

Construction of a Precision Noise Figure Measurement System

Rainer Bertelsmeier, DJ9BV
Hellmuth Fischer, DF7VX

(Part 2)

Abstract: The second part describes the IF-circuit, noise source and auxiliary circuits and the alignment procedures.

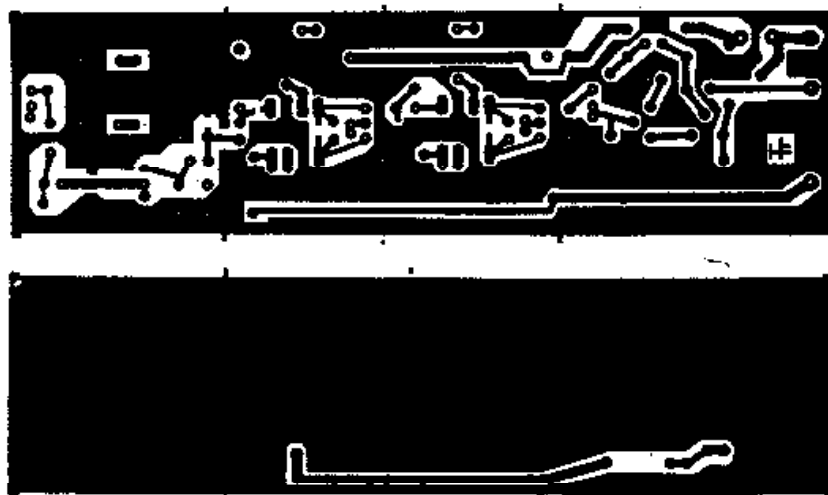
Kurzfassung: Nach Teil 1, der in Heft 2/1990 erschienen ist, enthält Teil 2 die Beschreibung des ZF-Teils, der Rauschquelle und des Netzteils sowie die Anleitung für den Abgleich.

5. IF-Strip

The IF-Strip (Figure 11) is a 4-stage tuned amplifier circuit on 29 MHz. The first stage is an Avantek MMIC MSA0685 with 20 dB gain and a low noise figure of 3.5 dB. A tuned input circuit provides some selectivity and matching to 50 Ohms. The main selectivity is compromised by the twopole filter L2, L3, which is critically coupled to provide a 3 dB bandwidth of 2 MHz. Together with L1 an approximated gaussian shape is achieved with flat delay characteristic for optimum noise pulse performance. IC11 and IC12 are TV-IF-IC's, which provide a gain of 60 dB. Broadband tuned transformer coupling provides

high stability. A high power driver amplifier is compromised of CATV-Transistor T1 (2N5109), which provides 100 mW output on 29 MHz with very low compression. That's important for driving the video detector on noise peaks. Regulators IC13 and IC14 stabilize the operating points. The AGC-characteristic of IC11 is dependent on its voltage on Pin 2. It's stabilized to 12 V. PCB is double sided for low

Figure 10/Bild 10: PCB IF-Strip



coupling and can be seen in figure 10. Parts layout is shown in figure 12.

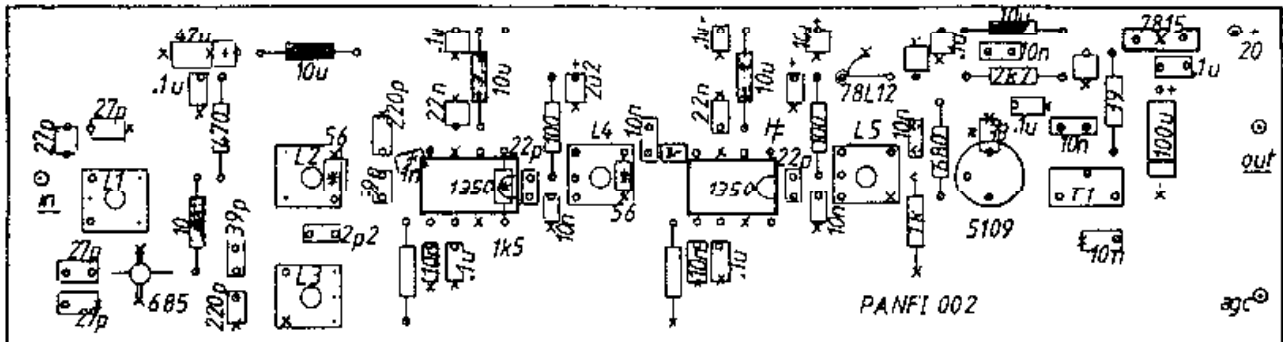
5. ZF-Teil

Bild 11 zeigt den Schaltplan des 29 MHz ZF-Teils. Es besteht aus vier Verstärkerstufen, die selektiv

Technical Reports: Construction of a Noise Figure Measurement System by DI9BV & DF7VX

gekoppelt sind. Im Eingang befindet sich ein rauscharmer MMIC MSA685, der über einen Einzelkreis (L1,C2,C3) in Pi-Schaltung an die Eingangsbuchse angekoppelt wird. Nach 20 dB Verstärkung folgt ein Bandfilter (L2,C7,C8 und L3,C11,C12), das die Hauptelektivität besorgt. Die Bandbreite ist 2 MHz. Die Kopplung ist leicht unterkritisch. Zusammen mit L1 wird eine glockenförmige Kurve erreicht, die für eine konstante Gruppenlaufzeit im Durchlassbereich sorgt. Diese ist erforderlich, um die Spitzen der

Figure 12/Bild 12: Parts Layout IF-Strip



Rauschleistung unverzerrt zu übertragen. Nach dem Bandfilter folgen zwei Breitbandstufen mit dem TV-ZF-IC MC1350. Die erste Stufe wird geregelt. Die Verstärkung beträgt ungefähr 60 dB. Die letzte Stufe verstärkt ca. 20 dB und ist mit einem 2N5109 CATV-Transistor bestückt. Die Stufe wird mit 50 mA Strom betrieben, um eine hohe Ausgangsleistung (100 mW) bei geringer Kompression zu erreichen. Das ist wichtig, um den Video-Detektor auch bei Rauschleistungsspitzen linear zu treiben. Die IC-Regler IC13 und IC14 sorgen für stabile Arbeitspunkte. Der 2N5109 muß mit einem Kühlstern versehen werden. Die gedruckte Schaltung (Bild 10) ist doppelseitig, damit keine unerwünschten Kopplungen zur

Figure 13/Bild 13: Parts IF-Strip

C 1,2,3,4,	27 pF(EDPU)	L 1	5022 1.2 uH
C 5	47 uF	L 2	5048 1.0 uH
C 6,16,19,23,25,28,29,31,34,	0.1 uF	L 3	5048 1.0 uH
C 7,11,	39 pF(EDPU)	L 4,5	Bausatz 7K1
C 8,13	220 pF *	Tr 1	Ringkern - 6.3 N 30
C 9	2p2 *	IC 10	MSA 0605
C 10,15,21,22,30,32,35,36	10 nF *	IC 11,12	MC 1350P
C 12	1 nF *	IC 13	78 L 12
C 14,17,24,	22 nF	IC 14	78 15
C 18,27,	27 pF(EDPU)	T 1	2 N 5109
C 20	2u2 (Tant)		
C 26	10 uF(Tant)		
C 33	0.1 uF(SMD)		
C 37	100 uF/25V		
Dr 1,2,3,4,5	10 uH		
R 1	390 E	R 10	1 K
R 2,6	56 E(SMD)	R 11	2K7
R 3,7	5K1	R 12	33 E(SMD)
R 4	1K5 (SMD)	R 13	39 E
R 5,8	100 E	R 9	680 E

Zubehör: Weißblech Gehäuse, 2 stck. Durchführungs Cs(1nF),
2 stck. SMC-Buchsen;

Wickeldaten: L4,5 : Prim. 2 x 7 Wdg BIFILAR 0.2 Cul
Sek. 1 x 3 Wdg 0.2 Cul
T 1 2 x 10 Wdg BIFILAR 0.2 Cul

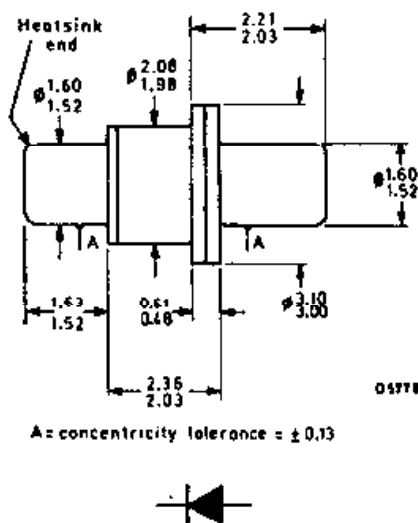
Selbsterregung führen. Die Bauteile-Bestückung kann aus Bild 12 ersehen werden.

6. Noise Source

6.1 General

The construction of the noise source has been inspired from DC8UG, who has done the first amateur construction with a BAT-31 noise diode ([1],[2]). Drawbacks of his construction turned out in low ENR on 10 GHz and unsatisfactory current regulation for the noise diode. Also a standard 28 V input has not been incorporated in his design.

Figure 14/Bild 14: BAT-31 Noise Diode



The BAT-31 noise diode has a coaxial mount (Figure 14) and can deliver ENR in excess of 34 dB from 10 MHz to 12.4 GHz (Figure 15). The bias current can be chosen that broadband operation (Figure 16) between 100 MHz and 10 GHz is feasible. In fact the final design gave a flat ENR of +0.4 dB from 144 MHz to 10.368 GHz.

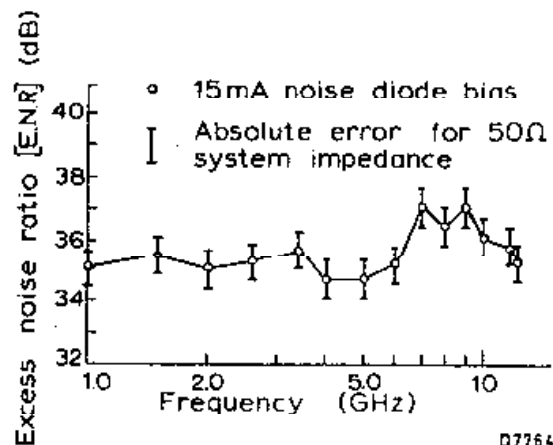
The electric diagram is shown in figure 17. The precision current regulator, which has been realized with the LP2951, provides a constant current to the BAT-31. The LP2951 is switched by the 28 V input signal. Current is set with a 100 Ohms pot. Three 82 Ohms Chips provide broadband decoupling. An important detail are the two 50 mil Chips (Tekelec CH-A), which provide DC-cutoff to the SMA-output connector. First a normal chip, as proposed in [1] has been tried with only limited performance on 10 GHz: ENR was 2 dB down! The reason is the high series inductance of those chips which has a value of about 2 nH. That's an impedance of 125 Ohms on 10 GHz.

operation with reverse bias, i.e. heatsink end positive.

Therefore the use of 50 mil chips is an absolute must for good performance on the high frequency end. The second chip of 10 pF makes things even better by halving the inductance of 0.4 nH of the single chip. Figure 18 shows the mechanical layout of the milled aluminium box. Figure 19 shows construction details of the PCB. figure 21 the PCB and figure 22 shows details of diode mount. Figure 20 shows details of current regulator PCB.

The noise source has a SMA output connector and is completed with an external attenuator of 20 or 30 dB. 20 dB attenuation provides atypical ENR of 14 dB and 30 dB attenuation provides a typical ENR of 4 dB. For measurement of GaAs-FET amplifiers with the highest accuracy a 30 dB attenuator is recommended (See following article on measurement techniques). Only very high quality attenuators should be used. In the prototype a HP8493A attenuator has been used with good success.

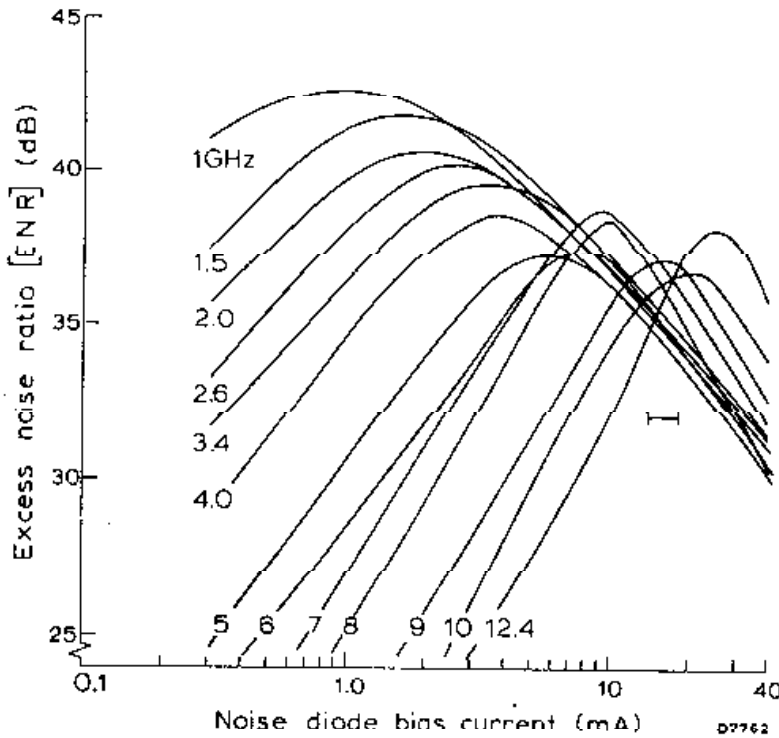
Figure 15/Bild 15: ENR @ F



6.1 Allgemeines

Die Konstruktion der Rauschquelle wurde ausgehend von der Konstruktion von DC8UG entwickelt.

Figure 16/Bild 16: BAT-31 Broadband Operation



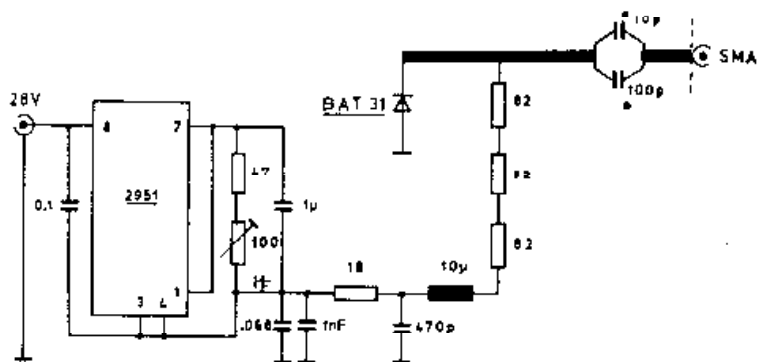
DC8UG hat die erste rauschquelle mit der BAT-31 in Stripline-Technik beschrieben ([1],[2]). Nachteile seiner Konstruktion sind die unzureichende ENR auf 10 GHz und die ungenaue Stromregelung für die Rauschdiode, die außerdem keinen Standard 28 V Eingang hat.

Die BAT-31 hat ein koaxiales Gehäuse (Bild 14) und kann eine ENR von über 34 dB in einem Frequenzbereich von 10 MHz bis 12,4 GHz liefern (Bild 15). Der Strom kann so gewählt werden, daß ein guter Breitband-Frequenzgang der ENR entsteht und zwar mit einer Welligkeit von $\pm 0,4$ dB von 144 MHz bis 10 GHz (Bild 16). Tatsächlich wurde diese Welligkeit auch erreicht - siehe

Abschnitt 6.3 Meßwerte-

Die Schaltung ist in Bild 17 zu erkennen. Mit einem LP2951 wird eine Konstantstromquelle gebildet, die über das externe 28 V Signal geschaltet wird. Das 100 Ohm Poti erlaubt die Justage des Diodenstroms. Drei 82 Ohm Chips bewirken eine Breitband-Entkopplung des DC-Zweiges. Die Diode sitzt an einem Ende einer 50 Ohm Stripline und ist über 2 Chip-C's als Gleichspannungstrennung an die Ausgangs SMA Buchse angekoppelt. Die Auswahl der beiden Chip-C's ist entscheidend für die Funktion der Rauschquelle auf 10 GHz. Werden normale Chip's eingesetzt, ist ein Abfall der ENR von 2 dB zu erwarten, da diese Chip's eine Serieninduktivität von ca. 2 nH haben. Das entspricht einer Impedanz von 125 Ohm auf 10 GHz. Daher werden 50 mil Chip's (CH-A) von

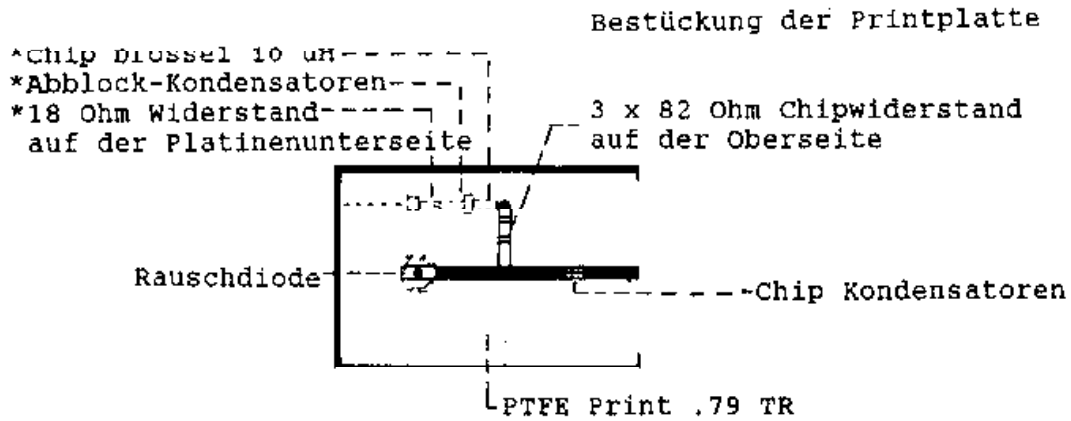
Figure 17/Bild 17: Circuit Diagram Noise Source



Tekelec an dieser Stelle eingesetzt, die eine Serieninduktivität von nur 0,4 nH haben. Durch Parallelschaltung von einem 100pF und einem 10 pF Chip wird diese Induktivität nochmal halbiert. Als Konsequenz dieser Maßnahme ist der Abfall der ENR bei 10 GHz nur geringfügig.

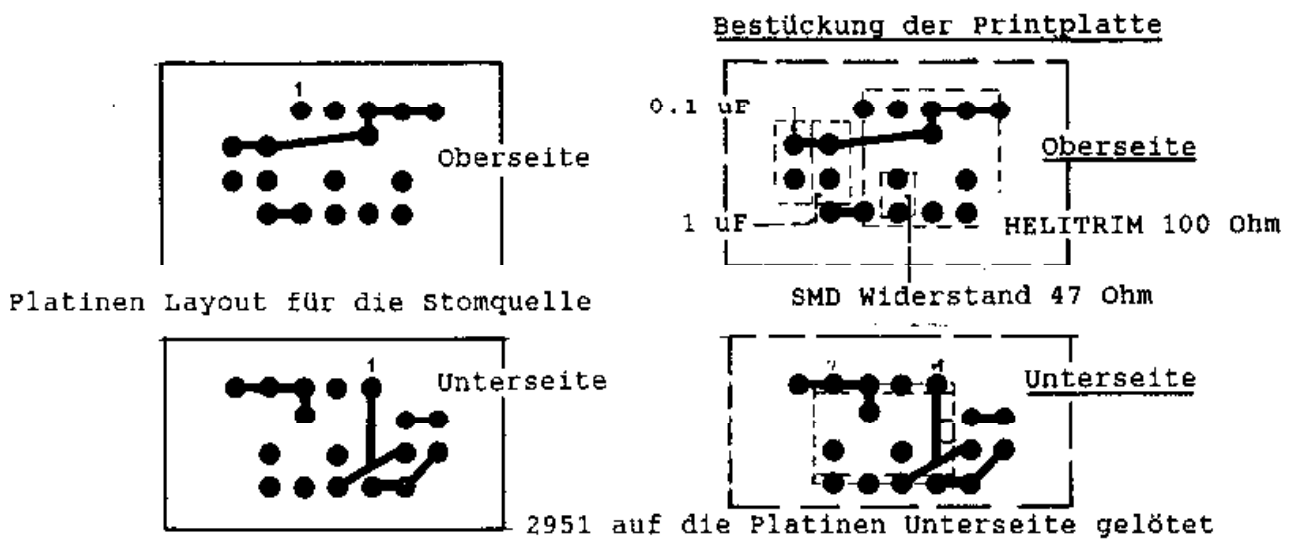
Bild 18 zeigt das gefräste Gehäuse, in das die Schaltungen (Bild 19, 20,21) eingebaut werden. Man kann natürlich auch ein weniger 'edles' Gehäuse wie z.B. die unter Amateuren so beliebten Weißblechschachteln als Gehäuse verwenden.

Figure 19/Bild 19: Construction Details on PCB



Die Rauschquelle hat einen SMA-Anschluß für die Abnahme der Rauschleistung und einen BNC-Anschluß für die Zuführung der 28 V Schaltspannung. Um die gewünschte ENR zu erhalten, muß noch ein externes Dämpfungsglied von 20 oder 30 dB zugefügt werden. Mit 20 dB externer Dämpfung erreicht man eine typische ENR von 14 dB auf 1 GHz, während 30 dB externe Dämpfung eine ENR von 4 dB produzieren. Um nicht angepasste GaAs-FET-Verstärker mit möglichst hoher Meßgenauigkeit zu messen, wird dringend die Verwendung eines 30 dB Dämpfungsgliedes empfohlen (Siehe auch folgenden Artikel über Meßgenauigkeit). Auch sollte man den Preis für die beste Qualität, die erreichbar

Figure 20/Bild 20: Layout of current regulator



ist, nicht scheuen, da die Qualität des Abschwächers (Welligkeit und Rückflußdämpfung) über die Qualität der Rauschquelle entscheidet. Man beachte, daß eine kommerzielle Rauschquelle wie die HP 346A fast DM 5000,- kostet, während die vorliegende Konstruktion bei vergleichbarer Qualität weniger als ein Zehntel kostet! Im Prototyp wurde ein HP8493A Abschwächer mit gutem Erfolg eingesetzt. Vergleichbare Qualitäten sind sicher auch bei WEINSCHEL oder NARDA zu finden.

6.2 Construction Tips

The most difficult task is to couple the BAT-31 to the stripline. Figure 22 displays the details. The diode mount is made from a silvered M4-Screw and a M4 nut, which has to be soldered to the ground plane of the PCB. First a 1.5 mm diameter hole is drilled into the stripline, which is widened to 2 mm diameter afterwards. The ground-plane corner has to be chamfered carefully. The exact centric position of the nut has to be controlled with a dummy, for example an old gunn diode. The small metal plate on the top, which makes the junction to the stripline, can be taken from a Rf-Power-Transistor lead. This piece is perforated with a small hole of 1.6 mm diameter, slipped over the dummy and then soldered to the stripline. (A home made dummy made from aluminium will not take any solder during this step!).

Figure 21/Bild21. Noise Source PCB



Next the 82 Ohm Chip-resistors are soldered in on the top of the PCB and the SMD-choke, the other caps and the series resistor are soldered to the ground plane of the PCB. When soldering the BAT-31, you should take care of the polarity, because the noise diode is operating in avalanche mode. Then the PCB

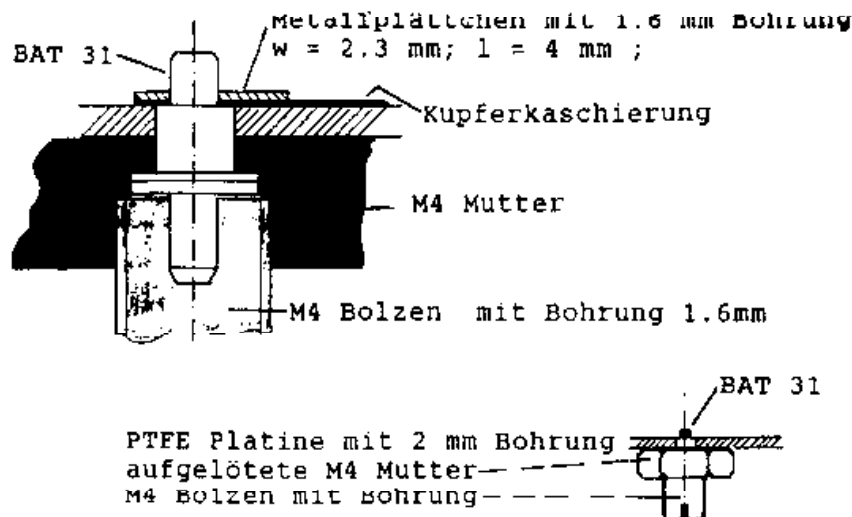


Figure 22/Bild 22: BAT-31 Diode Mount

can be mounted into the machined aluminium box. It should be glued with some silver paste and screwed at the four corners with small M2 brass screws. At last the SMA-connector is soldered to the stripline and the two Tekelec 50 mil Chip's are soldered in. The transition from the stripline to the SMA-connector should be made with low reflection. A precision SMA with stripline connection is recommended. The whole soldering should be carried out with the least amount of solder possible.

The first adjustment is done by applying 28 Volts to the BNC-connector and adjusting the 100 Ohms pot

to a current of 15 mA. The final adjustment is done together with the adjustment of the PANFL.

6.2 Hinweise zum Aufbau

Besonders wichtig ist die richtige Kopplung der BAT-31 an die Stripline. Einzelheiten sind Bild 22 zu entnehmen. Die Halterung der Diode besteht aus einer vergoldeten M4-Schraube und einer auf der Masseseite angelöteten M4-Mutter. Zur Montage wird die Streifenleitung mit einer 1,5 mm Bohrung versehen, die dann sehr vorsichtig auf 2 mm aufgeweitet wird. Außerdem muß auf der Unterseite der Platine die Bohrung vorsichtig angesenkt werden. Die zentrische Lage der Mutter prüft man vorher mit einem Dummy, z.B. einer Gunn-Diode. Das Metallplättchen gewinnt man aus der Anschlußfahne eines HF-Leistungstransistors. Dieses Metallplättchen wird nun mit seiner 1,6 mm Bohrung über den Dummy gesteckt und mit möglichst wenig Lötzinn mit der Streifenleitung verlötet. (Ein Dummy, der aus Alu gedreht worden ist, verhindert sehr schön das Anlöten des Dummy mit dem Metallplättchen)

Der Übergang der Streifenleitung auf die Koax-Buchse muß stoßstellenfrei ausgeführt werden. Darum bedient man sich eines Präzisions-SMA-Steckers oder -Buchse mit Streifenleiter-Anschluß. Die Chip-Widerstände werden auf der Oberseite eingelötet. Auf der Unterseite der Platine werden in Freiluft-Verdrahtung die SMD-Drossel, die Abblock-C's und der Längswiderstand eingebaut. Beim Einsetzen der Rauschdiode ist auf richtige Polarität zu achten (Sperrbetrieb!) - siehe auch Bild 14. Zuletzt wird die Platine in das Gehäuse montiert, der Innenleiter der SMA-Buchse angelötet und die 2 Chip-C's montiert. Bei allen Lötungen ist Zinn sparsamst zu verwenden.

Nach Anschluß des Stromregler wird eine externe Spannung von 28 V angelegt und der Strom auf 15 mA voreingestellt. Die endgültige Justage erfolgt zusammen mit dem PANFL.

6.3 Performance Values

Two quality measures are relevant for noise sources:

1. Flatness of ENR versus frequency
2. Low absolute reflection coefficient and low vector difference between state ON and state OFF

ENR-flatness has been measured for the prototype as follows:

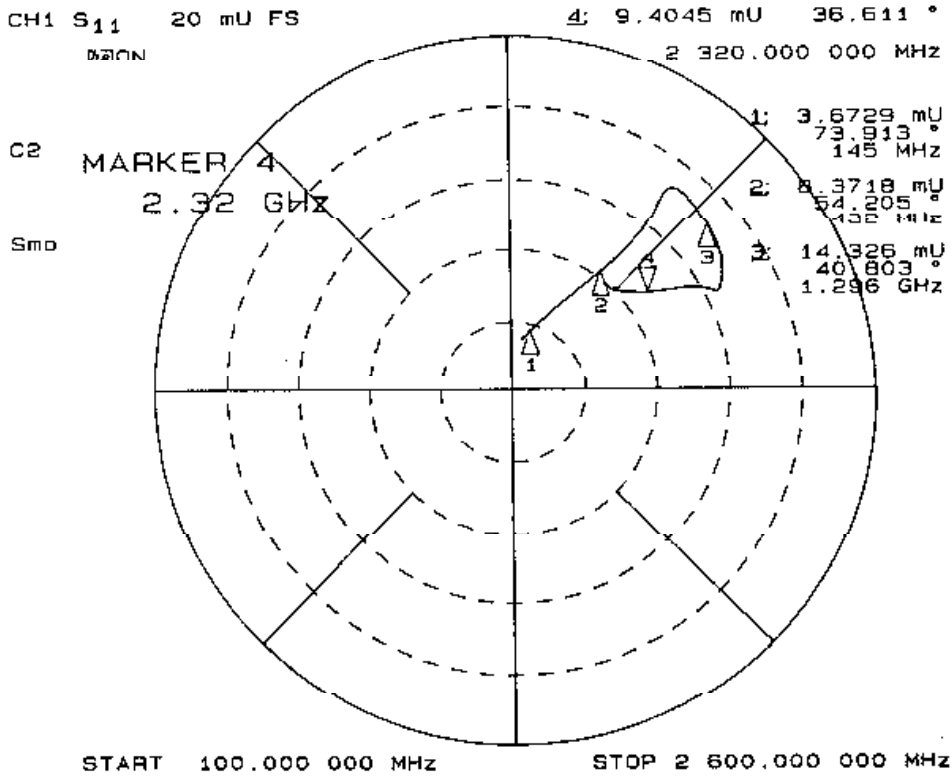
F [MHz]:	144	432	1296	2320	10368
ENR[dB]:	3.6	3.9	4.0	3.9	3.2

This is excellent in comparison with a commercial noise source like the HP346A which is specified for ± 0.5 dB in the frequency range from 10 MHz to 18 GHz.

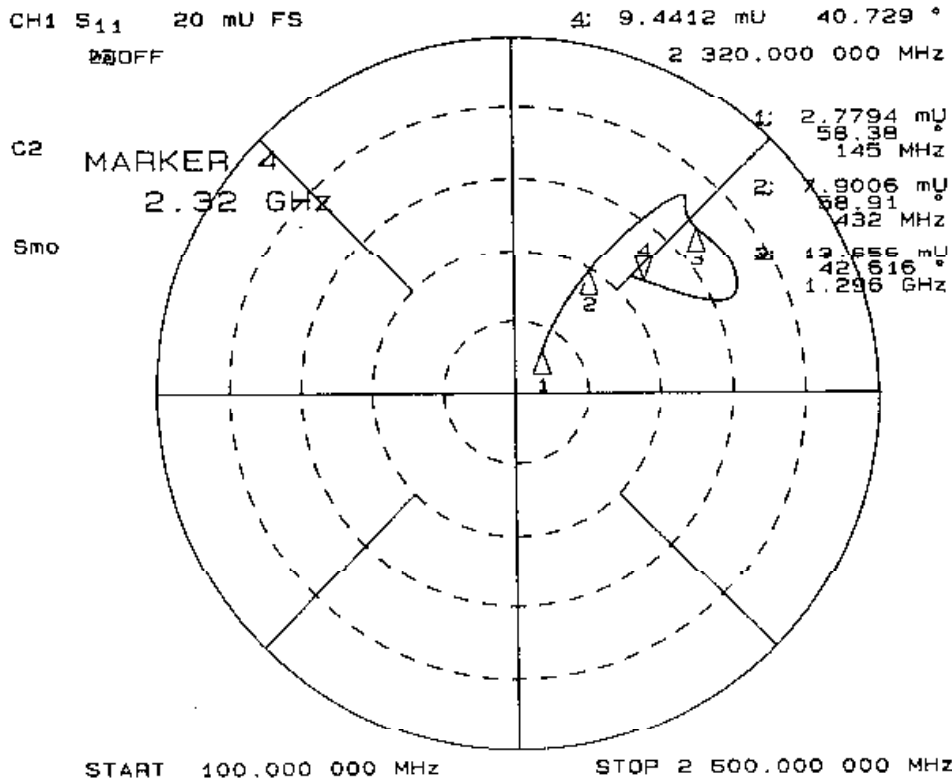
Reflection coefficients for ON and OFF can be seen from figure 23. In the frequency range of 100 MHz to 2600 MHz absolute value is less than .014 (= 37 dB return loss) and maximum magnitude of the vector difference between ON and OFF is less than 0.003 over this range. That compares very well with the HP346A, which is the best noise source (10 times better than HP346B for example) currently available and specified for a maximum vector difference of 0.01. Reflection coefficient of HP346A measured in the same range of frequencies can be seen in figure 24 for comparison.

A small magnitude of vector difference of reflection coefficients in ON- and OFF-state is extremely important for high accuracy when measuring GaAs-FET devices. That will be reviewed in a following report. In any case this homebrew noise source achieves top notch performance even if compared to high quality commercial noise sources.

Figure 23/Bild 23: Noise Source Reflection Coefficient @ F

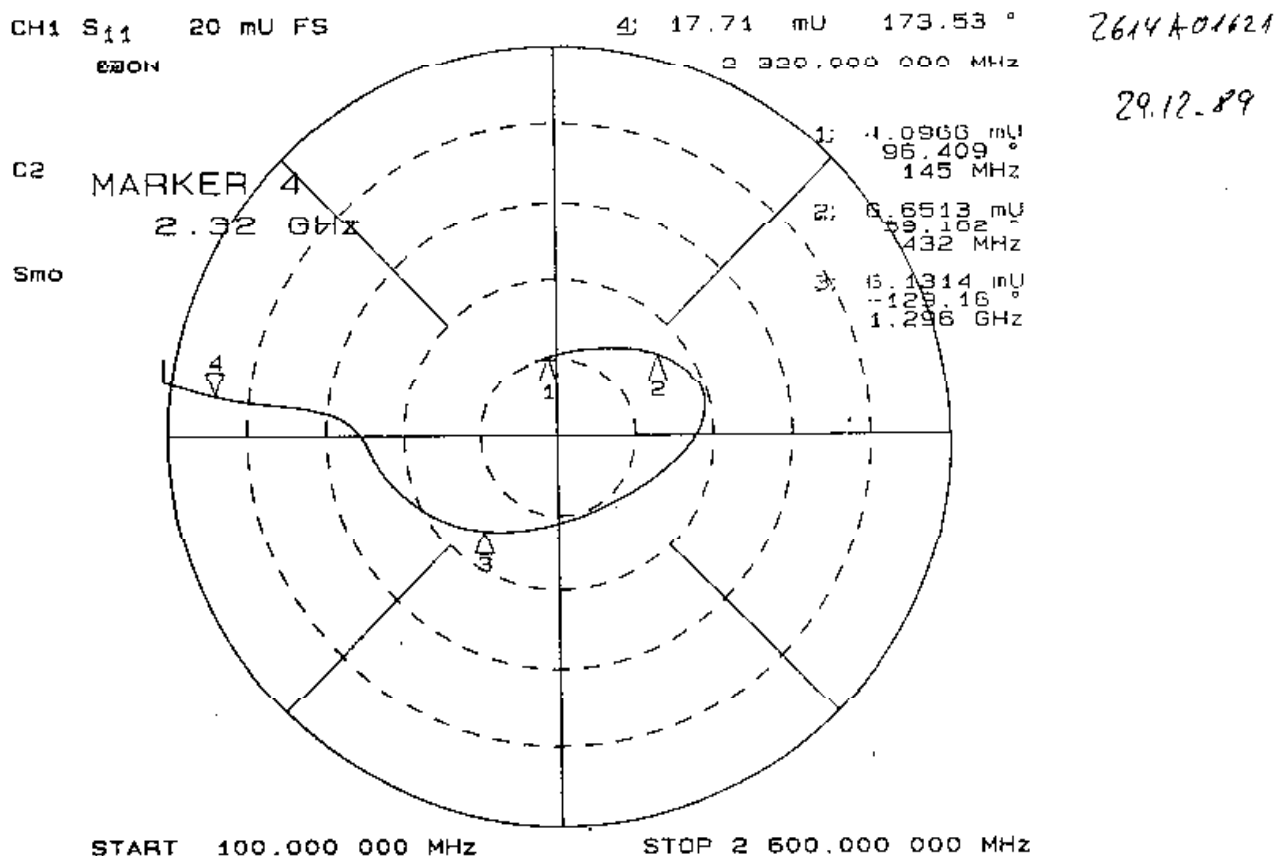


30dB
29.12.89



BAF-31/8V
30dB
29.12.89

Figure 24/Bild 24: HP346A Reflection Coefficient @ Frequency HP346A



6.3 Leistungsdaten und Meßwerte

Für eine Rauschquelle gibt es zwei wichtige Leistungskriterien:

1. Die Welligkeit der ENR über der Frequenz
2. Die absolute Größe des Reflexionsfaktors und die Vektordifferenz der Reflexionsfaktoren im ON und OFF-Zustand

Die Welligkeit des Prototypen wurde wie folgt gemessen:

F[MHz]: 144 432 1296 2320 10368

ENR[dB]: 3.6 3.9 4.0 3.9 3.2

Das vergleicht sich gut mit kommerziellen Rauschquellen wie der HP346A, die mit +/- 0,5 dB im Frequenzbereich von 10 bis 18000 MHz spezifiziert ist.

Die Reflexionsfaktoren der kompletten Rauschquelle (Rauschquelle + externes 30 dB HP8493A Dämpfungsglied) kann man aus Bild 23 ersehen. Im Frequenzbereich von 100 MHz bis 2600 MHz ist der Absolutwert des Reflexionsfaktors kleiner als 0,014 (= 37 dB Rückflußdämpfung) und der Betrag der maximalen Vektordifferenz der Reflexionsfaktoren im ON- oder OFF-Zustand ist kleiner als 0,003. D.h. der Unterschied der Anpassung der Rauschquelle ist minimal zwischen ON- und OFF-Zustand. Der erreichte Wert ist erstklassig. Er ist mindestens so gut wie bei einer HP346A, die speziell von HP auf eine garantierte Vektordifferenz von 0,01 gezüchtet wurde und typisch 0,005 erreicht. Der Reflexions-

koeffizient einer HP346A ist zum Vergleich in Bild 24 dargestellt.

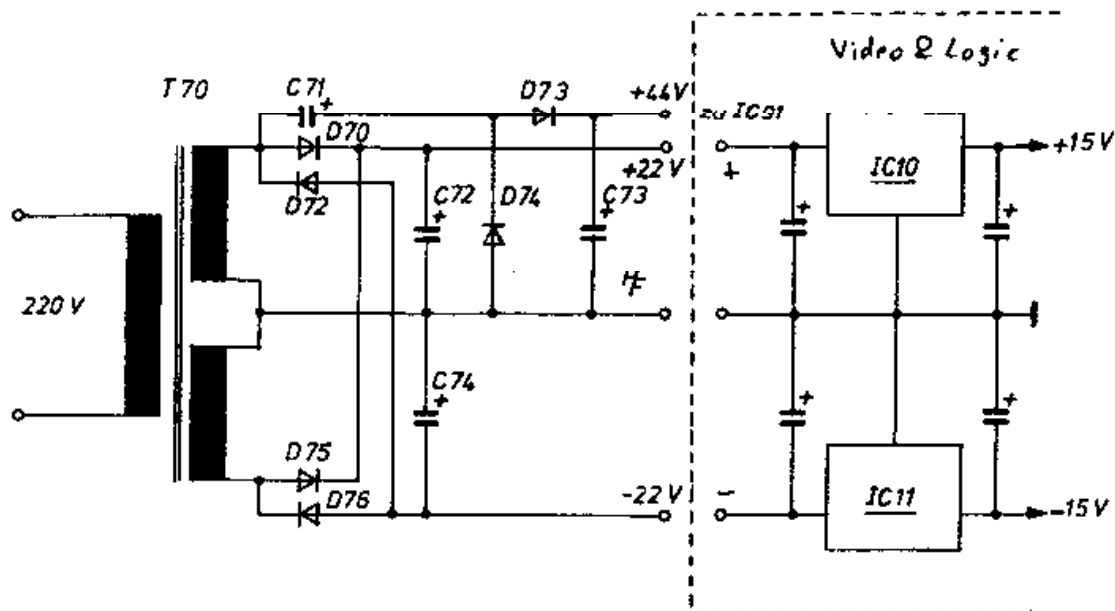
Der Betrag der Vektordifferenz ist entscheidend für die Meßgenauigkeit der Rauschzahl beim Messen von GaAs-FET-Verstärkern. Das wird in einem folgenden Bericht eingehend erläutert. Ältere Rauschquellen mit 15,2 dB ENR wie die HP346B sind in diesem Punkt 10 mal schlechter als die HP346A bzw. diese Eigenbau-Rauschquelle und eignen sich deswegen nicht zur Messung von nicht-angepassten GaAs-FET-Verstärkern, da die Meßgenauigkeit nur $\pm 0,5$ dB beträgt.

7. Power Supply, Mechanical Construction, Wiring, etc.

7.1 Power Supply

The power supply is very straightforward. It consists of a small transformer and a bridge to produce ± 22 V and a voltage doubler for 44 V output (Figure 24). The IC-Regulators are situated on the Video&Logic Board. PCB is shown in Figure 26 and parts layout in figure 27. Figure 28 shows the list

Figure 25/Bild 25: Power Supply Schematic



of parts.

7.2 Mechanical Construction

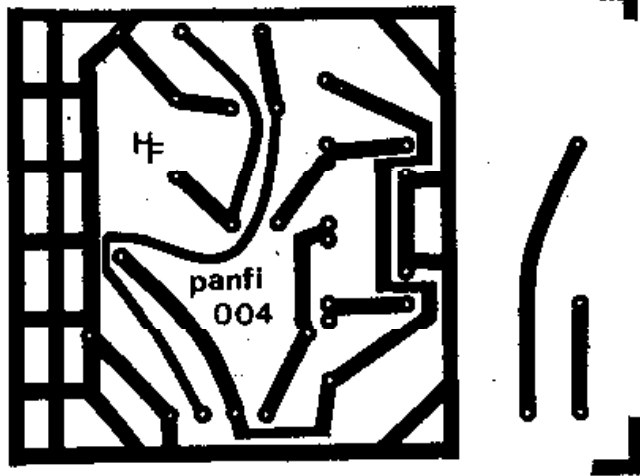
The IF-Strip and video detector have to be mounted in small boxes, which are 100 percent shielded. Signal connections are made via SMC-connectors and DC-voltages via feed-trough caps. The cabinet can be rather small (250 mm wide, 90 mm high and 170 mm deep). The chassis carries on its top the video detector and IF boxes and on its under side the power supply board and the video&logic board.

7.3 Wiring

After mounting all PCB's and the external parts like Helipot, switches, lamps, connectors and the 1 mA instrument (Neuberger RuC 100, 1.5 percent Linearity) one can do the wiring (Figure 30). Coaxial cable

is routed from input connector (N or BNC) to IF-Strip input (SMC). IF-output to Video-Detector in.

Figure 26/Bild 26: PCB of PS



Video-Detektor out to Video&Logic Video in. All other cabling can be done with unshielded wire. First connect power supply lines to video&logic board. Connection points can be identified right of Pin 13 as +- (Looking top view that you are able to read PANFI001). The first + Pin has to be connected to + 44 V, the second to + 22 V, the third Pin - to - 22 V. Ground return is connected to ground plane of PCB. Output voltages of +- 15 V are available from - Pin right of Pin 4 and + Pin to the right. These voltages are routed to video detector and LED 'Overload'. BNC-connector for noise source is routed via coaxial cable to Pin Rq on the right side. DPST Switch S1 'Auto/Cal' is connected to Pins 6,7,8 and 2,17 and to

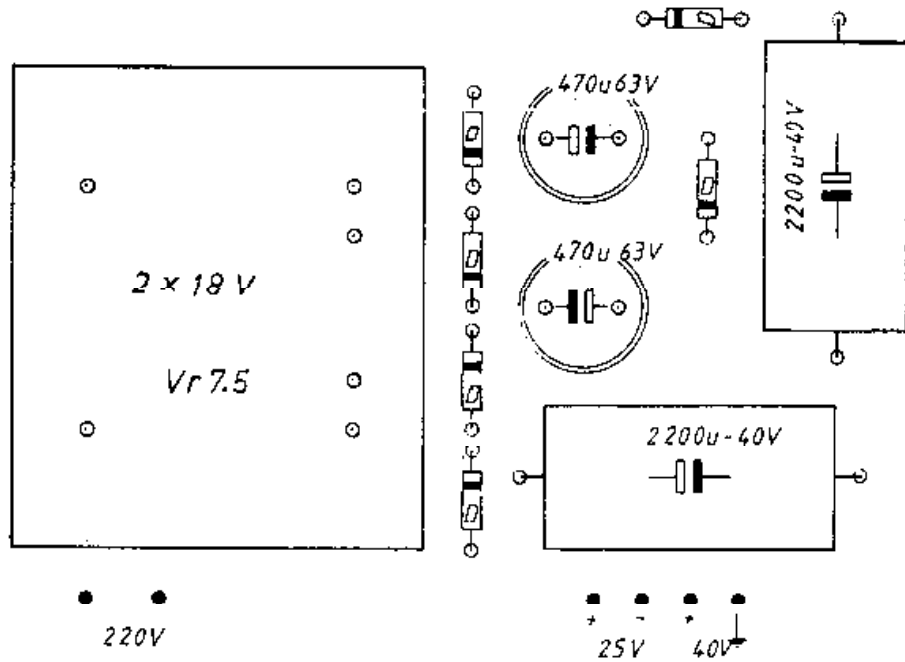
DPST Switch S2 'HI/LO'. The other point from S2 is routed to Pin 3. Helipot E1 (2k for HI-ENR) is connected to S2a, Position HI and to Pin 4. Helipot E2 (20k for LO-ENR) is connected to S2a, position LO, and to Pin 5.

Center of S2a is connected to TPoff. The rest is rather straightforward and should be inferred from the circuit diagrams.

7.4 et cetera

The mA-meter has to be provided with a special scale (Figure 29). The original scale is a sliding plate, which has to be removed. The same size photo-scale can be glued to this plate and the assembly is inserted into the meter again.

Figure 27/Bild 27: Power Supply Parts Layout



7. Netzteil, Mechanische Konstruktion, Verdrahtung und Verschiedenes

7.1 Netzteil

Das Netzteil besteht aus einem Netztrafo mit einer Brücke für +- 22 V und einem Verdoppler, der 44 V liefert. Die IC-Regler sitzen auf der Video&Logik Platine und liefern +- 15 V und 32 V. Die Platine

Technical Reports: Construction of a Noise Figure Measurement System by DJ9BV & DF7VX

ist in Bild 26, der Bestückungsplan in Bild 27 und die Teileliste in Bild 28 zu sehen.

7.2 Mechanik

Das ZF-Teil und der Video-Detektor werden in Weißblech-Schachteln eingebaut. Die Signale werden über SMC verdrahtet, während die Gleichspannungen über Durchführungskondensatoren eingespeist

Figure 28/Bild 28: Parts List Power Supply

T 70	Trafo 2 x 18 Volt / 7.5 VA (printausführung)		
C 71,73	Elektrolyt Kondensator	470 uF/63V (stehend)	
C 72,74	* * *	2200 uF/40V (axial)	
D 70,71,72,73,74,75	Diode z.B.	1N 4007	
IC 10	Spannungsregler	7815 (auf dem Elektronikboard)	
IC 11	* * *	7915	*

Kondensatoren an den Spannungsreglern 10 - 47 uF/25V

werden. Die mechanische Konstruktion besteht aus einem Gehäuse mit Trennchassis. Auf der Oberseite werden die Boxen für den Videodetektor und das ZF-Teil montiert und auf der Unterseite die Platine für die Video&Logik plus Netzteil.

7.3 Verdrahtung

Nachdem man alles montiert hat, werden mit Koaxialkabel alle Signalleitungen verdrahtet: ZF, Video und Rauschquellen-Schalt-signal (Bild 30). Danach können die Netzteil-Spannungen zur Video&Logik Platine geführt werden. Neben Pin 13 unten links lie-

gen die Pins +- . Der erste nach rechts (+) bekommt + 44 V, der zweite + 22 und der dritte (-) bekommt -22 V. Die Ausgänge von +- 15 V sind oben rechts. Sie gehen zum Video-Detektor. Der Ausgang für die Rauschquelle wird vom PIN Rq an die BNC-Buchse geführt. Aus den Schaltbildern ergibt sich die weitere Verdrahtung.

7.4 Et Cetera

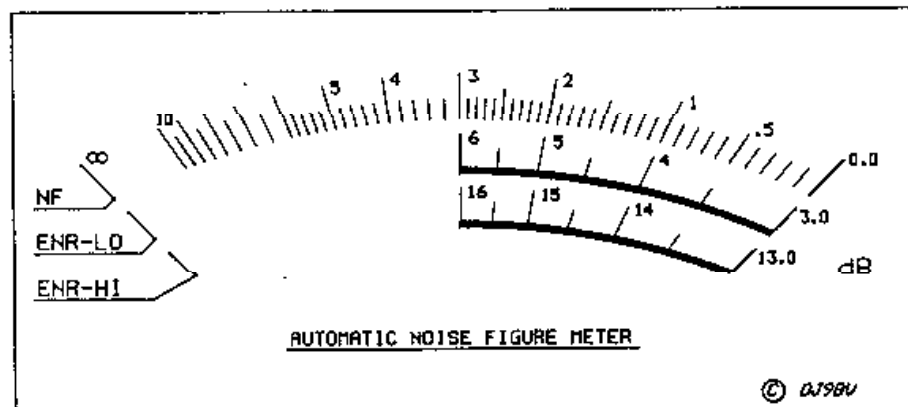
Das Neuberger Instrument (1 mA, RuC 100, Güteklasse 1,5) bekommt eine Speziaskala nach Bild 29. dazu wird die Schiebeskala herausgenommen, die neue Skala aufgeklebt und alles wieder eingesteckt.

8. First Operation and Alignment

One should have at least the following measurement equipment:

1. Digital Voltmeter, 0.2 % Accuracy
2. RF-Generator on 29 MHz, output from -110 dbm to -20 dBm

Figure 29/Bild 29: Meter Scale



3. Oscilloscope
4. Converter from Amateurbands to 29 MHz plus preamps
5. Sweeper (Optional)

For first operation after applying mains all DC-voltages have to be checked:

V+ (PS): +22 - 26 V
 V- (PS): -22 - -26 V
 V- (PS): +44 - +50 V
 At Video&Logic:
 V+ 15V +/- 0.25 V
 V- -15V +/- 0.25 V
 TPref: 1.235V
 Pin8 of IC9: 32V +/- 0.2 V (Possibly adjustment by selection of R102)
 Jumper 1 open: Noise Source Signal 28 V +/- 0.05 V (Trim with R98)

After this initial procedure alignment is performed step by step:

1. Disconnect video detector from IF-output. Trim P60 for zero DC-output at video out.
2. Disconnect video detector output from Video&Logic input. Short this input to ground.
3. Switch CAL/AUTO to AUTO. ENR-Switch to HI.
4. Control for 0 V DC at TPon and TPOff. TPagc1 > +12 V. TPagc2 ca. -0.6 V. TP1 and TP2 0 V.
5. Adjust P1, P2, P3 for 0V at center of pot.
6. Connect input of video&logic to TPref (1.235V). Verify same voltage on TPOff and TPon
7. Switch S1 to CAL and S2 to ENR-HI. Verify voltage on TP1 at 4.43 V and on TP2 at 6.89V
8. Turn calibration helipot for HI clockwise. Indication must rise. Otherwise wires have to be interchanged at the helipot. Turn helipot fully clockwise. Adjust for full scale indication with P4.
9. Switch to ENR-LO. Repeat procedure with ENR-LO helipot. With pot fully clockwise full scale indication must be achieved. Otherwise P4 has to be readjusted. Verify voltage of 0.905 V at TP1 and 3.37 V at TP 2.

Remark: If you have understood the operation of the PANFI, you will recognize, that the setting of P4 does not influence NF-calibration, but is set for letting ENR-calibration facility reach full scale at 3 dB or 13 dB just for convenience. Calibration of the instrument is done by setting the ENR-value, which is known for the noise source and which could be calibrated elsewhere, in the instrument and therefore allowing the instrument to compare the DUT's NF with this calibrated ENR.

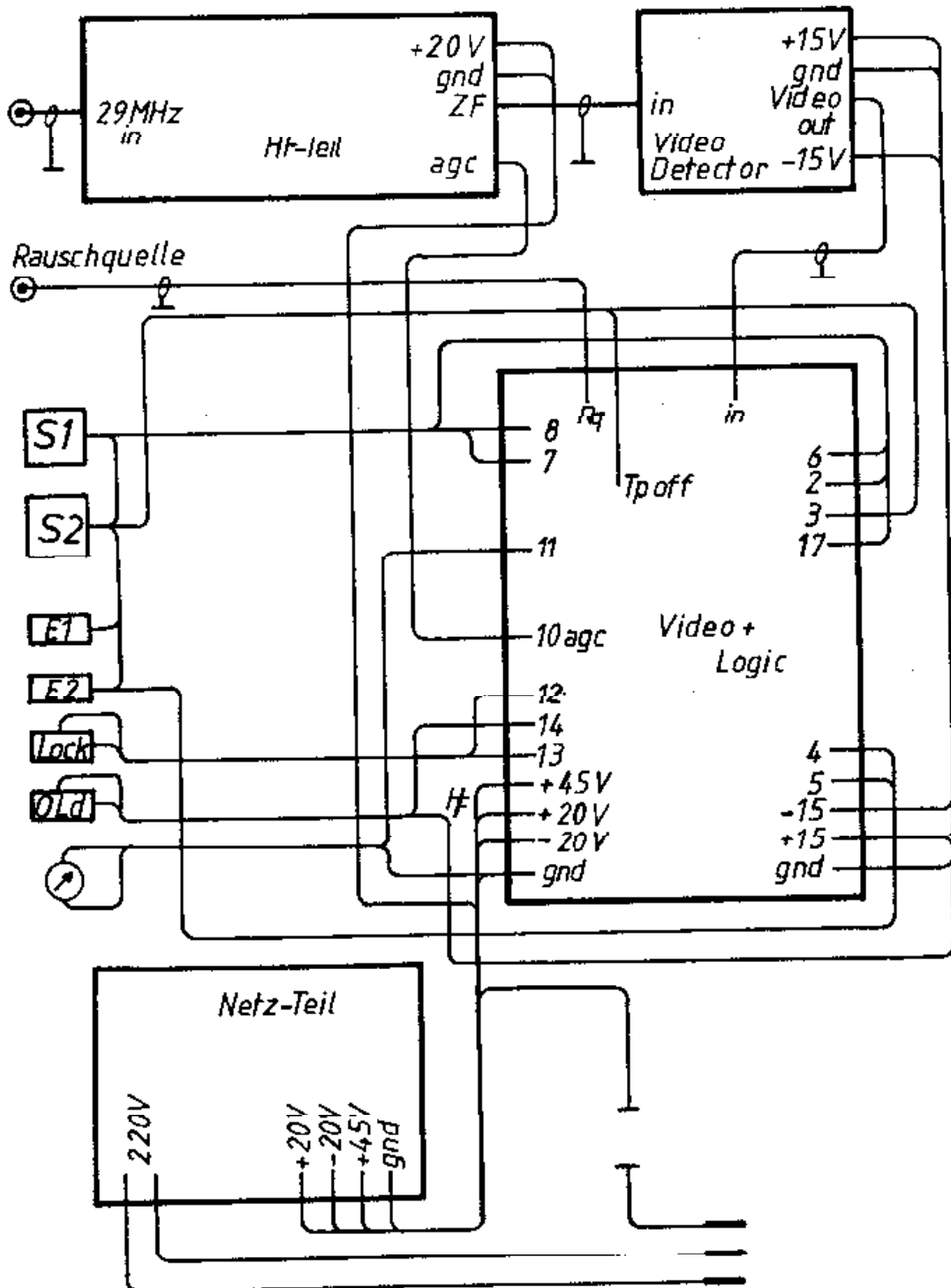
10. Connect video detektor with IF-Strip. Ground AGC-input of IF-Strip. Connect RF-Generator-with frequency set to 29 MHz at PANFI-Input. Adjust RF-Generator output for DC-Indication at video detektor out. Tune all coils for maximum output. Lower generator output as output peaks. If you have a sweeper you can check curve at video out with an oscilloscope. Connect video out to Y and sweeper to X-channel. Bell type curve should be observed.

11. Check sensivity. Typical values are:

Pin [dBm]	Uvideo [V]
-110	0.32
-100	0.54
-90	1.6
-80	5.4

12. Connect AGC-input to video&logic. Connect video detector out to video&logic in. Switch output of generator starting from -110 dBm. Measure AGC-Voltage. At -110 dBm AGC-voltage is about -0.6 V. That's the no signal state. Switch RF in 10 dB steps and wait some seconds for AGC-voltage. At about -90 +/- 3 dBm AGC should start to swing positive to about +5 to +6 V. Switch forth and back in 1 dB steps to get the AGC-start level. Write it down. From AGC-start level

Figure 30/Bild 30: Wiring Diagram



Technical Reports: Construction of a Noise Figure Measurement System by DJ9BV & DF7VX

- switch up in 10 dB steps. AGC-Lock should remain over a range of at least 80 dB. Voltage at TPoff must remain at $1.235 \text{ V} = V_{\text{ref}}$.
13. After verifying AGC-performance set discriminators for AGC-LOCK and OVERLOAD indication. Set generator output to 20 dB above AGC-start level. Adjust P5 for lighting LOCK-indicator. Set generator to 60 dB above AGC-Start level and adjust P6 for lighting of OVERLOAD-indicator. LOCK-indicator should go off.
 14. Connect noise source, converter and some preamps (system needs about 40 dB gain before PANFI), switch to calibrate and adjust helipot for indication of known ENR of noise source on meter, switch to AUTO. NF should be indicated. Indication of sufficient gain is by LOCK-Indication. Verify operation by tuning the first preamp. Indicated NF should vary.
 15. Calibration of noise source is done by comparison with a commercial noise source. Pot in noise source is adjusted for maximum ENR on 10 GHz. That is done by measuring on 10 GHz and adjusting the potentiometer in the noise source to minimum indication of noise figure. That's equivalent to maximum real ENR.
 16. That's all

8. Inbetriebnahme und Abgleich

Für den Abgleich sollten folgende Instrumente zur Verfügung stehen:

1. Digitalvoltmeter mit 0,2 % Genauigkeit
2. HF-Generator, einstellbar von -110 dBm bis -20 dBm Ausgangsleistung und 29 MHz Frequenz
3. Konverter auf 29 MHz für Amateurrfrequenzen sowie Vorverstärker
4. Oszilloskop
5. Optional ein Wobbler

Zuerst müssen alle Gleichspannungen geprüft werden:

Netzteil:

U+ : +22 - 26V
U- : -22 - -26V
U1 : +44 - 50V

Auf der Video&Logik-Karte:

U+ : 15V +/- 0,2V
U- : -15V +/- 0,2V
Pin 8/IC9: +32V +/- 0.2 V (Notfalls mit R102 einstellen)
TPref: 1.235V +/- 10 mV
Jumper 1 gezogen: Rauschquellen-Schaltsignal 28 V +/- 0,05V (Mit R98 einstellen)

Nach dieser Grundeinstellung wird der Abgleich in folgenden Schritten vollzogen:

1. Video-Detektor Eingang wird vom Ausgang des ZF-Teils getrennt. P60 wird auf 0V Ausgangsspannung gedreht.
2. Video-Detektor Ausgang vom Eingang der Video&Logik-Karte trennen. Dieser Eingang wird nach Masse gelegt.
3. CAL/AUTO wird auf AUTO geschaltet. Der ENR-Schalter auf HI (15,2 dB).
4. An TPon und TPoff (Video&Logik) müssen 0V anliegen. TPag1 > 12 V, TPag2 ca. 0,6V, TP1 und TP2 0V.
5. P1, P2, P3 werden auf 0V an ihren Schleifern eingestellt.
6. Eingang der Video&Logik-Karte von Masse trennen und an TPref anschließen. Die gleiche Spannung (1,235V) muß nun auch an TPon und TPoff zu messen sein.

Technical Reports: Construction of a Noise Figure Measurement System by DJ9BV & DF7VX

7. S1 /AUTO/CAL) wird auf CAL geschaltet und S2 (HI/LO) bleibt auf HI. Spannung an TP1 muß 4,43V und an TP2 6,89V betragen.
8. Helipot für ENR-HI im Uhrzeigersinn drehen. Anzeige auf dem Instrument muß steigen. Wenn nicht, müssen die Anschlüsse am Helipot vertauscht werden. Nun ganz an den Anschlag im Uhrzeigersinn drehen. Mit P4 wird auf 100 % Ausschlag gestellt.
9. ENR-Schalter auf LO stellen. Die gleiche Prozedur wird für das andere Poti wiederholt. Mit dem Poti am Rechtsanschlag muß ein Ausschlag von mindestens 100% erreicht werden. Wenn nicht, muß P4 nachgedreht werden. An TP1 liegt eine Spannung von 0,905V und an TP2 3,37V.
Bemerkung: Wer die Funktion des PANFI verstanden hat, wird erkennen, daß die Stellung von P4 keinen Einfluß auf die Anzeige der Rauschzahl hat, somit keine Eichung darstellt. Das einzige, was mit dieser Justage erreicht wird, ist die Festlegung des Bereichs, in dem man die ENR der Rauschquelle auf das Instrument übertragen kann. Die Eichung des PANFI geschieht dagegen über die Einstellung des auf der Rauschquelle verzeichneten Wertes für die ENR auf der Skala des PANFI im CAL-Modus. Damit 'kennt' der PANFI die ENR der Rauschquelle und zeigt die Rauschzahl korrekt an.
10. Video-Detektor wird mit dem ZF-Teil verbunden. AGC-Input des ZF-Teils an Masse. HF-Generator wird mit der Eingangsbuchse verbunden. Am Ausgang des Video-Detektors mit DVM die Spannung messen. Die HF-Spannung des Generators so regeln, daß eine Anzeige von ca. 2 V erscheint. Dann alle Spulen von vorn nach hinten auf Maximum abgleichen und den HF-Generator Output sukzessive verringern, so daß die Ausgangsspannung am Video-Detektor nicht über 2 V geht. Da das ZF-Teil eine Glockenkurve im Durchlaßbereich hat, reicht die Abstimmung auf Maximum. Mit einem Wobbler kann zur Sicherheit noch mal die Kurve kontrollieren. Dazu kann man einen Oszillographen am Video-Detektor Ausgang anschließen.
11. Die Empfindlichkeitswerte bei den Prototypen waren wie folgt:

Pin[dBm]	Uvideo[V]
-110	0,32
-100	0,54
-90	1,6
-80	5,4
12. Der AGC-Eingang des ZF-Teils wird mit dem AGC-Ausgang der Video&Logik-Platine verbunden. Ebenso wird die Verbindung zwischen Video-Detektor und Video&Logik-Platine hergestellt. Der HF Generator wird auf 110 dBm eingestellt. Dann muß die AGC-Spannung ca. -0,6V sein. Das ist die Ruhestellung. Nun dreht man in 10 dB Stufen die HF-Leistung am Eingang hoch und wartet ein paar Sekunden, ob die AGC-Spannung hoch kommt. Bei ungefähr -90 dBm +- 3 dBm springt die AGC-Spannung auf ca. 5 bis 6 V hoch. In 1 dB Schritten kann man jetzt hin und her schalten, um den genauen Einsatzpunkt der AGC zu finden. Wegen des PI-Regler ist sie entweder auf -0,6 V (AUS) oder positiv bei ca. 5 bis 6V (EIN). Dieser HF-Pegel ist zu merken. Ausgehend vom Einsatzpunkt der AGC muß man den Pegel um mindesten 80 dB erhöhen können, ohne daß sich am Testpunkt TPoff die Spannung auch nur um ein mV ändert. Tpref muß genau 1,235 V wie Tpref haben.
13. Nachdem die AGC-Wirkung verifiziert ist, können die Schwellwertschalter für AGC-LOCK und OVERLOAD eingestellt werden. Der HF-Pegel wird 20 dB über den AGC-Einsatzpunkt (s.o.) eingestellt. Das Poti P5 wird so justiert, daß die LED 'LOCK' leuchtet. Dann wird der Pegel um weitere 40 dB erhöht. Das Poti P6 wird so justiert, daß die LED 'OVERLOAD' leuchtet. Die 'LOCK' LED muß dann ausgehen.
14. Die Rauschquelle wird angeschlossen, ein Konverter mit 2 Vorverstärkern (Es sind mindestens 40 dB Verstärkung vor dem PANFI nötig!) vorgeschaltet, dann wird der PANFI in CAL-Modus auf die ENR der Quelle eingestellt und dann der AUTO-Modus gewählt. Es muß die Rauschzahl angezeigt werden. Durch Abstimmen muß sich die angezeigte Rauschzahl ändern.
15. Die Kalibration der Rauschquelle wird durch Vergleich mit einer kommerziellen Quelle durchgeführt. Vorher muß auf 10 GHz die ENR maximiert werden. Dazu mißt man auf 10 GHz

Technical Reports: Construction of a Noise Figure Measurement System by DI9BV & DF7VX

und dreht das Potentiometer in der Rauschquelle auf minimale Anzeige der Rauschzahl. Das entspricht dann dem maximalen tatsächlichen ENR.

16. Das war's!

9. Miscellaneous

To give some help for the construction of the PANFI, Hellmuth, DF7VX, has made an offer, to supply sets of PCB's and kits of special parts, like IC's and so on. Pricing should be amateur like, i.e. self cost plus a small handling charge. Anybody interested should contact him for details. His address: Hellmuth Fischer, DF7VX, Am Holtsaut 2, D-4799 Borcheln, FRG.

A second major problem is to get the BAT-31 diodes for the noise source. We have arranged for a source of these diodes, which can deliver the BAT-31 with a price of under DM 95,- (US \$ 60,-). The requirement is to have a collect order of at least 25 diodes. That should be no problem to achieve.

Because of limited space in this issue the whole stuff how to measure with this instrument and also the evaluation of performance data, will follow in the next issue. Especially the advantage of low ENR noise sources for the measurement of non-impedance matched devices like GaAs-FET preamps will be explained.

Last but not least a prototype noise figure meter will be shown at the Weinheim fair 1990 (15.- 16 Sept. 90) on the DUBUS stand.

Errata: In DUBUS 2/90, p. 16, Circuit Diagram, AGC-OUT is on PIN 10 instead of PIN 12. On p. 18, Parts Layout, PIN 11 on the right of PIN 3 should be read as PIN 17.

9. Verschiedenes

Um den Nachbau des PANFI zu erleichtern, hat sich Hellmuth, DF7VX, bereit erklärt, Platiniensätze und Teile-Bausätze zu Selbstkosten zusammenzustellen. Jeder Interessent sollte sich direkt mit ihm in Verbindung setzen, um nähere Details zu erfahren. Die Adresse: Hellmuth Fischer, DF7VX, Am Holtsaut 2, D-4799 Borcheln, BRD.

Das zweite Problem ist, die BAT-31 für die Rauschquelle zu bekommen. Es wurde ein Lieferquelle hierfür beschafft, aus der wir diese Diode für weniger als DM 95,- bekommen können, wenn wir mindestens eine Menge von 25 Stück zusammen bekommen.

Wegen des begrenzten Platzes in dieser Ausgabe folgt die Meßprozeduren für den PANFI sowie seine Leistungsdaten in einem Artikel in der nächsten Ausgabe. Insbesondere wird dort auch auf die höhere Meßgenauigkeit, die Rauschquellen mit kleiner ENR (3 - 6 dB) für die Messung von nicht-angepassten GaAs-FET-Verstärkern bringen, eingegangen.

Um sich einen Eindruck von der Konstruktion zu verschaffen werden die Prototypen in Weinheim auf dem DUBUS Stand ausgestellt (15. - 16.9.90).

Errata: In DUBUS 2/90, S. 16, Schaltplan Video&Logik, ist die PIN-Nummer des AGC-Outputs 10 anstatt 12. Auf S. 18, Bestückungsplan, ist der PIN 11 rechts neben PIN 3 falsch bezeichnet. Er muß mit PIN 17 beschriftet sein.

10. References

[1] Harald Fleckner, DC8UG, "Noise Generator with BAT-31", DUBUS 3/83, pp. 188 - 189

[2] Harald Fleckner, DC8UG, "Ein Rauschgenerator mit definierter Rauschleistung für Anwendungen bis in den Mikrowellenbereich", UKW Berichte 2/84, S. 73 - 81