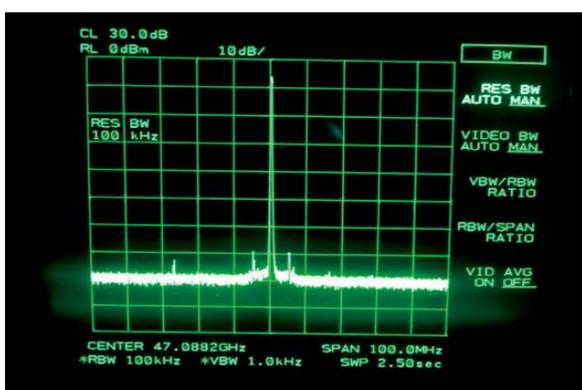


Bild 4:
Spektrogramm vom
23,44-GHz-Signal

Bild 5:
Spektrogramm
vom 47-GHz-Signal



Bild 6:
Angebaute
Wende-Verstärker
von DB6NT

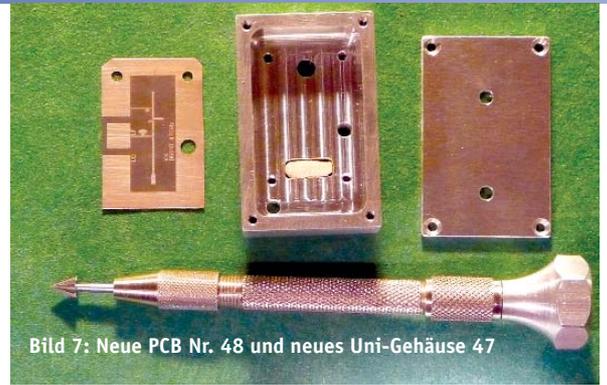


Bild 7: Neue PCB Nr. 48 und neues Uni-Gehäuse 47

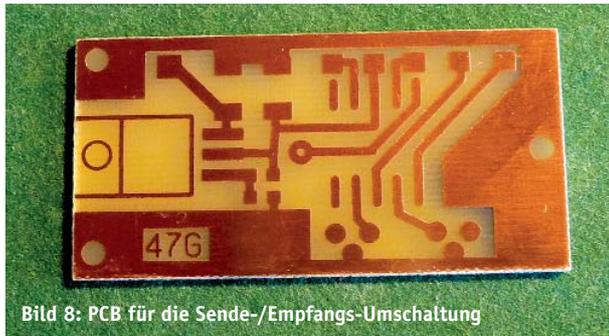


Bild 8: PCB für die Sende-/Empfangs-Umschaltung

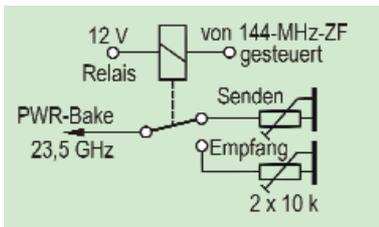


Bild 9: Schaltplan S/E-Umschaltung

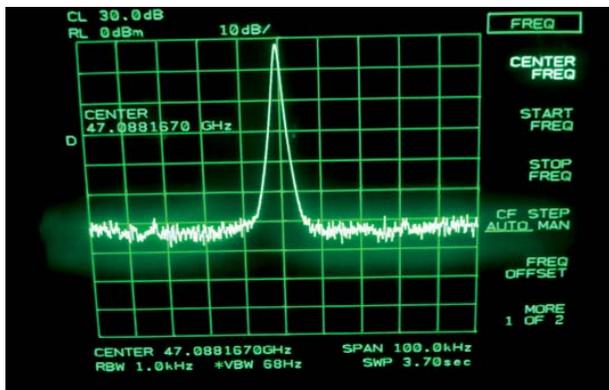


Bild 10: Spektrogramm des 47-GHz-Signals bei 1,5 mW out

Mechanik fertigte ein neues Uni-47-Gehäuse, und DB6NT freundlicherweise eine neue PCB Nr. 48. An dem neuen Mischergehäuse ist der WR-42 ausgefräst, und dadurch muss vor dem Einkleben der PCB ein Holzadapter o.ä., der oben plan sein muss, in diesen eingesteckt werden. Dies ist notwendig, damit beim Einpressen nach dem Einkleben der PCB und Erhitzen auf ca. 90 °C die HL-Öffnung nicht ausgestanzt wird.

Nun war aber noch die Aufbereitung von 23,5 GHz zu lösen. Ich sprach mit DB6NT, der mir prompt einen Baken-sender MKU-LO 24 mit PLL sowie eine Einrichtung zur Leistungsbegrenzung lieferte. Die Leistungsbegrenzung ist vorteilhaft, um bei Empfang die LO-Ansteuerung zu begrenzen. Dies wäre dann auch beim Senden möglich. So eine Einrichtung habe ich schon auf 76...122 und 241 GHz benutzt und festgestellt, dass sie sehr wirkungsvoll ist, da beim Empfang auf besten Rauschabstand abgeglichen werden kann. Für diese Einrichtung entstand eine kleine PCB (Bild 8). Darauf befinden sich ein 9-V-Regler, ein Umschaltkontakt für zwei Potis und ein Umschaltkontakt für die 9-V-Regelspannung für den Wendeverstärker (Bild 9). Mit zwei Mikroschaltern, die einen Hebel an der Achse des Wendeverstärkers betätigen, wird die DC-Spannung nochmals geschaltet. Somit ist es in Stellung „Empfang“ nicht möglich, zu senden.

DB6NT schickte mir auch einen Verstärker MKU-PA-244 TX, der aus 8 mW/23,5 GHz 100 mW erzeugt. Die Daten

von Frequenzaufbereitung und Verstärker passen gut zueinander. Doch reichen 100 mW auf 23,5 GHz, um beim Senden genügend Leistung für den Mischer beim Verdoppeln auf 47 GHz zu haben? Das zweistufige OE9PMJ-Filter für 47 GHz hatte bei 47,088 GHz 0,9 dB Loss.

Meine Berechnung: 180 mW Sat bei 47 GHz und ca. 27 dB Gain im Kleinleistungsbereich. Ich rechne aber mit ca. 23 dB Gain im Leistungsbereich des Wendeverstärkers. Wenn ich z.B. 1,4 mW DSB-Signal mit dem Mischer erzeugen könnte und das 47-GHz-Filter 0,9 dB Loss hat, sollten ca. 600 µW entstehen. Diese um 23 dB angehoben, bedeuten 120 mW, und das wäre etwas zu wenig. Doch versuchsweise schraubte ich alles zusammen.

Tests und Optimierungen

Nun kam der spannendste Moment. Ich testete zuerst den aufgebauten Harmonic-Mischer Nr. 1. mit der Diode MA4E1318. Mit den Tuning-Elementen konnte ich ein Maximum-Out nicht erreichen, so musste ein Fähnchen 1,5 mm × 1,5 mm ganz in der Nähe der Diode platziert werden. So war nach dem Abgleich 1,3 mW DSB zu erreichen (Bild 10). Die LO-Unterdrückung betrug 20 dB ohne OE9PMJ-Filter – das ist doch schon was. Nun testete ich den zweiten aufgebauten Mischer mit der gleichen Diode. Der gab nach dem Abgleich ohne Fähnchen gleich 1,5 mW DSB ab. Die LO war auch 20 dB unterdrückt. Daraus sieht man wieder, dass bei typgleichen Dioden sehr unterschiedliche Werte zustande kom-

Literatur

- [1] Philipp Prinz, DL2AM: „76-GHz-Transverter“, CQ DL 2/10, S. 103–105
- [2] Philipp Prinz, DL2AM: „Mehr Pegel für 24-GHz-Transverter“, S. 342, CQ DL 5/04
- [3] Michael Kuhne, www.db6nt.de
- [4] Fa. Schubert, Gewerbestraße 8, 90574 Roßtal, info@schubert-gehaeuse.de, Tel.: (0 91 27) 16 86
- [5] Philipp Prinz, DL2AM: „76-GHz-Wendeverstärker“, Dubus 3/09
- [6] Jürgen Dahms, DCØDA: „47-GHz-Transverter“, Dubus 2/06

Den Autor erreichen Sie unter:
Philipp Prinz, DL2AM
Riedweg 12
88299 Leutkirch
prinz.dl2am@t-online.de
www.dl2am.de

Bild 11:
Aufbaumöglichkeiten
eines 47-GHz-Transverters

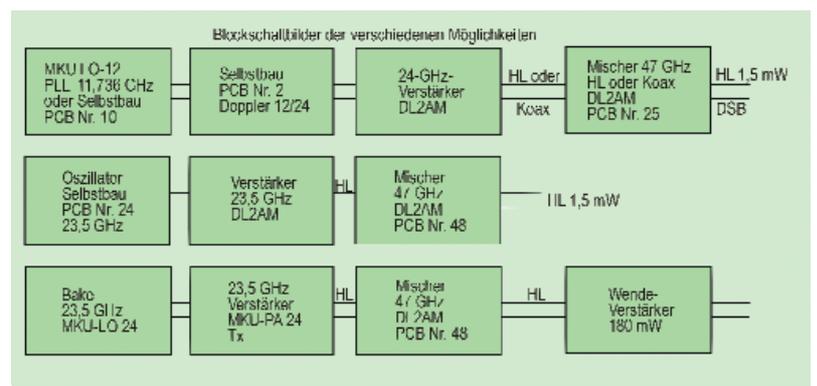




Bild 12 (links):
47-GHz-Transverter
von oben, die
Mikroschalter
sind gut zu sehen

Bild 13 (rechts):
47-GHz-Transverter
von hinten

men können. Diese Abgleicharbeiten waren gegenüber früheren Arbeiten mit wesentlich höheren Frequenzen für mich einfacher. Am Mischer 2 schraubte ich über ein HL-Stück das OE9PMJ-47-GHz-Filter an und machte wieder eine Messung. Nach dem Abgleich der beiden Filtertöpfe mit eingebauten Tuning-Elementen von 1,8 mm Durchmesser war das OSB-Signal noch 680 μ W stark. Jetzt war alles klar: Diese Leistung sollte reichen, um in die Nähe der vollen Aussteuerung des Wendeverstärkers zu kommen.

Geht's auch einfacher?

Nachdem dies alles so gut gelungen war, wollte ich wissen, ob mit einer einfachen Methode auch so ein Ergebnis zu erreichen ist. Ich verwendete ein älteres, einfaches Alugehäuse 30 mm \times 40 mm \times 15 mm und machte eine koaxiale Einspeisung für die PCB Nr. 25, die ich dann ganz zurückgesetzt einklebte. Als Diode diente wieder eine MA4E1318. Ich wunderte mich sehr, denn ich konnte bei 100 mW/23,472 GHz in 1,3 mW DSB bei 47 GHz messen. Am Eingang waren zwei kleine Fähnchen notwendig, da hier keine andere Abgleichmöglichkeit besteht. Daran ist zu sehen, dass es viel einfachere Möglichkeiten gibt, einen 47-GHz-Transverter zu realisieren (**Bild 11**).

Mein Transverter

Jetzt aber endlich zu dem Transverter, wie ich ihn aufgebaut habe: Das Gehäuse sollte innen 65 mm Höhe haben und

kann von [4] bezogen werden (Art.-Nr. 218). Diese Höhe ist notwendig, damit der Verstärker sich drehen kann, denn er misst über Eck 63,5 mm. Die Bausteine MKU-LO-24 plus PA244-TX plus neuem DL2AM-Mischer Uni 47 wurden zusammengeschrubt (**Bild 12**). Der Aufbau ist in [5] ausführlich beschrieben.

Der neue Mischer mit der PCB Nr. 48 funktioniert sehr gut. Der Kurzschlusschieber am Eingang hat eine 5 mm tiefe WR-42-Ausräsung, und das Tuning-Element dafür gleicht dem am Ausgang mit 5,9 mm Durchmesser. Der ZF-Verstärker 144 MHz mit der PCB Nr. 26 von DB6NT ist in einem separaten Alugehäuse 79,2 mm \times 12 mm \times 30 mm von Krause eingebaut. Dabei wurde ein 100- Ω -Wendel-Poti so angebracht, dass von außen die ZF-Leistung eingestellt werden kann.

Nach dem gesamten Zusammenbau und dem Verschalten der Bausteine kam der „Augenblick der Wahrheit“. Es hatte sich einige Anspannung angesammelt ...

Doch schon die ersten Messungen waren sehr Erfolg versprechend. Nur ein Endabgleich des 47-GHz-Filters und ein Abgleich an Ein- und Ausgang des Mixers waren nötig. Die Tuning-Elemente des Mixers sind von außen gut zugänglich (**Bild 13**). Das Leistungsdiagramm **Bild 14** zeigt, dass 170 mW out in SSB erreichbar sind sowie die Sättigung der Diode MA4E1318. Eine genaue Rauschmessung war mangels kalibrierter Rauschquelle nicht möglich. Ich denke, dass ich bei 5 dB ESB liege.

Mit dem Poti für den Empfang auf der neuen DC-PCB kann man für besten Rauschabstand durch Abhören einer Bake sorgen.

Ich wünsche allen Nachbau-Interessenten viel Freude bei den Versuchen – ich habe sie empfunden.

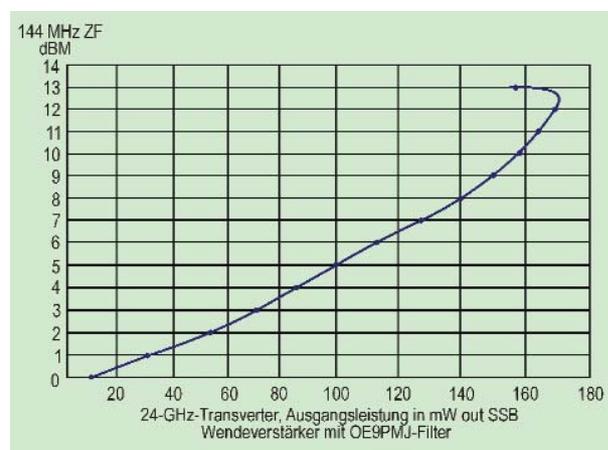


Bild 14: Diagramm zur Leistung des Transverters

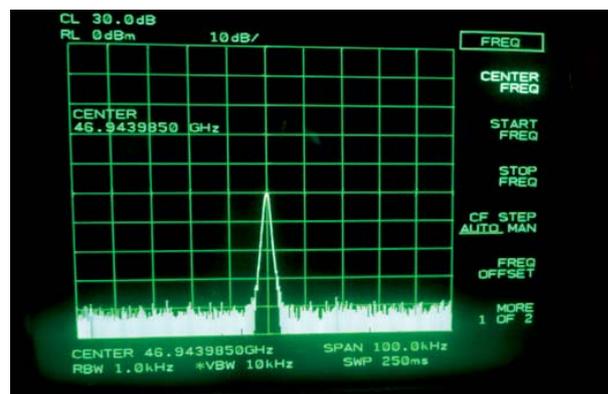


Bild 15: Spektrogramm des 46,944-GHz-LOs mit eingebautem OE9PMJ-Filter

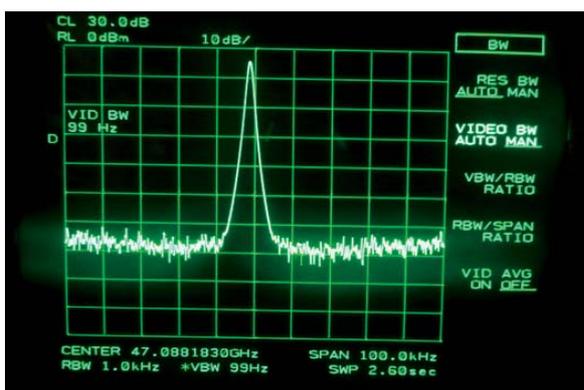
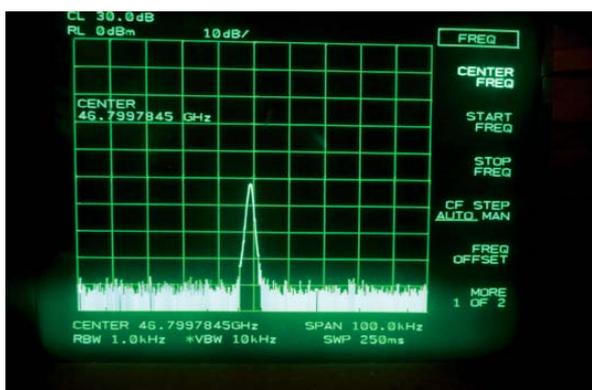


Bild 16 (links):
Spektrogramm des
46,799-GHz-USB-
Signals mit Filter

Bild 17 (rechts):
Spektrogramm des
47,088-GHz-OSB-
Signals mit Filter