

Abgleichanleitung für Rohde&Schwarz SMFP2

Hersteller: _____

Modell: _____

Seriennummer: _____

Datum: _____

Name: _____

Version 2.0

Author: M.Michalzik, DL8ABE

SEP2006

1. Referenzfrequenz 10MHz

Platine: Y6

Ort: SMFP Unterseite, unter dem großen Blechdeckel

Y6 ist eine Einsteckkarte, auf der huckepack ein temperaturgeregelter 10MHz-Oszillator (früher eine Option; inzwischen Standard) sitzt.

10MHz-Referenz

Die 10MHz-Referenz wird durch **C53** in der Frequenz abgeglichen.

80MHz-PLL

Aus diesen 10MHz werden noch weitere Frequenzen in Y6 abgeleitet; 1MHz, 80MHz, 40MHz. Dazu wird ein 80MHz-VCO durch eine PLL (4046) mit den hochgenauen 10MHz synchronisiert.

Diese PLL wird abgeglichen, indem man **L2** (Schwingkreisinduktivität) so justiert, dass sich nach etwas Einlaufzeit die PLL-Abstimmspannung an MP1 genau auf -8,0V einpendelt.

Parameter:

alles völlig wurscht; lediglich

- Einlaufzeit von 30min. gewährleisten
- Modulation ausschalten

ABGLEICHWERTE	
f (Soll) = _____	MHz
f (Ist) = _____	MHz
U (MP1) = _____	V DC
Ergebnis: ok /nok	

Am besten die Ausgangsfrequenz mit einem Frequenzzähler messen, der an einem Rubidium-Frequenzstandard angebunden ist.

2. FM-Modulationshub (TX)

Platine: Y6

Ort: SMFP Unterseite, unter dem großen Blechdeckel

Der FM-Modulations-Sendehub wird ebenfalls auf der Platine Y6 eingestellt; allerdings in drei Schritten:

1. Klirrfaktor minimal einstellen (R7)
2. FM-Sendehub bei $f=500\text{MHz}$ einstellen (R9)
3. FM-Sendehub bei $f=460\text{MHz}$ einstellen (R12)

Technisch gesehen wird die Frequenzmodulation durch den 80MHz-Oszillator auf Y6 erzeugt. Dieser wird gleich von zwei Kapazitätsdioden in der Frequenz beeinflusst; nämlich

Kapazitätsdiode GL1 -> PLL-Anbindung an die 10MHz-Referenz
Kapazitätsdiode GL2 -> für Erzeugung FM-Modulation.

Dadurch ergibt sich übrigens eine natürliche untere Grenzfrequenz für die FM-Modulation: bei tiefen NF-Frequenzen regelt die PLL nämlich die Modulation wieder aus!.

1. KLIRRFAKTOR minimieren

Um eine möglichst saubere FM-Modulation -und damit einen geringen Klirrfaktor- zu erhalten, gibt man der GL2 eine Vorspannung für die Ruhelage.*

Den Abgleich für einen minimalen Sende-FM-Hub Klirrfaktor nimmt man mit **R7** vor.

Es wurden Ergebnisse von ca. 0,18% klirr erreicht.

Parameter:

$f=390\text{MHz}$

FM-Modulation, extern, $1V_{\text{eff}}@1\text{kHz}$ NF-Frequenz einspeisen

Modulationshub: 75kHz

ABGLEICHWERTE
Klirr= _____ %
Ergebnis: ok /nok

*Das beeinflusst natürlich auch etwas die Ruhfrequenz des 80MHz-VCOs, weshalb nach der Klirrfaktoreinstellung die 80MHz-PLL evtl. nachgeglichen werden muss (Beschreibung siehe oben; L2 so abgleichen, dass -8,0V an MP1).

2. FM-Sender-HUB bei f=500MHz

Platine: Y6

Ort: SMFP Unterseite, unter dem großen Blechdeckel

Zur Justage des korrekten Modulationshubs gibt es zwei Abgleichstellen. Das liegt daran, dass der Spannungsteiler vor der Modulationsdiode GL2 in einem Teil über einen Transistor T4 gebrückt und damit wirkungslos gemacht werden kann. Das passiert z.B. bei der Generatorfrequenz von f=500MHz.

Der FM-Hub-Abgleich bei f=500MHz erfolgt mit **R9**.

Parameter:

f=500MHz

FM-Modulation, extern, 2Veff@1kHz NF-Frequenz einspeisen

Modulationshub: 100kHz

ABGLEICHWERTE	
Hub(Soll)=	___100_____ kHz
Hub(Ist)=	_____ kHz
Ergebnis: ok /nok	

3. FM-Sender-HUB bei f=460MHz

Der Transistor T4 sperrt nun und damit wird R12 wirksam. Den Abgleich also auch bei f=460MHz durchführen.

Der FM-Hub-Abgleich bei f=460MHz erfolgt mit **R12**.

Parameter:

f=460MHz

FM-Modulation, extern, 2Veff@1kHz NF-Frequenz einspeisen

Modulationshub: 100kHz

ABGLEICHWERTE	
Hub(Soll)=	___100_____ kHz
Hub(Ist)=	_____ kHz
Ergebnis: ok /nok	

HINWEIS:

Bei f=500MHz wird Pin11a,b ein 80MHz-Signal ausgekoppelt. Transistor T4 leitet und der 1fache FM-Modulationshub wird genutzt.

Bei f=460MHz führt Pin11a,b aber nur ein 40MHz-Signal. Dadurch muss der 2fache Modulationshub erzeugt werden, damit's am Ende wieder stimmt! T4 wird dadurch gesperrt und es kann mehr NF die Kapazitätsdiode GL2 modulieren.=> größerer Hub

3. FM-Demodulator (RX)

Platine: Y32

Ort: SMFP Oberseite, frei zugänglich

Der FM-Demodulator sitzt auf der Mischer-Platine und arbeitet auf einer ZF von 200kHz. Das Manual schlägt zur Kalibrierung vor, ein moduliertes HF-Sendesignal >100mW mit genau definiertem FM-Hub zu verwenden (aber wer hat das schon?).

Ich schlage ein anderes Vorgehen vor:

Direktes Einspeisen der 200kHz ZF durch digitalen Funktionsgenerator mit rechnerisch erzeugter Frequenzmodulation (z.B. HP8904A, sehr sehr genau!); in den Demodulator via MP9 (Vorsicht: Fehler im R&S-Manual, da wurde der Name „MP9“ doppelt vergeben!)

Parameter:

Kalibrier-Tongenerator (z.B. HP8904A):

Trägerfrequenz $f=200\text{kHz}$

FM-Hub= 5kHz

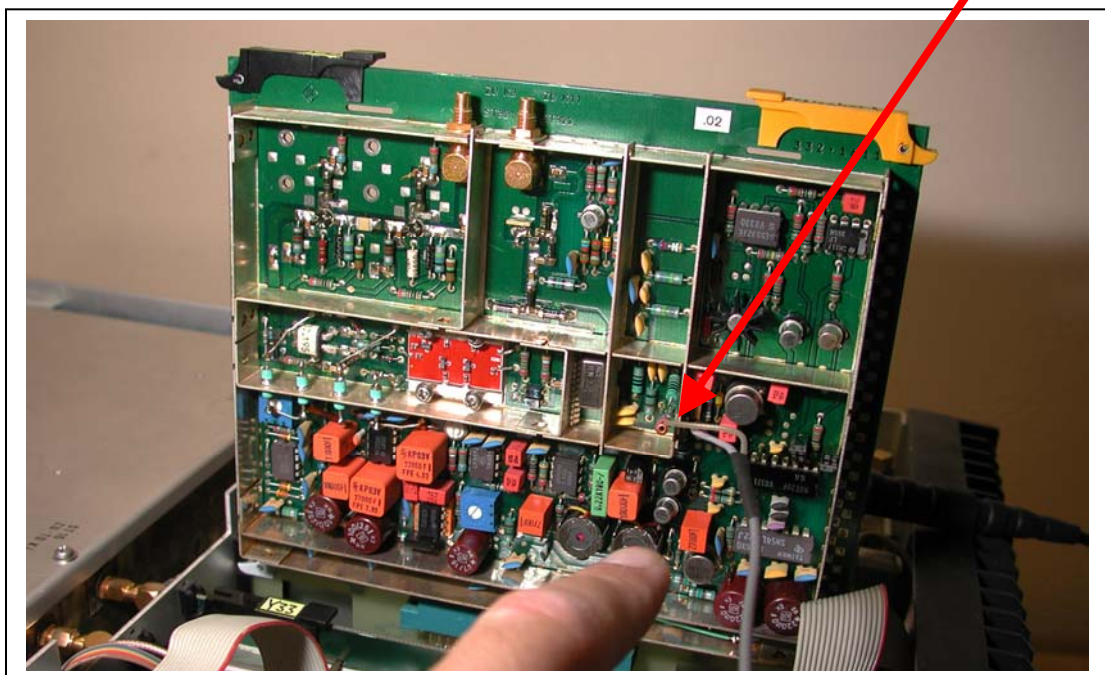
NF-Frequenz= 1kHz

=> Amplitude (etwa 200mV, reichen locker aus) so groß machen, dass an Pin7 von B4 sauberer TTL-Pegel erscheint

=> Einspeisen in MP9

Technik:

Zuvor muss aber leider L22 an einer Seite abgelötet werden, damit man die 200kHz-Schwingung rückwirkungsfrei in die Schaltung über MP9 einkoppeln kann.

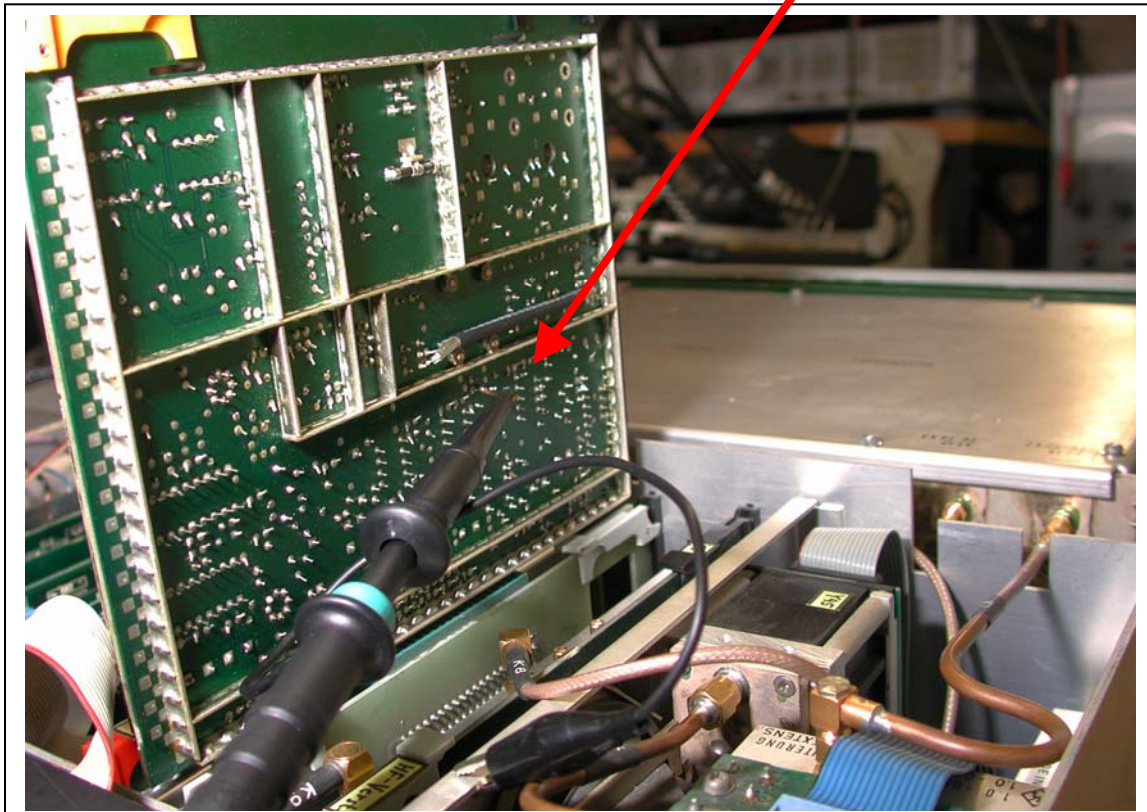


Wichtig: den Hubmesser am SMFP2-Bedienfeld einschalten, damit Leitung all auf High gelegt und damit der Hubmesser erst aktiviert wird.



Abgleich:

Digitales Voltmeter an MP14 anschließen (Ausgang des FM-Demodulators; erreichbar direkt an Poti R51; den MP14 gibt's leider nicht auf der Platine!).



Es muss folgende Spitzenspannung U_s messbar sein:

bei 20kHz FM-Hub: exakt $5V_s$ Spitzenwert. ($=3,536V_{\text{eff}}$)

Ergebnis gemäß:

$$U_{MP14}[V_s] = 0,25 \cdot \text{Modulationshub}[kHz]$$

Abgleich durch

R67: Offset Abgleich mit $\Delta f = 0\text{kHz}$

R51: Verstärkung Abgleich mit $\Delta f = 20\text{kHz}$



R67: Offset

Abgleich mit $\Delta f = 0\text{kHz}$



R51: Verstärkung

Abgleich mit $\Delta f = 20\text{kHz}$

ABGLEICHWERTE

$U(0\text{kHz})$ Soll = 0 V

$U(0\text{kHz})$ Ist = _____ V

$U(20\text{kHz})$ Soll = 3,536 V_{eff}

$U(20\text{kHz})$ Ist = _____ V_{eff}

Ergebnis: ok /nok

Anmerkung: R67 reagiert sehr sensibel! Das ist normal.

4. NF-Gleichrichter (auf Y37 „DC-Verstärker“)

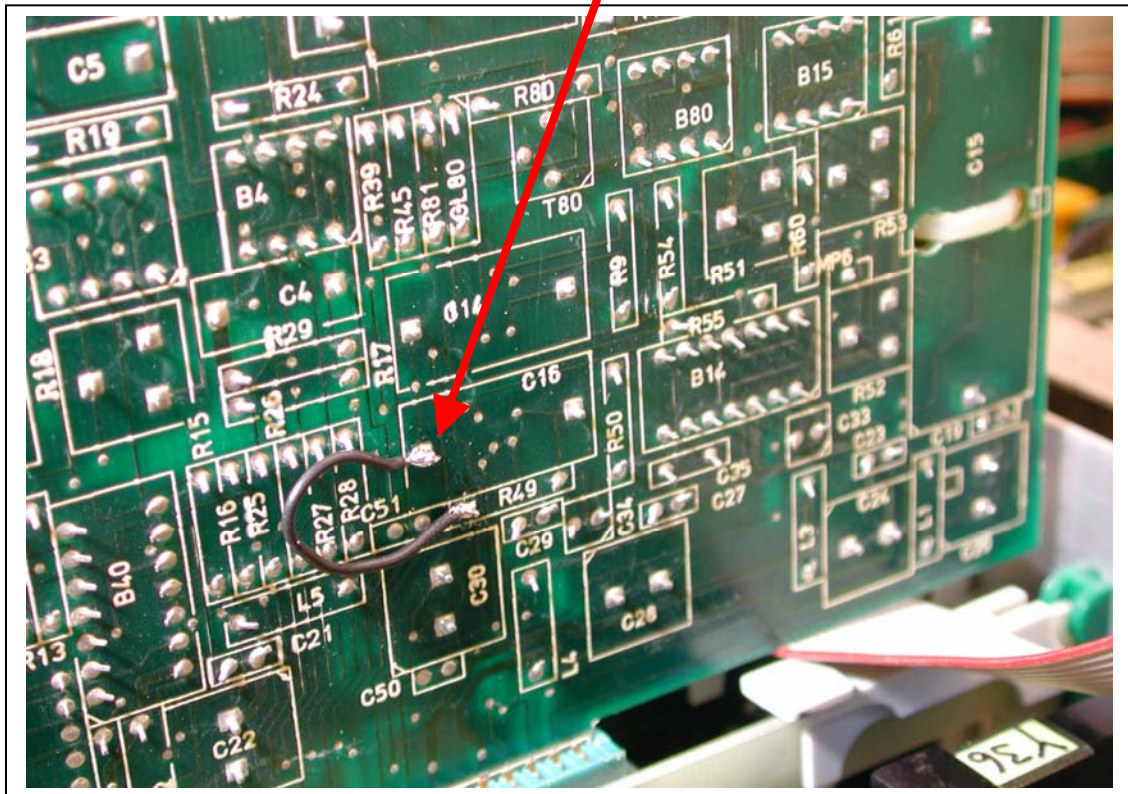
Platine: Y37

Ort: SMFP Oberseite, frei zugänglich

Auf dem DC-Verstärker sitzt u.a. der Effektivwertmesser, der abgeglichen werden muss. Dazu speist man ein externes Sinussignal ein und gleicht den Effektivwertgleichrichter (AD536) und nachfolgenden DC-Verstärker (LF355) ab.

1. Offset-Abgleich AD536

NF-Eingang des Effektivwertgleichrichters auf Masse brücken (Minus-Seite von C16 bzw. C14 = Pin a4 an der Steckerleiste). Am besten lötet man dazu eine kleine Kurzschlussbrücke zwischen C16 und Masse (z.B. R49).



Danach bitte gleich die Baugruppe Y35 "NF-Verstärker" herausnehmen, damit a4 für die nächsten Schritte nicht kurzgeschlossen ist (gegen einen Kurzschluss speist es sich so schlecht ein...;-)

Dann Digitalvoltmeter an MP6 (=Ausgang AD536, Pin 6) und DC messen.

Mit **R52** den evtl. vorhandenen Gleichspannungs-Offset an MP6 zu Null kurbeln.



ABGLEICHWERTE

U (MP6) Soll= 0 V DC

U (MP6) Ist= V DC

Ergebnis: ok /nok

2. Offset-Abgleich LF355

Das Digitalvoltmeter an MP7 klemmen und mit **R51** ebenfalls auf Null justieren.

ABGLEICHWERTE

U (MP7) Soll= 0 V DC

U (MP7) Ist= V DC

Ergebnis: ok /nok

3. Verstärkungsfaktor LF355

a) Nun den Kurzschluss am Eingangs des Effektivwertgleichrichters aufheben und stattdessen direkt in a4 ein NF-Signal von $0,5V_s$ ($= 353,6mV_{eff}$) einspeisen ($f=1kHz$).

Wegen Belastung durch Eingangswiderstand am HP8903A am besten 410mV Amplitude einstellen, dann erreicht man die $353,6mV_{eff}$ ziemlich genau (nachmessen!).

b) Mit DC-Voltmeter weiter an MP7 messen und mittels **R53** auf exakt 1,0VDC abgleichen.

c) Das NF-Signal auf $5,0V_s$ ($3,536 V_{eff}$) erhöhen und saubere +10,0VDC an MP7 bestätigen.

ABGLEICHWERTE

Einspeisung $0,5V_s$

U(MP7) Soll= 1,0 V DC

U(MP7) Ist= _____ V DC

Einspeisung $5V_s$

U(MP7) Soll= 10,0 V DC

U(MP7) Ist= _____ V DC

Ergebnis: ok /nok

Das Manual schlägt vor, ggfs. R52 zu Hilfe zu nehmen, um die beiden Abgleichspannungen korrekt zu justieren. Damit verkurbelt man allerdings den DC-Offset vom AD536. Wegen der recht guten Synchronität der erreichbaren Werte (z.B. gemessen:

SMFP2 polarad: 0,998VDC <-> 10,023VDC
SMFP2 R&S: 0,9984VDC <-> 10,003VDC)

halte ich das allerdings nicht für notwendig!

HINWEIS

Der NF-Effektivwertgleichrichter wird für viele Zwecke verwendet; z.B. für die Anzeige des FM-Hubs (->FM Hubmesser RX), NF-Voltmeter oder Klirrfaktormesser. Daher ist ein sauberer Abgleich hier sehr wichtig.

5. A/D-Wandler (Y22)

Platine: Y22

Ort: SMFP Oberseite, frei zugänglich

Der korrekte Abgleich des A/D-Wandlers ist extrem wichtig, weil er für die verschiedensten Aufgaben genutzt wird (Hubmesser, Klirrfaktormesser, NF-Voltmeter, DC-Spannungs- und Strommesser, usw....).

Leider bezieht sich das Manual auf ein anderes Schaltbild, das mir leider nicht vorliegt. Aber das Konzept scheint so zu sein:

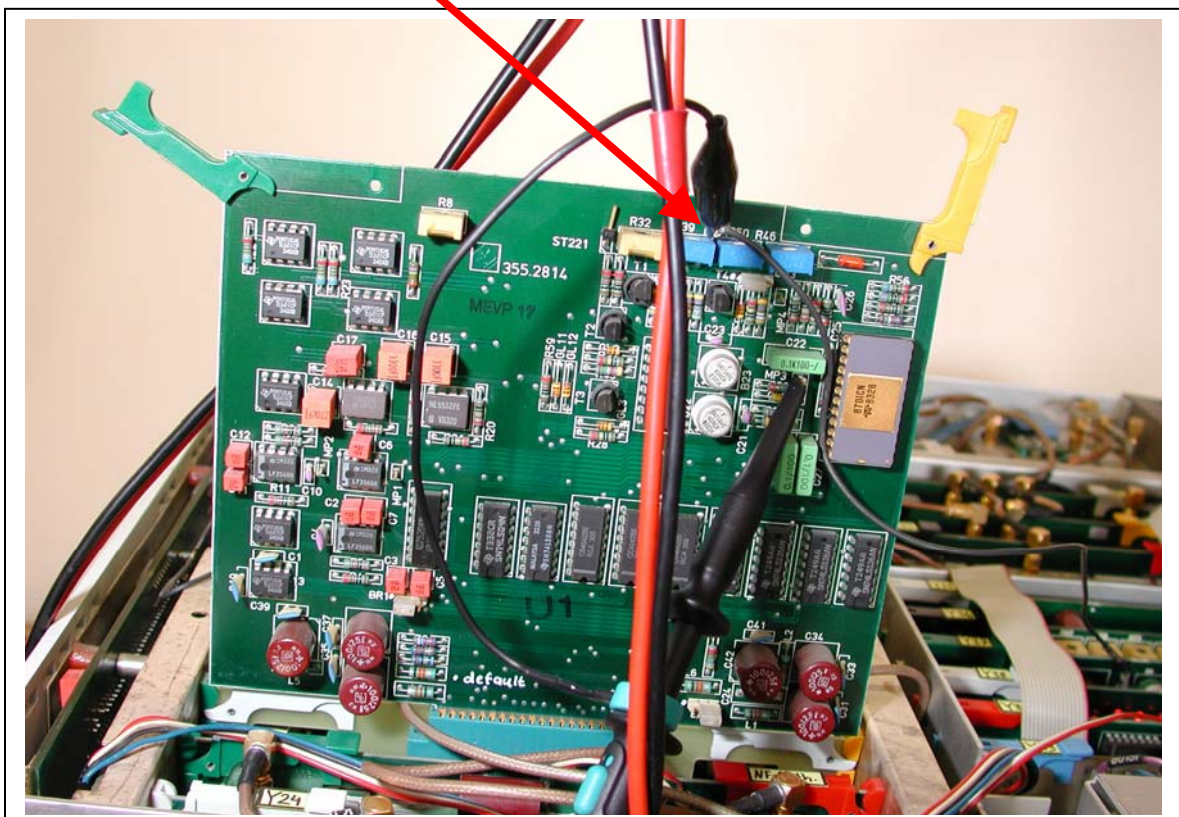
Technik:

Y22 besteht aus zwei Schaltungsteilen. Der erste ist ein NF-Filter (Preemphasis), der aus FM eine PM macht.

Der zweite Teil ist interessanter: er besteht aus zwei schaltbaren DC-Verstärkern (einmal 20dB, einmal 10/20dB umschaltbar) und einem AD-Wandler. Die DC-Verstärker lassen sich nur in ihrem Offset, jedoch nicht in ihrer Verstärkung abgleichen. Der AD-Wandler verträgt einen Spannungsbereich von 0,00..10,23V. Ein Bit entspricht dabei 10mV.

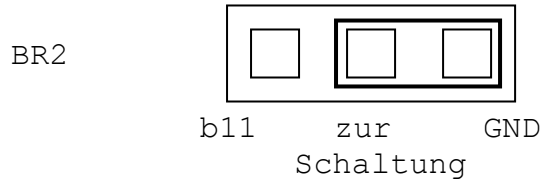
WICHTIG: bitte bei allen nun folgenden Messungen:

GND = BU371



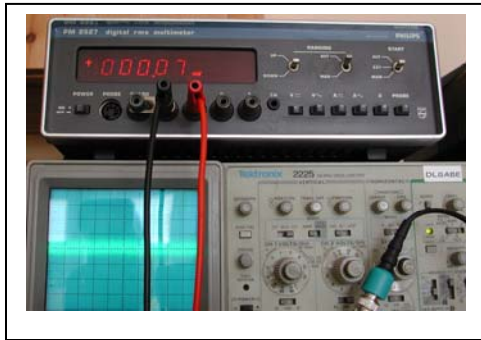
1. Offset-Abgleich B22 (erster DC-Amp uA741)

Manual sagt: Vorverstärker auf 40dB programmieren: b9, 13a und 13b auf TTL 1 legen!) = B21 Pin 3, 5, 11
Brücke BR2 so auf Masse umstecken



und DC-Voltmeter an MP3 klemmen.
Mit **R32** auf Null Volt abgleichen.

Ich habe einfach gar nichts programmiert und den Abgleich "gleich so" vorgenommen. Geht auch.



ABGLEICHWERTE

U (MP3) Soll= 0 V DC

U (MP3) Ist= _____ V DC

Ergebnis: ok /nok

2. Offset-Abgleich B23 (zweiter DC-Amp uA741)

BR2 so gesteckt lassen und zusätzlich BR3 öffnen (damit wird der Eingang zum ADC unterbrochen). Dann DC-Voltmeter auf MP4 klemmen und mit **R39** auf Null Volt abgleichen.

ABGLEICHWERTE

U (MP4) Soll= 0 V DC

U (MP4) Ist= _____ V DC

Ergebnis: ok /nok

WICHTIG:

Es kann sein, dass die Werte beim Abgleich zyklisch stark schwanken! Dann bitte alle Messfunktionen (z.B. das interne DC-Voltmeter) ausschalten, damit der ADC nicht arbeiten muss!

3. Offset-Abgleich B6 (AD-Wandler)

BR2 wieder zurück in die Ausgangsposition, BR3 nun auf Masse stecken. Den AD-Wandler zum Wandeln bringen. Das Manual schlägt vor, Leitung a19 zu ziehen (jeder HIGH-Impuls an Pin21 bewirkt eine AD-Wandlung), es geht aber auch viel einfacher:

Gerät einschalten und einfach das externe DC-Voltmeter aktivieren. :-) Die Eingänge des DVMS kurzschließen.

Nun die Datenausgänge (Pin3..12) monitoren (Oszilloskop). Sicherstellen, dass Pin3..11 alle auf TTL 0 stehen.

Dann **R50** so abgleichen, dass Pin12 (=LSB) gerade von TTL 1 auf TTL 0 übergeht.

ABGLEICHWERTE

U(Pin12) Soll= _HIGH->LOW___ TTL

U(Pin12) Ist= _____ TTL

Ergebnis: ok /nok

4. Verstärkungs-Abgleich (AD-Wandler)

Nun erzählt das R&S-Manual totalen Blödsinn. Angeblich soll man in BR3 exakt 10,22V DC einspeisen und mit **R46** so abgleichen, dass Pin3..11 alle auf TTL 1 stehen und Pin 12 (=LSB) auf TTL 0 steht.

Das kann man machen und wird fürchterlich "daneben kalibrieren", weil dann diese Art der Kalibrierung die Ungenauigkeiten der vorgeschalteten (und in der Verstärkung nicht abgleichbaren ;-) DC-Verstärkerzüge nicht berücksichtigt. Also machen wir es uns viel einfacher (und besser):

- a) Alle Jumperpositionen wieder in Default-Stellung (BR2, BR3).
- b) Mit einem DC-Kalibrator 10,000VDC in die Buchsen für das interne DC-Voltmeter einspeisen (SMFP2-Frontplatte).
- c) Das interne DC-Voltmeter aktivieren und den Messwert im SMFP2-Display ablesen.
- d) Mit **R46** so abgleichen, dass exakt "10,0V DC" im Display steht.
- e) Mit anderen Spannungswerten ebenfalls ausprobieren. Gggfs. mit R46 nachgleichen. Lohnend sind z.B. 9,00 VDC (da hat man eine Stelle mehr Anzeigaauflösung).

ABGLEICHWERTE

Einspeisung mit DC-Kalibrator (z.B. Fluke 341A)

U(in) Soll= 30 VDC 10 VDC

U(Display) Ist= VDC VDC

U(in) Soll= 9 VDC 1 VDC

U(Display) Ist= VDC VDC

U(in) Soll= 100m VDC 50m VDC

U(Display) Ist= VDC VDC

U(in) Soll= 10m VDC 0 VDC

U(Display) Ist= VDC VDC

Einspeisung mit AC-Kalibrator (z.B. notfalls HP8903A)

U(in) Soll= 6 VAC 1 VAC

U(Display) Ist= VAC VAC

U(in) Soll= 100m VAC 10m VAC

U(Display) Ist= VAC VAC

U(in) Soll= 1m VAC

U(Display) Ist= VAC

Ergebnis: ok /nok

6. Klirrfaktormesser

Platine: Y36

Ort: SMFP Oberseite, frei zugänglich

Auf der vielsagenden Platine Y36 "Filter" sind die beiden Polfilter für 1kHz und 300Hz Messfrequenz aufgebaut.

Funktionsweise:

Das Polfilter besteht aus drei nachfolgenden Saugkreisen für

1kHz-Zweig:

1000Hz

1010Hz

990Hz

300Hz-Zweig:

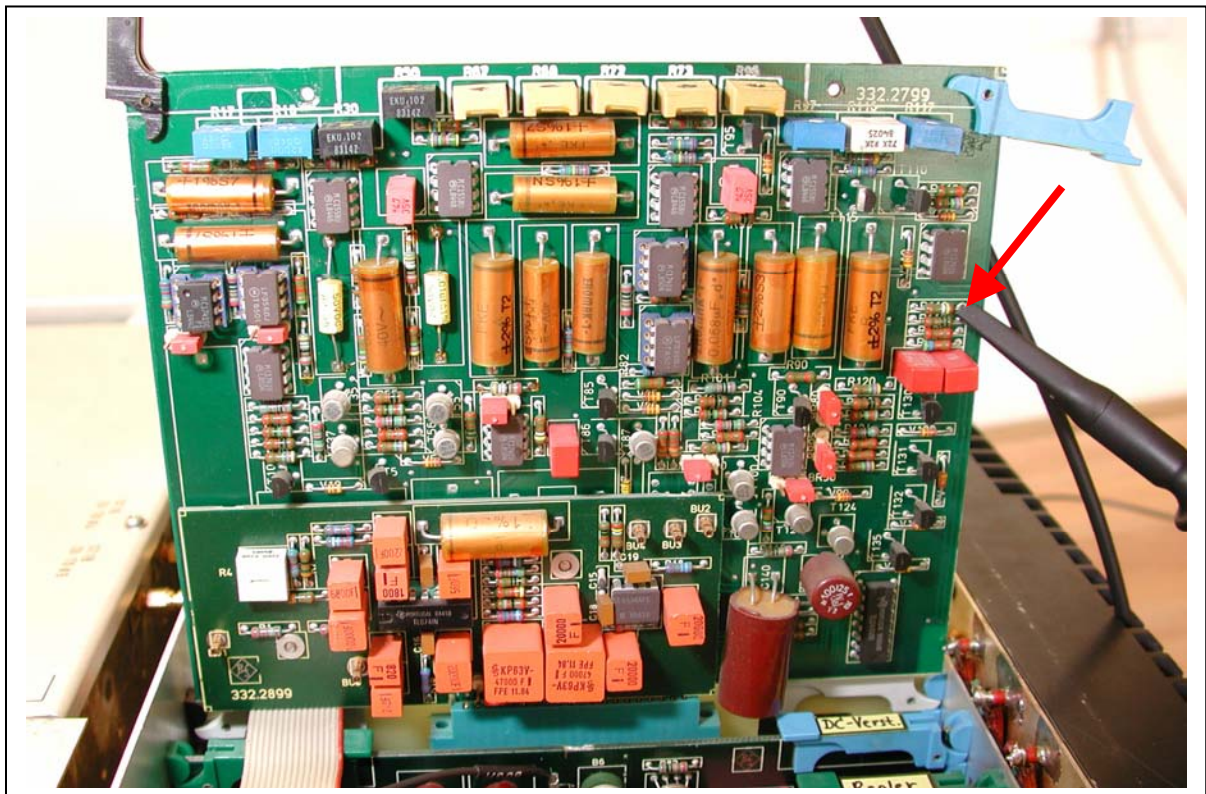
300Hz

303Hz

297Hz

Die Umschaltung erfolgt durch einen Haufen Transistoren vom Typ J111, die bei 0V Gatespannung etwa 20..250hm Widerstand zwischen Drain und Source messen lassen. Sobald sie mit -15V am Gate angesteuert werden, sperren sie. Damit schaltet man zwischen den beiden unterschiedlichen Polfrequenzen (1kHz/300Hz) um.

Alle Zweige sind nacheinander abzugleichen. Das macht man wie folgt:



Abgleich:

- a) Die Beschreibung des R&S-Manuals komplett vergessen (da stimmen noch nicht einmal die Abgleichpunkte).
- b) Oszilloskop mit Tastkopf an rechte Seite des Widerstands R113 anklebmen.
- c) Am SMFP den Klirrfaktormesser mit 1kHz bzw. 300Hz aktivieren.
- d) Mit einem HP8904 nun Signal verschiedener Frequenzen mit $U = 5V_{eff}$ in die Buchse "AC-Voltmeter" einspeisen:

Abgleich

- 1000Hz-Polfilter
Poti **R67, R68**
 - 1010Hz-Polfilter
Poti **R97**
 - 990Hz-Polfilter*
Poti **R117**
-
- 300Hz-Polfilter
Poti **R72, R73**
 - 303Hz-Polfilter
Poti **R96**
 - 297Hz-Polfilter*
Poti **R116**

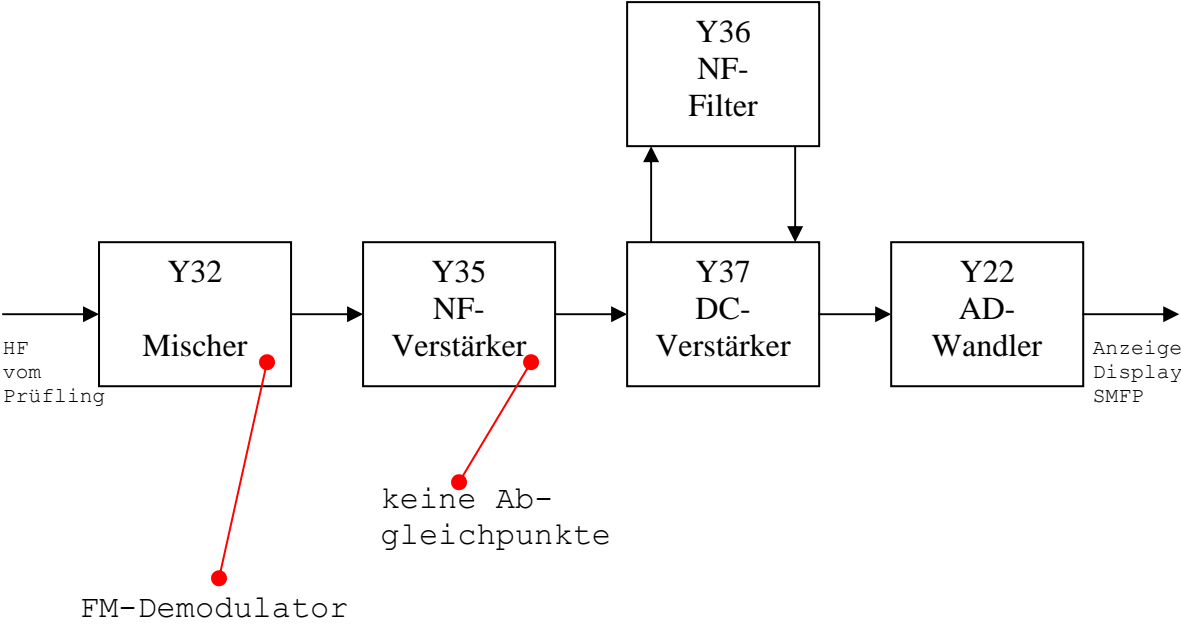
Dabei jeweils am Oszi auf Minimum abgleichen.

*WICHTIG: beim letzten Polfilter geht der Abgleich durch Abgriff an R113 nicht (zu große Belastung durch Tastkopf). Daher hier als Abgleichkontrolle die Klirrfaktormessanzeige des SMFP's benutzen! Es sind Klirrfaktoranzeigen bei $f=297\text{Hz}$ bzw. 990Hz von 0.0% erreichbar!

ABGLEICHWERTE			
$k_{min}(1\text{kHz})$	Soll=	<u> 0,0 </u> %	(300Hz): <u> 0,0 </u> %
$k_{min}(1\text{kHz})$	Ist=	<u> </u> %	(300Hz): <u> </u> %
Ergebnis: ok /nok			

FM-Hubmesser

Prinzipschaltbild des Signalverlaufs



7. HF-Leistungsmesser

Der Abgleich des HF-Leistungsmessers erfordert laut Manual spezielle HF-Leistungskalibrierquellen, die natürlich kein Mensch hat. Mit einem gut kalibrierten URV4 mit 10V-/500Ohm-Durchgangsmesskopf geht das aber auch.

Der Abgleich des Leistungsmessers erfolgt auf der Platine „Y37 DC-Verstärker“. Dort liegen die beiden Signale des HF-Dummyloads an (erste Diode: DC-Signal, das proportional zum HF-Pegel ist; zweite Diode: dient nur zur Temperaturkompensation für die erste Diode!).

Abgleich

SMFP auf Leistungsmessung schalten, aber noch nichts einspeisen.

1. Offset-Abgleich R23 Digitalvoltmeter an Pin6 von B4 klemmen (ggfs. Anlöten an R34!).

Mit R23 den DC-Offset auf 0V (+/- 0,1mV, schwer erreichbar, da Anzeige etwas wackelt) abgleichen.

ABGLEICHWERTE

U an B4/Pin6 Soll= 0,0 V IST: _____

Ergebnis: ok /nok

2. Offset-Abgleich R32 Nun Digitalvoltmeter an Pin6 von B5 klemmen (d.h. an MP8).

Nun mit R32 den DC-Offset auf 0V (+/- 0,1mV, schwer erreichbar, da Anzeige etwas wackelt) abgleichen.

ABGLEICHWERTE

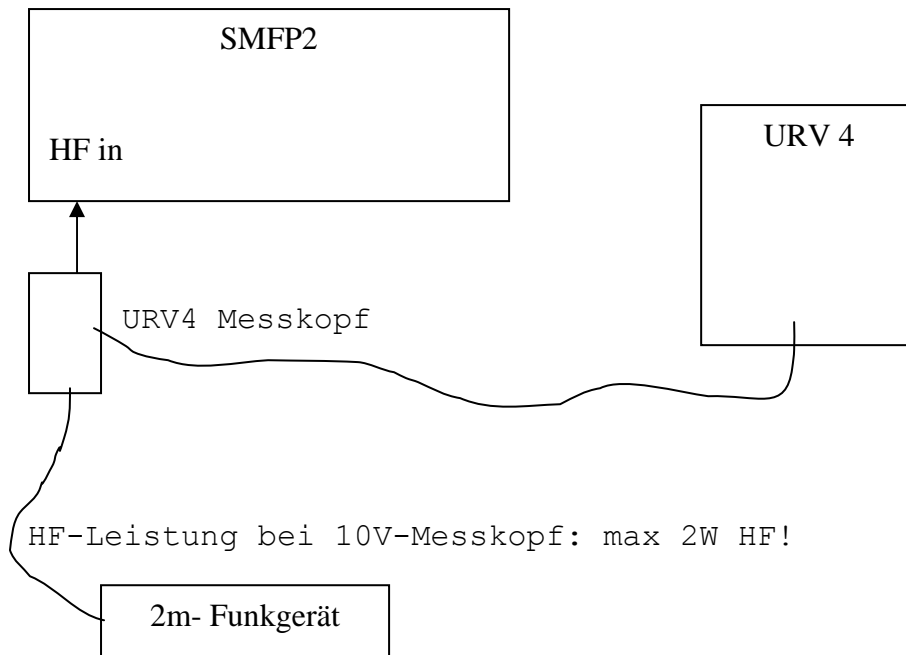
U an MP8 Soll= 0,0 V IST: _____

Ergebnis: ok /nok

3. Verstärkungs-Abgleich R70

Um die korrekte Anzeige zu kalibrieren, wird nun R70 so verdreht, dass die Anzeige im SMFP mit der eingespeisten Leistung übereinstimmt.

Dazu folgenden Messaufbau herstellen:



Mit dem 2m-Funkgerät auf kleiner Sendeleistung etwa 2W HF einspeisen. Mit dem direkt auf den SMFP angeschraubten N-Durchgangsmesskopf die eingespeiste HF-Spannung messen (URV4). Die aktuell eingespeiste Leistung ist:

$$P_{Soll(HF)} = \frac{U_{gemessenURV4}^2}{50\Omega}$$

Nun mit R70 den SMFP so kalibrieren, dass die korrekte HF-Leistung angezeigt wird.

ABGLEICHWERTE	
P HF in= _____ W	Anzeige SMFP: _____ W
Ergebnis: ok /nok	

Die Gleichspannung an MP8 ist übrigens der HF-Spannung wie folgt proportional:

$$U_{DCanMP8} = 0,128 \cdot U_{HF(URV4)}$$

HF-Leistungsmesser

Prinzipschaltbild des Signalverlaufs

