

1300-MHz-Leistungsverstärkermodul RA18H1213

*Jens Geisler, DL8SDL, Filderweg 23, 72766 Reutlingen
Wolf-Henning Rech, DF9IC, Eisinger Str. 36/2, 75245 Neulingen,
mailto:whrech@web.de*

1 Generationswechsel bei den Modulverstärkern

Von den meisten Funkamateuren nahezu unbeachtet hat bei den beliebten Leistungsverstärkermodulen in Hybridtechnik eine Generationswechsel stattgefunden. Die zahlreichen Modulverstärker mit 12-V-Bipolartransistoren sind abgekündigt oder werden voraussichtlich bald auslaufen, und sie wurden ersetzt durch eine kleinere Typenreihe von LDMOS-Modulen, die meist breitbandiger nutzbar sind. So werden z.B. die Typen M67715 (1,7 W) und M57762 (18 W) für das 23-cm-Band nicht mehr hergestellt, dafür gibt es seit mehr als einem Jahr ein LDMOS-Modul RA18H1213 [1].

Das neue 23-cm-Leistungsverstärkermodul ist wiederum mit 18 W Ausgangsleistung spezifiziert, erreicht aber laut Datenblatt und auch in der Realität deutlich mehr. Der Wirkungsgrad ist leider nicht allzu gut, so daß viel Verlustleistung abgeführt werden muß. Gehäuse und Anschlußbelegung sind gegenüber den Bipolarverstärkern verändert, eine wesentliche Neuheit ist die Möglichkeit, den Arbeitspunkt nahezu frei vorgeben zu können und das Modul somit auch im A-Betrieb für Hochlinearanwendungen (D-ATV) zu nutzen. Die äussere Beschaltung ist minimal, und die Verwendung ist wenigstens ebenso einfach wie bei den bipolaren Vorgängern.

Für die Anwendung als FM-Verstärker ist es sinnvoll und wird vom Hersteller empfohlen, bei einer relativ hohen Steuerleistung den Arbeitspunkt über eine Regelschleife so einzustellen, daß die gewünschte Ausgangsleistung erreicht wird. Dieser Betrieb erreicht bei niedrigeren Ausgangsleistungen einen besseren Wirkungsgrad als der Einsatz mit hohem Ruhestrom und geringerer Steuerleistung. Die im folgenden beschriebene Baugruppe wurde hingegen als Linearverstärker konzipiert und ist deshalb für FM-/Packet-Radio-Betrieb weniger geeignet.

2 Einfache Baugruppe für >30 W Sendeleistung bei 1270 MHz

Als Fertigbaugruppe gibt es seit Mitte 2004 bereits hervorragende Verstärker mit dem Mitsubishi-Modul RA18H1213 bei [2]. Diese Baugruppe ist mit einer RO4003-Leiterplatte und einem gefrästen Alugehäuse hochwertig aufgebaut, eignet sich dadurch aber weniger gut für den preiswerten Nachbau..

Ganz ohne vernünftige Wärmesenke geht es allerdings nicht: während der Autor für das M57762 erfolgreich Druckgußgehäuse mit dünner Wandstärke zur Kühlkörpermontage verwendet hat, war das Ziel hier, durch eine massive Aluplatte die Wärme gleich sehr gut zu



ELECTROSTATIC SENSITIVE DEVICE
OBSERVE HANDLING PRECAUTIONS

MITSUBISHI RF MOSFET MODULE

RA18H1213G

1.24-1.30GHz 18W 12.5V, 3 Stage Amp. For MOBILE RADIO

DESCRIPTION

The RA18H1213G is a 18-watt RF MOSFET Amplifier Module for 12.5-volt mobile radios that operate in the 1.24- to 1.30-GHz range.

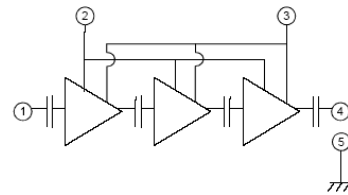
The battery can be connected directly to the drain of the enhancement-mode MOSFET transistors. Without the gate voltage ($V_{GG}=0V$), only a small leakage current flows into the drain and the RF input signal attenuates up to 60 dB. The output power and drain current increase as the gate voltage increases. With a gate voltage around 4V (minimum), output power and drain current increases substantially. The nominal output power becomes available at 4.5V (typical) and 5V (maximum). At $V_{GG}=5V$, the typical gate current is 1 mA.

This module is designed for non-linear FM modulation, but may also be used for linear modulation by setting the drain quiescent current with the gate voltage and controlling the output power with the input power.

FEATURES

- Enhancement-Mode MOSFET Transistors ($I_{DQ}=0$ @ $V_{DD}=12.5V$, $V_{GG}=0V$)
- $P_{out}>18W$, $\eta_{T}>20\%$ @ $V_{DD}=12.5V$, $V_{GG}=5V$, $P_{in}=200mW$
- Broadband Frequency Range: 1.24-1.30GHz
- Low-Power Control Current $I_{GG}=1mA$ (typ) at $V_{GG}=5V$
- Module Size: 66 x 21 x 9.88 mm
- Linear operation is possible by setting the quiescent drain current with the gate voltage and controlling the output power with the input power

BLOCK DIAGRAM



- ① RF Input (P_{in})
- ② Gate Voltage (V_{GG}), Power Control
- ③ Drain Voltage (V_{DD}), Battery
- ④ RF Output (P_{out})
- ⑤ RF Ground (Case)

PACKAGE CODE: H2S

Bild 1 Auszug aus dem Datenblatt des RA18H1213

verteilen und dadurch den Wärmewiderstand so gering wie möglich zu halten. Dazu wird eine 10mm starke Aluplatte z. B. mit der Dekupiersäge so zurechtgesägt, daß sie den Boden eines handelsüblichen Weißblechgehäuses ersetzen kann, und mit den vorher zusammengelöteten Seitenteilen von außen mit 10 M3-Schrauben verbunden. So entsteht im Eigenbau eine solides, HF-dichtes Gehäuse mit guter Wärmesenke

Auf die Alugrundplatte werden nun einerseits das Modul und andererseits eine FR4-Leiterplatte (Bild 2) aufgeschraubt. Die Leiterplatte trägt Streifenleitungen für den HF-Ein- und Ausgang, Abblock-Kondensatoren, eine Spannungsstabilisierung mit einfacher Z-Diode für die positive Gate-Vorspannung und eine simple PTT-Schaltung, die die Aktivierung des Moduls durch eine Masseverbindung ermöglicht (Bild 3). Die Ruhestromaufnahme des Moduls beträgt etwa 5 A bei einer Steuerspannung von 5 V - durch leichte Variation der Zenerspannung bzw. Verwendung eines Spannungsteilers/Potis hinter der Zenerdiode kann diese noch verändert werden.

Die Oberwellenunterdrückung einer solchen Baugruppe ist gut genug, wenn das Modul z. B. mit einem nachgeschalteten Duplexer oder Bandfilter eingesetzt werden soll; arbeitet es aber direkt auf die Antenne, so sollte ein Ausgangstiefpaß in die Baugruppe integriert werden. Dazu wurde das ursprüngliche Layout erweitert. Die Streifenleiterstruktur des Filters wurde mit APLAC [3] entwickelt. Für die Baugruppe ohne Filter genügt ein Gehäuse mit den

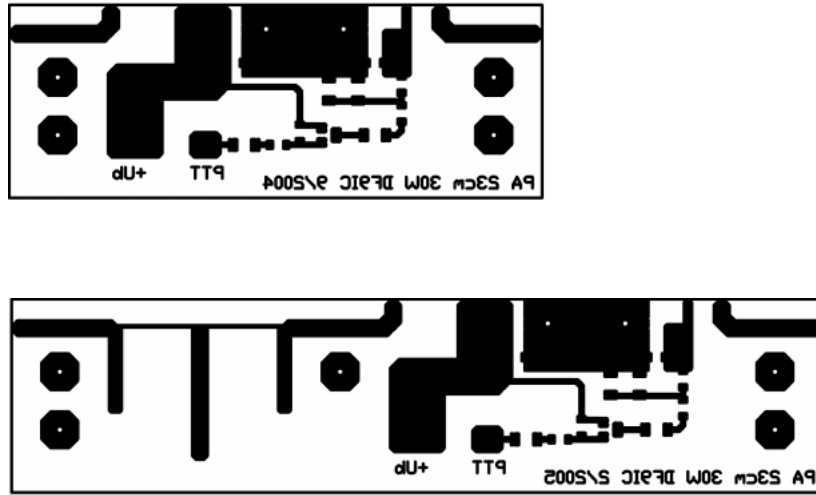


Bild 2 Layout der beiden Leiterplattenversionen M 1:1 gespiegelt, Material FR4 1,5 mm mit Rückseite Masse

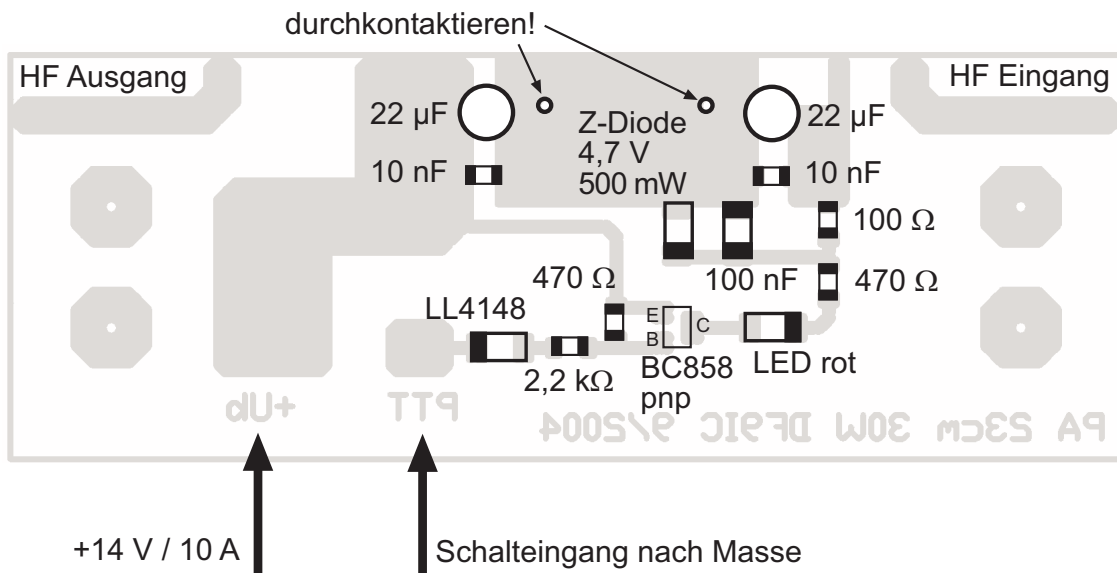
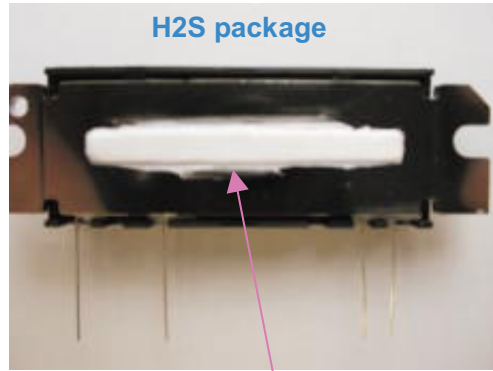
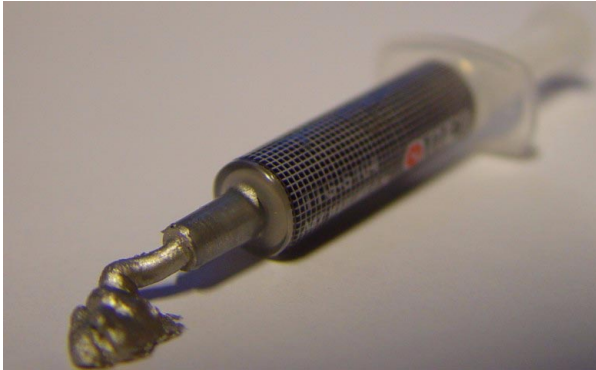


Bild 3 Bestückungsplan

Abmessungen 55,5 mm x 74 mm, mit Ausgangsfilter braucht es die grössere Version mit 55,5 mm x 111 mm. Die Aluplatte muss in beiden Fällen passend angefertigt werden.

Beim Durchführungskondensator für die Stromversorgung ist darauf zu achten, daß er dauerhaft 10A Strom führen kann. Vor der Montage des Hybridmoduls sollte außerdem die Erzeugung der Gatespannung überprüft werden, eine Fehlmontage der Z-Diode und damit zu hohe Spannung könnte sonst mit hoher Wahrscheinlichkeit das Modul zerstören.



Thermal compound size:
L40 x W4 x t 0.5mm

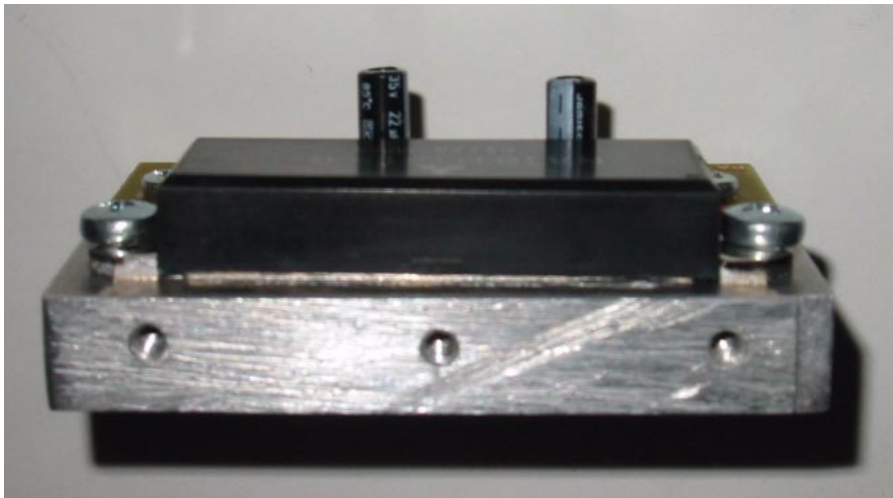


Bild 4 Wärmeleitpaste und deren Applikation auf den Kühlflansch
links oben: verwendete Wärmeleitpaste
rechts oben: Applikationshinweis von Mitsubishi zum Auftrag
unten: montiertes Modul, die Paste quillt gerade ein klein wenig aus dem Spalt heraus

Die Montage des Moduls muß mit Wärmeleitpaste erfolgen - das Modul hat nämlich einen Spalt von ca. 0,09mm unterhalb des wärmeerzeugendes Bereichs des Flanschs. In einer Applikationsschrift [4] beschreibt der Hersteller den empfohlenen Einbauprozeß. Die dort angegebene spezielle japanische Wärmeleitpaste wurde nicht verwendet, aber eine solche, die für die Montage von Kühlkörpern bei PC-Prozessoren vorgesehen ist („Silver Grease“ TTG-S104). Mitsubishi empfiehlt, 77mm³ zu verwenden, das entspricht etwa 12% des Inhalts einer 1,5-g-Kartusche. Es ist sinnvoll, zunächst etwas sparsamer aufzutragen, den Flansch anzupressen, wieder abzuheben und den Abdruck zu betrachten. Dann kann an den fehlenden Stellen gezielt nach Gefühl noch etwas zugegeben werden. Bei der optimalen Dosierung sollte beim Aufsetzen eine *geringe* Menge der Paste aus dem Spalt herausgepresst werden (Bild 4).

Bild 5 zeigt die Baugruppe auf der Aluplatte und nach Montage in das Gehäuse. Die beiden unteren Schraubenlöcher werden verwendet, um die gesamte Baugruppe auf den Kühlkörper zu montieren. Teilweise wurden auch bedrahtete Bauteile montiert, wo SMD-Versionen

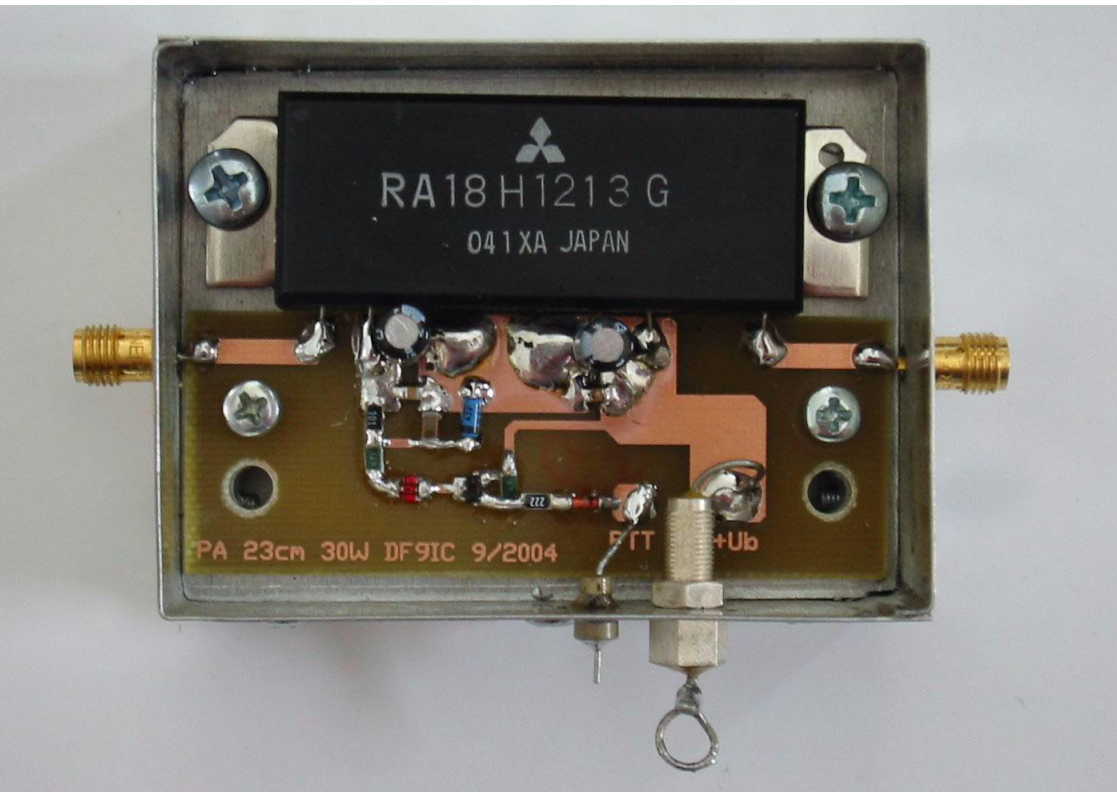


Bild 5 Photos der Baugruppe

nicht zur Hand waren. Die LED erlaubt eine einfache und schnelle Kontrolle des Schaltzustands bei einer Fehlersuche.

3 Ergebnisse

Die Baugruppe erreicht eine typische Sättigungsausgangsleistung von mehr als 40W bei allerdings 100W Verlustleistung, die durch einen grossen Kühlkörper aufgefangen werden muß, der Einsatz eines zusätzlichen Lüfters kann sinnvoll sein. Die maximale zulässige Eingangsleistung beträgt 200mW.

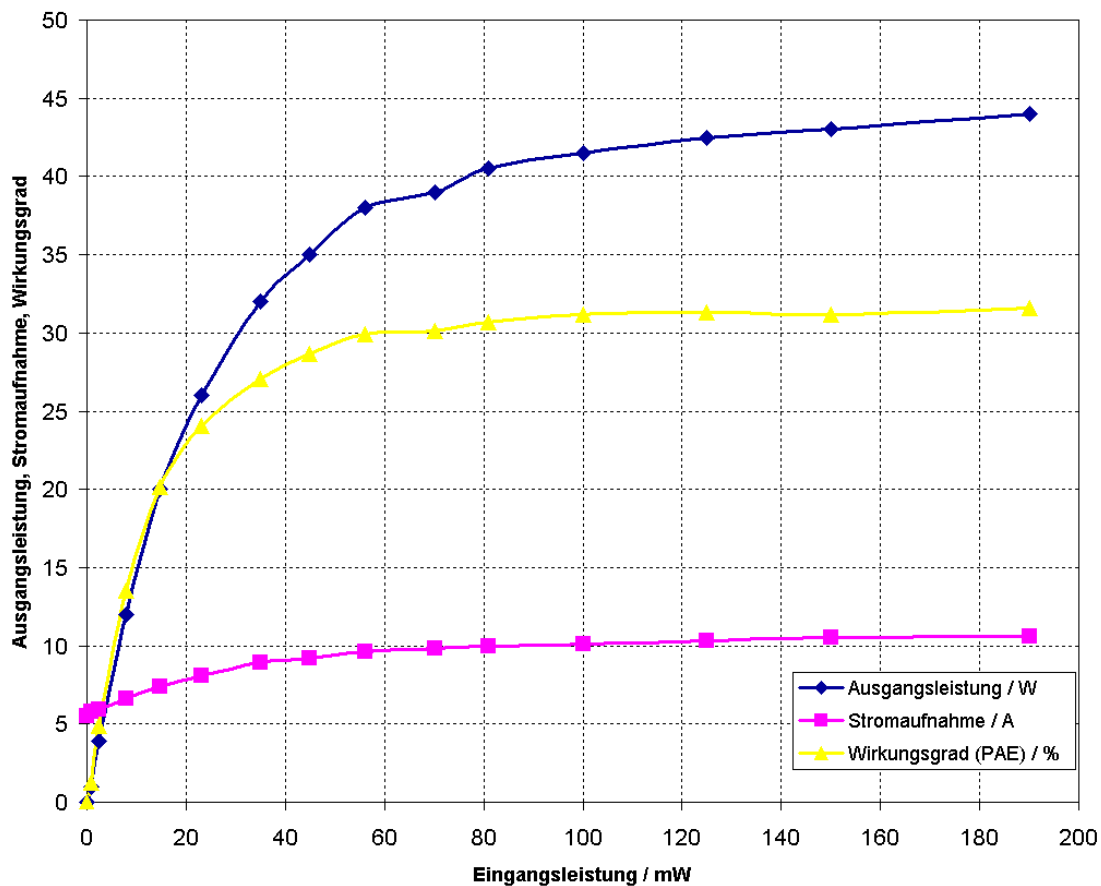
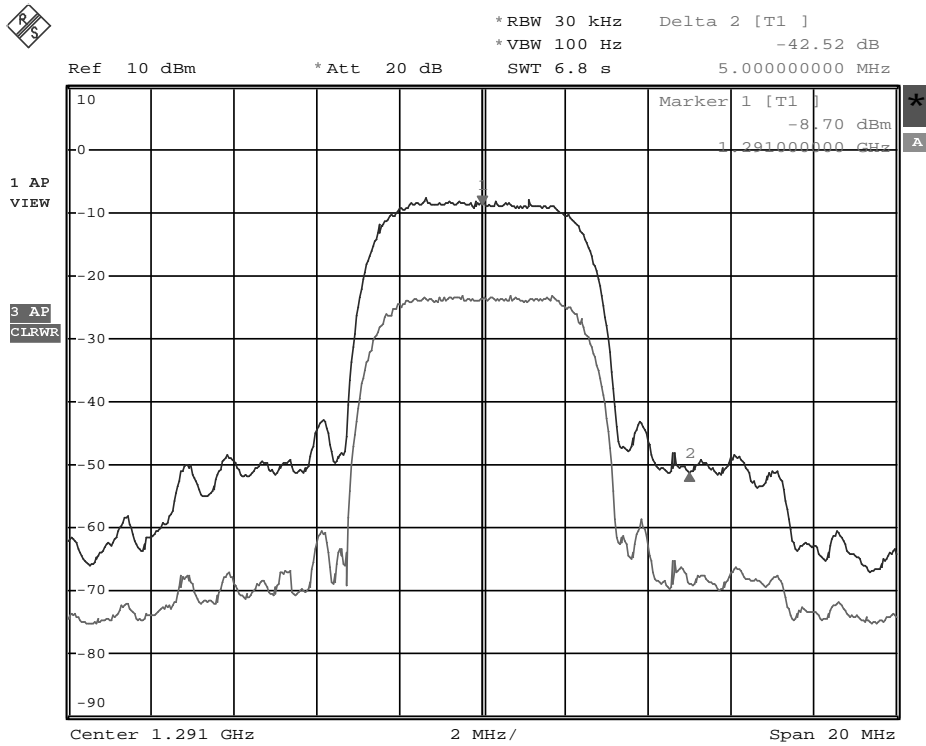


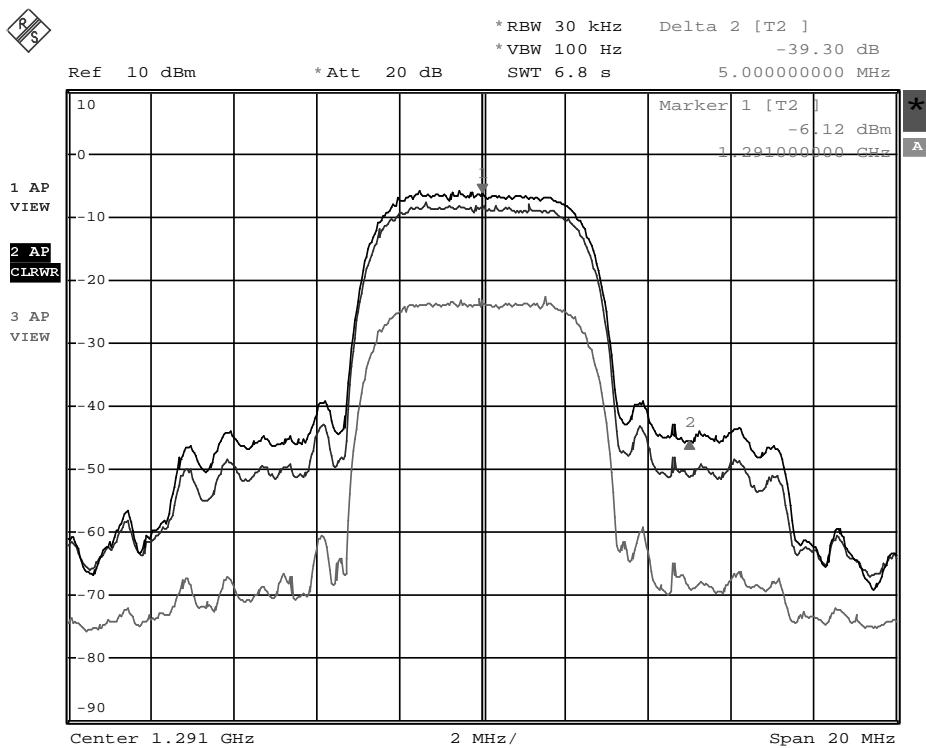
Bild 6 Meßergebnisse am realisierten Verstärker

Für SSB-Betrieb sollte nur bis 30 W angesteuert werden, dafür genügt eine Steuerleistung von 30mW bei ca. 30dB Verstärkung. Der Wirkungsgrad liegt bei ca. 25% (SSB) bzw. 30% (FM) - dieser schlechte Wert ist der Preis, den man für die niedrige Versorgungsspannung von 12 V zahlen muß. .

Bei 80mW Steuer- und 40 W Ausgangsleistung nimmt diese nach 1 min. „Key down“ um etwa 2W ab. Die Kleinsignalverstärkung ist dann um ca. 0,5dB geringer als im Kaltzustand. Bei Montage mit „normaler“ (älterer) Silikon-Wärmeleitpaste waren diese Effekte sehr viel deutlicher. Der Wärmeableitung ist daher wirklich große Beachtung zu schenken!

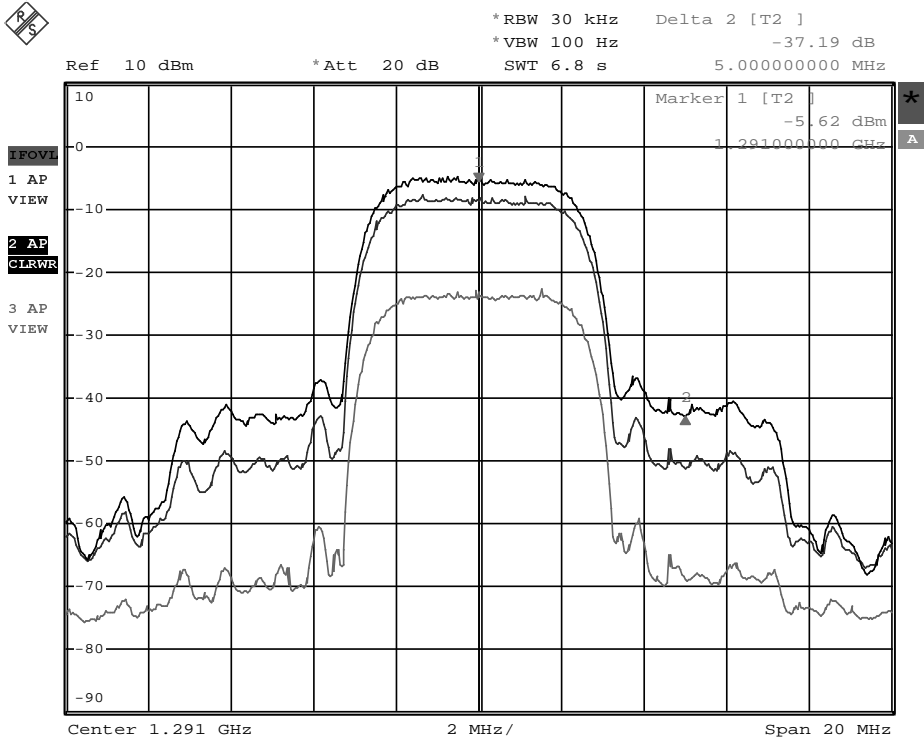


Date: 23.MAR.2005 19:08:56

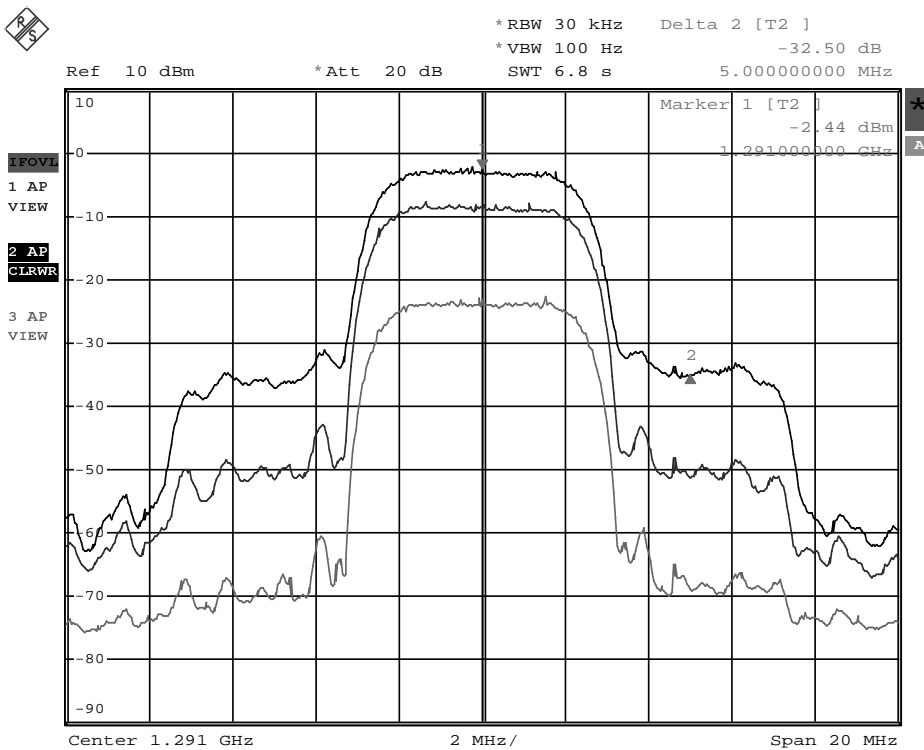


Date: 23.MAR.2005 19:11:18

Bild 7 Ausgangsspektrum des Steuersenders (untere Kurve) und der PA bei 2,8W (obere Kurve im oberen Bild) und 4,6W (obere Kurve im unteren Bild) mittlerer Ausgangsleistung



Date: 23.MAR.2005 19:19:58



Date: 23.MAR.2005 19:18:00

Bild 8 Ausgangsspektrum der PA bei 5,9W (obere Kurve im oberen Bild) und 10,7W (obere Kurve im unteren Bild) mittlerer Ausgangsleistung

Mit dem Steuersignal eines DVB-S-Senders bei 14 V Versorgungsspannung und etwa 5 A Ruhestromaufnahme betrieben ergeben sich die Spektren in Bild 7 und Bild 8. Dazu wurde der Steuersender aus [5] über verschiedene Festdämpfungsglieder direkt in den Eingang des Verstärkermoduls eingespeist. Betriebsparameter waren QPSK mit 4,5 MSymbol/s (ca. 6 MHz Bandbreite) bei einer Trägerfrequenz von 1291 MHz. Die Skalierung aller Diagramme ist 2 MHz/Div. und 10 dB/Div., durch zwei Marker wird die Unterdrückung des Störpegels bei 1296 MHz dargestellt. Der Steuersender alleine erreicht dort 45 dB Absenkung.

Bei 10 dB Dämpfung zwischen Steuersender und PA ergeben sich 2,8 W Ausgangsleistung und 42 dB Unterdrückung des Störspektrums. Mit 8 dB werden 4,6 W und 39 dB Abstand erreicht (Bild 7). Eine weitere Steigerung der Ausgangsleistung (Bild 8) auf 5,9 W bzw. 10,7 W verschlechtert den Störabstand auf 37 bzw. 32 dB. Ohne Dämpfung zwischen Steuersender und Verstärkermodul werden sogar 18 W Ausgangsleistung erreicht, die Intermodulationsprodukte sind aber nur mehr 27 dB unterdrückt. Alle Ausgangsleistungen sind mit dem thermischen Leistungsmesser bestimmt und insofern Mittelwerte. Die Verlustleistung des Moduls liegt bei etwa 70-80 W.

Die ermittelte Absenkung der Spektralanteile bei 1296 MHz ist für viele Situationen unzureichend, allerdings sind andere Verstärkertypen schlechter oder nicht wesentlich besser (28-V-LDMOS-PAs sind noch am günstigsten). Ein Kanalfilter für diese Parameter zu realisieren ist sehr schwierig, allenfalls Notchfilter für 1296 MHz im Ausgang des Verstärkers wären mit Amateurmitteln zugänglich, müssten aber auch temperaturkompensiert oder thermostatisiert werden.

Wesentlich einfacher wäre es, für D-ATV einen Frequenzbereich auszuweisen, der soweit vom Schmalband-DX-Bereich entfernt liegt, daß die IM-Produkte dritter Ordnung dort nicht hineinfallen.

Der optionale Tiefpaß im Ausgang des Verstärkers sorgt für zusätzlich mindestens 30 dB Unterdrückung der zweiten und dritten Harmonischen und kostet weniger als 0,3 dB Einfügungsdämpfung trotz des Aufbaus auf FR4-Substrat. Er kann natürlich auch alleine für andere Zwecke verwendet werden und ist ein- und ausgangseitig für 50 Ohm Bezugswiderstand ausgelegt.

4 Nachbau

Die Autoren danken Michael Kuhne, DB6NT, für den ersten Hinweis auf das neue Modul und seine Leistungsdaten. Die Leiterplattenlayouts sind über die URL <http://www.df9ic.de> als PDF-Dateien zugänglich.

5 Literatur

[1] Mitsubishi Electric Semiconductor: Datasheet RF Modul RA18H1213, <http://www.mitsubishichips.com/>.

[2] MKU 133 HY2, Kuhne Electronic GmbH, <http://www.db6nt.de>.

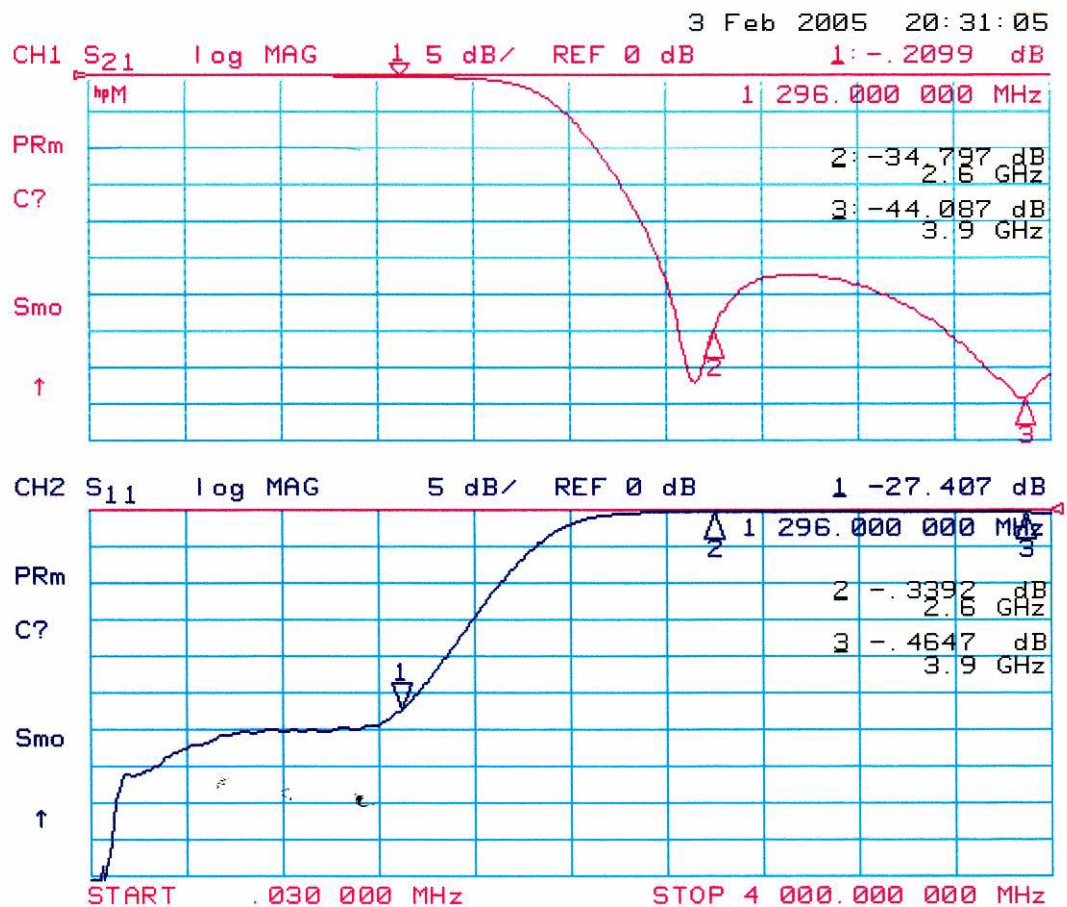


Bild 9 Übertragungsfunktion des optionalen Ausgangstiefpaßfilters

[3] <http://www.aplac.com>

[4] Mitsubishi Electric Semiconductor: Recommendation of Thermal Compound Applying Method for RA series Products. AN-GEB-042, Nov. 2003.

[5] Geisler, J., DL8SDL, Rech, W.-H., DF9IC: D-ATV - Modulator für 23cm und 13cm. ADACOM Magazin 14 (2002), 46-57.