

Universalfrequenzaufbereitung für 950-1300 MHz

*Wolf-Henning Rech, DF9IC, Eisinger Str. 36/2, 75245 Neulingen,
mailto: whrech@web.de*

1 Back to the roots

Wer schon länger dem Mikrowellenamateurfunk verfallen ist, der kennt sie: die klassische 1152-MHz-Frequenzaufbereitung. Einen Mischer kann man notfalls mit einer einzigen Diode realisieren, Filter und Verstärker braucht man erst im zweiten Schritt - aber das LO-Signal zur Frequenzumsetzung ist die wirklich essentielle Komponente zur Realisierung jedes Transverters. Beispiele dafür gibt es genug [1][2][3][4][5], aber alle schon viele Jahre oder Jahrzehnte alt - kein Wunder, im Zeitalter der Einplatinentransverter.

Wie schon in [6] angedeutet, plant der Autor den Aufbau eines Multibandtransverters für 13, 9 und 6 cm, und dieser soll der Einfachheit halber modular werden. Da die Baugröße kein entscheidendes Kriterium ist, dürfen Umsetzer und LO-Aufbereitung in getrennten Gehäusen stecken; allerdings sollte ein einziger Typ von Frequenzaufbereitung, um unterschiedliche Vervielfacher in den Umsetzerbaugruppen ergänzt, das ganze Spektrum abdecken können. Natürlich soll diese Frequenzaufbereitung die in [7] vorgestellte Anbindung an ein 10-MHz-Frequenznormal bereits beinhalten.

Eine solche Frequenzaufbereitung bzw. überhaupt modulare Transverter ermutigen vielleicht auch wieder zu mehr Eigenbau, wie er in den 80er und frühen 90er Jahren üblich war; der Autor verwendet noch heute einen alten 23-cm-Transverter a la DD9DU, der - mit zusätzlichem selektivem Vorverstärker und PAs ergänzt - bisher noch immer gut genug war, jeden Kontest zu gewinnen.

Für die Vervielfachung wurde - teils aus Neugier, teils aus praktischen Erwägungen - ein ungewöhnliches Konzept gewählt; anstelle der sonst üblichen zwei bis drei Vervielfacherstufen mit verzerrenden Transistoren und zwischengeschalteten Helixfiltern steuert hier ein symmetrischer Frequenzverdoppler ohne Ausgangsfilter einen einzigen solchen Verzerrer an, aus dessen Ausgangsspektrum dann wahlweise die 4-fache, 5-fache oder 6-fache verdoppelte Frequenz ausgefiltert wird. Es sind dann nur Helixfilter bei einer einzigen Frequenz erforderlich, nämlich der Ausgangsfrequenz; dadurch kann mit nur geringen Änderungen an der Baugruppe ein weiter Frequenzbereich abgedeckt werden. Insoweit ähnelt das Konzept dem in [8] vorgestellten.

Zum Zeitpunkt der Manuskripterstellung sind noch nicht alle Untersuchungen abgeschlossen, daher kann dies nur ein Zwischenbericht sein.

2 Konzept

Ausgangspunkt ist der in [7] beschriebene PL-VCXO, wobei sich das Layout eher an die Version aus [9] anlehnt. Die interne Betriebsspannung wurde zu Gunsten einer einheitlichen Versorgungsspannung auf 8 V reduziert, die Ausgangspufferstufe entfällt.

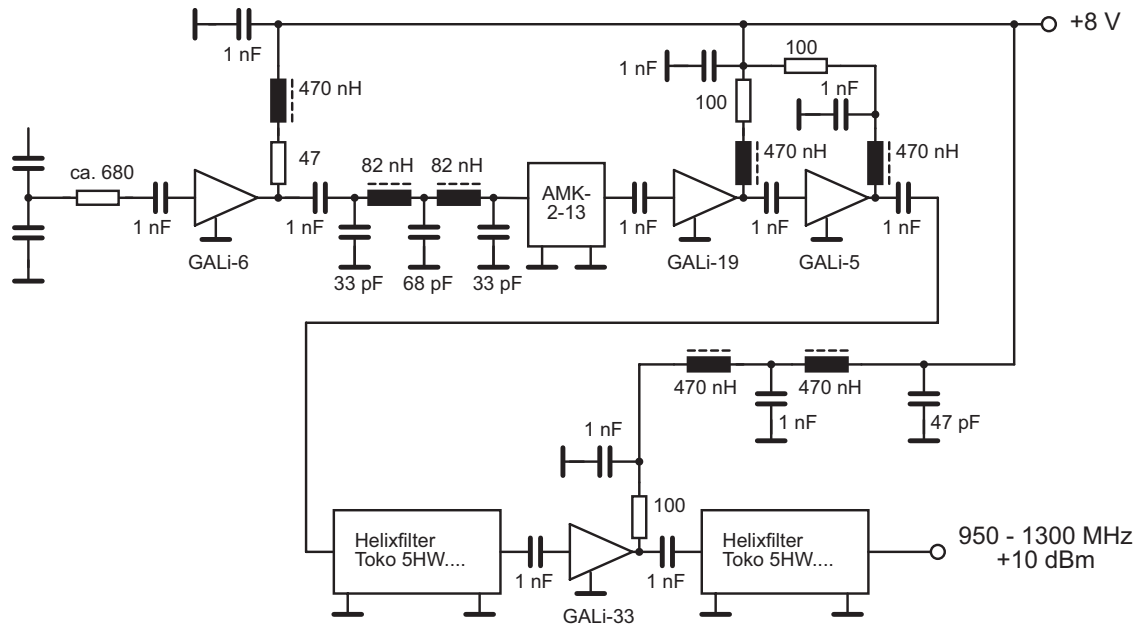


Bild 1 Schaltbild der Vervielfacherbaukette

Dieser Oszillator speist einen linearen Verstärker mit dem Baustein GALi-6. Die Eingangsleistung beträgt -5 dBm, die Ausgangsleistung etwa +7 dBm. Das erzeugte Signal muß eine sehr gute Oberwellenunterdrückung aufweisen, um dem nachfolgenden Verdoppler ein nebenwellenarmes Signal anzubieten; daher ist am Ausgang noch ein Tiefpaß eingefügt.

Dessen Ausgangssignal treibt einen Frequenzverdoppler vom Typ AMK-2-13. Dabei handelt es sich um eine Hybridbaugruppe von MiniCircuits, ähnlich den bekannten Mischern, die Übertrager und Dioden enthält und eine spezifizierte gute Symmetrie aufweist. Die Konversionsdämpfung beträgt ca. 11 dB. Bild 2 zeigt das Spektrum an dessen Ausgang.

Das Ausgangssignal bei ca. -4 dBm weist mehr als 30 dB Unterdrückung der ungeradzahli- gen Produkte (f und $3f$) auf und steuert einen zweistufigen MMIC-Verstärker/-Verzerrer. Der erste Baustein ist ein GALi-19 (oder GALi-1) im Nennarbeitspunkt, der zweite ein GALi-5, der mit reduziertem Strom und stark übersteuertem Eingang als effizienter Kammgenerator arbeitet. Für die Erzeugung höherer Harmonischer eignet sich dieser Baustein am besten unter den verschiedenen GALi-Typen, wie Tests beim Autor und auch anderswo [10] gezeigt haben. Bild 3 zeigt dessen Ausgangssignal, die Leistung des gewünschten achtfachen Grundfrequenz liegt oberhalb 0 dBm.

Schließlich folgt die Filtereinheit, die aus einem zweikreisigen Helixfilter, einem zwischen- geschalteten Verstärker mit GALi-33 (GALI-3) und einem zweiten zweikreisigen Helixfilter besteht. An deren Ausgang stehen +8 bis +10 dBm zur Verfügung.

Die TOKO-Helixfilter sind mit Frequenzen zwischen 950 MHz und 1300 MHz erhältlich.

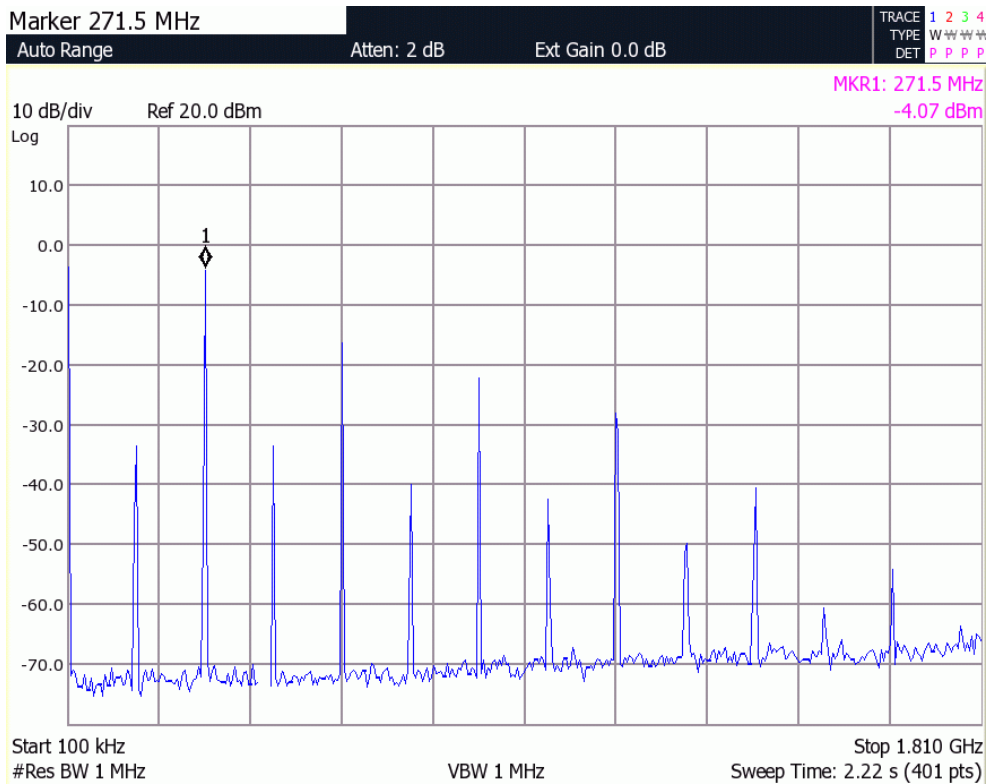


Bild 2 Spektrum am Ausgang des Verdopplers

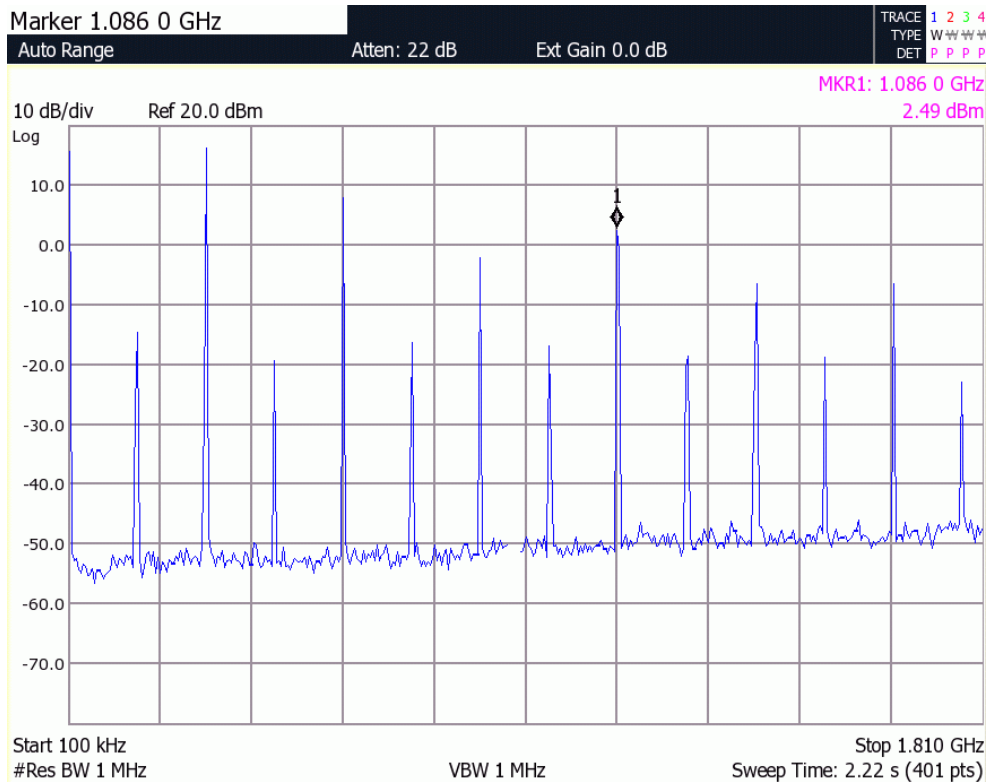


Bild 3 Spektrum am Ausgang des Vervielfachers mit GALi-5

Die Qualität der erzeugten Signale bezüglich Nebenwellen und Rauschen steigt mit einer höheren Grundfrequenz des Oszillators. Deshalb sollte für die niedrigeren Ausgangsfrequenzen bis etwa 1100MHz bevorzugt ein Vervielfachungsfaktor 8 wie im Beispiel, für die höheren bis 1300MHz ein Vervielfachungsfaktor 10 verwendet werden.

3 Realisierung

Die gesamte Baugruppe ist auf einer FR4-Leiterplatte untergebracht, die in ein Weißblechgehäuse mit den Abmessungen 37 mm x 111 mm paßt. Der 10-MHz-Eingang und der 1-GHz-Ausgang sitzen an den beiden Schmalseiten des Gehäuses, auf der Ausgangsseite ist auch der Anschluß der Versorgungsspannung. Die Baugruppe arbeitet mit 12V (intern 8V) und verbraucht etwa 250mA.

Die Bestückung erfolgt weitgehend mit SMD-Teilen der Baugröße 0805, wobei bei einigen Drosseln die Baugröße 2012 wegen der höheren Güte und bei einigen Widerständen 1206 wegen der erforderlichen Verlustleistung eingesetzt wird. Als bedrahtete Bauelemente sind lediglich die Filter und Spulen, Elkos, Spannungsregler und der Mikrocontroller ausgeführt, für den man besser einen Sockel vorsehen sollte. Der Mikrocontroller ist völlig kompatibel zu dem in [7]. Als PLL-Baustein wird ebenso ein ADF4110 oder ADF4111 verwendet.

Da noch nicht alle Bauteile optimiert sind und eventuell auch noch Änderungen am Leiterplattenlayout anfallen werden, wird darauf verzichtet, hier bereits den kompletten Detailschalt- und Bestückungsplan anzugeben.

Bild 1 zeigt die einfache Schaltung des Vervielfacherzweigs. Es ist zu beachten, daß die Stromversorgung ausreichend abgeblockt und verdrosselt wird, um wilde Schwingungen der MMIC-Kette im GHz-Bereich zu verhindern. Ebenso müssen alle Durchkontaktierungen dort erfolgen, wo sie vorgesehen sind, um Schwingungneigung zu vermeiden und die gewünschte Nebenwellenabsenkung zu erreichen - der Teufel steckt dabei manchmal im Detail. Im Ausgang sind zusätzlich zu den Helixfiltern auf der Leiterplatte gedruckte Tiefpässe angeordnet, da die Helixfilter im Bereich >4GHz Nebenresonanzen aufweisen und dort sonst Anteile des wirklich breitbandigen Kammspektrums am Ausgang erscheinen.

Bild 4 zeigt ein Photo des Musteraufbaus.

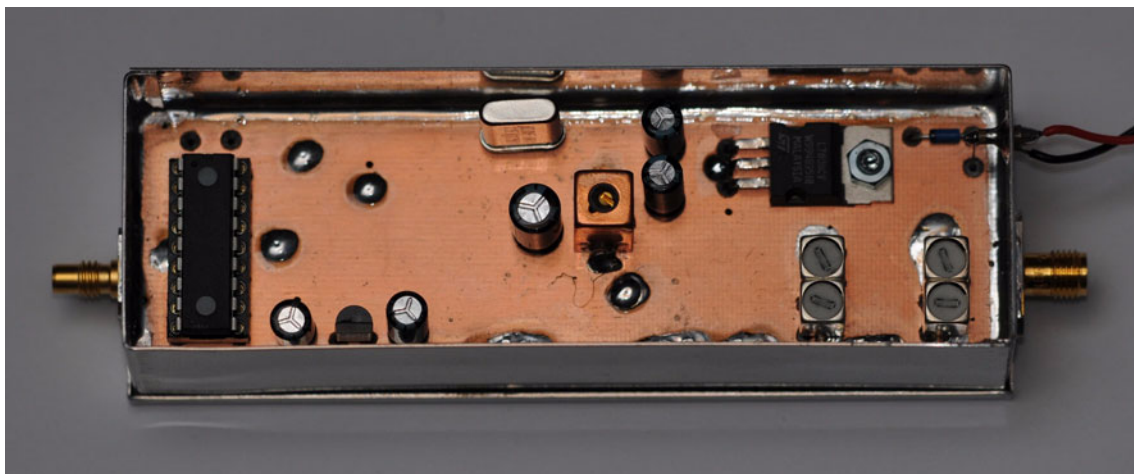


Bild 4 Photo des Musteraufbaus

4 Ergebnisse

Das Musterexemplar wurde mit einem Quarz bei 135,875 MHz aufgebaut, um durch Verachtfachung eine Ausgangsfrequenz von 1087 MHz zu erzeugen. Damit wurde eine Ausgangsleistung von +10 dBm erreicht, die durch die Sättigung der Ausgangsverstärkerstufe (GALi-33) begrenzt wird. Bei den bisherigen Versuchen mit verschiedenen Grundfrequenzen und Vervielfachungsfaktoren $N=8$ und $N=12$ war stets die $(N+1)$ -fache Grundfrequenz die stärkste Nebenwelle, was mit der Filtercharakteristik der verwendeten Helixfilter zusammenhängt. In diesem Fall ist sie mehr als 55 dB abgesenkt (Bild 5).

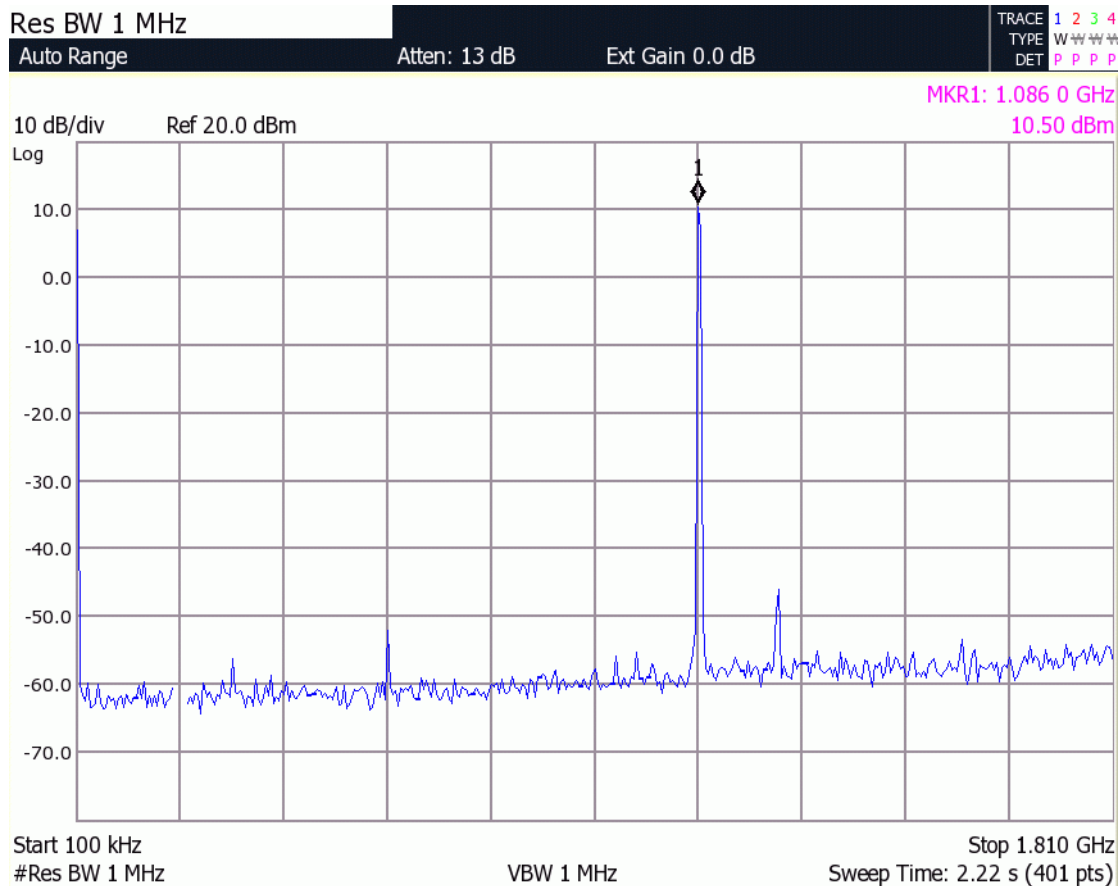


Bild 5 Ausgangsspektrum der Baugruppe

Eine vorläufige Messung des Phasenrauschens erfolgte durch Überlagerung mit einem Meßsender HP8642B als Referenz bei 1057 MHz und Messung des ZF-Signals bei 30 MHz mit einem PERSEUS-SDRX. Damit wurde in 200 kHz Abstand ein Wert von -141 dBc/Hz registriert - allerdings ist der HP8642B dort selbst nur mit typ. -143 dBc/Hz spezifiziert, was die Meßbarkeit einschränkt. Eine Überlagerungsmessung mit zwei dieser Frequenzaufbereitungen gegeneinander - dann auch in geringerem Frequenzabstand - steht noch aus

5 Referenzen

- [1] Dahms, J., DC0DA: Frequenzaufbereitung für 200mW bei 1152MHz. UKW-Berichte 3/1977, 149-153.
- [2] Beckmann, U., DF8QK: Oszillatorfrequenz-Aufbereitung für 1268MHz. UKW-Berichte 1/1978, 59-60.
- [3] Weiner, K., DJ9HO: Injektionsfrequenzaufbereitung für 1152/1268MHz. UHF-Unterlage Teil I/II, 313-317.
- [4] Weber, R. DF5SL, 1152-MHz-TX/RX-Oszillator für 23-cm-Konzepte mit einer ZF im 2-m-Band. UHF-Unterlage Teil V, 938-941.
- [5] Wehrhahn, G., DD9DU: Universalfrequenzaufbereitung für GHz-Sender und Empfänger. cq-DL 1/86, 6-8.
- [6] Rech, W.-H. DF9IC: Multiplexer für die Mikrowellenbänder. GHz-Tagung Dorsten 2009 (in diesem Band).
- [7] Rech, W.-H. DF9IC: PL-VCXO als Steuerszillator für Mikrowellenfrequenzaufbereitungen. GHz-Tagung Dorsten 2008, 21-30.
- [8] Schübbe, C. H., DJ6JJ: Universelles Vervielfacher-Konzept für GHz-Anwendungen. GHz-Tagung Dorsten 2001, 30-38.
- [9] Rech, W.-H. DF9IC: Rauscharme Frequenzaufbereitung für Bakensender mit Normalfrequenzanbindung. UKW-Tagung Weinheim 2008, 8.1-8.9.
- [10] A Simple Harmonic Generator for VHF-Microwave Applications.
<http://www.thegleam.com/ke5fx/cg.htm>