

5. Ergebnisse

Die Prototypen wurden mit folgender Ausrüstung gemessen:

- HP8350B+83594A,8757A,85027B,11664E für die Messung von S11,S21,S12,S22
- HP346C,EATON7380 für Rauschzahlmessung
- HP346C, HP8970B für Plot der Rauschzahl

Ein typischer LNA hat folgende Werte:

- NF: 2.2dB
- Verstärkung: 17.5dB
- U_{DS} : 2V
- I_{DS} : 10mA

6. Conclusion

This project was very successful indeed. Even though comparing Thomson's work, difference of NF is about 0.5dB and it is well catching up the work. They used K connector and my LNA is using SMA. 0.5dB change is well acceptable.

I strongly wish to thank to G4KNZ and G8KMH for their introduction of the Thomson article.

6. Schluß

Ich glaube, daß das Projekt ein Erfolg war. Wenn man die Ergebnisse von Thomson vergleicht, sind die auf 24GHz erreichten Werte für die Rauschzahl nur 0,5dB schlechter, was auch an den bei Thomson verwendeten besseren K-Konnektoren liegen kann.

Ich möchte G4KNZ und G8KMH herzlich für die Information über den Thomson Artikel danken.

Power Amplifier for 24GHz

Toshihiko Takamizawa, JE1AAH

1. Introduction

I have developed a real HPA on 24GHz using Fujitsu FLR devices. With great success of LNA, next step to overcome was a real HPA. The HPA employs exactly the same construction of LNA. Difference is only drain bias circuitry using a ferrite bead instead of a 100ohm chip resistor. First I have developed a 2 stage HPA using FLR016FH and FLR026FH, then a single stage HPA using FLR056FH was developed. I have tried FLR026 + FLR056 combination at first. However it allowed only 8-9dB of gain and about +18dBm of Po driven by +10dBm input. I wonder if there is more driving power needed for FLR056. Then I have decided to develop those two HPAs.

1. Einführung

Um einen Leistungsverstärker für 24GHz (HPA) zu konstruieren, habe ich exakt die gleiche Platine

und das gleiche Gehäuse verwendet. Die Transistoren sind allerdings Leistungs-GaAs-FET's Fujitsu FLR016FH und FLR026FH. Nur die Stromversorgung wurde geändert, indem man statt des 100 Ohm Widerstandes eine Ferritperle einsetzt.

Versuche mit einem einstufigen Verstärker bestückt mit dem FLR056FH und einem zweistufigen Verstärker mit FLR026/056 blieben ohne Erfolg. Es wurde nur eine Ausgangsleistung von 18dBm bei schlechter Verstärkung erreicht.

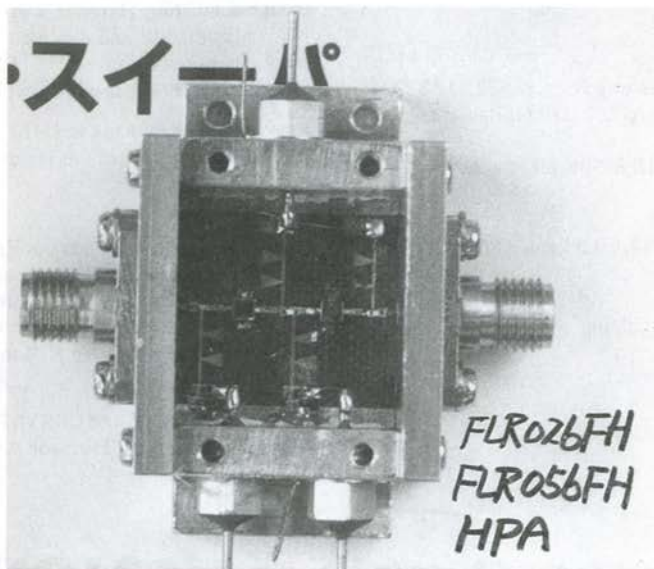
2. Design, Case, Construction

As mentioned above, Please refer LNA part for these items.

2. Design, Gehäuse, Aufbau

Wie gesagt, kann man alle Details dem vorigen Artikel über den LNA entnehmen.

Bild/Figure 1: Overall View on 24GHz HPA



3. Construction Hints

Only one thing what has to be concerned about this 2-stage amplifier is to ensure drain bias decoupling. At first, I do not use a ferrite bead for each drain bias line. Each FET's drain seems almost directly connected as DC view point which allows only few decoupling value at lower microwave frequency region. It resulted self oscillation!!! I have put a ferrite bead in drain bias line instead of a jumper wire. About a single stage amplifier, there is no coupling capacitor used for gate and drain DC-cut purpose. It provides better VSWR (because straight 50ohm line only) and easy construction. If it is critical depends on your application, put a mono layer microwave capacitor at usual position. I am using a floating type Coax-WG transition for operation, it is possible to use. If you use HP K281C type grounded center conductor transition, you need a drain DC-cut capacitor at least.

3. Aufbauhinweise

Wichtig für die Stabilität ist eine gute Entkopplung der Drain-Zuführungen. Eine Ferritperle auf den Drain-Leitungen löste das Problem. Man kann auf

die Koppelkondensatoren im Ein- und Ausgang verzichten, wenn man erdfreie SMA-Hohlleiter Übergänge benutzt. Der HP K281C hat allerdings einen geerdeten Stift. Also Vorsicht!

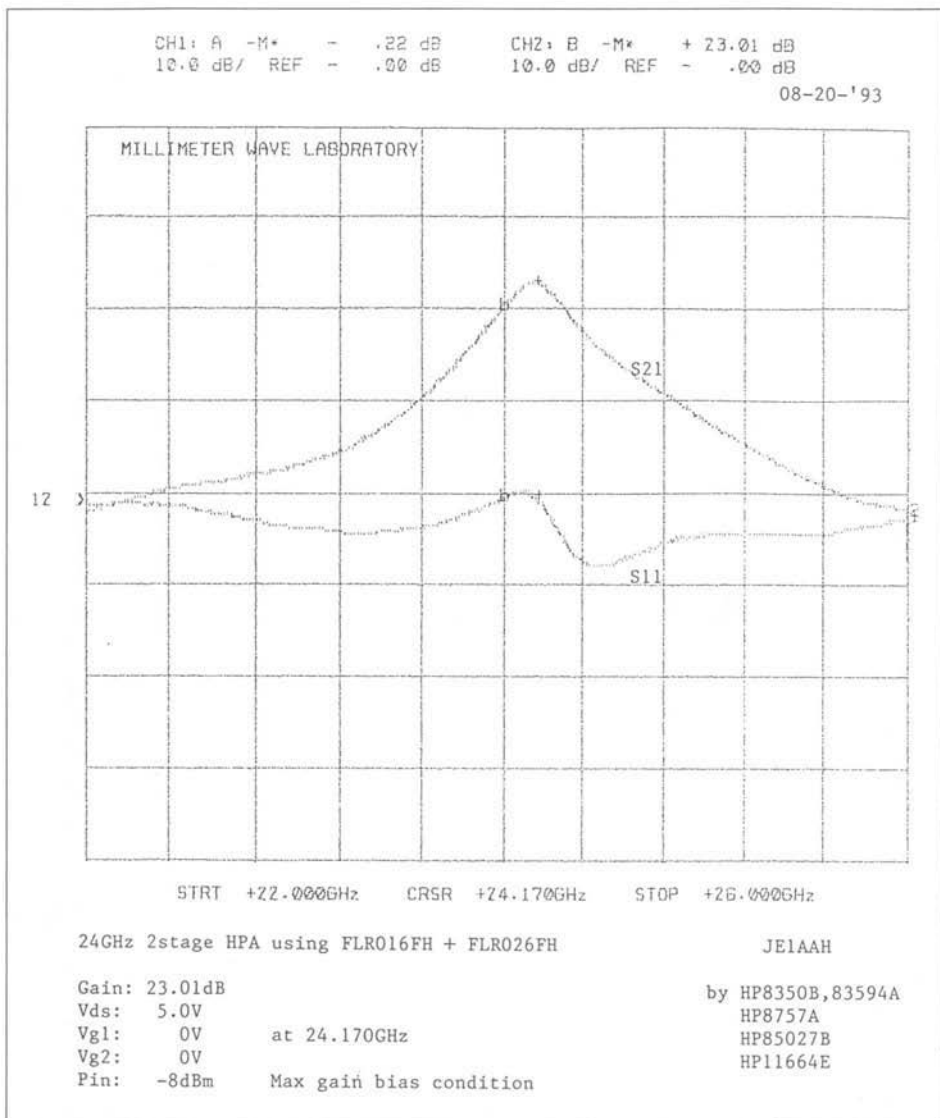
4. Results

Using a lot of diagrams, I can show the extremely good performance of the 2 stage HPA. When I was measuring an HPA, some characteristics depends on DC biasing condition were realized which are:

- For maximum gain, V_{DS} is about 5V for each device and V_{DS} is almost 0V for each device. Since there is one V_{DS} terminal for two devices used, two separate V_{DS} supplies would provide better result.
- For maximum saturated power output (P_{sat}), V_{DS} is 6.8V. V_{G1} does not affect a lot on P_{sat} but affects total amplifier gain at lower input level and power added efficiency. Total gain goes up with lower V_{G1} at lower input level and it causes more drain current for FLR016FH (efficiency goes worse). At higher output level (+20dBm), as gain is already com-

pressed at this output level, varying V_{G1} does not change a lot on total amplifier gain. V_{G2} does not affect a lot on both total gain (liner gain) and P_{Sat} at this V_{DS} setting of 6.8V. This is trade off of biasing what you request to this amplifier. (Setting1)

- For higher gain: Lower V_{DS} and higher current. Setting1 For higher P_{Sat} and good efficiency: High V_{DS} and lower current but lower liner gain. (Setting2)
- For everything: High V_{DS} and high current but lower power added efficiency. (Setting3)



Bild/Figure 2: HPA: S11 and S21 from 22 to 26GHz

I have measured the HPA on my bench using following instruments:

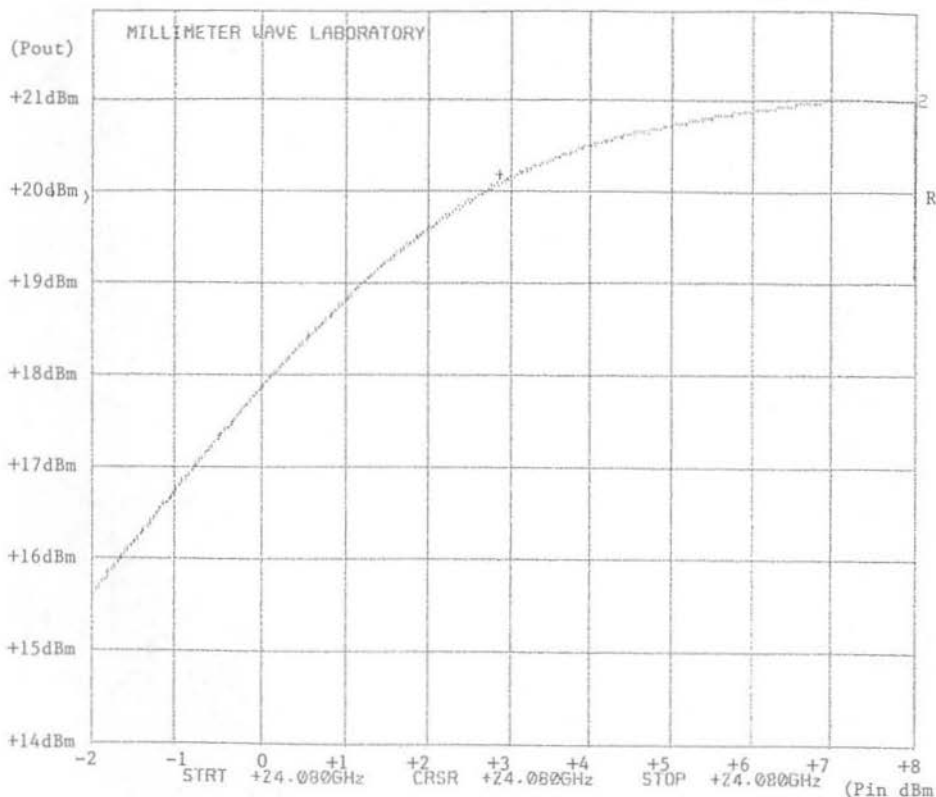
- HP8350B+83594A,8757A,85027B,11664E for S11,S21,S12,S22 measurement
- Wiltron 43KC-20 (40GHz 20dB attenuator)

The 2 stage HPA performs as follows:

- Setting1
 - V_{DS} : 5V
 - V_{G1} and V_{G2} = 0V
 - Linear gain 23dB at an input level of -8dBm
 - Compressed gain 19.3dB at input level of 0dBm with V_{DS} =5.5V, V_{G1} =0V and

CH2: B + 20.14 dBm
1.0 dB/ REF + 20.00 dBm

08-20-'93



24GHz HPA using FLR016FH + FLR026FH
Pin/Pout characteristics

Liner gain: 17.8dB
Vds: 6.75V
Vg1: -0.01V
Vg2: -0.78V
Psat: +21.04dBm

Max. Psat plus more gain at low input level setting

JE1AAH

by HP8350B,8359.
HP8757A
HP85027B
HP11664E

Bild/Figure 3: HPA: Pout versus Pin

$V_{G2} = -0.26V$. This means at $1mW P_{IN}$
 $85mW P_{OUT}$. However P_{Sat} never
 exceed $+20dBm$.

- Setting2
 - V_{DS} 6.8V
 - V_{G1} -0.29V
 - V_{G2} -0.80V
 - Linear gain: 16.4dB (x 44)
 - P_{Sat} +21.06dBm (128mW)
 +21.30dBm was observed later
 - $1mW P_{IN} \rightarrow 46mW P_{OUT}$
 - $2mW P_{IN} \rightarrow 91mW P_{OUT}$
- Setting3
 - V_{DS} 6.75V
 - V_{G1} -0.01V
 - V_{G2} -0.78V
 - Linear gain: 17.8dB (x 60)
 - P_{Sat} +21.04dBm (127mW)
 - $1mW P_{IN} \rightarrow 60mW P_{OUT}$
 - $2mW P_{IN} \rightarrow 103mW P_{OUT}$

85mW Ausgangsleistung bei 1mW
 Steuerleistung. P_{Sat} erreichte nur
 100mW

- Einstellung 2
 - U_{DS} 6.8V
 - U_{G1} -0.29V
 - U_{G2} -0.80V
 - Verstärkung 16.4dB (x 44)
 - P_{Sat} +21dBm (128mW)
 - $1mW P_{IN} \rightarrow 46mW P_{OUT}$
 - $2mW P_{IN} \rightarrow 91mW P_{OUT}$
- Einstellung 3
 - U_{DS} 6.75V
 - U_{G1} -0.01V
 - U_{G2} -0.78V
 - Verstärkung 17.8dB (x 60)
 - P_{Sat} +21dBm (128mW)
 - $1mW P_{IN} \rightarrow 60mW P_{OUT}$
 - $2mW P_{IN} \rightarrow 103mW P_{OUT}$

Fujitsu specifies V_{DS} of 8V for FLR series. However my experience shows it can not be applied for over specification use on far above 18GHz, especially on 24GHz like this. V_{DS} of 8V should work well but with no improvement on P_{sat} and Gain. Bad efficiency is the only result. You need to select what bias condition you use.

Die Meßwerte wurden mit folgender Ausrüstung gemessen:

- HP8350B+83594A,8757A,85027B,11664E für S11,S21,S12,S22 Messung
- Wiltron 43KC-20 (40GHz, 20dB Abschwächer)

4. Ergebnisse

Bei den Messungen ergaben sich folgende Abhängigkeiten von den Arbeitspunkten der FET's:

Für maximale Verstärkung soll die Drainspannung bei ca. 5V liegen und die Gatevorspannung ist nahe 0V. Für maximalen Output ist eine Drainspannung von 6,8V günstiger. Bei hohem Output (20dBm) ändern Variation von U_{G1} und U_{G2} nicht viel bei der Verstärkung. Folgende Bias-Einstellungen haben sich als günstig erwiesen:

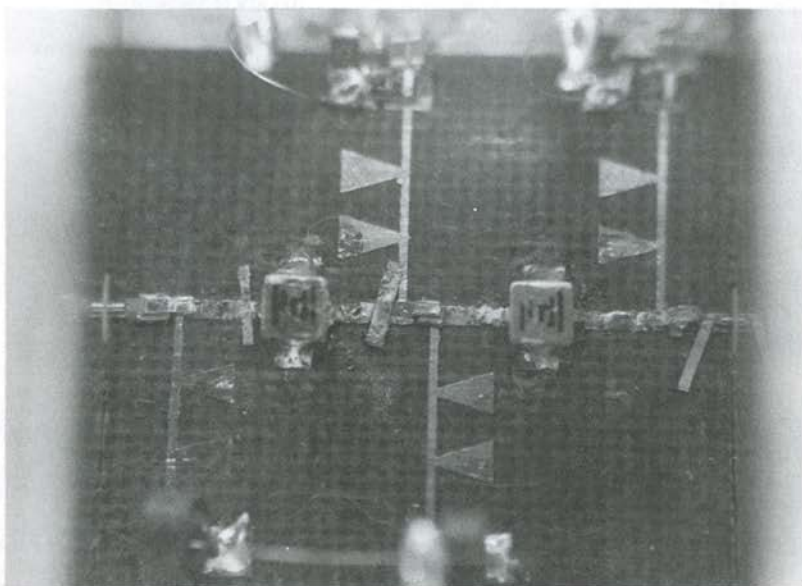
- Einstellung 1
 - U_{DS} 5V
 - U_{G1} and U_{G2} 0V
 - Verstärkung 23dB bei einem Eingangspiegel von -8dBm
 - Verstärkung 19.3dB bei einem Eingangspiegel von 0dBm und $U_{DS}=5.5V$, $U_{G1}=0V$ und $U_{G2}=-0.26V$. Das bedeutet

Fujitsu erlaubt 8V Drainspannung für die FET's. Die Anwendung dieser Spannung ergibt keine Verbesserung in Leistung und Verstärkung, sondern erniedrigt nur den Wirkungsgrad und ist thermisch problematisch.

5. Trial: A single stage FLR056FH amplifier

I can not report a good result on FLR056FH. I have tried two chips on my test jig. They performed about 3dB of gain and 15 to 17dBm of Po. I have three chips but it can be estimated that FH package is not suitable for FLR056. I need further investigation on the device and the application. I will ask Fujitsu to mount TLR056 in an another package. WG or WF is nice for higher power chips. As I_{dss} is exceeding 220mA, I believe the chip inside is FLR056 but performance is ...

Bild/Figure 4: Close View on 24GHz HPA



5. Ein Versuch: Einstufiger Verstärker mit FLR056

Einstufige Verstärker mit dem FLR056FH funktionieren nicht gut. Testwerte waren 3dB Verstärkung bei max. 17dBm Ausgangsleistung. Das FH-Gehäuse ist offensichtlich nicht geeignet. Ich werde meine Freunde bei Fujitsu fragen, ob sie mir den TLR056 Chip in ein WG oder WF Gehäuse einbauen können. Dann werde ich das nochmal untersuchen.

6. Conclusion

This HPA project was very successful except FLR056. As a result of these projects, PCB size should be as small as possible and using monolayer microwave chip capacitor is a key to success if you want to catch up with state-of-the-art performance. I could get previously reported 3 stage HPA performance by 2 stage HPA. I hope this article will be helpful for 24GHzers in the world and be much appreciated to hear from you regarding obtaining devices and PCBs, QAs and so on. Please feel free to call me, Fax to me or write to me. I hope to hear from 24GHzers.

Special Thanks

I strongly wish to thank to Fujitsu for their special offering of FLR056FH in stead of usual chip form supply, but not succeeded hi!

6. Schluß

Das HPA-Projekt war ebenfalls erfolgreich. Kleine Platinen und Mono-Schicht-Kondensatoren sind der Schlüssel zum Erfolg. So konnte die Leistung des alten dreistufigen Verstärkers mit einem zweistufigen ([2]) erreicht werden. Falls Teile beschafft werden müssen, können 24GHz DXer mich anrufen oder ein Fax schicken. Das würde mich freuen.

Besonderen Dank gebührt der Fa. Fujitsu, die mir die FLR056 Chips in ein FH Gehäuse montiert hat. Leider funktionierte dann der Verstärker doch nicht

References

- [1] T. Takamizawa, JE1AAH, '24GHz Transverter with HEMTs', DUBUS 2/1991, pp.37-48
- [2] T. Takamizawa, JE1AAH, '24GHz Transverter with HEMTs', DUBUS 3/1991, pp.24-32