

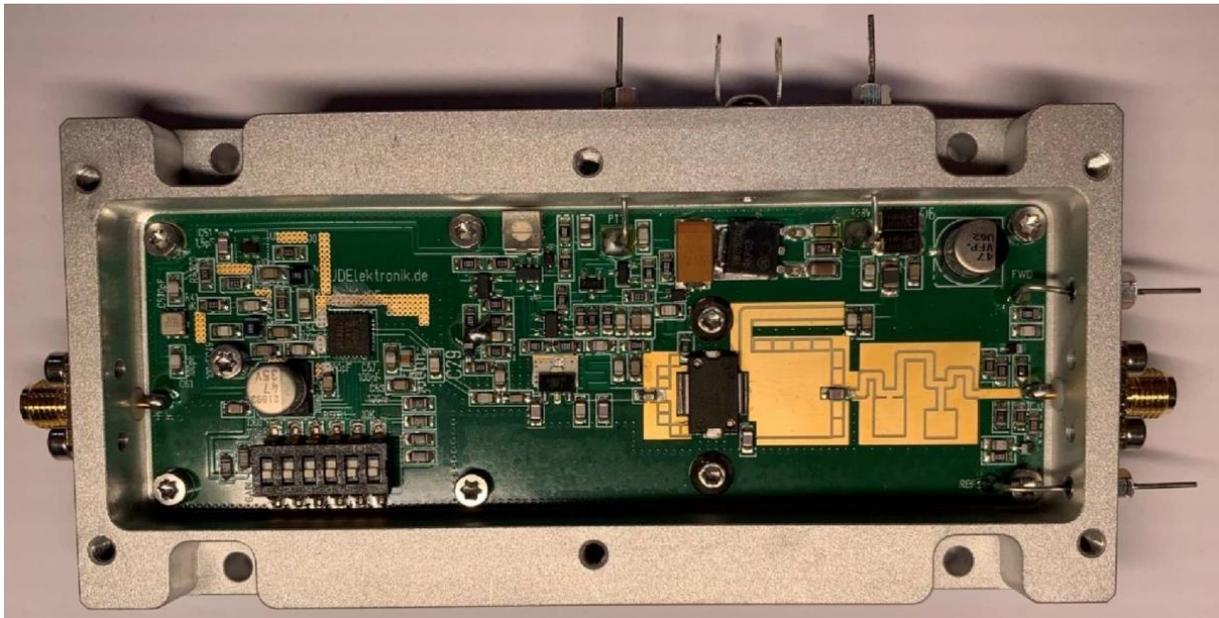
Analyse eines 2,4GHz 20W Verstärkers von JDElektronik

Matthias, DD1US, 13. April 2024, rev 1.1

Vor einiger Zeit habe ich von JDElektronik (Joerg Delvos DJ4ZZ) einen 13-cm-Leistungsverstärker für QO-100 erworben, der speziell für den Betrieb mit einem SDR mit begrenzter Ausgangsleistung entwickelt wurde. Hier sind die vom Verkäufer dieser PA beworbenen Hauptmerkmale:

- $P_{out} = 20\text{ W}$ bei 28,7V / 10 W bei 13,8V
- $G_p > 50\text{dB}$
- Integrierter programmierbarer Abschwächer mit einer Dämpfung von bis zu 30dB in 0,5dB Schritten
- $P_{in} = -20\text{dBm} \dots +10\text{dBm}$
- Integrierter SAW-Filter
- RF-Vox & PTT-Eingang
- Integrierte Detektoren für FWD- und REF-Leistung

Hier ist ein Bild vom Inneren eines solchen Verstärkers, der in einem sehr schönen gefrästen Aluminiumgehäuse mit SMA-Buchsen am Ein- und Ausgang geliefert wird. Die vergoldete Leiterplatte verwendet ein HF-geeignetes Substrat von Rogers.



Das HF-Eingangssignal durchläuft zunächst ein SAW-Filter mit einer Mittenfrequenz von 2,4 GHz und wird dann von einer ersten MMIC-Stufe (BGA614) verstärkt.

Anschließend wird das Signal mittels eines BGA7205 mit variabler Verstärkung weiter angehoben. Dieser Verstärker verfügt über sechs digitale Eingänge zur Einstellung seiner Verstärkung. Die Verstärkung kann über DIP-Schalter im Inneren des Gehäuses in 0,5dB Schritten in einem Bereich von 30dB eingestellt werden.

Die maximale Gesamtverstärkung der gesamten Verstärkerkette beträgt mehr als 50dB. Somit können Sie eine solche PA direkt mit einem Adalm Pluto, LimeSDR oder anderen ähnlichen SDRs ansteuern.

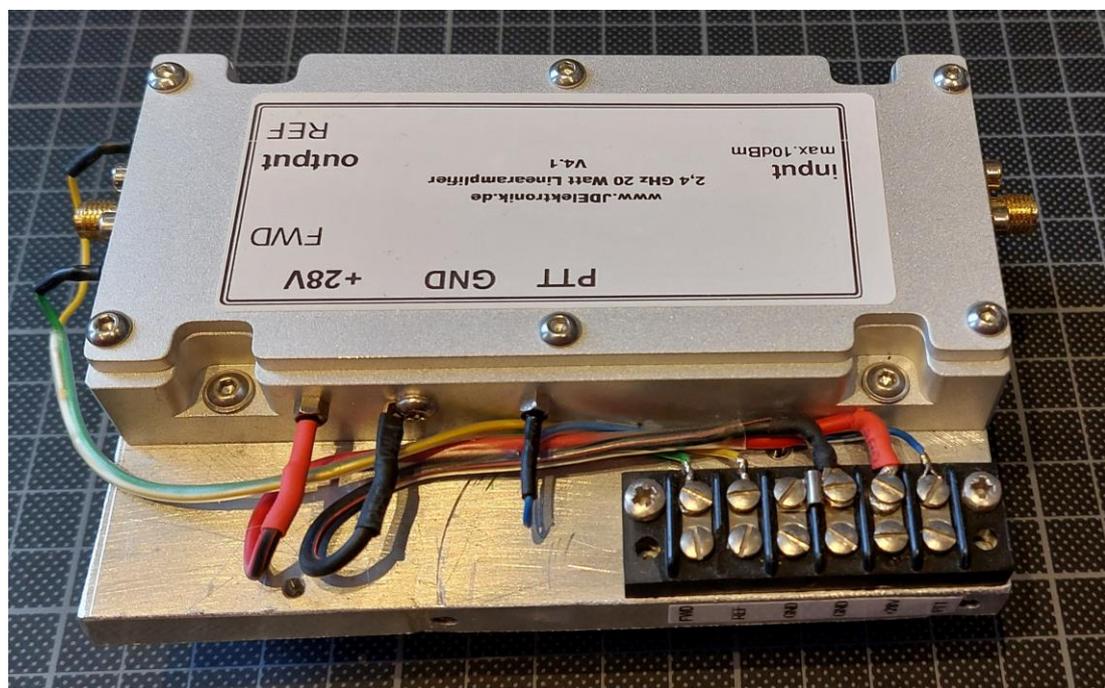
Bevor das Signal die Endstufe erreicht, wird es durch einen MMG30271-Vortreiber verstärkt

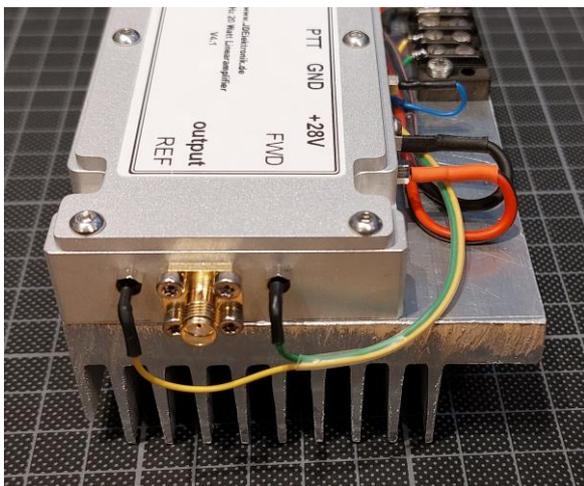
Die Hochleistungsendstufe verwendet einen diskreten BLP9G0722 LDMOS-Transistor.

Zwischen der Endstufe und dem HF-Ausgang ist auf der Leiterplatte ein Dual-Richtkoppler implementiert, der einen Teil der Vorwärts- und Reflexionsleistung an zwei Detektordioden koppelt. Deren DC-Ausgangsspannungen, die proportional zu den gemessenen HF-Leistungspegeln sind, stehen über Durchführungskondensatoren an der Außenseite des Moduls zur Verfügung.

Das komplette Verstärkermodul wird von einer positiven Versorgungsspannung im Bereich von 13,8 bis 28,7V versorgt. Da in der Versorgung ein Verpolungsschutz durch eine Diode vorhanden ist, beträgt die effektive maximale Versorgungsspannung 28V. Mit Ausnahme der letzten Leistungsverstärkerstufe verwenden alle anderen Schaltkreise intern geregelte Spannungen.

Ich habe meinen Verstärker auf einem eher kleinen Kühlkörper montiert, der sich für den normalen SSB-Betrieb bei Raumtemperatur als ausreichend erwies. Für den Einsatz mit Modulationsarten mit Dauerstrichbetrieb oder im Freien in der Sonne ist ggf. ein größerer Kühlkörper oder ein Lüfter ratsam. Hier einige Bilder von meinem Aufbau:

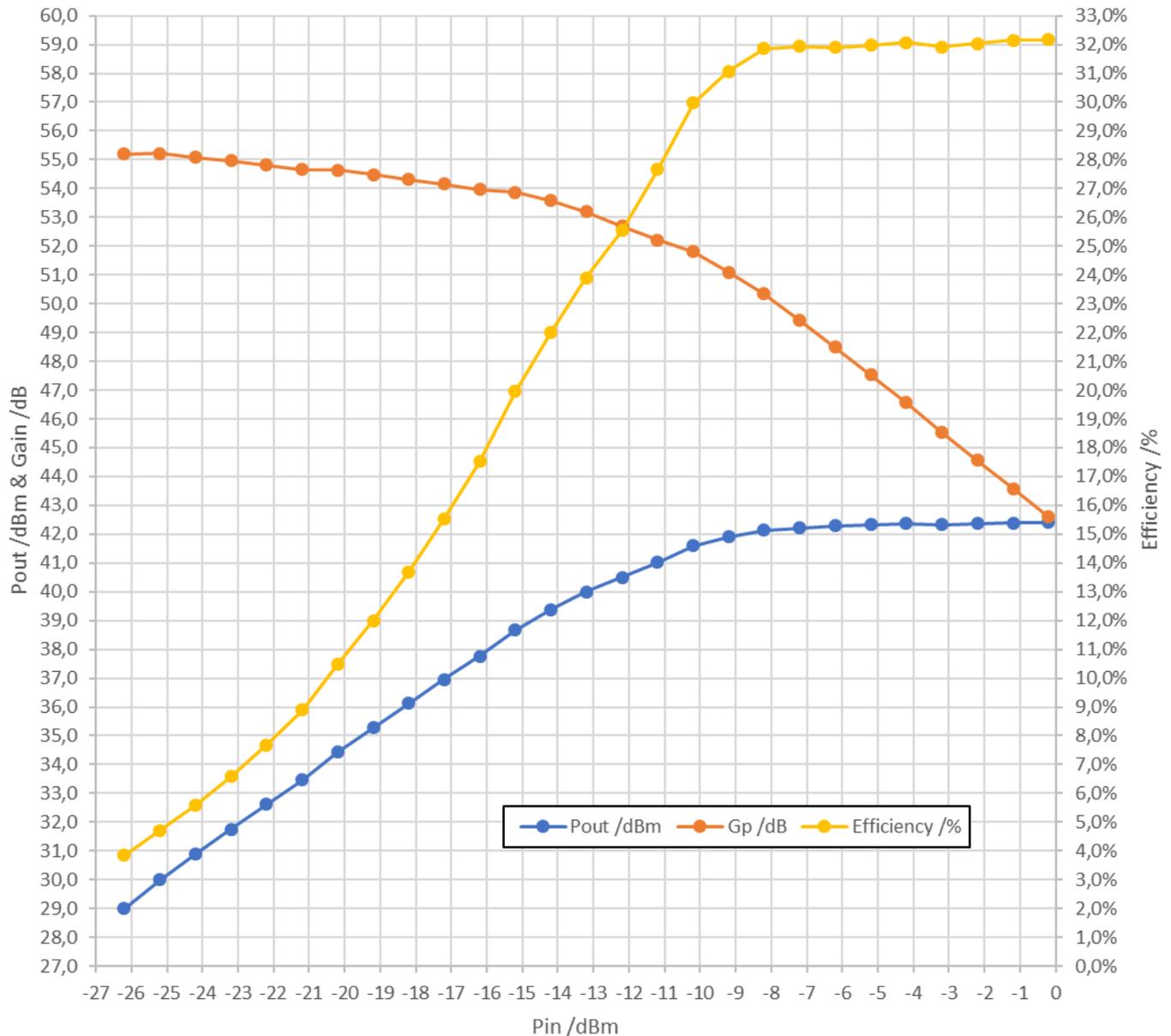




Ich habe die Ausgangsleistung und die Verstärkung des Verstärkermoduls in Abhängigkeit von seiner Eingangsleistung bei 2,4GHz und einer Versorgungsspannung von 28V (intern 27,3V) gemessen. Ich habe zusätzlich die Stromaufnahme gemessen, um den Wirkungsgrad des gesamten Moduls als Funktion der

Eingangs-/Ausgangsleistung berechnen zu können. Bei der Messung wurden die DIP-Schalter im Modul auf maximale Verstärkung des Verstärkers eingestellt (D0 bis D5 wurden auf 1 gestellt).

13cm 20W PA DJ4ZZ



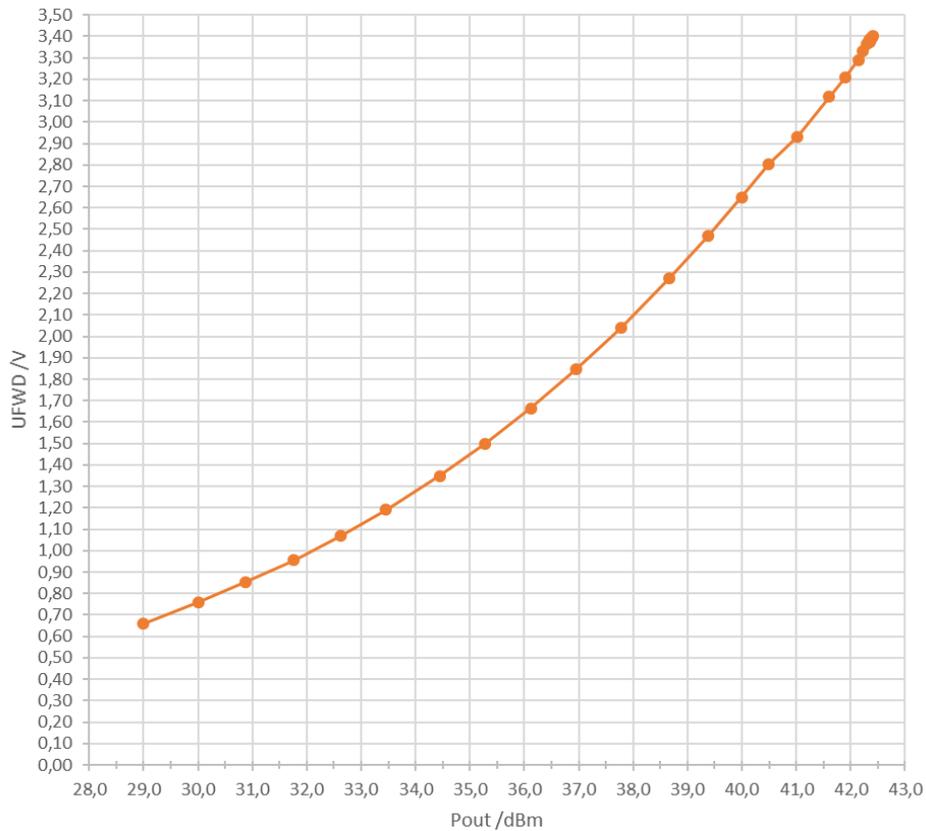
Ich habe eine maximale Verstärkung von 55,2dB und eine gesättigte Ausgangsleistung von 42,4dBm (17,4W) gemessen. Die Sättigungsleistung wird bereits bei einer Eingangsleistung von -5dBm erreicht. Erwartungsgemäß wird die maximale Effizienz erreicht, sobald sich der Verstärker in der Sättigung befindet. Ich habe den Maximalwert mit 32,2% gemessen.

Ich empfehle für SSB eine maximale Eingangsleistung von -10dBm, damit der Verstärker nicht in der Sättigung betrieben wird und sich Intermodulationsprodukte nicht unangenehm bemerkbar machen. Daraus ergibt sich eine Ausgangsleistung von 41dBm (12,6W). Der Wert von -10dBm passt gut zur maximalen Ausgangsleistung des ADALM Pluto, bei dem auch dessen Signal noch sauber ist. Ich habe keine Zweiton- oder andere Intermodulationsmessungen durchgeführt.

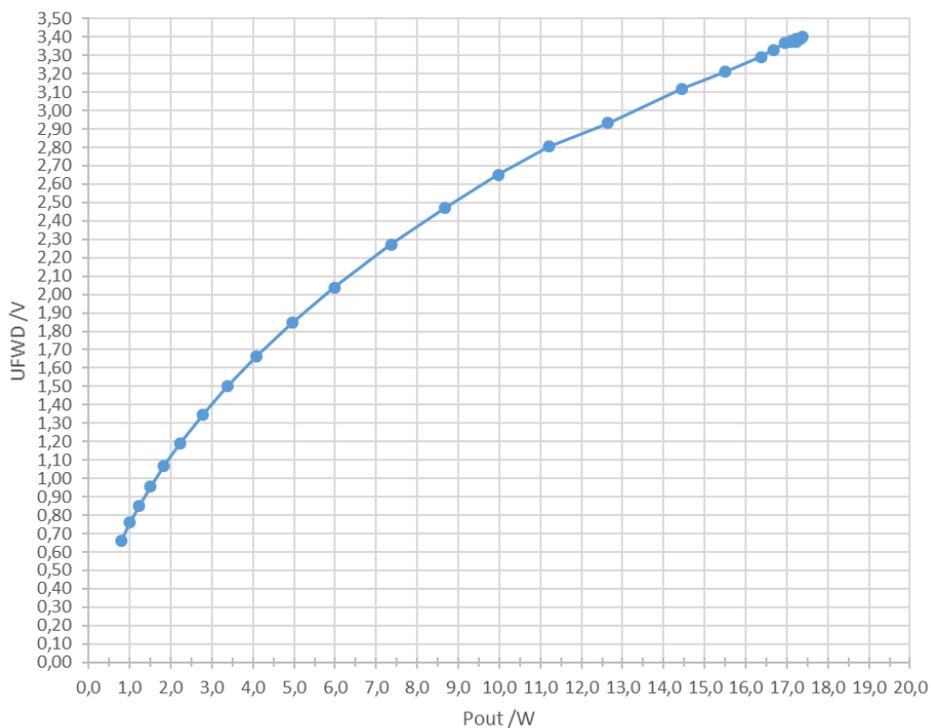
Der Ruhestromverbrauch des kompletten Verstärkermoduls (bei eingestellter maximaler Verstärkung) beträgt 734mA. Der maximale Stromverbrauch beträgt bei Betrieb des Verstärkers in voller Sättigung 1930mA (bei einer externen Versorgungsspannung von 28V).

Wie bereits erwähnt, verfügt dieses Verstärkermodul über zwei Richtkoppler und ermöglicht somit die Messung der Vorwärts- und Reflexionsleistung. Die Richtkoppler sind auf der Leiterplatte aufgedruckt und die Leistung wird durch Diodendetektoren gemessen. Ich habe nur den Koppler vermessen, der die Vorwärtsleistung misst. Nachfolgend finden Sie die gemessene Detektorspannung im Verhältnis zur Ausgangsleistung bei 2,4GHz. Im ersten Diagramm ist die x-Achse logarithmisch (in dBm), im zweiten linear (in W).

Monitoroutput U_{FWD} / V



Monitoroutput U_{FWD} / V



Zusammenfassend handelt es sich um ein sehr schönes Verstärkermodul für den Betrieb über den Schmalband-Transponder von QO-100.

Insbesondere beim Einsatz mit SDR-Transceivern wie dem ADALM Pluto oder dem LimeSDR sind keine zusätzlichen Verstärkerstufen erforderlich, wie es bei den meisten anderen Leistungsverstärkern der Fall ist.

Beim Betrieb mit einem linearen Upconverter/Transverter mit höherer Ausgangsleistung als die SDRs kann die Verstärkung des Verstärkermoduls an die jeweilige Ausgangsleistung des Upconverters angepasst werden. Abhängig von der Ausgangsleistung des Upconverters/Transverters ist möglicherweise ein zusätzlicher fester Abschwächer an seinem Ausgang erforderlich. Die Feinabstimmung kann mit dem integrierten variablen Abschwächer in 0,5dB Schritten erfolgen.

Die hohe Ausgangsleistung dieses Verstärkermoduls bietet genügend Reserve für den Einsatz auch kleinerer Parabolantennen, wie sie bei portablen Einsätzen häufig zum Einsatz kommen.

Ich halte die Monitorausgänge für Vorwärts- und Reflexionsleistung für sehr nützlich, da Sie damit nicht nur die Ausgangsleistung Ihrer Sendekette ermitteln, sondern auch das VSWR Ihrer Antenne überwachen können. Insbesondere beim mobilen Betrieb wird dadurch das Mitführen zusätzlicher Ausrüstung vermieden.

Ich habe bei der Erstellung dieses Berichtes nochmal bei Jörg DJ4ZZ nachgefragt und er kann solche PA-Module immer noch für einen Preis von 180€ inklusive Versand in Deutschland liefern. Sie erreichen ihn unter info@jdelektronik.de.

Für Feedback bin ich jederzeit dankbar und beantworte gerne Fragen.

Bitte richten Sie sie an die E-Mail-Adresse, die Sie unten finden.

Beste Grüße

Matthias DD1US

Email: DD1US@AMSAT.ORG

Homepage: <http://www.dd1us.de>