

Projekt in der Weiterentwicklung

Ein 122 GHz Transverter

Philipp Prinz, DL2AM

Bereits vor zwölf Jahren habe ich den ersten 122-GHz-Transverter beschrieben [1] und mit diesen Geräten 2006 schon die ersten Zwei-Weg-SSB-QSOs über 14 km Entfernung als Europarekord mit Alex, DL2GWZ, getätigt. Da hat sich der Aufwand und die viele Zeit in Freude gezeigt. Es folgten noch Verbesserungen für dieses Frequenz-Band bei weiteren Veröffentlichungen.



Nun will ich einen 122 GHz-Transverter beschreiben, so wie ich die letzten gebaut habe, ohne Bond-Technik. Ich will versuchen, mit diesem Beitrag doch noch einige mm-Wellen-Begeisterte Funkamateure für diese hohe Frequenz den Einstieg zu erleichtern, da viele Bauteile heute doch zu erwerben sind, wenn auch nur bescheidene Messmittel zur Verfügung stehen. Ein Versuch in kleinen Schritten lohnt sich. Eine Hilfestellung von praktizierenden 122-GHz-Funkamateuren sollte man in Anspruch nehmen (Bild 1). Zu weiteren Anregungen können die



Bild 2: Die viel verwendeten Multiplier

Folgenden Bilder beitragen.

Blick zurück

Wenn ich sieben Jahre zurückdenke, habe ich von DB6NT für meine 122-GHz-CW-Sender die LO (Oszillator) nur für eine Frequenz von 122,250000 GHz bekommen. Da habe ich den 10 MHz OCO um 1 Hz höher schwingen lassen, um auf 122,250012 GHz zu kommen. Heute ist das alles kein Problem mehr, wenn ein LO mit PLL von DB6NT benutzt wird. Auch ich werde bei dieser Beschreibung den LO mit PLL anwenden. Vorweg will ich noch erwähnen, wenn auf 61 GHz leistungsfähige und bezahlbare Verstärker zur Verfügung stünden, würde das nachstehende Konzept anders aussehen. Die Baubeschreibungen für 122 GHz von DB6NT, DCØDA und DL2AM haben heute immer noch Gültigkeit, denn eine System-Optimierung wäre nur möglich, wenn die schon erwähnten 61 GHz-Verstärker zur Verfügung stünden. Somit müssen wir uns mit den

Zur Person



Philipp Prinz, DL2AM
Jahrgang 1939, Amateurfunkgenehmigung seit 1967
Ausbildung als Technischer Zeichner, Mechanikermeister, Pädagogik für Lehrlingsausbildung, Refa-Ausbildung, seit 1980 Modultechnik, Herstellung und Vertrieb von Linears bis 2003

Anschrift:
Riedweg 12
88299 Leutkirch
prinz.dl2am@t-online.de
www.dl2am.de

bekanntem CMA-382400-Multiplier $\times 3$ bzw. $\times 4$ – die doch über 100 mW bei 40 GHz erreichen – zurecht kommen, was aber keine Nachteile bedeutet. Diese Multiplier haben viele Jahre bei verschiedenen Frequenzen ihre Arbeit geleistet. Im Preis/Leistungs-Verhältnis sind diese Multiplier unschlagbar (Bild 2). Die ersten Multiplier $\times 3$, die ich aus den USA bekommen habe, sahen noch aus wie in Bild 3.

Mit ihrer Anwendung ist es möglich, eine LO-Frequenz von 13,567 GHz zu wählen, welche diese dann verdreifacht auf 40,7 GHz. Die Ausgangsleistung von minimal 100 mW ist sehr zum Vorteil für die folgende Mixer-Leistung. Ein nachfolgender Oberwellen-Mixer unter Zugabe von z.B. 144 MHz bildet dann die Endfrequenz von 122,250 GHz. Realistisch gesehen sind bei 122 GHz mit einem Oberwellen-Mixer OSB-Leistungen (oberes Seitenband) von 30...120 μ W zu erwarten und mit

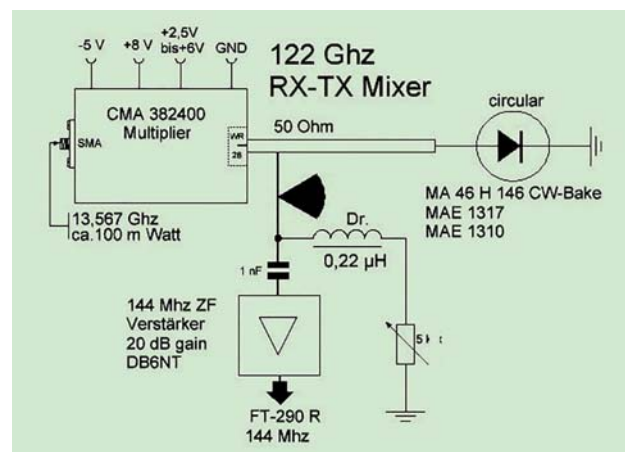


Bild 1: Oberwellenmischer und Verdoppler PCB

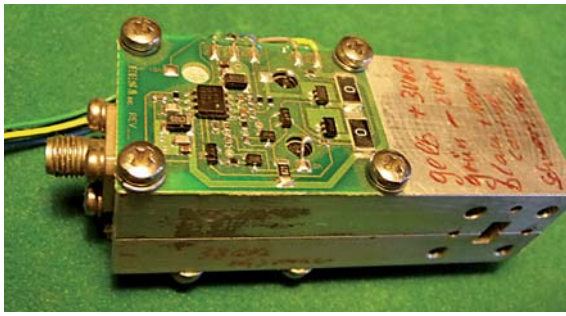


Bild 3: Die ersten von mir verwendeten Multiplier

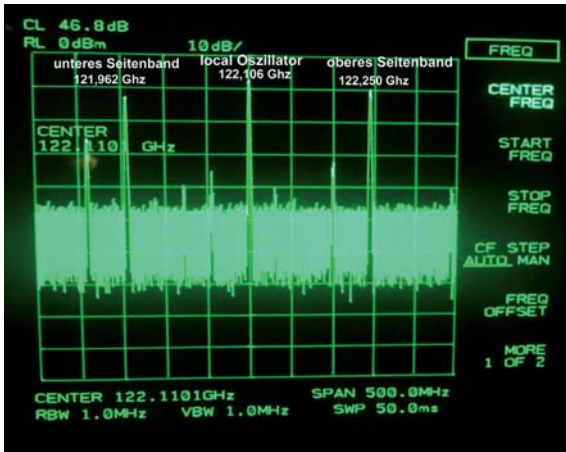


Bild 4: Spektrum des 122 GHz Sendesignals

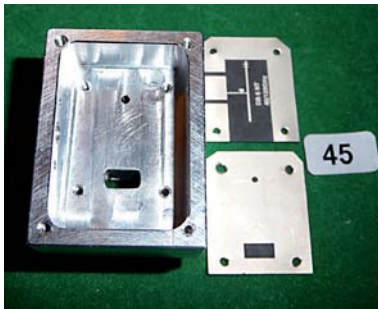


Bild 5: Mixer-Gehäuse und PCB



Bild 6: Poti für Leistungsverbesserung

einem Spektrum-Analyser zu messen (Bild 4).

Bewährte Technik

Nun zur Sache: Es hat sich beim Einkleben der Dioden nichts verändert. Die Leistungsunterschiede können variieren, wenn man fünf Dioden einklebt. Es ist schon möglich, schlechtgehende Dioden vorsichtig heraus zu kratzen und wieder neu einzukleben. Manchmal hat man Erfolg bei dieser Methode (Bild 5).

Es ist darauf zu achten, dass die Dioden

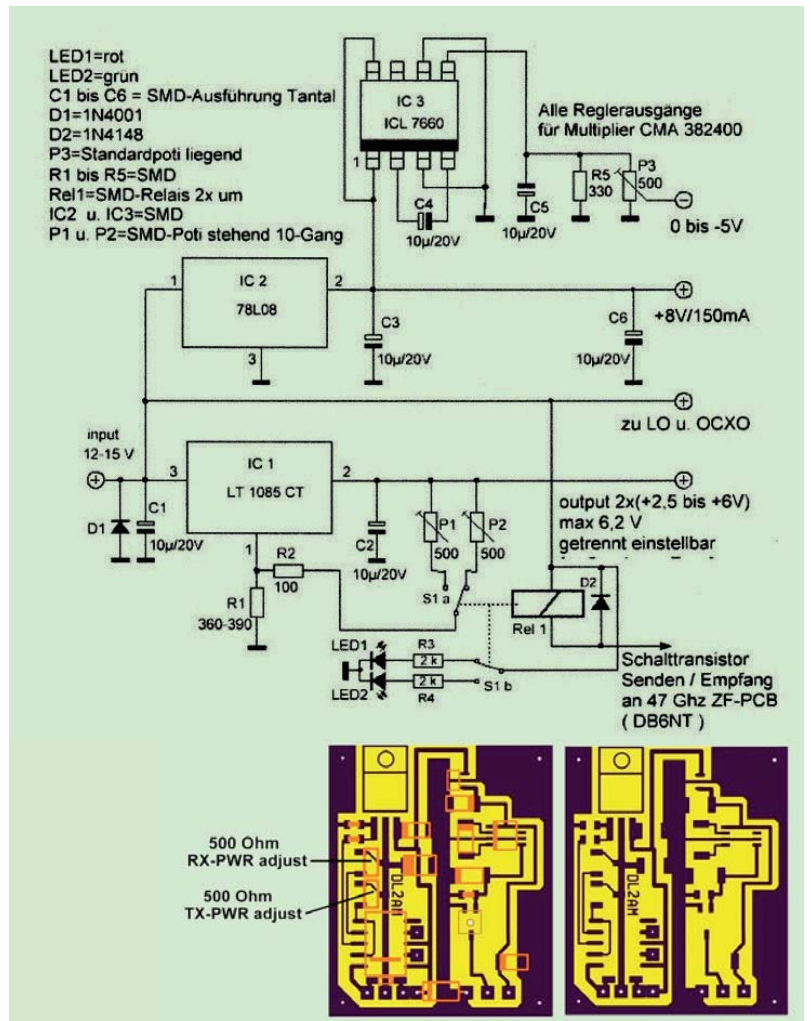


Bild 7: Netzteil Multiplier

mit einem optimalen Arbeits-Widerstand betrieben werden. Eine 0,22- μ H-Drossel in Serie und danach ein Poti von ungefähr 5 k Ω gegen Masse ergibt wesentlich bessere Leistungs-Ergebnisse (Bild 6). Wenn kein Spektrumanalyser zur Verfügung steht, um maximal das OSB bzw. Out bei einer CW-Bake zu messen, kann der Diodenstrom als Indikator angewendet werden. Leider ist es so, dass der Diodenstrom weiterhin steigt, obwohl eine Sättigung des OSB bzw. Output eines CW-Signals schon vorhanden ist. Dabei habe ich aber festgestellt, dass der Diodenstrom-Anstieg sich verlangsamt, sobald eine Sättigung eintritt. Da ist mit großer Sorgfalt vorzugehen, die Mischer-Dioden verzeihen nichts. Ein einfacher Detektor kann dabei auch eine Hilfe sein. Um die Leistung des LO z.B. 13,567 GHz an den Multiplier einzustellen, gehe ich folgendermaßen vor: Zuerst stelle ich an dem Netzteil mit dem 500- Ω -Sendepoti die Spannung auf 4,5...5 V ein, um spätere eventuelle Leistungserhöhungen des Multipliers durch Anhebung dieser Spannung machen zu können (Bild 7). Den ZF-Pegel, z.B. 144 MHz, lege ich vorweg

gleich auf 9...10 mW In fest, das mit dem 100- Ω -Poti im ZF-Verstärker eingeregelt werden kann (Bild 8). Danach erhöhe ich die LO-Leistung von einem niedrigen Pegel ausgehend durch Verkürzung der koaxialen Zuleitung bzw. Herausnahme von Dämpfungsgliedern schrittweise bis eine Sättigung des OSB-Signals mess-

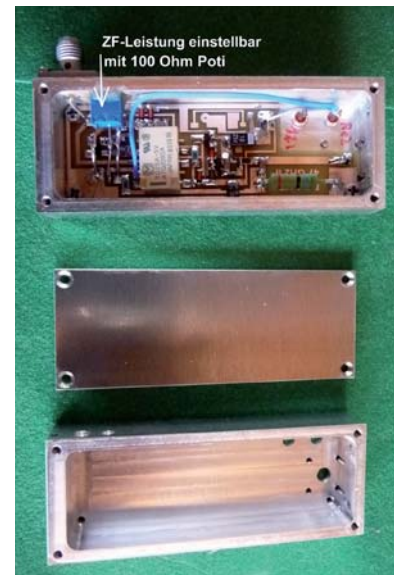


Bild 8: ZF-Gehäuse mit Einstell-Poti

Erfahrungswerte

Meine erste Veröffentlichung bei 122 GHz-Anwendungen war [1] und bis heute sind es 53 Veröffentlichungen in der CQ DL für den mm-Wellen-Anwender geworden. Dies hat einige Zeit in Anspruch genommen und der Material-Aufwand war auch nicht gerade wenig um diese vielen Versuche machen zu können. Das war und ist immer mein Herzblut in diesem Wellen-Bereich zu experimentieren.

Im mm-Bereich von 240 GHz und bei meiner Anwendung von 411,106 GHz war der Aufwand noch wesentlichlicher, da in diesem hohen Wellenbereich die benötigten HF-Teile schwer zu beschaffen waren. Im Januar 2009 bei winterlichen Bedingungen machten Alex, DL2GWZ, und DL2AM ein Zwei-Weg-SSB-QSO von 5,5 km Entfernung. Da war die Freude groß und eine Belohnung für die viele Mühe war uns sicher. Bei 411,106 GHz reichte es nur für ein Inдор-QSO von 16 m Distanz, aber meine Technik funktionierte.

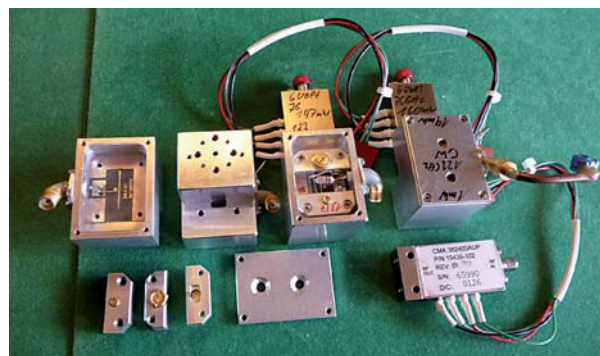


Bild 9: 122 GHz Bauteile



Bild 10: Komplett aufgebauter Mixer mit Durchführungs-Platte

Dioden HSCH 9161, die ich antiparallel eingeklebt habe. Diese Empfänger mit Harmonik-Mixer sind schon 6 dB besser als ein Oberwellen-Mixer bei einem Transverter [2].

Um die kleinen WR-8- bzw. WR-7-Hohlleiter und Flansche zu reinigen, benutze ich kleine Bürsten, die normalerweise bei Hör-Geräten bzw. Zahnreinigung (Bild 12 und 13) genutzt werden.

CQDL

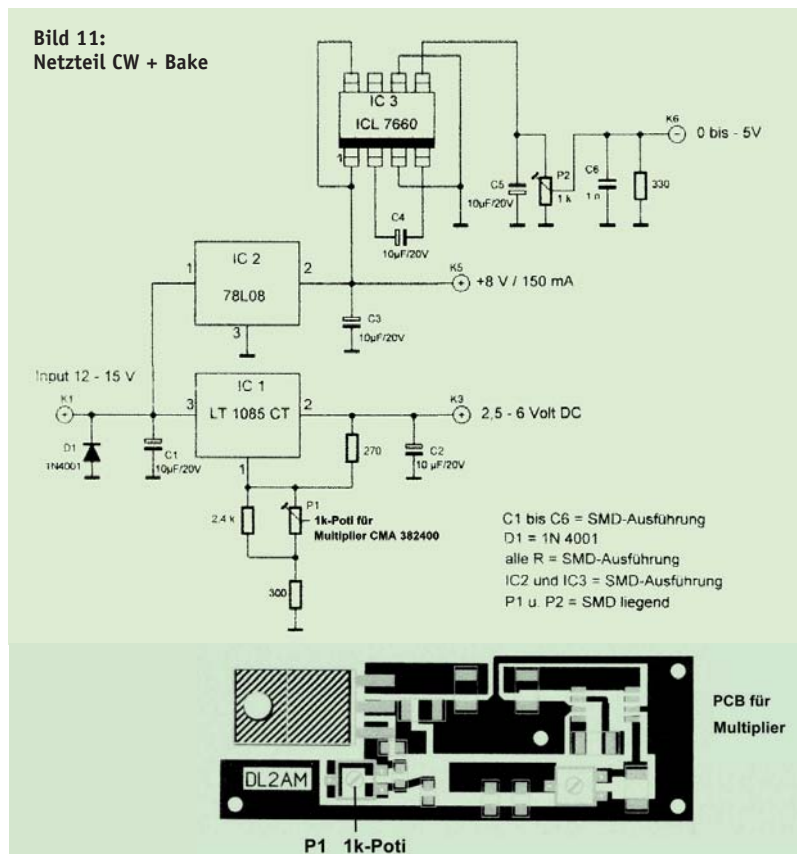
Literatur und Bezugsquellen

- [1] Philipp Prinz, DL2AM: „Ein 122 GHz Transverter mit neuem Multiplier“, CQ DL 6/06, S. 412ff.
- [2] Philipp Prinz, DL2AM: „Weitverbindungen auf 76 und 122 GHz“, CQ DL 7/12, S. 494ff.
- [3] Philipp Prinz, DL2AM: „122 GHz Transverter – ein Nachtrag“, CQ DL 12/06, S. 873ff.



Bild 12: Reinigungs-Werkzeug

Bild 11: Netzteil CW + Bake



technisch festgestellt wird. Nach dem gesamten Zusammenbau kann wieder mit dem 500-Ω-Sendepoti eine Feineinstellung des max. Out gemacht werden. Die ZF-Leistung kann auch wieder auf bestes OSB eingestellt werden. Das Austauschen der verschiedenen Kurzschluss-Schieber bringt manchmal beachtliche Leistungsunterschiede. Ja, die LO-Leistung muss durch gute Anpassung an die Mixer-Diode gelangen (Bild 9).

Wenn mit den beiden Kurzschluss-Schiebern auf maximal Out abgeglichen wurde, nehme ich einen Keramik-Stift und fahre mit diesem über die 50-Ω-Streifenleitung. Wenn sich dadurch keine nennenswerte Leistungs-Erhöhung zeigt, ist das Schieben eines Fähnchens nicht nötig. Nach meiner Erfahrung ist bei 122 GHz die Anpassung ohne Fähnchen recht gut. Als Mixer-Single-Dioden kann die MA4E1317 und MA4E1310 Verwen-

dung finden. Als Verdreifacher in CW und Baken-Sender ist die MA46H146 passender.

Eine Reduzierung der LO-Leistung durch Veränderung des 500-Ω-Rx-Poti der 5-V-Spannung des Multiplier in Stellung Empfang bringt einen wesentlich besseren Signal-Rausch-Abstand. Diese Spannung sollte etwa 2,7...4,0 V betragen. Das ganze hört sich ein wenig schwierig an, ist es auch, wenn keine geeigneten Messmittel zu Verfügung stehen (Bild 10).

Ich will aber auch erwähnen, dass mit diesen zwei Transvertern mit Oberwellen-Mixer bei normalen Bedingungen Reichweiten von 42 km zu erreichen sind, was Alex, DL2GWZ, und mir öfters gelungen ist. Wir hatten auch mehrmals versucht, die 60 km Distanz zu erreichen, aber der Wettergott hatte kein Einsehen.

Noch optimaler

Um noch optimalere System-Verbesserungen zu erreichen, baute ich für dieses Vorhaben im Jahr 2009 auch zwei CW-Sender auf (Bild 11). Der Erste mit 2 mW und der Zweite mit 1,4 mW Out. Das 100-Ω-Poti kann für eine Leistungsveränderung des Outputs an die Außenseite der Frontplatte angebracht werden. Zeitgleich baute ich ebenso zwei Empfänger mit der Aufbereitung 15 GHz × 2 = 30 GHz × 2 = 60 GHz und dann × 2 = 122 GHz mit zwei HP Zero Bias



Bild 13: Aufbau 122 GHz Transverter



Ihre Korrekturfahne!

Sehr geehrte Autorin, sehr geehrter Autor!

Anbei senden wir Ihnen unseren redaktionellen Entwurf/Korrekturfahne für Ihren Artikel mit der Bitte um Prüfung. Bitte prüfen Sie Text, aber auch alle Bilder, Bildunterschriften und Tabellen, sofern vorhanden. Es kann vorkommen, dass im „Eifer des redaktionellen Gefechts“ Bilder versehentlich vertauscht wurden. Sollten Sie uns Handskizzen eingereicht haben prüfen Sie bitte, ob unsere Zeichnerin diese korrekt umgesetzt hat.

Die vorliegende Version muss nicht zwangsweise die Endversion sein – gern nehmen wir Änderungswünsche in Ihrem Sinne entgegen. Teilen Sie uns diese bitte bis zum 5. Juli mit. Falls nicht, gehen wir von Ihrer Druckfreigabe und der Autorisierung der vorliegenden Form aus.

Im Falle von Textänderungen bitten wir um präzise sowie umgehend verständliche Anweisungen, welche Textstelle wie zu ändern ist. Bitte vermeiden Sie lange Abhandlungen und inhaltliche Erklärungen von Korrekturanweisungen, diese erhöhen den Korrekturaufwand unnötig! Eine direkte Information in der Form „Seite X, Spalte Y, Stelle Z ändern von ... in ...“ genügt! So haben wir die Möglichkeit, Ihre Wünsche schnell und vor allem fehlerfrei umzusetzen.

Bitte beachten Sie, dass Sie sich mit Einsenden des Manuskriptes mit redaktioneller Bearbeitung an Text und Bild einverstanden erklärt haben. Weiterhin haben Sie damit auch unsere „Allgemeinen Autorenhinweise“ unter <https://www.darc.de/nachrichten/amateurfunkmagazin-cq-dl/#c9918> akzeptiert.

Sollte ein Artikel nicht in Ihrem Sinne umgesetzt worden sein, kommen Sie bitte auf uns zu, wir finden eine Lösung! Bitte haben Sie aber auch Verständnis dafür, dass die Redaktion mit ihrem Lektoratsprozess den „ersten Testleser“ darstellt. Sollten wir Redundanz oder Umstimmigkeiten entdecken, ist es unsere Aufgabe dem Leser gegenüber, Sie bei der Artikel-Gestaltung zu unterstützen.

Wichtig: Um mögliche **kostenpflichtige Urheberrechtsansprüche Dritter** gegen uns als Redaktion und/oder Sie als Autor zu **vermeiden**, müssen wir Sie - sofern noch nicht geschehen - darum bitten uns aufzuzeigen, dass das verwendete Bildmaterial entweder von Ihnen persönlich erstellt wurde oder Ihnen die Erlaubnis (Nachweis!) zur honorarfreien Verwendung in Ihrem Beitrag vorliegt. Können Sie uns für ein Bild keinen solchen Nachweis erbringen, kann das/die entsprechende(n) Bild(er) nicht veröffentlicht werden!

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

Ihre Redaktion **CQDL**