

51.UKW-Tagung Weinheim

Ein 122-GHz-Transverter mit neuem Multiplier

Philipp Prinz, DL2AM

Riedweg 12

88299 Leutkirch

prinz.dl2am@t-online.de



(Dieser Artikel ist ein Nachdruck des Artikels aus cq/DL 6-2006, mit freundlicher Genehmigung des DARC-Verlages)

Einleitung

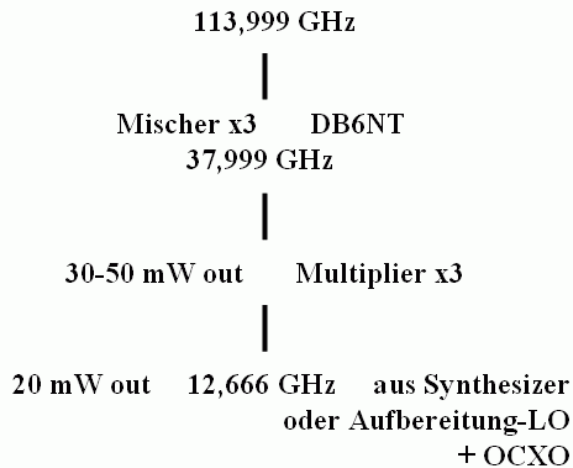
Wie bei seinem Beitrag für den 76-GHz-Transverter vom Autor angekündigt [1], nun eine Beschreibung zum Selbstbau für einen 122-GHz-Transverter. Es sind einige Ähnlichkeiten bei beiden Versionen beim Aufbau und Abgleich zu finden.



Inzwischen sind von mir vier Transverter und drei Baken-Sender (Verdreifacher) auf 122 GHz aufgebaut, sowie ein Mischer zum Messen mit einer ZF von 8,251 GHz. Als erstes habe ich für meinen Spektrum-Analyzer HP 8569 B einen Mischer aufgebaut. Meine Überlegung war, dass z.B. 12,666 GHz die ich aus meinem Synthesizer HP 8673 B nehme, nach Verdreifachung durch den Multiplier 37,999 GHz ergeben und nach nochmaliger Frequenzverdreifachung 113,999 GHz.

Mischer 122 GHz für 8,251 GHz ZF

$$\begin{array}{r} 122,250 \text{ GHz} \\ -113,999 \text{ GHz} \\ \hline 8,251 \text{ GHz ZF} \end{array}$$



Die durch 122,250 GHz – 113,999 GHz erhaltenen 8,251 GHz sind die ZF für den Mischer. Ich benutzte dafür ein HF-Gehäuse für 122 GHz mit WR-19-Ausfräsung und einem 122-GHz-PCB-Mischer (x 3) von DB6NT, eine Abdeckplatte sowie DC-Blocker und einen Multiplier S004079, den ich unten 8 mm abgefräst habe, plus einer Single-Diode MA4E1317. Die ZF von 8,207 GHz bringe ich bis zur SMA-Buchse, die eine Steckfassung hat. Den Abgleich machte ich auf 122 GHz, als ob es ein Baken-Sender wäre auf maximale Signalstärke mit meinem Analyzer und dem 40-GHz-Mischer HP 11971 mit angeschraubtem Selbstbau-Adapter (Bild 1). Bei der Einstellung von 113,35 GHz am Analyzer ist das 122-GHz-Signal zu sehen. Es sind kleine Fähnchen auf der 38-GHz-Leitung (50 Ω) anzubringen. Den größten Verstärkungssprung erreicht man, indem ein

Fähnchen am Einkoppelstift platziert wird. Ansonsten verweise ich auf den beschriebenen Aufbau und Abgleich in der CQ DL 10/05 und 2/06 eines 76-GHz-Transverters. Der R_a -Wert der Diode ist ca. 200 Ω, das entspricht ca. 1,95 V. Dieser Mischer kann auch für andere Frequenzen benutzt werden, z.B. für 76 GHz: 12,5 GHz x 3 = 37,5 GHz x 2 = 75 GHz. 76,032 GHz – 75 GHz = 1,032 GHz ZF (Bild 2). Es ist dann das HF-Gehäuse mit Mischer-PCB für 76 GHz zu verwenden.

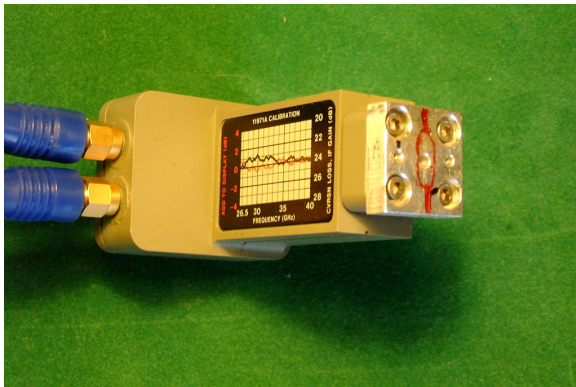


Bild 1: HP-Mischer mit aufgeschraubtem Adapter

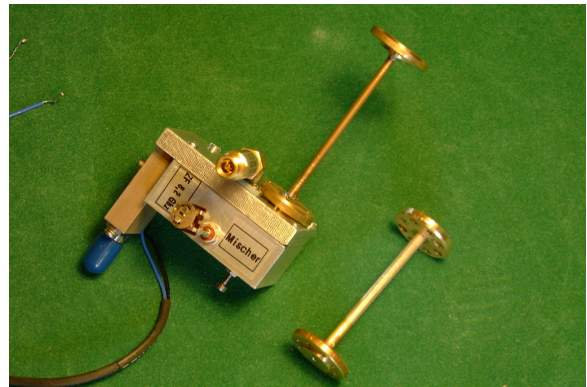
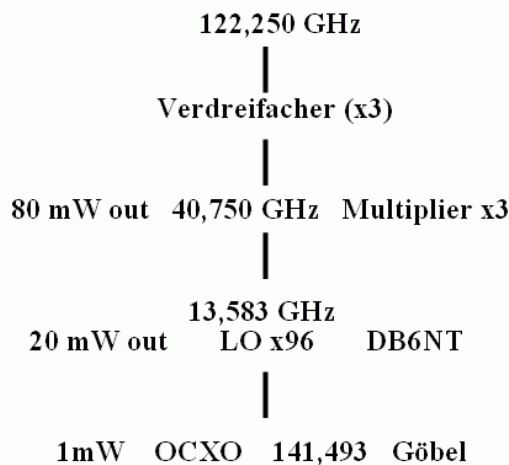


Bild 2: Messmischer für 122 GHz ZF 8,251 GHz

122-GHz-Baken-Sender

Der nächste Schritt war ein Baken-Sender (Verdreifacher) auf 122 GHz. Er besteht aus dem gleichen HF-Gehäuse, 122 GHz-Mischer-PCB x 3 und einer Abschluss-Zwischenplatte sowie einem Multiplier S004079 x 3, der nur 9 V bei 300 mA benötigt. Dieser kann nur verdreifachen und hat einen Hohlleiter-Ausgang von WR 19. Bei ca. 10 mW Ansteuerung macht er schon 50...90 mW Output. Ich habe für diesen auch die Single-Diode MA4E1317 verwendet. Als Frequenzaufbereitung verwende ich einen OCXO von DK2DB mit 141,4933 MHz, einen Vervielfacher x 96 von DB6NT = 13,567 GHz (20 mW).

Baken-Sender auf 122 GHz



Der Abgleich bei 122 GHz war mit dem vorher aufgebauten Mischer sehr gut möglich und ist, wie oben schon beschrieben, durchzuführen (Bild 4). Der Input des Multiplier lag bei ca. 12 mW und der Output bei 80 mW. Mit dem Hughes-Leistungs-Messkopf bis 90 GHz konnte ich schon im Mikrowatt-Bereich Leistung messen. Erwähnenswert ist, dass dieser Messkopf eine schlechte Anpassung hat.

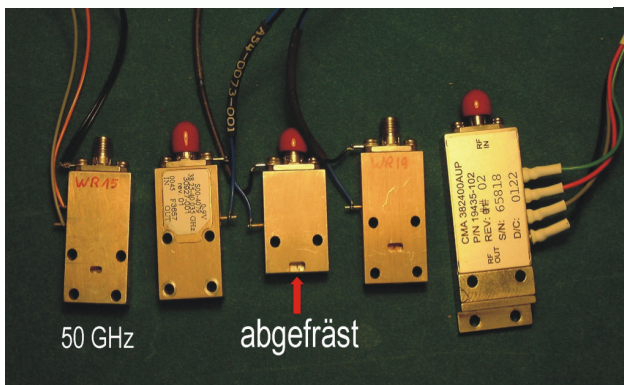


Bild 3: Verschiedene Multiplier Ausführungen

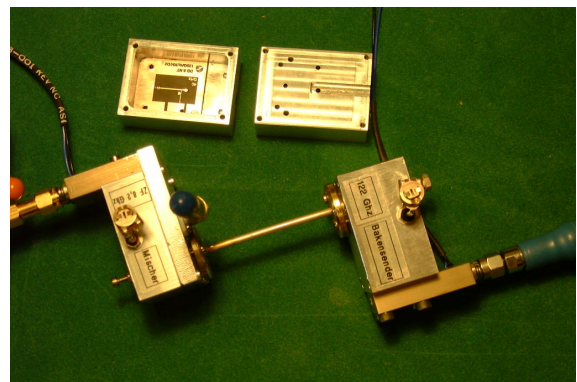
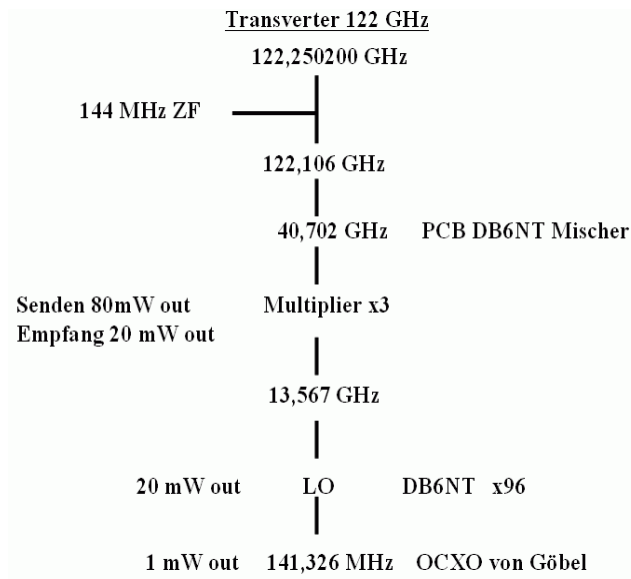


Bild 4: Baken-Sender für 122 GHz mit Mischer

Und somit eine Leistungsaussage fraglich ist, außer man schraubt ein Hohlleiterdämpfungsglied von 10 dB dazwischen. Der R_a der Diode war auch ca. 200 Ω wie oben beschrieben. Auch sollte versucht werden, unter den Deckel vom HF-Gehäuse Leitgummi an verschiedenen Stellen einzukleben. Wenn ich an dieses HF-Gehäuse von 122 GHz den Multiplier S 94-47414 mit einer Ausgangsfrequenz von 49...51 GHz und WR 15 montiere und auf 50 GHz abgleiche, kann ich die Harmonischen von 40...200 GHz detektieren, d.h., dass diese MA4E1317 und HSCH9401 von Agilent bei diesen hohen Frequenzen noch brauchbar sind. Dieser dafür verwendete Multiplier benötigt 12 V und 5 V DC und kann nur Verdreifachen (Bild 3). Auch auf Afu-Flohmärkten ist dieser Multiplier zu finden. Für den Baken-Sender kann auch der größere Multiplier CHM 382400AUP Verwendung finden. Dieser kann Verdrei- und Vervierfachen, aber die Ausgangsleistung bei 40,7 GHz ist niedriger. Ich habe mich gewundert, weshalb ich noch keinen von diesem kaputt bekommen habe, da doch die Farben der Anschlussdrähte teilweise vertauscht sind. Das Geheimnis ist, dass wohl die Farben der Drähte verschieden sind, aber der Anschluss-Stecker immer richtig belegt ist. Für die ganzen Tests seit Anfang verwendete ich einen selbstgemachten Adapterstecker.

Transverteraufbau

Danach versuchte ich den Aufbau eines Transverters mit der Antiparallel-Diode MA4E1318 (Bild 5 und 6). Als Aufbereitung verwendete ich einen OCXO von 141,3263 MHz von DK2DB und einen Vervielfacher x 96 von DB6NT.



Das HF-Gehäuse war das gleiche mit der Mischer-PCB (x 3). Dabei stellte ich fest, dass mit dieser Diode der Lo um 10 dB höher lag als das obere SSB-Seitenband. Durch Abgleich war dies nicht zu verändern. Darauf versuchte ich es mit der Single-Diode MA4E1317. Beim Abgleich stellte ich fest, dass diese Diode sich besser eignet, was man auch durch die Verdreifachung verstehen kann. Das obere Seitenband war jetzt 4 dB über dem Lo. Diese Messungen sind nur möglich mit einem Spektrum-Analyzer mit entsprechendem Mischer. Wenn die Einstellung 2 dB pro Division gemacht wird, kann dies den Abgleich erleichtern. Es ist möglich, beim 40,7-GHz-Abgleich das obere Seitenband auf maximale Leistung zu trimmen.

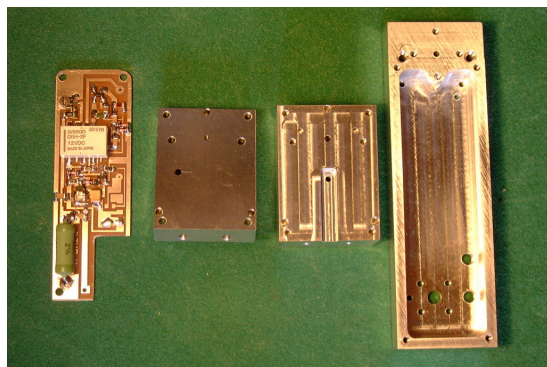


Bild 5: HF-Gehäuse, Zwischenplatte, ZF-Gehäuse, PCB-ZF

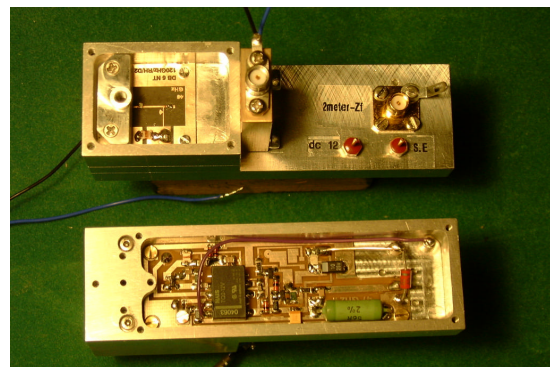


Bild 6: Transverter für 122 GHz

Auch diese Messungen habe ich mit oben genanntem Mischer gemacht (Bild 7). Dabei wird sich die Leistung des unteren Seitenbandes entsprechend verringern. Auch sieht man, dass die beiden 144-MHz-Seitenbänder rechts und links im richtigen Abstand liegen (Bild 8). Um sicher zu sein, dass es auch 122 GHz sind, ändere ich die Multiplier-Eingangsfrequenz um 100 kHz mit meinem Synthesizer. Dann muss sich die Frequenzanzeige am Analyzer um 900 kHz ändern, was sich auch bestätigt hat. Die Frequenzänderung von 100 auf 900 kHz beruht darauf, dass ich zweimal die Frequenz x 3 multipliziere, also x 9. Frühzeitig habe ich schon festgestellt, dass das obere Seitenband zwischen 144 MHz und 146 MHz zweimal vorhanden ist, wenn mit diesen zwei gleichen Transverttern getestet wird. Der Abstand voneinander ist z.B. 500 kHz und resultiert aus dem Frequenzabstand der beiden Lo's zueinander. Durch Verändern des VFOs am FT-290 bleibt der Abstand gleich. Diese beiden Signale habe ich auch schon auf 76 GHz festgestellt, da ich auch bei diesen Transverttern kein Bandpassfilter für das obere Seitenband verwendet habe. Wenn ich die Frequenz an einem OCXO verändere, vergrößert bzw. verkleinert sich dieser Abstand der beiden Signale zueinander. Ich denke, wenn ein Filter zur Unterdrückung des unteren Seitenbandes und des Lo's verwendet würde, wäre dieses zweite Signal nicht vorhanden. Dieses Filter ist bei einer so

hohen Frequenz und so nahe beieinander liegendem Lo + Seitenband für mich nicht mehr realisierbar. Man sieht daran wieder, dass eine wesentlich höhere ZF-Frequenz (1290 MHz) besser wäre? Ich werde dies noch genauer untersuchen. Für alle Tests habe ich das obere Signal genommen, das ca. 3 dB stärker erscheint als das untere.

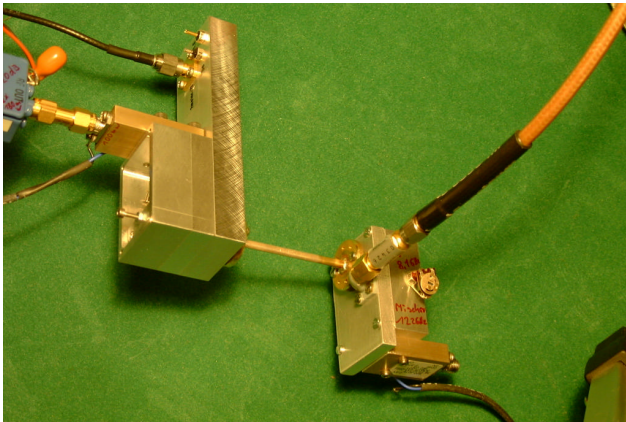


Bild 7: Messen mit Mischer

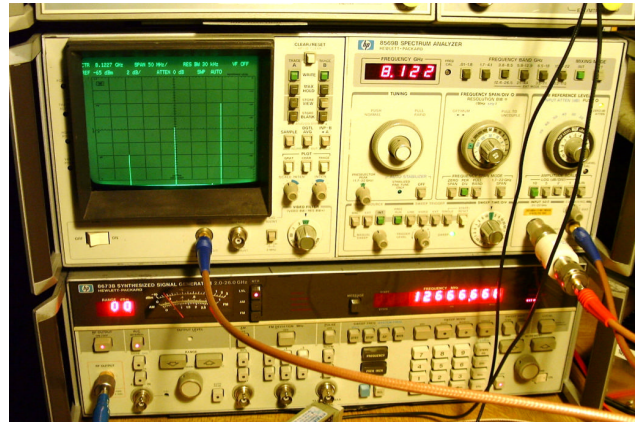


Bild 8: Diagramm gemessen mit Mischer

Zum Aufbau

Beim Aufbau können zwei Versionen gemacht werden. Bei der ersten wird der Multiplier S00-4079 an der Unterseite um ca. 8 mm abgefräst, bis ein kleiner Steg noch am Hohlleiter vorhanden ist (Bild 3). Dadurch entfällt die Zwischenplatte. Bei der zweiten Version verwende ich eine 8-mm-Zwischenplatte, die zur genauen Fixierung Pass-Stifte erhält und somit eine Abfräsung nicht erforderlich ist. Nach all diesen Feststellungen habe ich Franc, LX1DU, den Bakensender zum Testen zugeschickt, wir sprechen oft miteinander und tauschen Erfahrungen aus. Er sagte mir, er wäre nicht ganz sicher, ob die Frequenz bei 122 GHz stimmt. Ich konnte mir dies aber nicht vorstellen, da ich mit einem Rundhohlleiter von 1,7 mm Innendurchmesser arbeitete, der nach meiner Feststellung eine Cutoff-Frequenz von über 100 GHz hat und auch den Frequenztest machte. Momentan war ich zwar erschrocken und habe weitere Messungen durchgeführt. Da ich jetzt zwei komplette Transverter zur Verfügung hatte, konnte ich nachweisen, dass die Frequenz doch stimmt. Wenn ich an einem Transverter den OCXO von 141,326 MHz und den darauffolgenden Vervielfacher (x 96) verwende und beim anderen Transverter meinen Synthesizer auf 13,567 GHz einstelle, kann ich am FT-290 das SSB-Signal feststellen. Wenn ich am Synthesizer die Frequenz um 1 kHz erhöhe, muss das Signal am FT290 sich um 9 kHz erhöhen was ich auch feststellen konnte. Also war ich auf der richtigen Frequenz. Nun versuchte ich es auch mit den Agilent HSCH-9401 Schottky-Dioden, die ich vor einiger Zeit entdeckt hatte und Eene, PA3CEG, hat mir diese freundlicherweise zukommen lassen. Leider ist diese abgekündigt und wird nur noch begrenzte Zeit lieferbar sein. Beim Abgleich mit oben genannter Abgleichmethode stellte ich fest, dass die Leistung um ca. 3 dB höher war. Beim zweiten Aufbau waren die Ergebnisse ähnlich. Wenn maximale HF-Übertragung am ganzen System erreicht werden soll, ist nach Anbau des verwendeten Spiegels plus Erregers die Abstimmungsschraube des Kurzschlusschiebers noch nach zu justieren. Die Abgleichmethoden sind dieselben wie schon erwähnt, nur die Bettelei nach Leistung wird wesentlich größer. Auch habe ich festgestellt, dass bei Verwendung eines längeren Rund-Hohlleiters eine Polarisationsdrehung stattfindet. Wenn ein FT-290R als Nachsetzer benutzt wird, ist es hilfreich, mit dem Potenziometer VR 2006 im Gerät die 2-m-ZF-Leistung zu verstellen. Dabei ist der Schalter auf Lo zu stellen. So kann die 40,7 GHz und die ZF-Mischleistung auf maximale HF vom oberen Seitenband und bester Signal-Rauschabstand im zusammengebauten Zustand eingestellt werden, da man zum 100-Ω-Potenziometer der 47-GHz-ZF-Platine keinen Zugriff mehr hat.

Fertig zum Test

Nun war ein Indoor-Test fällig. Es fehlten jetzt noch die 9,5 cm langen WR8-Hohlleiter für die 25-cm-Spiegel von Procom. In Europa sowie USA konnte ich diese nicht bekommen. Ich habe mit Franc, LX1DU, gesprochen, was wir des Öfteren tun und er sagte mir, er werde mir welche machen. Nach fünf Tagen kam ein Päckchen von ihm mit den WR8-Hohlleitern und Krückstöcken (Bild 9). Nachdem alles zusammengebaut war, konnte ich den ersten Indoor-Test versuchen. Ich stellte die beiden Stationen im Abstand von ca. 15 m in meinem Haus auf. Dabei konnte ich ein SSB-QSO machen. Bei weiteren Versuchen stellte ich fest, dass die Modulation in SSB komprimiert war. Dies hat mich zu weiteren Tests veranlasst. Den Multiplier S00-4079 habe ich zwischen 5...9 V Betriebsspannung getestet und festgestellt, dass sich dadurch die Ausgangsleistung um ca. 6,5 dB verringert hat, sich das Signal jedoch nicht veränderte. Somit konnte ich eine Steuerung bauen, die bei Empfang wie auch beim Senden die Mischleistung durch zwei Potenziometer regelt (Bild 10). Diese sind so ausgelegt, dass in beiden Positionen eine Versorgungsspannung von 5...9 V eingestellt werden kann. Diese Maßnahme hat schnell zum Erfolg geführt, da jetzt bei Empfang der beste Signalrauschabstand und beim Senden auf minimale Kompression gestellt werden kann. Diese Steuerung kann auch für andere Transverter Verwendung finden, z.B. für 76 GHz bei Verwendung des Multiplier S00-4079. Für diese Relais-Ansteuerung nehme ich aus der 47-GHz-ZF-Platine die Negativ-Seite der Spule des eingebauten Relais.



Bild 9: Hohlleiter WR8, WR12, Krückstock

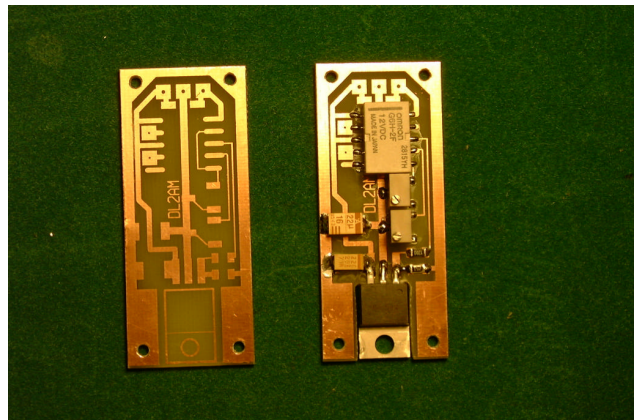


Bild 10: Leistungsumschaltung des Multipliers

Hier die gemessenen Werte mit HP 437B + Q8486A und HP 8485A:

- Multiplier-Ansteuerung bei 13,567 GHz
- Senden und Empfang 12 mW beim S 00 - 4079.

Bei 5 V Versorgungsspannung ergibt sich eine Multiplier-Ausgangsleistung bei Empfang 20 mW. Beim Senden beträgt die Ausgangsleistung ca. 80 mW, das bei ca. 8 V Versorgungsspannung. Die 144-MHz-ZF-Leistung ist individuell auf maximale Ausgangsleistung einzustellen.

Der Indoor-Test

Nun geht es daran, einen Krückstock mit verschiedenen Erregern für diesen Procom-Spiegel zu testen, was ich momentan auch mache. Die beiden Transverter sind in einem Abstand von 15 m, Indoor aufgestellt. Mit den Potenziometer Senden und Empfang von der Umschalt-PCB für den Multiplier lässt sich sehr genau das Signal knapp über dem Rauschen einstellen. Dadurch ist es möglich, einige Tests durchzuführen. Wenn ich einen Streifen Absorbermaterial von 2 cm Breite und 6 cm Länge in den Spiegel halte, muss dies eine Veränderung am Signal/ Rausch-Verhältnis zeigen. Ist dies nicht der Fall, dann ist die Messmöglichkeit beschränkt. Noch wesentlich besser kann gemessen werden, wenn ich die 144-MHz-ZF auf den Analyzer gebe, und man 1 dB/Division eingestellt hat, es reicht auch der HP 141. Bei dieser Messanordnung lässt sich feststellen, ob der

Spiegel ganz ausgeleuchtet ist. Wenn ein Streifen Absorbermaterial an den Rand des Spiegels gehalten wird, muss ein Signalrückgang zu sehen sein. Wenn ich den 25-cm-Procom-Spiegel mit Procom-Reflector als Referenz nehme und mit anderen Erregern vergleiche, ist keine wesentliche Verbesserung zu erreichen. Ich habe mich ein wenig gewundert, wenn ich auf 122 GHz den selben Spiegel mit gleichem Reflektor von Procom, aber anstelle des WR 8 (90...140 GHz Hohlleiter) den WR 19 (40...60 GHz) nehme, nur eine um 1,5 dB geringere Verstärkung gemessen habe. Diese 1,5 dB Unterschied konnte ich gerade noch hören, ich dachte aber, ich könnte weniger als 1 dB Differenz hören. Also kann ein Kombi-Strahler sogar von 47 GHz bis 122 GHz mit dem WR 19 realisiert werden. Wird ein konischer Übergang (geht gut zu machen mit einem Skalpell) von Rund- auf Rechteckhohlleiter gemacht, kann dadurch eine Signalerhöhung bis zu 3 dB erreicht werden. Auch habe ich einen kommerziellen 38-GHz-Spiegel mit Erreger erworben, den äußeren Rand abgeschnitten und mit meiner Lasereinrichtung vermessen. Ich war etwas enttäuscht von der Qualität. Die Brennpunktverschiebung war, über den ganzen Parabol gemessen, bis zu 10 mm. Nach dem dritten Außenversuch über 10 km auf 122 GHz bin ich doch nachdenklich geworden, weshalb die Modulation in SSB beim Indoor-Versuch bei 15 m Abstand gut und im Freien schlechter ist. Beim letzten Außen-Versuch bei 10 km Entfernung vor wenigen Tagen ist mir auch aufgefallen, dass an diesem Tag die Modulation noch schlechter war. Es war warm, windig und Föhnstimmung, im Gegensatz zum ersten Versuch wo es kalt war, bei einer Temperatur um 0° C. Es hörte sich an wie der Scatter-Effekt auf 10 GHz beim QSO über Gewitterwolken. In Stellung FM ist alles in Ordnung. Ich kann mir nur vorstellen, dass dies durch einen Doppler-Effekt verursacht wird. Bei einem Telefongespräch mit Peter Vogl, DL1RQ, haben wir darüber gesprochen, und er sagte, dass er es durchaus für möglich hält, dass dies durch einen Doppler-Effekt verursacht wird. Somit kann die Versorgungsspannung des Multipliers beim Senden auf maximale Ausgangsleistung bei 122 GHz abgeglichen werden. Ist bei dieser Frequenz wieder Schmalband-FM aktuell?

Bedanken möchte ich mich bei Henry, KT1J sowie Hubert Krause für die schönen Gehäuse.

Bauteile Transverter

- HF-Gehäuse 122 GHz (Krause)
- Anpass-Block (Krause)
- ZF-Gehäuse (Krause)
- Zwischenplatte, zwei Versionen möglich (Krause)
- Hohlleiter-Gehäusedurchführung (Krause)
- PCB 122 GHz-Mischer x 3 (DB6NT)
- ZF-PCB 47 GHz, neu (DB6NT)
- PCB DC-Umschaltung (DL2AM)
- LT1085-Regler (DL2AM)
- 2 Stck. 1 k Ω Wendelpoti (DL2AM)
- 2 Tantalkondensatoren (DL2AM)
- Relais, 12 V (DL2AM)
- Multiplier S00-4079 (DL2AM)
- MA4E1317 v.M/A-Com. (DL2AM)
- HSCH9401 v. Agilent (DL2AM)
- SMA-Buchse (DL2AM)
- Einkoppelstift 5 mm lang, UT 085
- Auskoppelstift 14 mm ZF, nur bei Verwendung der Zwischenplatte
- Widerstand 1,5 k Ω
- Widerstand 240 Ω oder 2 x 470 Ω
- Glimmerscheibe TO220
- Diverse Schrauben
- OCXO 141,326 MHz (DK2DB)
- Vervielfacher x 96, 13,567 GHz (DB6NT)
- Hohlleiter WR 8 und WR 12, Krückstöcke (LX1DU)
- Spiegel 25 cm (UKW Berichte)

Bauteile-Lieferanten

- Franc Cronauer, 140 Rue Assen,
L-4411 Soleuvre – Luxembourg: Hohlleiter
- Hubert Krause, www.Micro-Mechanik.de: Gehäuse
- DB6NT, www.db6nt.com: PCB und Vervielfacher
- DK2DB, www.ID-Elektronik.de: OCXO
- UKW-Berichte, www.UKW-Berichte.de: Spiegel
- DL2AM, www.dl2am.de: verschiedene Teile

Bauteile für Messmischer

- HF-Gehäuse 122 GHz (Krause)
- Anpassblock (Krause)
- Abdeckplatte (Selbstbau)
- PCB 122-GHz-Mischer x 3 (DB6NT)
- Potenziometer 1 k Ω
- DF 1 nF
- SMA-Flanschbuchse mit Stecksocket (DL2AM)
- DC-Blocker
- Multiplier S00-4079, abgefräst (DL2AM)
- MA4E1317 v. M/A-Com. (DL2AM)
- Einkoppelstift 5 mm lang UT 085
- Auskoppelstift ZF 10-14 mm lang (je nach Plattenstärke)

Bauteile für Baken-Sender

- HF-Gehäuse 122 GHz (Krause)
- Anpassblock (Krause)
- Zwischenplatte (Krause)
- PCB 122-GHz-Mischer x 3 (DB6NT)
- Multiplier S00-4079 oder CMH382400AUP (DL2AM)
- MA4E1317 v. M/A-Com. (DL2AM)
- Einkoppelstift 5 mm lang UT 085
- DF 1 nF
- Potenziometer 1 k Ω

Literatur und Bezugsquellen

- [1] DB6NT, Dubus 2/94
- [2] Philip Prinz, DL2AM: „76-GHz-Transverter“, CQ DL 10/05, S. 696
- [3] Philip Prinz, DL2AM: „76-GHz-Transverter – ein Nachtrag“, CQDL 2/06, S. 107
- [4] DL2AM, Dubus 4/05
- [5] DL2AM, Dubus 1/06