

Technical Reports

Editor: Rainer Bertelsmeier, DJ9BV

HEMT Preamp for 24GHz

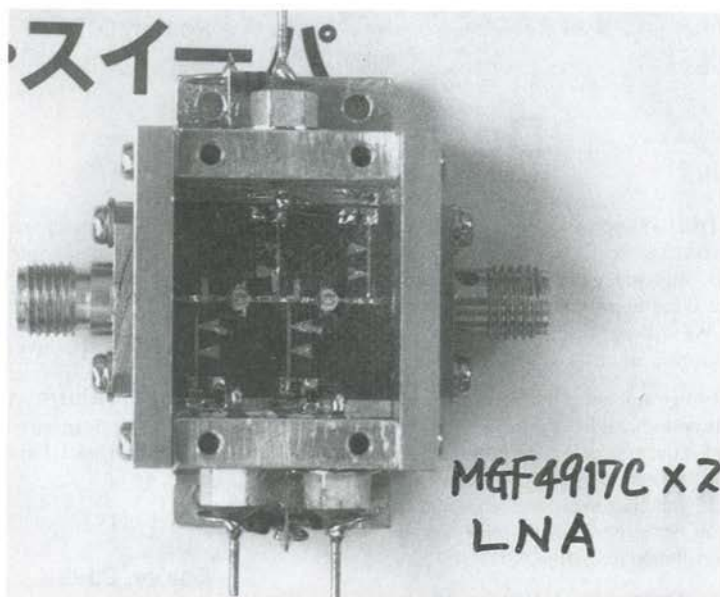
Toshihiko Takamizawa, JE1AAH

Parktown 21-502, 946-16 Kitahassaku, Midori-ku, Yokohama 226 Japan

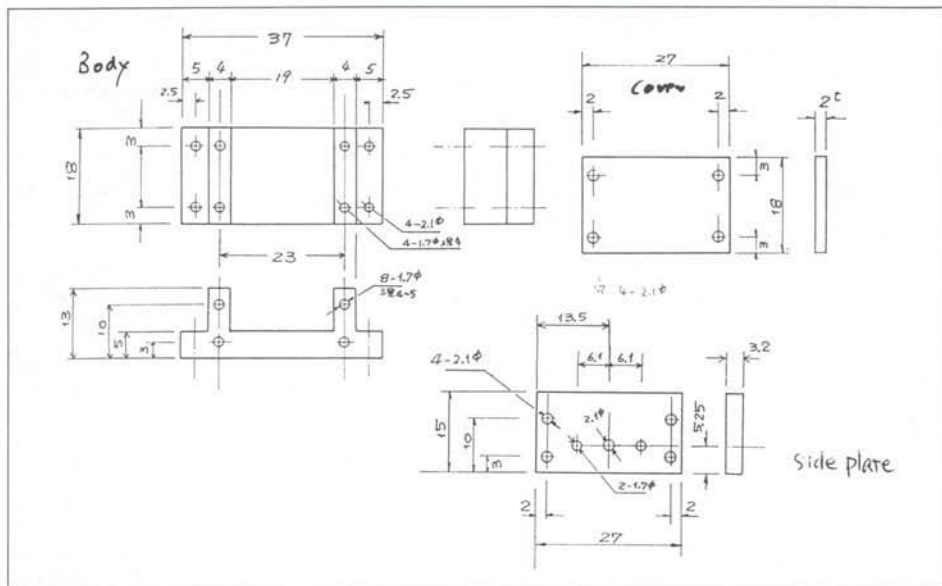
Abstract: A two stage preamp with MGF4917C HEMTs achieves more than 17dB gain and less than 2.5dB noise figure on 24GHz. It uses SMA-connectors for input and output. The problems of the selection of suitable connectors and of suitable

monolayer chip capacitors for DC-separation are discussed with comparative measurements.

Kurzfassung: Der 2-stufige Vorverstärker ist mit MGF4917C HEMT's bestückt und erreicht eine Rauschzahl von weniger als 2,5dB bei mehr als



Bild/Figure 1: Overall View on 24GHz LNA



Bild/Figure 2: Case

17dB Verstärkung. Eingang und Ausgang sind mit SMA-Buchsen ausgerüstet. Die Probleme eines möglichst verlustarmen Übergangs von SMA auf Microstrip und der verlustarmen Kopplung über einschichtige Chip-Kondensatoren werden im Zusammenhang mit Meßwerten diskutiert.

1. Introduction

I have developed an LNA on 24GHz using a MGF4917C. The project was inspired by one professional article on a conference held in Finland several months ago. This March when I visited UK, I met G4KNZ and he passed me this article titled '22GHz Band downconverters for DBS' by Thomson Consumer Electronics R&D France. HB9MIN also has this article and asked Thomson what device has been used. Thomson people used the MGF4317C (another package of MGF4917C) and it is a 2-stage configuration. The original work used 0.4mm thickness PTFE board and K connector. Designed frequency is 22GHz band, which is new DBS frequency. This experimental 22GHz LNA is claimed to perform with 22dB of gain and 1.7 to 1.8dB of NF. I was very encouraged by the article and started the project last April.

1. Einführung

Das hier vorgestellte Projekt eines LNA's für 24GHz in koaxialer Technik wurde durch einen Artikel von dem Forschungslabor von Thomson CSF inspiriert. G4KNZ hat mich dankenswerterweise darauf aufmerksam gemacht. Erich, HB9MIN, hat bei Thomson recherchiert und erfahren, daß in diesem LNA MGF4317C HEMT's von Mitsubishi verwendet wurden. Die MGF4917C sind 4317C mit kurzen Anschlüssen. Der Thomson LNA arbeitet auf 22GHz und hat eine angegebene Rauschzahl von 1,7 bis 1,8dB bei 22dB Verstärkung.

2. Design

The board used is 0.25mm thickness Cu-clad 250GT with 18µm copper clad on Arlon. Size of the PCB (Figure 3) is 19mm x 18mm (WxL) which is just the same length of the 22GHz LNA. I used a radial stub for bias feed line to decouple RF energy. An interstage coupling capacitor used is a mono layer micro chip capacitor from Johanson dielectric capacitor type 101UDDQ0R5C94 0.5x 0.5mm size. This capacitor improves VSWR and insertion loss of mainline tremendously (Figure 2). When using usual 1005 or 1608 size multi layer

ceramic chip capacitor, an internal parasitic reactance should be taken in account when tune the matching circuit.

2. Design

Das Material der Platine ist 0,25mm dickes PTFE-Substrat 250GT von ARLON. Die Größe der Platine ist 19x18mm (Bild 3). Die Koppelkondensatoren sind Einschicht-Kondensatoren von JOHANSON, Typ 101UDDQ0R5C94 mit einer Größe von 0,5x0,5mm. Diese Kondensatoren haben niedrige Einfügungsdämpfung und niedriges VSWR auf 24GHz. Normale Kondensatoren sind nicht geeignet.

3. Box

From this project on, I have changed the housing case for the amplifier. It is machine milled aluminum block construction case. See fig. 2 for the detail. This type of case is easy to build when mounting the PCB inside of the case. Two side plates where an input and output SMA connectors are mounted can be separated from main body. It is very convenient to change the connector if needed.

3. Gehäuse

Bild 2 zeigt die Gehäusezeichnung. Es ist einfach, die Buchsen auszuwechseln, da das Gehäuse getrennte Seitenwände hat.

4. Construction

1. First, cut PCB to fit appropriate case.

2. Make ground contact for source using very thin(0.03 to 0.05mm) copper foil.

3. Make 'U shape' of 1mm leg + 1mm bottom + 1mm leg by 1.5mm width ribbon.

4. Cut two 1.5mm slits in parallel of 1mm space at source area of the board. Production version of PCB has via hole at source pad. You do not need this work.

5. Make 'U shape' ribbon upside-down and feed the legs through the board.

6. Bend the legs right angle and make sure the legs are completely flat on the surface of the board.

7. Solder the legs with very small amount of solder. If too much, remove solder by desoldering tool or 'solderwick' (TM).

8. Solder chip parts.

9. Mount the PCB with silver paste or bonding glue.

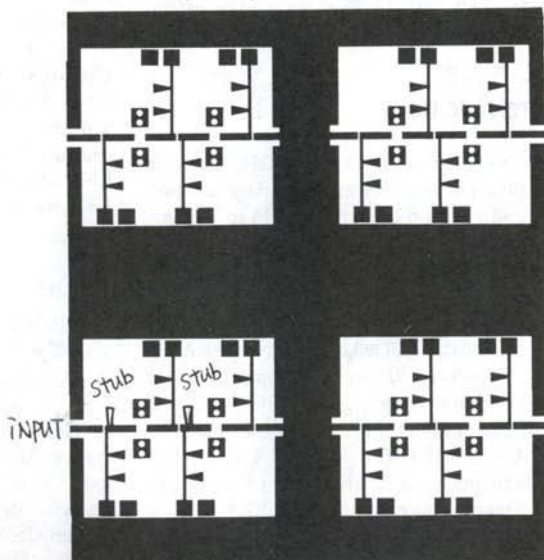
10. Make gate and drain wiring by very thin wire. I used one piece of peeled usual wire. It is about 0.1mm diameter.

11. Ground gate and drain terminals to case.

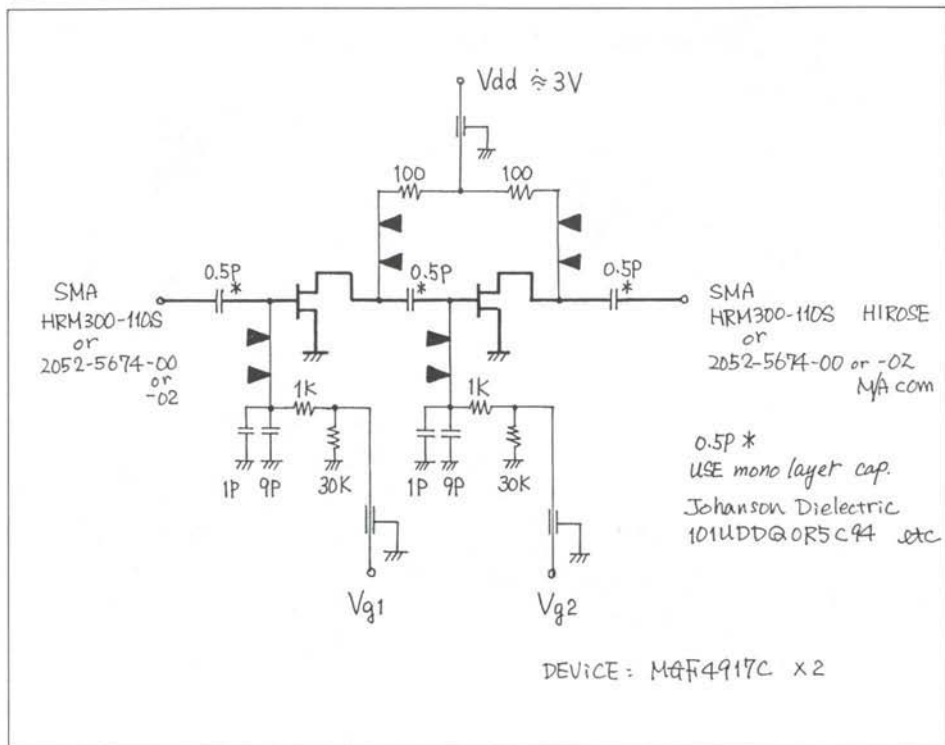
12. Cut and shorten HEMT's gate, drain and source legs to 0.3mm length. No leg for source is okay because around the package, you can see a gold metalization area for source which can be soldered.

13. Solder HEMT and after that remove ground wire on gate and drain terminals

14. Attach both side plates with appropriate SMA connector. I strongly recommend to use Hirose HRM300-110S or equivalent which has thin(2.2mm) PTFE extension with 3.2mm of ex-



Bild/Figure 3: PCB



Bild/Figure 4: Circuit Diagram/Schaltung

tension length. Usual 4.17mm extension SMA connector never work well above 20GHz according to experimental work. M/A com type 2052-5674-00 or -02 works well with tenth of dB degradation from Hirose. Cut and shorten a center conductor of SMA to 0.5 to 0.7mm. DO NOT SOLDER CENTER CONDUCTOR OF THE SMA. It is quite enough electrical connection to fit the center conductor to the stripline track by light pressure when attaching the side plate to main body.

15. Tune the LNA. My experience indicates there will be 13 to 14dB of gain on 23 to 24GHz band without tuning stubs. 2 to 2.5mm away from gate is stub position and stub length is about 2mm. It can be applied to both stage. No drain tuning is required. I am using 0.05mm thickness 0.6mm width copper ribbon or gate leg of FET for stub.

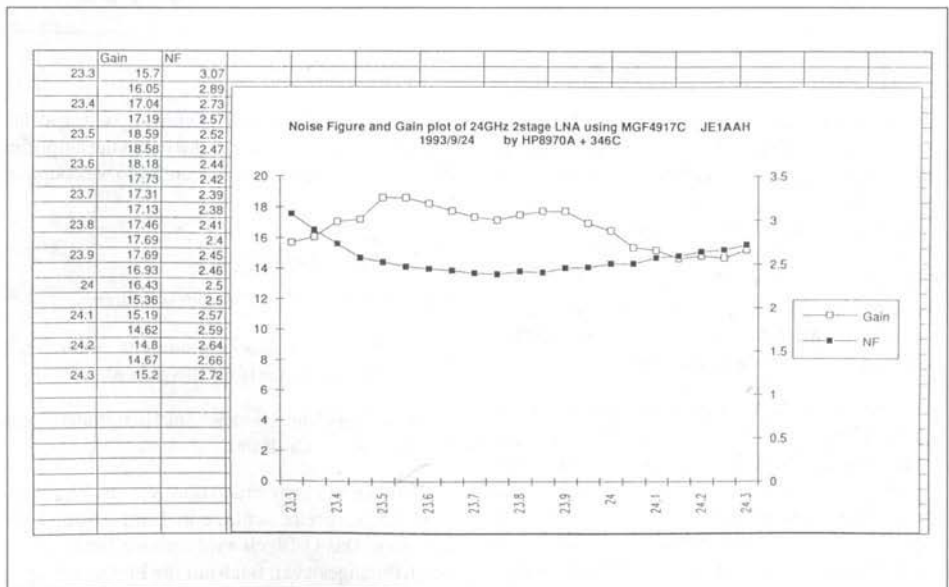
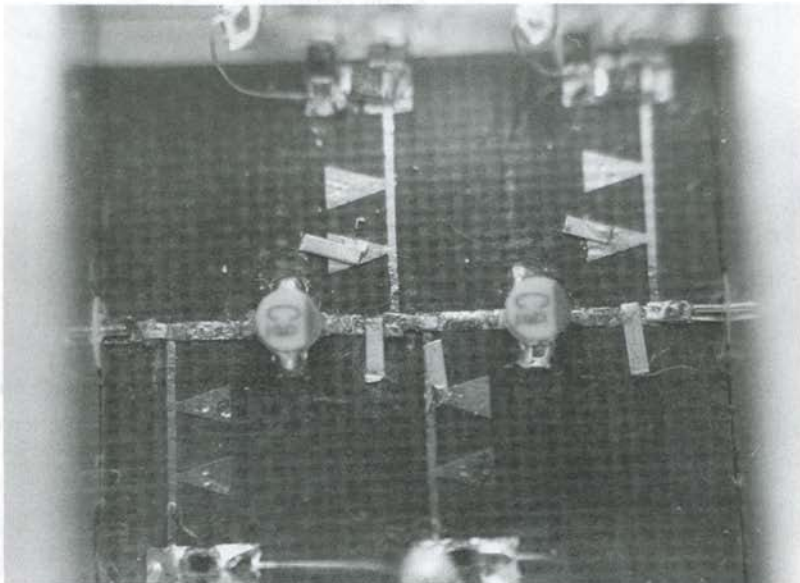
16. Additional small foil on the bias line will boost the gain about 0.5 to 1.0dB.

17. There is no decoupling chip capacitor at the drain bias pad area. Before I did it, but the amplifier did work as an oscillator. Be careful for decoupling work.

4. Konstruktion

1. Die Platine wird auf Maß geschnitten.
2. Die Durchkontaktierung an der Source mit 0,05mm dicker Kupferfolie ausgeführt.
3. Fertige ein U mit 1mm Schenkellänge aus einem 1,5mm breitem Cu-Band.
- 4.- 7. In die Platine werden dort, wo der FET sitzt, zwei 1,5mm breite Schlitz in 1mm Abstand geschnitten. Das U-Blech wird mit den Beinen nach unten durchgesteckt, flach auf die Platine gebogen und mit wenig Lötzinn verlötet. (In der Produktions-Version der Platine gibt es dort Durchkontaktierungen und diese Arbeit entfällt).

Bild/Figure 5: Close View on 24GHz LNA



Bild/Figure 6: NF Measurement of LNA

8. Alle SMD-Teile werden aufgelötet.

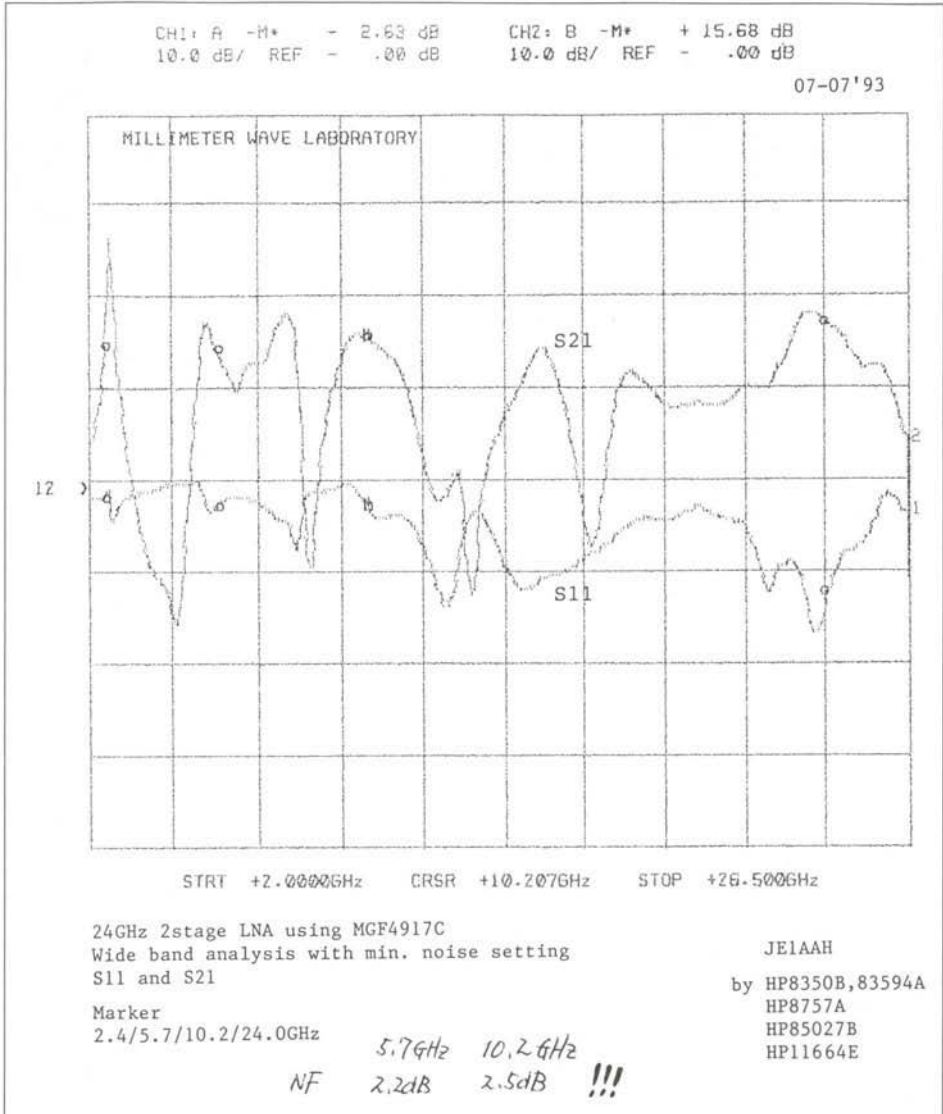
12. Alle Beinchen der HEMT's werden auf 0,3mm gekürzt.

9. Die Platine wird mit Silberpaste eingebaut.

13. HEMT's einlöten und nachher die Kurzschlußdräht von Gate und Drain entfernen.

10.-11. Die Gate- und Drain-Anschlüsse der HEMT's werden mit dünnem Draht mit den Sourcen verbunden.

14. Beide Seitenplatten des Gehäuses werden mit den SMA-Buchsen versehen. Empfehlenswert ist

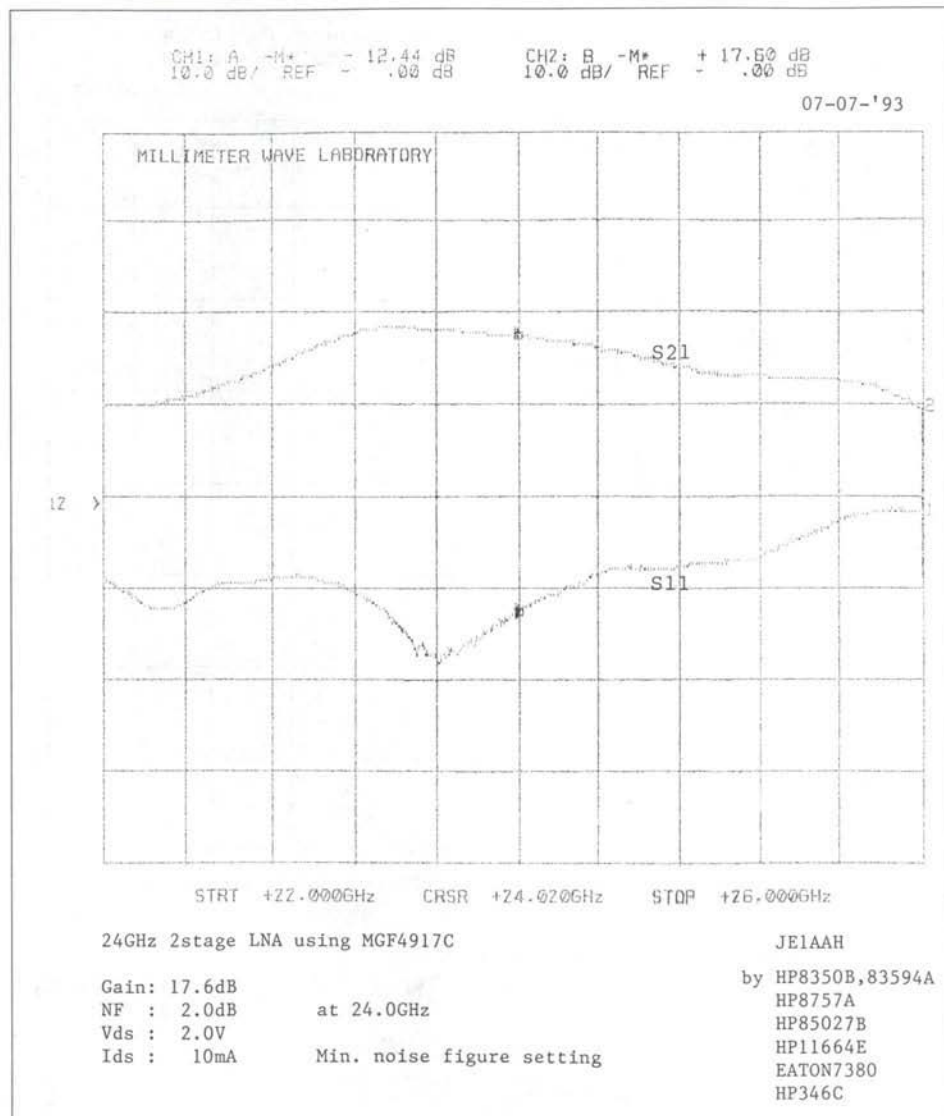


Bild/Figure 7: S11 and S21 (Broadband)

der Typ HRM300-101S von Hirose, der eine 3,2mm lange und 2,2mm dicke PTFE-Muffe hat. Als Ersatz kann man auch die M/A-COM type 2052-5674-00 nehmen. Normale SMA-Buchsen mit 4,7mm dicker PTFE-Muffe funktionieren nicht als Koax-Microstrip Übergang. Den Innenleiter der Buchsen auf 0,5 bis 0,7mm kürzen. Die Innen-

leiter werden *nicht* aufgelötet, sondern haben nur Kontakt durch Pressung! Darauf ist bei der Montage der Seitenplatten zu achten.

15. Ohne Abstimmföhnchen werden 13 bis 14dB Verstärkung erzielt. Durch Anbringen von 2mm langen und 0,6mm breiten Abstimmföhnchen ca.



Bild/Figure 8: S11 and S21 from 22 to 26GHz

2,5mm vom Gate entfernt kann die Verstärkung auf über 17dB und die Rauschzahl auf unter 2,5dB gebracht werden.

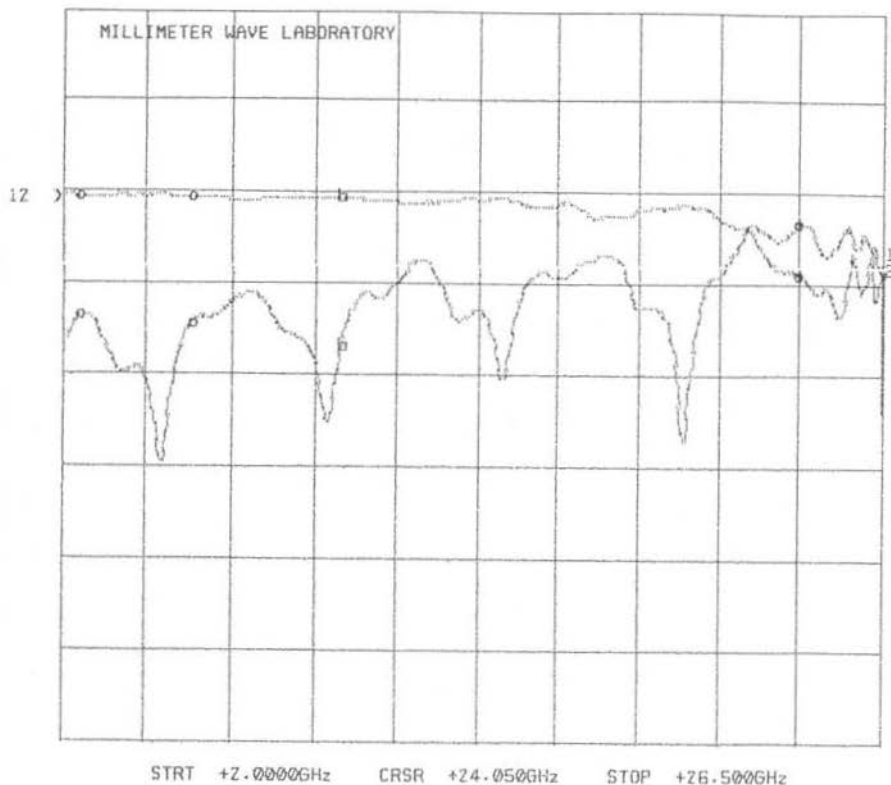
16. Kleine Zusatzföhnen auf der Bias-Leitung können die Verstärkung nochmals um 0,5 bis 1dB anheben.

HRM303S with 18mm length 50ohm line
Cu-clad 0.25mm thickness 0.6mm width

6-2-93

CH1: A -M* - 3.34 dB
10.0 dB/ REF - .00 dB

CH2: B -M* - 8.95 dB
10.0 dB/ REF - .00 dB



Bild/Figure 9: Insertion Loss of HRM303S SMA

17. Die Bias-Leitung wird nicht über Kondensatoren 'abgeklatscht'. Das führte zu Oszillationen.

- HP346C, EATON7380 for NF measurement
- HP346C,8970B for NF plot

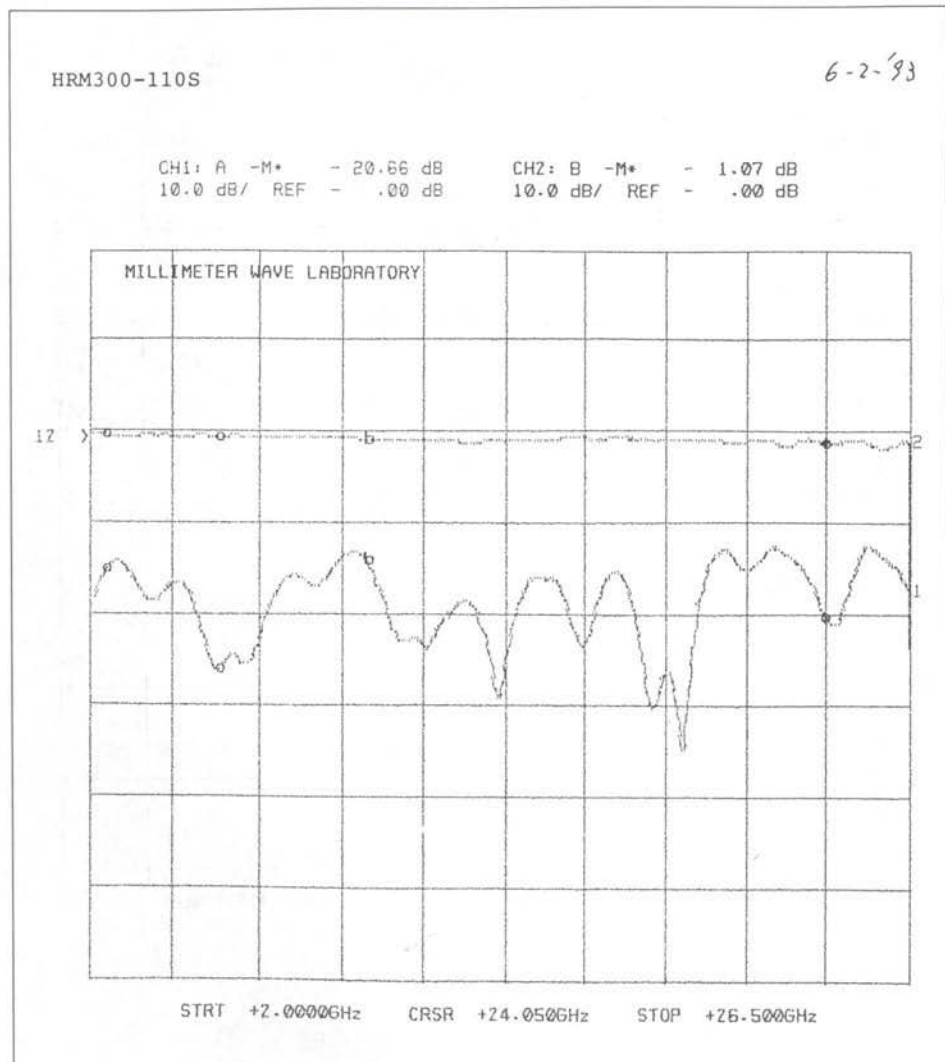
5. Results

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

- HP8350B+83594A,8757A,85027B,11664E for S11,S21,S12,S22 measurement

A typical LNA performs as follows:

- NF: 2.2dB
- Gain: 17.5dB
- V_{DS} : 2V
- I_{DS} : 10mA



Bild/Figure 10: Insertion Loss of HRM300-110S SMA

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.