

Simulation eines Empfängereingangsteils

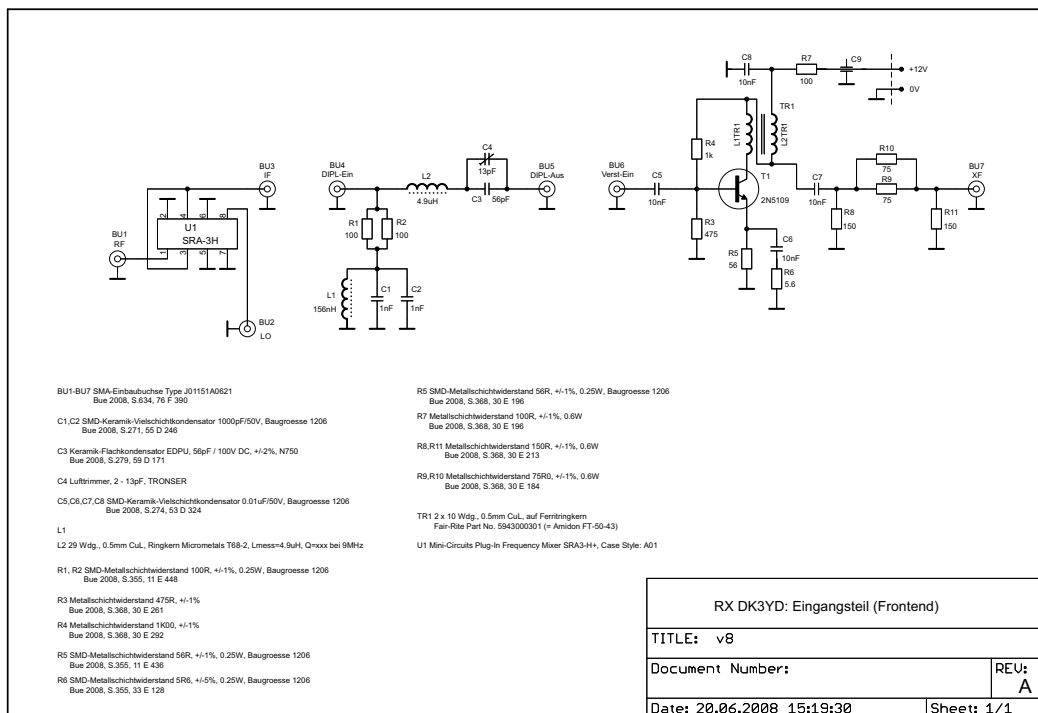
Hans Gall, BAUSCH-GALL GmbH, München

Hans.Gall@Bausch-Gall.de

Zusammenfassung

Der Bericht behandelt die Simulation des Eingangsteils eines Kurzwellenempfängers. Die Eigenschaften der Schaltung sollen vor dem Versuchsaufbau untersucht werden und es soll festgestellt werden, ob der Simulator WinSpice für die Berechnung einer solchen Hochfrequenzschaltung geeignet ist. Ein besondere Anforderung für den Simulator ergibt sich daraus, daß die Eingangsspannung am HF-Eingang des Mixers nur etwa 50 nV beträgt, am Oszillator-Eingang aber 2.2 V anliegen. Es muß also eine Dynamik von etwa $44 \cdot 10^6$ ($= 2.2 \text{ V} / 50 \text{ nV}$) im Zeitbereich numerisch richtig verarbeitet werden. Alle Simulationen und Berechnungen für diesen Bericht werden mit kostenlos verfügbarer Software durchgeführt.

1 Schaltung



20.06.2008 15:20:20 D:\rx\mischer\leaglelv8.sch (Sheet: 1/1)

Abbildung 1: Schaltung des Eingangsteils

Ausführliche Hinweise zur Schaltungstechnik solcher Eingangsteile findet man in [1], [2] und [3]. Die Schaltung für eine Zwischenfrequenz von 9 MHz weist keine Besonderheiten auf. Nach dem passiven Diodenmischer SRA-3H [4] folgt eine passive Weiche als breitbandiger Mischerabschluß (Diplexer) [5]. Ein gegengekoppelter Klasse-A-Verstärker mit Bipolartransistor nach [2] verstärkt das 9 MHz-ZF-Signal nach dem Diplexer um etwa 23 dB. Um die drei Teilschaltungen des Eingangsteils einzeln messen zu können, sind die Buchsen BU1 bis BU7 vorgesehen. Für den Betrieb des Eingangsteils im Empfänger werden die Buchsen BU3 mit BU4 und BU5 mit BU6 verbunden.

2 Simulation im Zeitbereich

Eine ausführliche Beschreibung der Eigenschaften von passiven Diodenmischern findet man in [6]. Da es für den Mischer SRA-3H vom Hersteller kein SPICE-Modell gibt, wird das in [4] angegebene Schaltbild des Mixers für SPICE nachgebildet. Da der LO-Pegel für den SRA-3H mit +17 dBm ($P = 50 \text{ mW}$) angegeben ist, werden je Diodenzweig zwei Dioden in Reihe geschaltet. Da für die im SRA-3H eingebauten Dioden keine Angaben vorliegen, werden die Modellparameter für die Schottky-Diode HSCH1001 (1N6263) [7] ersatzweise verwendet. Für eine prinzipielle Simulation des Mischerverhaltens sollte dieses Diodenmodell ausreichen. Die beiden Übertrager mit je drei Wicklungen werden für WinSpice als lineare, fest gekoppelte Induktivitäten modelliert. Eine Messung der Induktivität zwischen Anschluß 1 (RF) und Anschluß 2 (Case Gnd) des SRA-3H mit dem HAMEG-L/C-Meter HM 8018 ergab den Wert $L = 121 \mu\text{H}$. Für optimales Großsignalverhalten müßte der SRA-3H mit einer steilflankigen Rechteckspannung am LO-Eingang versorgt werden. Da aber noch keine Angaben für die LO-Aufbereitung vorliegen, wird zunächst für die Simulation eine Sinusspannung mit $f_{\text{LO}} = 16 \text{ MHz}$ und einem Scheitelwert $\hat{U}_{\text{LO}} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \sqrt{P_{\text{LO}} \cdot R} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot \sqrt{50 \text{ mW} \cdot 50 \Omega} = 4.472 \text{ V}$ verwendet. Die Werte der Parasitärinduktivitäten L_{Par1} , L_{Par2} sind vom Layout abhängig und noch nicht bekannt. Trotzdem werden diese beiden Induktivitäten eingesetzt, damit deren Einfluß nicht vergessen wird. Das Simulationsschaltbild wurde mit dem Programm Microsim Schematics gezeichnet, das die Dateien `v7.cir` und `v7.net` erzeugt, die von WinSpice gelesen werden.

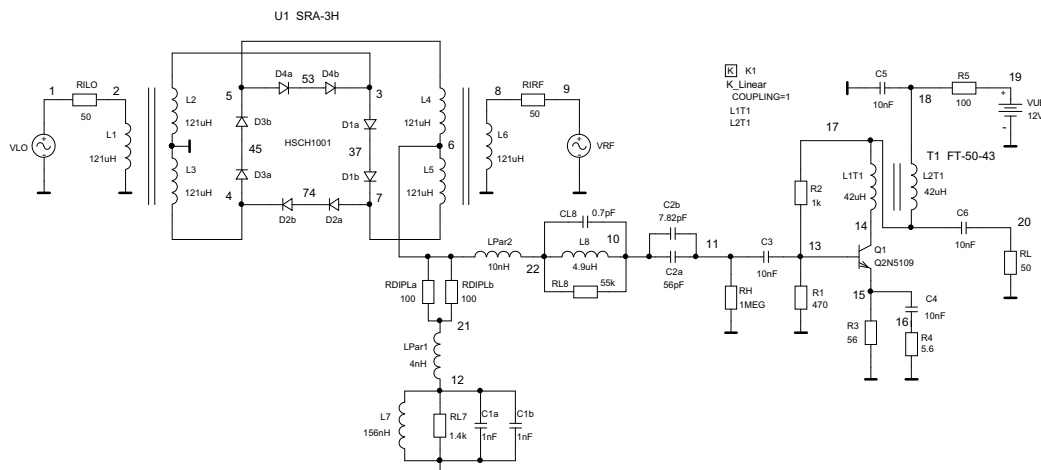


Abbildung 2: Simulierte Schaltung

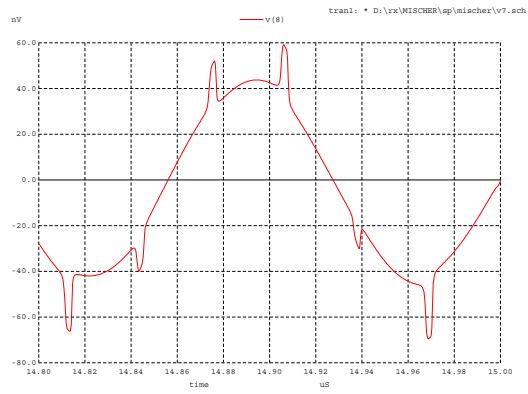


Abbildung 3: Knoten 8: Spannung am RF-Eingang des Mischers

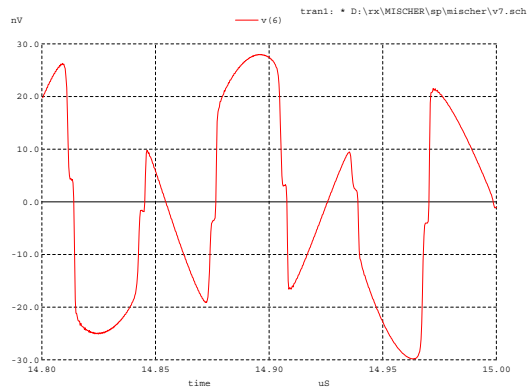


Abbildung 4: Knoten 6: Spannung am ZF-Ausgang des Mischers

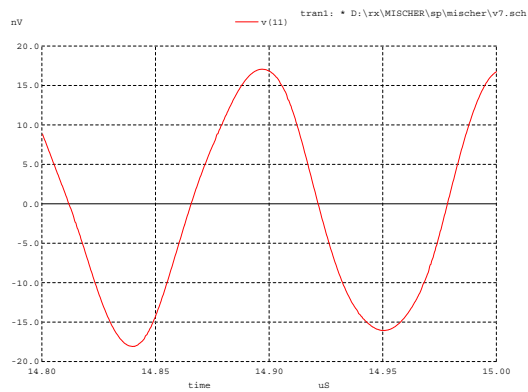


Abbildung 5: Knoten 11: Spannung nach dem Diplexer

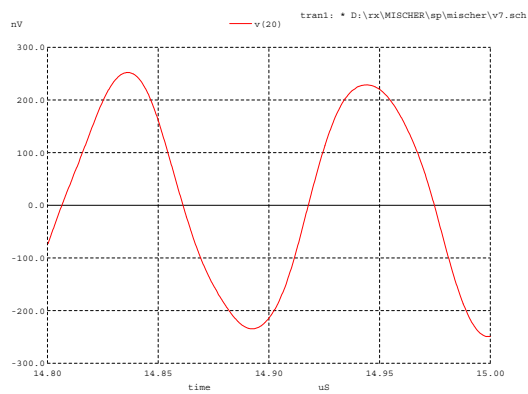


Abbildung 6: Knoten 20: Spannung nach dem Verstärker an $R_L = 50 \Omega$

3 Zusammenfassung

Die Simulationsergebnisse zeigen, daß WinSpice zu Simulation einer solchen klassischen HF-Schaltung gut geeignet ist. Die extrem hohe Dynamik der Knotenspannungen wird korrekt verarbeitet.

Im Vortrag beim ASIM-Workshop 2009 sollen die Baugruppe als Hardware und Meßergebnisse gezeigt werden.

Folgende kostenlose Software wurde für diese Projekt verwendet:

SciLab 4.1, PSpice V8 Demo, WinSpice v1.06.00 (www.winspice.com), eps2pdf, pdfTeX (MiKTeX 2.7).

Folgende weitere Simulationen wären sinnvoll:

LO-Rechteckspannung mit hoher Flankensteilheit, IM-Simulation, Blocking-Simulation.

Ein ausführlicher Bericht und alle Dateien zu diesem Projekt werden nach dem ASIM-Workshop 2009 bei www.Bausch-Gall.de/simrxet1.zip bereitgestellt.

Literatur

- [1] Michael Martin, DJ7VY: *Empfängereingangsteil mit großem Dynamikbereich und sehr geringen Intermodulationsverzerrungen*, Clubzeitschrift des Deutschen Amateur-Radio-Club (DARC) e.V., cq DL Heft 6/1975, S.326 - 336, web: www.darc-c12.de/system/files/CQDL_1975_06_DJ7VY.pdf
- [2] Dana G. Reed, W1LC (Ed.): *The ARRL Handbook for Radio Communications (2005)*, Eighty-Second Edition, ISBN 0-87259-929-9, S. 11.16 - 11.24. web: www.arrl.org
- [3] John B. Stephensen, KD6OZH: *Reducing IMD in High-Level Mixers*, QEX, May/June 2001, S. 45 - 50, web: www.arrl.org/qex/
- [4] Mini-Circuits: *Plug-In Frequency Mixer SRA-3H+*, REV. A, M98898, SRA-3H, DJ/TD/CP/AM, 061211, web: www.minicircuits.com/pdfs/SRA-3H+.pdf
- [5] Joachim Kestler, DK1OF: *ANPASS-SCHALTUNGEN FÜR DIODEN-RINGMISCHER*, UKW-Berichte, Heft 4/1975, S.218 - 223, web: www.darc-c12.de/system/files/UKW-Ber_1975_4_DK1OF.pdf
- [6] Shanker Joshi, Chief Engineer, Synergy Microwave: *Taking the Mystery Out of Diode Double-Balanced Mixers*, QST, December 1993, S.32 - 36, web: www.darc-c12.de/system/files/QST_1993_12_Joshi.pdf
- [7] HEWLETT PACKARD: *Microwave Semiconductor Diode and Transistor Designer's Catalog*, 1984-85, S. 141 - 145