

Rohde & Schwarz SMDU- (m)eine Herzensangelegenheit!

1 Einleitung

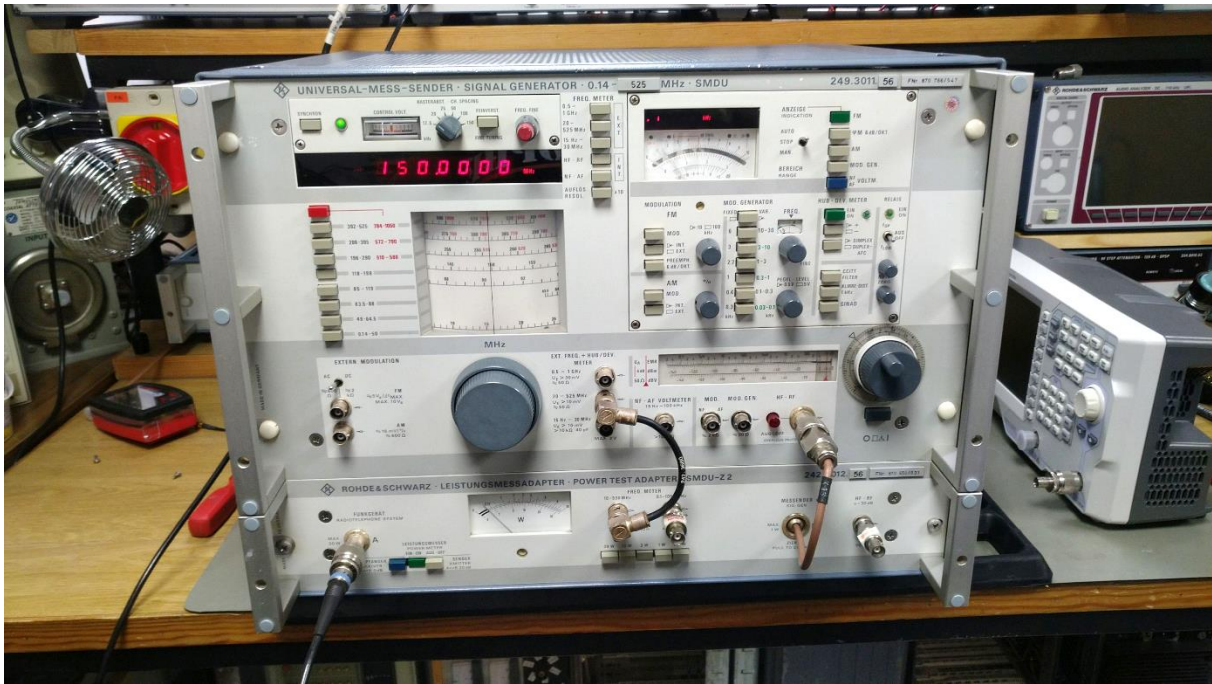


Abbildung 1: im Jahre 2020: mein "neuer alter" R&S SMDU

Ich war vielleicht um die 19 oder 20 Jahre alt, da bekam ich endlich meinen ersten "richtigen" Signalgenerator von R&S: einen SMDU! Er hatte die Verdoppleroption bis 1GHz eingebaut, die Synchronisation und auch eine Reverse-Power Protection, war also ziemlich gut ausgestattet und in gutem Zustand. Ihm fehlte leider der Hubmesser (den SMDU gibt es mit verschiedenen Modulator-Units), aber dafür war er technisch sonst noch ziemlich "hübsch" für ein von einer Firma ausgesondertes Gebrauchtgerät.



Abbildung 2: damals (ca. 1999) gab es noch keine Foto-Handies- das ist eines der wenigen Fotos, die ich von meinem "alten alten" SMDU habe!

Obwohl ich den SMDU damals schon sehr ins Herz schloss und stets voller Stolz und Bewunderung für ihn war, so wurde er dennoch bald überstrahlt durch 2,5 Sätze SMPU, die ich kurze Zeit darauf jemandem für 250 D-Mark gebraucht (und natürlich defekt) abkaufen konnte. Ich weiß noch, wie ich aus meinem kleinen und mit SMPU-Teilen hoffnungslos überladenen weißen Golf einen Freudesschrei in die Hildesheimer Nachtwelt ausstieß, als ich ihn damals vom Verkäufer abholte und nach Hause fuhr.

Mir ist es tatsächlich im Laufe der Zeit gelungen, alle SMPUs wieder zu reparieren und in ordnungsgemäßen Zustand zu versetzen. Und sogar eine IEEE488-basierte Computersteuerung habe ich mir für das Schätzchen gebaut und innerhalb etwa 2 Jahren programmiert- mit grafischer Ausgabe und unter Turbo-Pascal!

Auf der INTERRADIO 2001 konnte man mich mit meinem "Lieblings-Ausgeh-SMPU" und der Computersteuerung sehen. Das Teil war ein echter Hingucker.

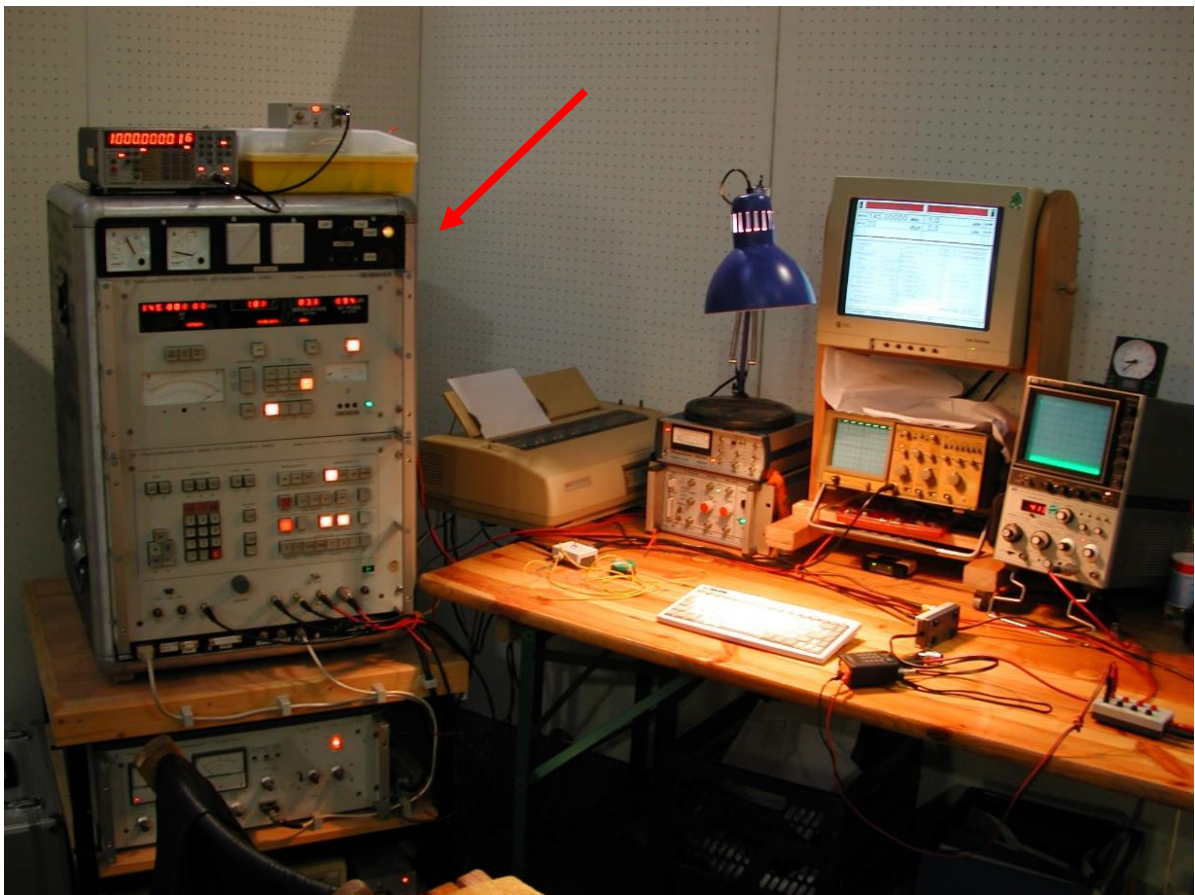


Abbildung 3: so sah mein selbstgebautes SMPU-Rack aus! Hat irgendwie Charme, oder?

Damals gab es noch keine LCD-Bildschirme. Aber auch dieser alte Röhrenmonitor verrichtete brav seinen Dienst. So sah mein selbstgeschriebenes Programm aus:

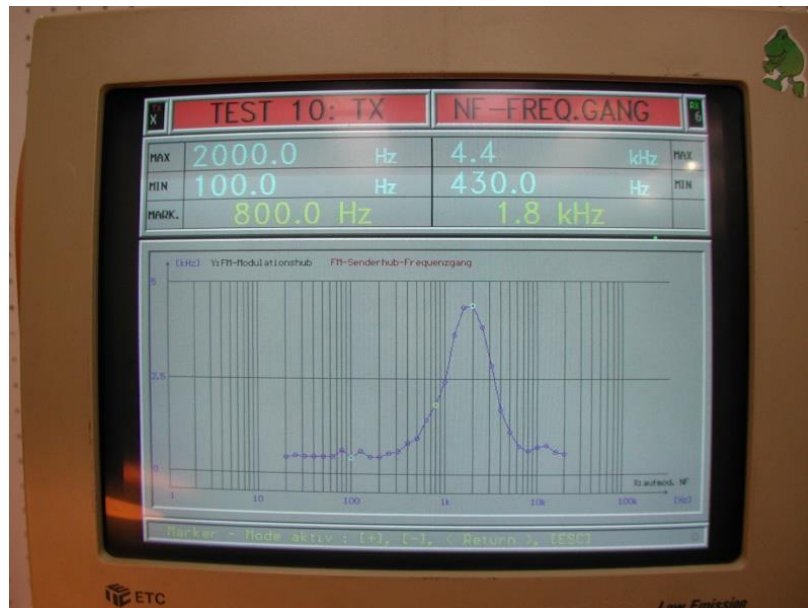


Abbildung 4: Amplitudenfrequenzgang vollautomatisch aufnehmen- das konnte meine SMPU-SW bereits im Jahre 2001!

Über die Jahre habe ich mich dann über einen (mehrere;-) SMFP2 hochgearbeitet zum CMT52 und dann schließlich zum CMS52, den ich noch heute besitze. Jeder dieser Messplätze hat irgendwie Sexappeal und wenn ich nicht nur begrenzten Platz hätte, würde ich mir von jedem heute noch einen hinstellen. Den SMPU, weil er einfach absolut kultig in der Bedienung ist mit seinen vielen Leuchtdrucktastern. Aber wegen seiner Komplexität und seines enormen Gewichts ein absoluter Albtraum in Transport und Reparatur (die man nach meiner Erfahrung auch 100%ig gewonnen hat, nachdem man ihn transportiert hat, denn IMMER war nach nur ein paar Kilometern Autobahnfahrt anschließend was kaputt)!



Abbildung 5: in so einem SMPU steckte ganz schön "Zeugs"- ein einzelner Satz bestand immer aus Anzeige- und Steuerteil...aber cool waren die Teile auf jeden Fall! Ich hatte am Ende 7 (funktionierende!) Sätze!!!

Den Nachfolger "SMFP2" kriegt man heutzutage schon fast nachgeworfen; die Schwachstellen liegen im Netzteil und den LC-Displays, für den aber findige Bastler bereits Umrüstsätze auf LED-Anzeigen entwickelt haben!

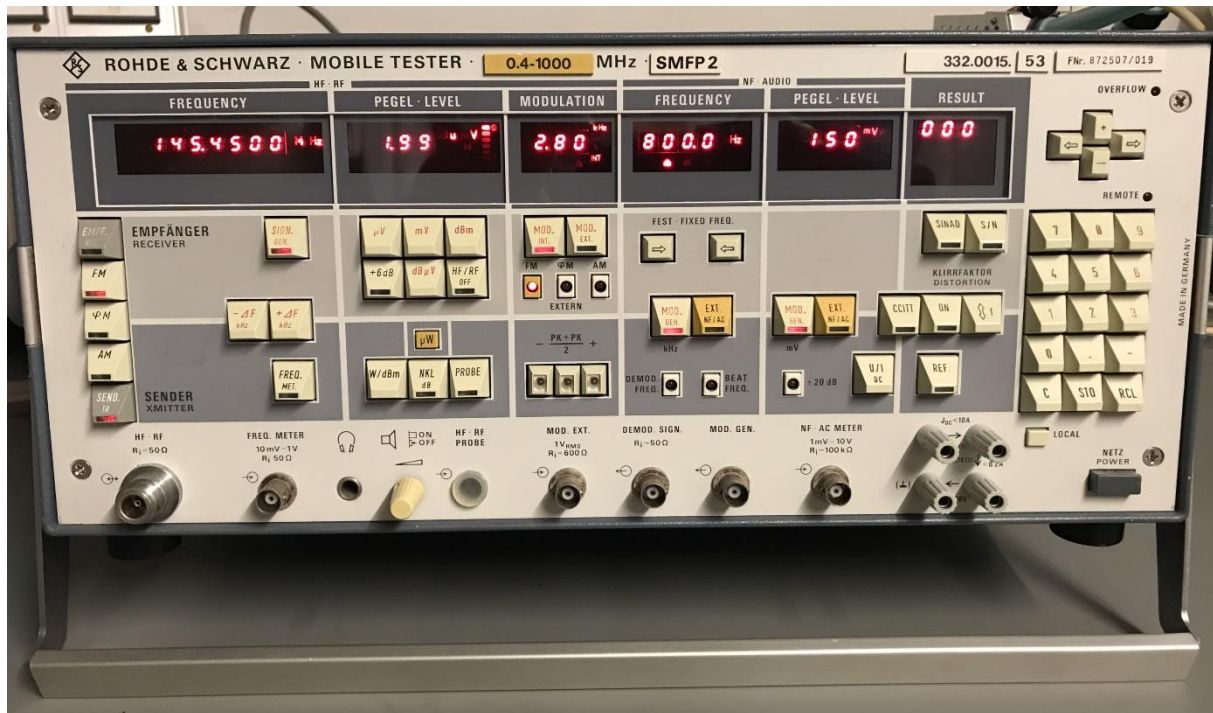


Abbildung 6: ein wirklich bemerkenswerter Umbau auf LED-Anzeige von Martin Jahn, DG3FFN

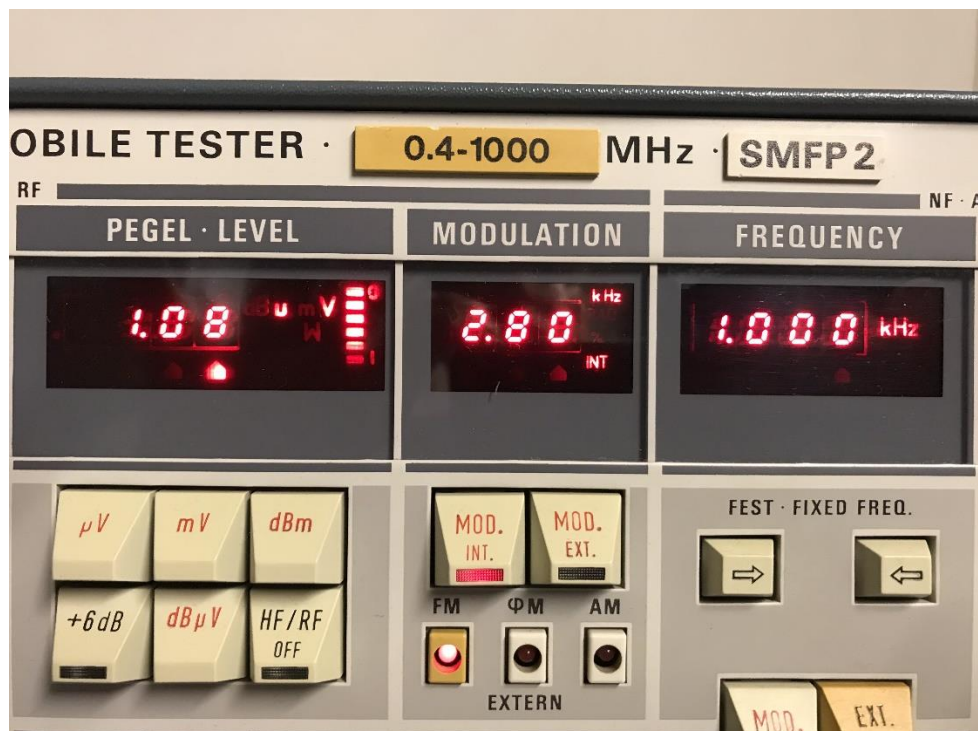


Abbildung 7: Man beachte bitte, mit wieviel Detailliebe sogar die Bargraphen und Einheitenanzeige exakt nachgebildet wurde!

So wundert es nicht, dass auch mein erster SMFP2 in genau diesen zwei Punkten defekt war. Den Umbausatz auf LED von Martin Jahn, DG3FFN gab es damals leider noch nicht, aber dafür hin und wieder noch originale Ersatz-LCDs zu kaufen!



Abbildung 8: R&S SMFP2: die Displays und das Netzteil sind häufige Schwachpunkte bei diesem Modell

Lange Zeit habe ich sehnsuchtsvoll nach einem SMFP2 Ausschau gehalten, denn es war meiner Meinung nach das erste, wirklich "tragbare" Gerät! Ich weiß noch, wie Messplatzteammitglied Stefan zum ersten mal einen auf der INTERRADIO gekauft und ihn uns süffisant grinsend auf den Messplatztisch gestellt hatte. Mann, was war ich damals neidisch!

Aber irgendwann war mir dann selber auch mal einer vergönnt. Mit frischen LCD-Anzeigen und nachgerüsteten Ausgleichswiderständen im Netzteil lief er super!



Abbildung 9: meine Computersteuerung hatte ich auf den SMFP-Befehlssatz umgestellt und funktionierte problemlos!

Danach kam die Generation CMT. Nach wie vor meine "heimliche Liebe", denn bezüglich Phasenrauschen in etwa so gut wie ein SMG und bezüglich Bedienung kenne ich kaum was Besseres. Ähnlich, wie das Bedienfeld der Klimaanlage in einem 3er-BMW der Reihe E36: aufgeräumt und klar- ohne Doppelbelegungen oder Untermenüs. Allerdings: für einige Dinge muss man leider ein paar Codes für die Spezialfunktionen auswendig lernen (z.B. Starten von Messroutinen für Empfindlichkeit, Bandbreite, usw.).



Abbildung 10: R&S CMT52- hier beim Messen seiner Stromaufnahme

Wie ich an das nächste Bild gekommen bin, verrate ich erst im nächsten Reparaturbericht :-)

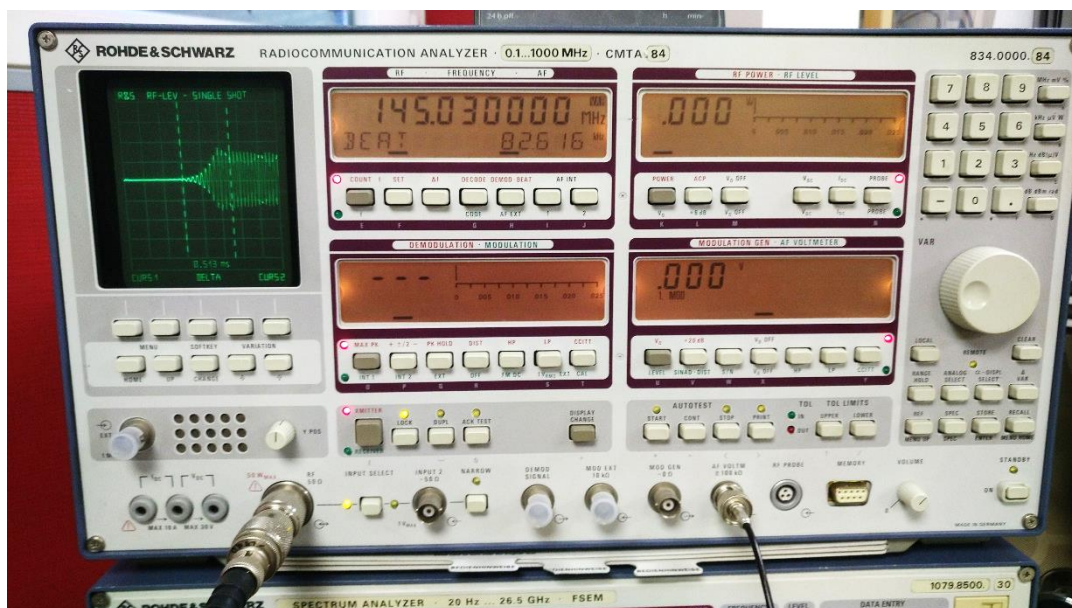


Abbildung 11: und sein großer Bruder- ein sehr seltener CMTA84

Einen CMTA zu besitzen, ist noch ein Traum von mir, denn das ist quasi die Edel-Version des CMT; u.a. mit eingebautem NF-Speki. Er kann ohne irgendwelche Zusatz-HW sogar Einschwingvorgänge messen und hat möglicherweise sogar noch eine etwas bessere Performance des Signalgenerators als der CMT (zumindest hat er 1Hz Auflösung). Bislang ist es nur Messplatzmitglied Martin vergönnt, einen zu besitzen, und ich hoffe darauf, dass er mich irgendwann in der Zukunft einmal fragen wird, ob er ihn mir schenken darf... ha ha ha ;-)

Der CMS52, der danach folgte, besticht zweifellos durch seine kompakten Abmessungen und sehr robuste Bauweise. Ich kenne hier so gut wie keine ausgemachten oder "typischen" Schwachstellen mehr. Außer vielleicht dem Backlight bei den alten Modellen. Das ist eine Leuchtfolie, die sich irgendwann verbraucht hat und dann ausgetauscht werden muss. Leider erzeugt der CMS52 konzeptbedingt furchtbares Phasenrauschen, das empfindliche Ohren in einem normalen SSB-Empfänger bereits hören können. Nichtsdestotrotz ist er für mich immernoch die 1. Wahl für den rauen Messebetrieb, denn er dürfte einer der robustesten Messplätze sein, die R&S je gebaut hat. Noch immer existieren bei vielen Firmen und Behörden tausende dieser Geräte und tun brav ihren täglichen Dienst (z.B. analoger Flugfunk, Bahn, usw.).



Abbildung 12: ich gebe zu, dass es bei mir zwischenzeitlich mit der R&S-Messplatzliebe etwas überhandnahm...

Die Frage ist doch aber:

Wie kommt es aber nun zu diesem "Rückfall"- einem SMDU?

2 Schuld daran ist Martin!

Aber nicht der Messplatz-Martin aus der FSEK-Eichleitungsreparatur und dem CMTA, sondern Martin Nr.2. In etwa genauso verrückt wie Martin Nr. 1 und ebenfalls leidenschaftlich in Technik und Messgeräte verliebt, aber im wahren Leben Arzt und wohnt nicht mehr als eine gute halbe Stunde Autofahrt von mir entfernt.

Spätestens auf dem funk.TAG in Kassel, wenn wir wieder unsere ganze Messtechnik aufgebaut haben, besucht mich Martin Nr.2 und zeigt mir wieder all die schönen neuen Sachen, die er sich im zurückliegenden Jahr gekauft hat. Somit kennen wir uns schon über etliche Jahre und schon damals drohte mir Martin Nr.2 irgendwann einmal einen alten SMDU an.

Im Neuen Jahr 2020 war es schließlich so weit: als Martin Nr.2 mit dem SMDU inklusive SMDU-Z2 bei mir in der Eingangstür stand, konnte ich nicht mehr widerstehen. Ähnlich wie meiner alter SMDU von damals, verfügte er über den Synchronisations-Zusatz und die Reverse-Power-Protection. Statt der 1GHz-Erweiterung (die uns als Funkamateuren mit Frequenzbändern von 430MHz und dann erst wieder 1200MHz aber nicht wirklich viel bringt) hat er aber den Hubmesser inklusive Klirrfaktor- und SINAD-Messer eingebaut und das machte mich schließlich schwach. Auch der Fakt, dass die Synchronisation schon über die neueste mir bekannte Version mit "richtigen" LED-Anzeigen verfügte (und nicht die TIL306/TIL308-Anzeigen und auch nicht die mit den dünnen Segmenten und dem EMV-Schirmgeflecht davor), ließ mich schließlich "ja" sagen.

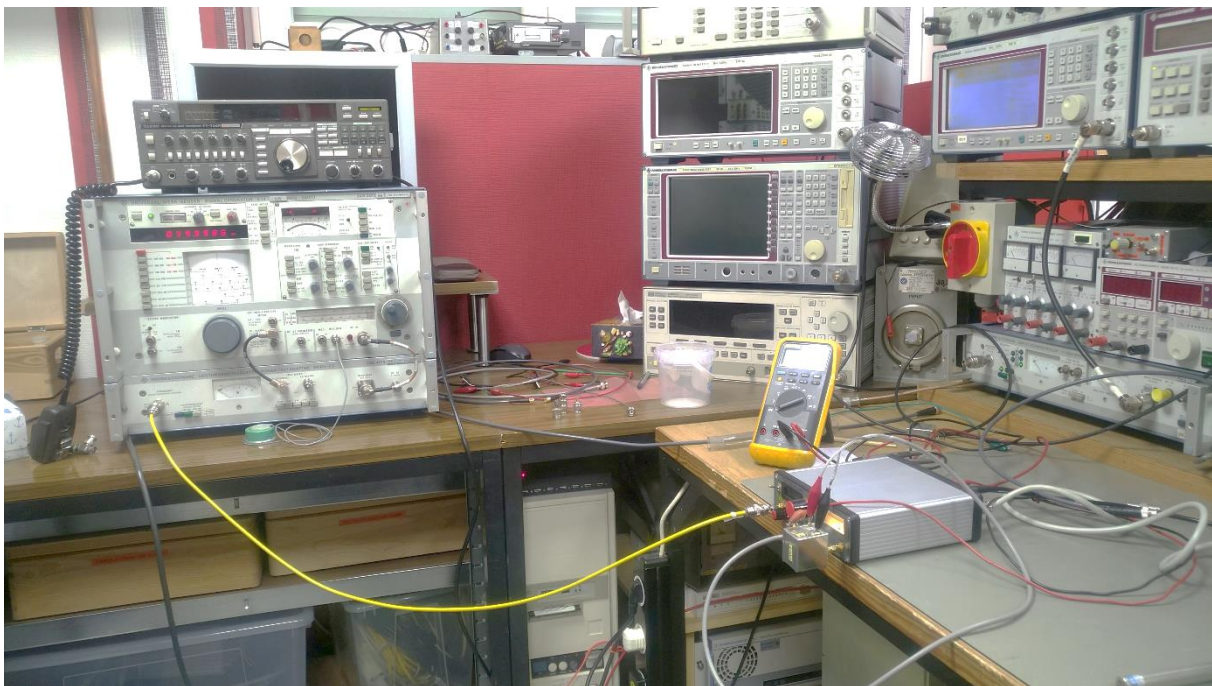


Abbildung 13: Messung des SMDU Phasenrauschens nach erfolgter Restauration

Bei einer intensiven Keller-Session am Messplatz prüfte ich den SMDU aber erstmal richtig durch. An vielen Stellen erkennt man, dass wir hier eine der letzten Geräteversionen der SMDU-Reihe auf dem Tisch haben. Nicht nur die LED-Anzeige der Synchronisation verrät uns das, sondern auch die grün eingefärbte Tastkappe für den Hubmesser (sonst grau). Bekannte Schwachstellen bei den Geräten sind defekte Ausgangsabschwächer (insbesondere Brandstellen bei den Versionen ohne Reverse-Power-Protection) sowie festsitzende Achsen für die Verstellung der Frequenz des Tongenerators (nur bei den Versionen ohne Hubmesser), die man dann übrigens nie mit Gewalt zu drehen versuchen darf, denn dann brechen sie ab!

Nicht so bekannt ist, dass es da einen Elko im Signalweg des unteren Frequenzbereichs gibt, den R&S bei einigen Serien verkehrt herum eingelötet hat und der für eine schlechte Kurvenform unterhalb 50MHz verantwortlich ist. Aber der Rest der SMDU-Technik arbeitet üblicherweise grundsolide, und somit wunderte es auch nicht, dass bei diesem Gerät fast alles funktionierte! (Zumindest am Anfang... ;-)

Ein wenig Probleme zeigen sich gleich zu Beginn jedoch trotzdem: beispielsweise der Klirrfaktor- und SINAD-Messer. Hier sind vermutlich Kontaktschwierigkeiten die Hauptursache, dass es hier oft hakete und meist keine sinnvolle Anzeige zustande kam. Aber bei einem Blick unter den Deckel war mir das auch sofort klar: so einen dreckigen SMDU hatte ich selten gesehen. Die HF-Dosen teilweise rabenschwarz angegammelt, da dürfte es in den Schaltern und Kontakten im Innern nicht besser aussehen!

Von unten war das Aussehen jedoch einwandfrei; somit gehe ich davon aus, dass dieser SMDU jahrelang Feuchtigkeit von oben abbekommen haben muss. Mit "Feuchtigkeit" meine ich jetzt aber nicht gleich zwangsläufig einen reinregnenden Dachboden. Über längere Zeit unverpackt gelagert, reicht hier wahrscheinlich schon ein feuchter Keller oder Gartenschuppen mit stark schwankenden Temperaturen (noch schlimmer wäre wahrscheinlich noch ein Schweinestall, wo dann noch Sulfite in der Luft sind), die das Kondensieren von Feuchtigkeit mit Staub auf den thermisch trägen HF-Schirmkästen bewirkt. Die Elektronik im Innern dieser Kästchen ist dann natürlich gut geschützt- trotzdem sehen die schwarz angelauten Oberflächen erstmal sehr abschreckend aus.

Am Amplitudencontroller SMDU-Z2 finde ich ein Problem in der Position "OFF"- hier produziert der Zeiger am Messinstrument einen Dauerausschlag auf 2/3 der Anzeige. Das ist komisch, aber im "ON"-Betrieb zeigt das Gerät beim Einspeisen von 2W HF absolut sinnvolle Werte an (überprüft mit 100V Durchgangskopf und R&S NRVD).

Fazit: dieser SMDU sieht im Innern auf den ersten Blick total verrannt aus, bietet beim näheren Hinschauen jedoch dennoch gute Substanz, ist eine moderne Version, hat interessante Optionen, braucht aber etwas Liebe. Das sieht Martin Nr. 2 auch so und für nur einen sehr geringen Betrag im Gegenwert von vielleicht zwei Kästen alkoholischer Flüssignahrung wechselt die SMDU-Burg den Besitzer.

Martin Nr.1 kriegt davon natürlich sofort Wind und bietet mir spontan 1 Kiste Bier an, wenn ich das Teil bis April so gut restauriert kriege, dass ich mich damit auf den nächsten funk.TAG traue und es dort am Messplatz einsetze!

Die Wette gilt!!!!

Somit wisst ihr also, warum ich im April 2020 mit diesem Dickschiff auf dem Stand in Kassel erscheinen werde!* :-)))

Achja- und alle die, die zu mir an den Messplatz kommen und mir zum Trost ebenfalls eine Flasche Bier an den Stand mitbringen, kriegen ein Foto mit mir zusammen und dem SMDU und werden im nächsten Reparaturbericht mit Bild erwähnt!

Ist das was? ;-)

* Nachtrag August 2020:

Zu diesem Zeitpunkt wusste noch niemand, was der Welt durch die Corona-Pandemie in den nächsten Monaten (Jahren?) alles noch an Einschränkungen und Lock-Downs bevorstehen würde. Wie wohl fast alle anderen Großveranstaltungen in Deutschland, musste schließlich auch der funk.TAG 2020 vom Veranstalter abgesagt werden. Daher wurde aus der Bierwette bislang leider nichts! :-(

3 Schlachtplan

Aber vor dem Genuss von Gerstensaft und HF steht die Arbeit der Restauration. Schließlich will ich mich mit der Kiste nicht blamieren und schon gar nicht unsere eigenen Qualitätsansprüche an Messgenauigkeit und Zuverlässigkeit unserer Messungen im Messplatzteam beschädigen. Das geht nur, wenn ich mir wirklich 100%ig sicher bin, dass dieser SMDU der Aufgabe auch gewachsen ist: eine Restauration wird nötig!

Wie immer, prüfe ich bei einer Restauration zuerst die Spannungen des Netzteils. Die kann man ganz gut an der Steckverbindung auf der Rückseite messen. Interessant ist, dass der SMDU zwei getrennte Versorgungen für +15V besitzt. Momentan sieht alles gut aus, auch die Restwelligkeit (Elkos!); später wird mir ein 7815-Stabi (im TO-3 Gehäuse!) ausfallen, aber dazu später mehr.



Abbildung 14: SMDU Netzteil mit Steckerleiste

Also greife ich zuerst die Stellen an, wo ich Probleme gesehen habe: den Bereich des Klirrfaktormessers und des Hubmessers. Die befinden sich in der Einheit "Modulatoreinschub Y8", die ich hier in der "Funkgeräteausführung" habe- also mit(!) Hubmesser.

Die ganze Einheit Y8 kann man ziemlich gut warten, denn nach dem Entfernen von 4 Schrauben in der Frontplatte und Durchknipsen eines einzelnen Kabelbinders kann man die Baugruppe komplett nach vorne herausziehen und auf den Tisch stellen. Bis auf die beiden SMC-Kabel ist der Rest des Kabelschwanzes lang genug, dass man die ganze Baugruppe sogar liegend auf dem Tisch betreiben kann! Super gemacht, Jungs in München!



Abbildung 15: Y8 lässt sich sehr gut nach vorne ausbauen!

Dann mache ich eine erste optische Inspektion. Das Ergebnis verspricht viel Arbeit: die Feuchtigkeit scheint an allen wesentlichen Kontaktstellen ihre Spuren hinterlassen zu haben. Nur dort, wo etwas vergoldet war (z.B. SMC-Stecker, Pfostenstecker), hat es die jahrelange Lagerung ohne Probleme überstanden. Entsprechend drastisch wähle ich die Maßnahmen:

1. Der komplette Tastensatz wird ausgebaut, zerlegt, gereinigt, konserviert, zusammengebaut und gemessen.
Das wird mich mehrere Tage kosten.

2. Die kompletten IC-Fassungen werden gegen welche mit gedrehten Kontakten ausgewechselt.
Auch das kostet mich weitere Tage.

3. Die Elkos werden geprüft; ggfs. gewechselt.

4. Die Frontplatte wird gereinigt.

Dass die übrigens die einzige auf der Welt zu sein scheint, bei der bloßes Geschirrspülmittel die Farbe anlöst, werde ich erst später -aber gerade noch rechtzeitig!- merken.

Kurz: wir reden über eine Komplett-Aufarbeitung der Modulator/Hubmesser/Klirrfaktorbaugruppen.

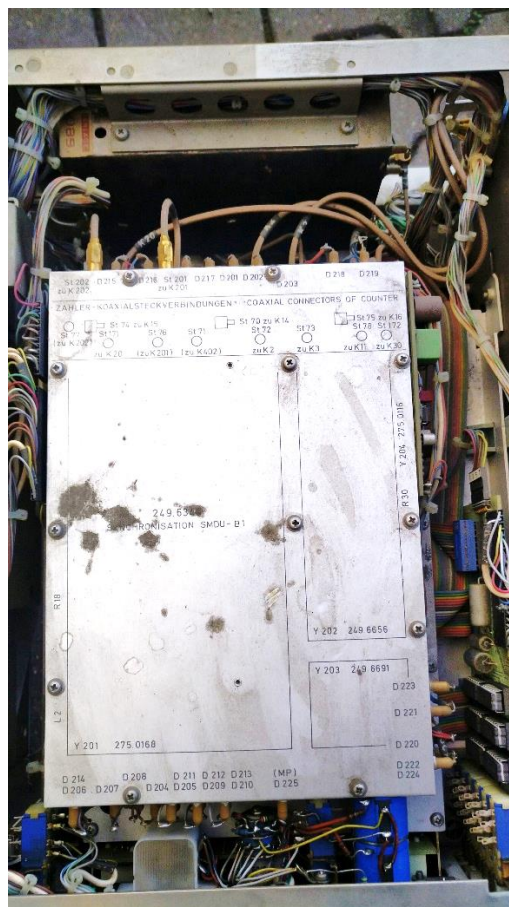


Abbildung 16: sau-dreckig, aber man kommt trotzdem ganz gut überall dran (hier: Synchronisations-Zusatz)

4 Tastensatz

Um es kurz zu machen: ohne Entlötstation läuft hier nichts! Die Tasten der Tastenmechanik müssen einzeln freigelötet, dann nach oben entnommen und schließlich komplett händisch demontiert werden. Dann kommen die Betätigungsachse, Federn, Kugeln, Verriegelungsbleche und ein paar teilweise sehr angegriffen aussehende Kontaktflächen zum Vorschein, die ich mit Kontakt 60, dann Kontakt WL und schließlich mit nachgebaute Siemens Wählerfett (=weiße Vaseline + Petroleum) wieder konserviere. Es ist sehr wichtig, dass man das Kontakt 60 nach der Anwendung komplett neutralisiert und wieder entfernt, denn es frisst sich sonst über die Jahre komplett durch die Kontakte und zerstört sie schließlich. Damit wäre dann mehr kaputt gemacht als repariert.



Abbildung 17: SMDU-Modulator/Demodulator

Das Zusammensetzen der Tasten gelingt mit etwas Geschick, wenngleich ich auch bestimmt 3x unter meinem Labortisch versehentlich heruntergefallene Kügelchen oder Federchen suchen muss. Vor dem Wiedereinlöten prüfe ich mit dem Multimeter Isolations- und Durchgangswiderstand. Die Reinigung bringt ganz schön was, wenn man es zu vorher vergleicht. Und das ist auch wichtig: gerade bei der Messung sehr kleiner Klirrfaktoren können Übergangswiderstände im Signalpfad (gerade an Oxidschichten!) selbst nichtlineare Verzerrungen erzeugen, die dann unweigerlich mitgemessen werden und das Ergebnis schlechter erscheinen lassen, als es beim Prüfling in Wirklichkeit ist.

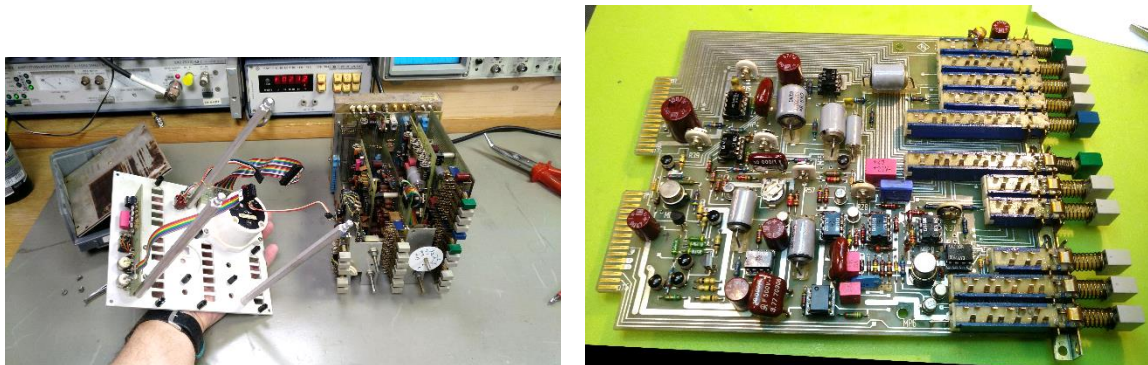


Abbildung 18: links: Modulator-Baugruppe auseinanderbauen, rechts: ein Tastensatz wartet auf die Komplett-Restauration. Das alleine dauert Stunden!!!

5 Anzeige

Natürlich reiße ich die Baugruppe gleich komplett auseinander, so dass auch der Weg frei ist zur Überprüfung des Messinstruments. Mit meinem Kalibrator prüfe ich den Endausschlag und die Linearität des SMDU Messinstrumentes. Ergebnis: einwandfrei! Selbst nach so vielen Jahren noch! Toll!

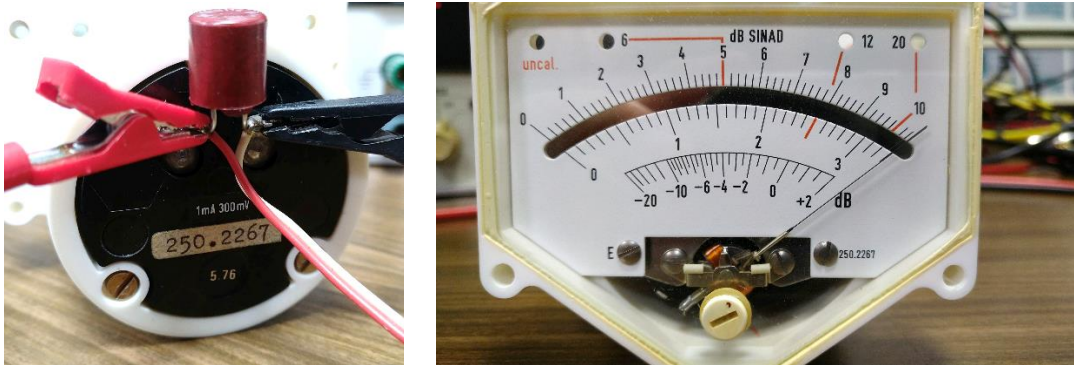


Abbildung 19: Prüfung des Messinstruments mit dem Kalibrator

6 Kondensatoren

Nun zu den Röderstein-Elkos. Die haben bei vielen Leuten einen schlechten Ruf. Verstehe ich gar nicht. Natürlich hab ich hin und wieder auch schonmal defekte Röderstein-Elkos (aber auch von anderen Herstellern!) gehabt, aber allein deswegen auf eine pauschale Abwertung dieser Bauteile zu schließen, geht mir persönlich etwas weit. Ich löte ein paar aus und messe sie. Ergebnis: alle gemessenen Elkos im SMDUs sind von den Messwerten her noch immer besser als nagelneue aus meiner Bastelkiste!!! Ich lasse sie daher alle drin, prüfe sicherheits- halber nochmal in-circuit ihr ESR. Dazu eignet sich gut mein Atlas ESR70-Tester. Aber auch hier: alles super!! Wenigstens die Elko-Wechselorgie ist vermutlich nicht notwendig!

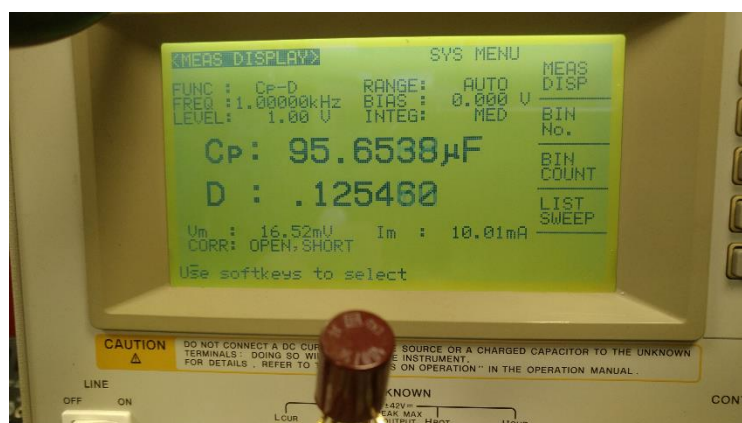


Abbildung 20: dieser Elko ist einwandfrei, also bleibt er drin!

Also gehen wir es an. Als nächstes kommt das...

7 CCITT-Filter

Das Sprechfunk-Bewertungsfilter ist normalerweise nach der Norm CCITT P53a ausgelegt. Es hat seinen 0dB-Punkt bei 800Hz und ahmt einen Sprechfunk-Analogkanal von etwa 3kHz Bandbreite nach. Es ist sehr wichtig, dass man z.B. bei Klirrfaktorangaben die ihr jeweils zugrunde liegende Messbandbreite immer mit angibt, denn ansonsten ist die Angabe eines Klirrfaktorwerts strenggenommen nicht möglich. In der Praxis liegen zwischen ein- und ausgeschaltetem CCITT-Filter meist keine großen Unterschiede; alleine schon deswegen, weil bei Amateurfunkgeräten bereits eine eigene Bandbreitenbegrenzung greift, die in ihrem Verlauf meist dem des CCITT-Filters schon sehr ähnlich ist. Trotzdem: das Filter im SMDU muss schon funktionieren und hier merke ich, dass jemand einen Kondensator an Position C32 herausgelötet hat! Warum, weiß ich (noch!) nicht, aber an der Stelle C32 gehört eigentlich ein hochwertiger Folienkondensator hinein, wo bei mir Leere herrscht.

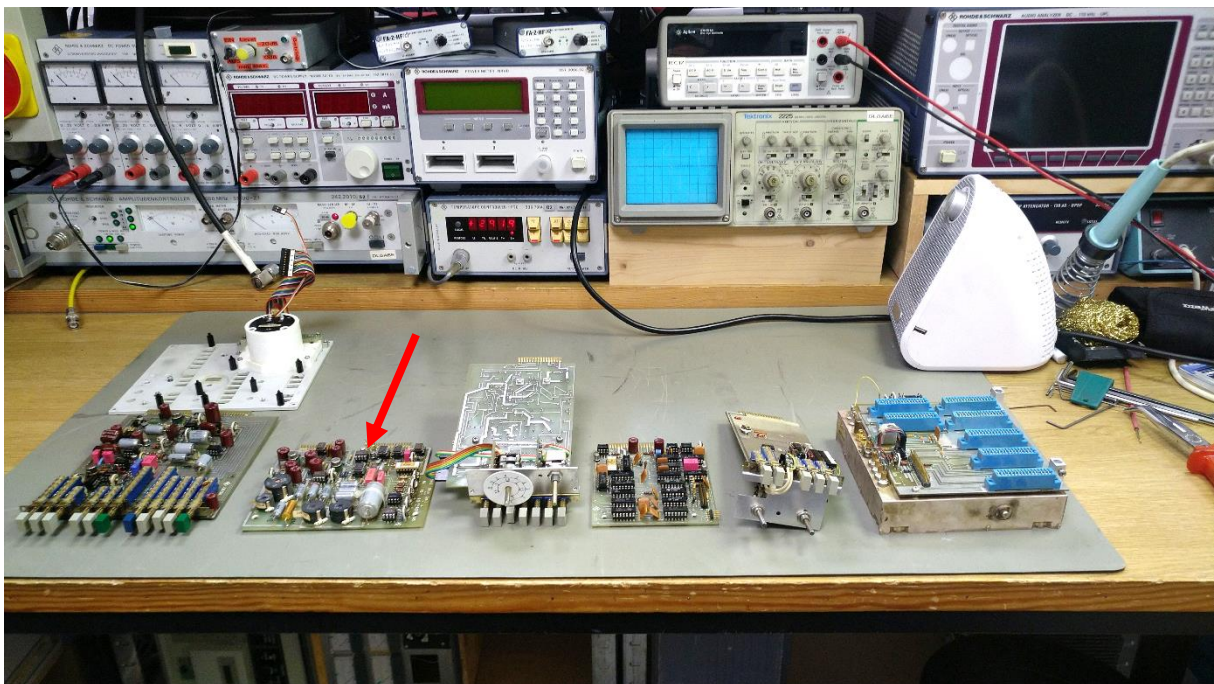


Abbildung 21: das CCITT-Filter (Pfeil) ist eine Baugruppe des Y8 Modulatoreinschubs

Und nun kommt es: auf der Suche nach einem Ersatz für C32 löte ich zuerst einen seiner uralten Nachbarn aus und messe ihn an meinem Precision LCR Meter HP4284A bezüglich seines Soll-Wertes nach. Was soll ich sagen. So viele Nullen hinter dem Komma beim Verlustfaktor habe ich in meinem Leben noch nie bei einem Kondensator überhaupt gesehen! Wir reden über Leckströme von 1GOhm und mehr, was eine irre hohe Bauteilgüte beweist!!

Hinweis von Martin Nr2.:

die Kondensatoren scheinen laut Aufdruck vom Hersteller "Schümann" zu stammen, den es heutzutage aber leider nicht mehr zu geben scheint. Laut eines alten Produktprospektes war er ein Spezialist in der Herstellung qualitativ höchstwertiger Kondensatoren in Kleinserien auf Kundenwunsch. Das passt doch wunderbar zum SMDU und seinen Filtern! Wir haben hier also wirklich ganz exquisite Ware auf dem Tisch!

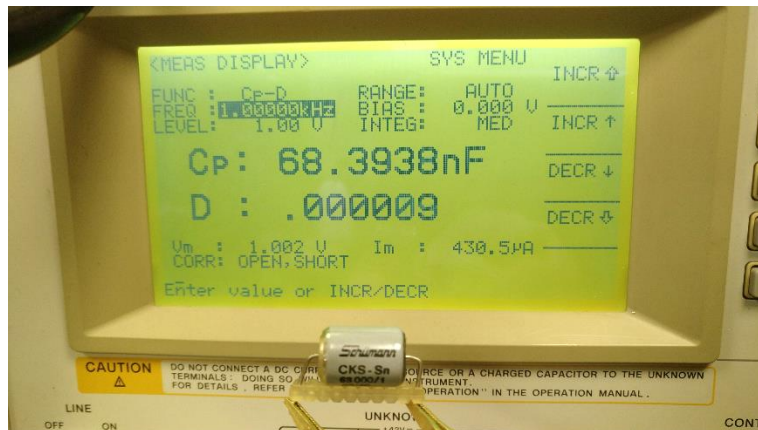


Abbildung 22: extrem hochwertige Kondensatoren im CCITT-Filter!

Die alten Teile sind so gut, wie ich es noch nie erlebt habe! Ich kann keinen einzigen gleichwertig guten Ersatzkondensator in meinem ganzen Bestand finden, sondern nur einen "sehr guten". Was der SMDU hier verbaut hat, ist zweifellos "Referenzklasse"!

Trotzdem wird das CCITT-Filter am Ende nicht gleich vernünftig funktionieren, aber mehr dazu später.

8 IC-Fassungen

Große Baustelle. Ich wechsele sämtliche IC-Fassungen aus und ersetze sie durch welche mit gedrehten Fassungen. Dabei entdecke ich, dass nicht nur die Kontakte, sondern auch viele ICs komplett schwarz angelaufene Beinchen haben! Mit einem Glashaarrädler pinsele ich sie vor dem Wiedereinsetzen in die neuen Fassungen wieder frei, so dass sie wieder vernünftig Kontakt haben können. (Vorsicht: Atemschutz! Glashaar-Partikel können in die Lunge gelangen und sind nicht gesund!) Ich bin fest überzeugt, dass damit einige Probleme im Klirrfaktormesser schon beseitigt wurden!

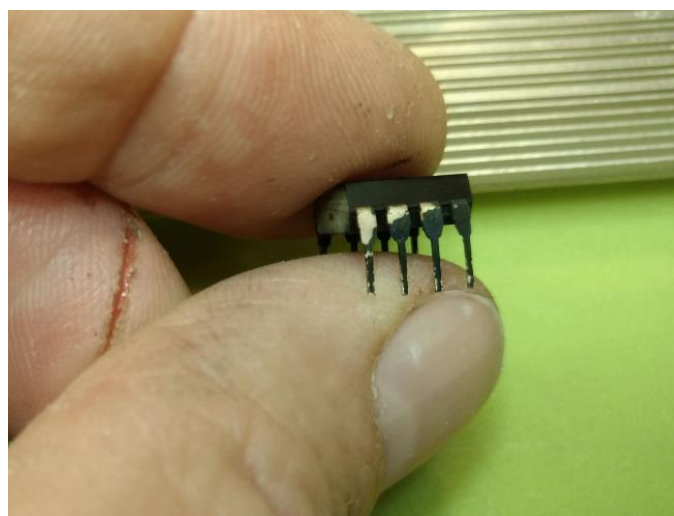


Abbildung 23: schwarzer Kopf, schwarze Füße...;-)

9 Zusammenbau

Jede freie Minute der Nach-Weihnachtstage verbringe ich am SMDU. Am Ende baue ich den voll restaurierten Modulator-Block wieder zusammen und teste ihn. Ergebnis: der Klirrfaktormesser funktioniert nun! Ebenso das SINAD-Meter und auch der Tongenerator ist nun stabil. Einzig das CCITT-Filter scheint noch nicht nach Spec zu sein, aber das werde ich mal mit meinem UPL Audioanalyzer nachmessen.

Um die Performance des Klirrfaktormessers zu beurteilen, verwende ich meinen modifizierten HP339A als Signalquelle. Ich kenne für NF keine sauberere Signalquelle als ihn. Es zeigt sich, dass der SMDU bereits jetzt Klirrfaktor bis hinunter zu etwa 0,1% messen kann. Und das, obwohl ich noch nicht einmal irgendeinen Nachgleich gemacht habe.



Abbildung 24: Noisefloor des Klirrfaktormessers liegt unter 0,1% THD

Der interne Tongenerator des SMDU erreicht etwa 0,4% THD (Messbandbreite: 20Hz..23kHz). Vergleichen mit der Spezifikation (max. 1%) ist das absolut ok.

Das Voltmeter scheint ein bisschen wenig anzuzeigen; der Endausschlag stimmt nicht immer. Auch da wird sicher ein Nachgleich helfen.

Der SINAD-Messer für die Punkte von 6dB, 12dB und 20dB funktioniert bereits in diesem Zustand erstaunlich gut. Wenn ich die so ermittelten Werte mit Messungen meines R&S FMA vergleiche, stimmen sie bis auf das dB genau überein. Also auch hier ein voller Erfolg! Trotzdem will ich ja das Beste aus dem SMDU herauskitzeln, daher mach ich definitiv noch einen Nachgleich.

Bleibt also noch zu tun:

1. Abgleich NF-Voltmeter
2. Nachgleich Klirrfaktormessbrücke
3. Nachgleich Tongenerator
4. Kontrolle/Nachgleich Hubmesser

Doch vorher gibt es noch eine...

10 Es rauscht...!

Eingangs hatte ich mich etwas informiert: der SMDU besitzt freilaufende Oszillatoren, die von Prof. Ulrich L. Rohde höchstpersönlich sogar mit der Performance eines HP8640 verglichen werden. In dem Buch "Microwave and Wireless Synthesizers: Theory and Design" auf Seite 116 sieht man ein Phasenrausch-Diagramm, in dem der HP8640 zusammen mit dem R&S SMDU aufgeführt ist. Der HP8640 ist ein in der Industrie anerkannter Standard für eigentlich sehr rauscharme Generatoren- zumindest erzählt einem das jeder. Laut des dort dargestellten Diagrammes sei der SMDU dem 8640 in dieser Disziplin mindestens ebenbürtig! Dementsprechend hoch waren meine Erwartungen.

Trotzdem muss ich nun feststellen, dass zumindest dieser SMDU hier, den ich aktuell auf dem Tisch habe, ein so starkes Phasenrauschen erzeugt, dass man zur Messung noch nicht einmal einen Double Balanced Mixer braucht, um es zu messen. Bereits mein R&S FMA Modulationsanalyzer demoduliert das von meinem SMDU erzeugte Phasenrauschen mühelos. Gute 25Hz RMS lese ich da ab- im Gegensatz zu einem R&S SME03, der hier eine Anzeige von etwa nur 1,08Hz RMS abliefert (und ich nicht mal mehr sicher bin, ob das nicht vielleicht sogar vom FMA selber erzeugt wird)!

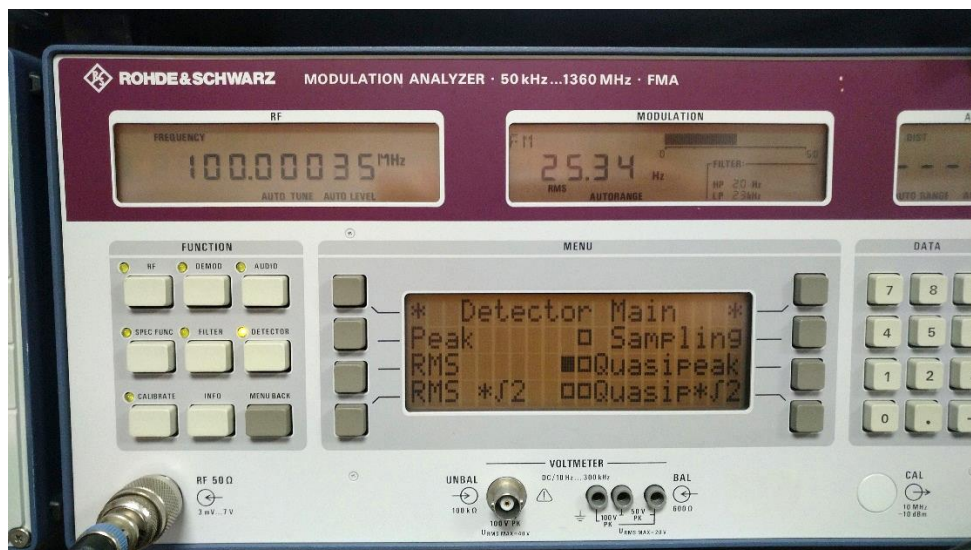


Abbildung 25: wir messen zu Beginn fett 25Hz RMS Störmodulation (20Hz..23kHz)!

Die 25Hz sind jedenfalls so schlecht, dass selbst meine bislang am stärksten rauschende Signalquelle -der R&S CMS52!- hiervon in den Schatten gestellt wird.*

*Hinweis:

später werde ich den SMDU erst auf 3,5Hz RMS Störmodulation, **dann sogar final auf 2,0Hz RMS** (PLL aktiviert; $f=100\text{MHz}$, Messung mit R&S FMA, Bandbreite 20Hz..23kHz) kriegen. Das deckt sich jetzt endlich mit dem Manual, wo auf Seite R32093-47 ein zulässiger FM-Störhub von "typ.10Hz (CCIR-Bewertung 20Hz..15kHz)" beschrieben ist. In der Annahme, dass es sich dabei um einen peak-peak-Wert handelt, wäre der RMS-Wert dann wohl $<5\text{Hz RMS}$ (je nachdem, wie groß der angenommene crest-Faktor zur Umrechnung ist). Somit scheint das für einen korrekt funktionierenden SMDU nicht nur innerhalb Spec, sondern auch "typisch" zu sein!

Ich kann es nicht glauben und befrage das SMDU Manual. Dort wird zur Störmodulation ein Messaufbau mit einem Radiometer AFM2 Messdemodulator und einem R&S UPGR Psophometer beschrieben. Kein Problem, habe ich alles, ich mache exakt denselben Messaufbau. Nur leider: dasselbe schlechte Ergebnis! Zusätzlich verstehe ich hier aber auch die Messvorschrift nicht.

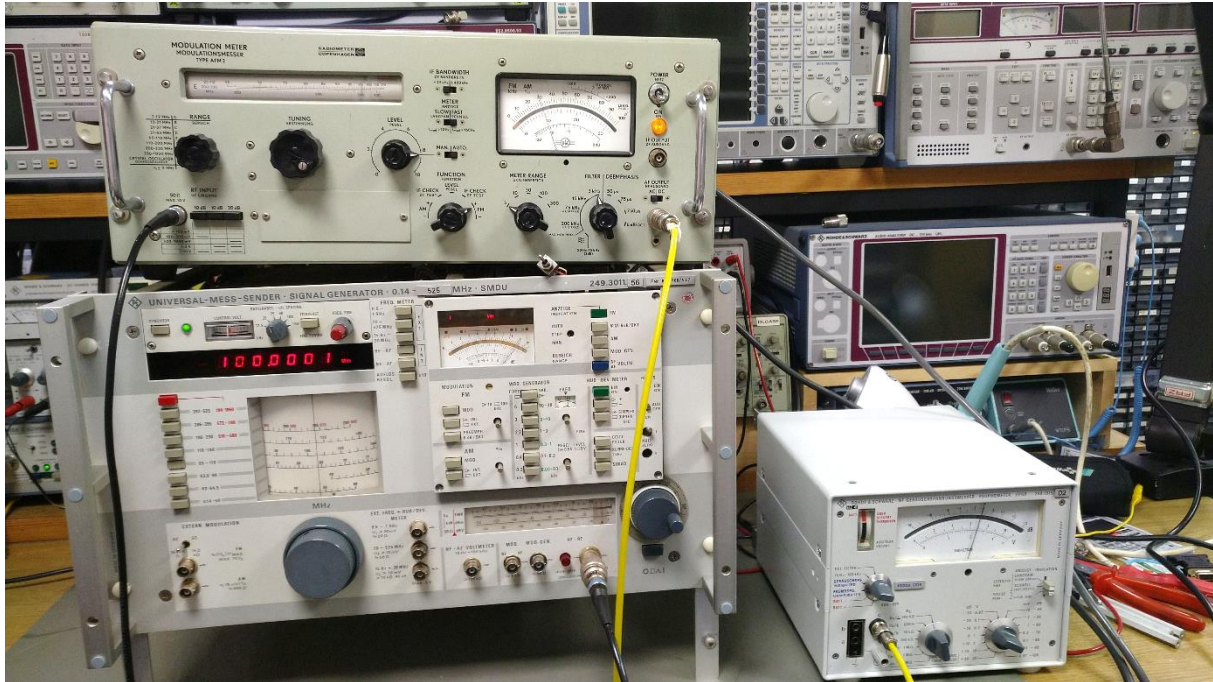


Abbildung 26: Nachstellen der Messvorschrift aus dem SMDU-Manual

Zuerst erzeugt man mit einem $\pm 1\text{ kHz}$ peakpeak (kHz_{pp}) Modulationshub einen Referenzwert. Dieser erzeugt am UPGR Geräuschspannungsmesser einen bestimmten Ausschlag; sagen wir der Einfachheit halber mal: 1V.

Dann schaltet man den Modulator des SMDUs ab. Zurück bleibt nur die Störmodulation. Der Spannungswert am UPGR sinkt. Nun lesen wir im SMDU-Manual, dass 50dB gemessener Pegelabfall hier nun etwa 30Hz Störhub entsprechen sollen. Und das verstehe ich nicht, denn keine Berechnung bei mir passt dazu!

50dB weniger von 1V UPGR-Anzeige (das ja 1 kHz_{pp} Modulationshub entsprechen soll) sind bei mir etwa 3,2mV- entsprechend 3,2Hz Störmodulation. Hingegen 30Hz $_{\text{pp}}$ Störhub von 1 kHz_{pp} wären bei mir 30,45dB - und nicht 50dB!

Okay, nun könnte man im Manual vielleicht unbewusst zwischen peakpeak und RMS gewechselt haben, ohne es explizit zu schreiben. Die 1kHz-Referenz könnte $\pm\text{-pp}$ gewesen sein (also Spitzenhub) und der Störhub in RMS gemessen. Also bei Sinus einmal durch Wurzel (2) und dann nochmal davon die Hälfte. Das ergibt bei mir 10,64mV, entsprechend 10,64Hz RMS Störhub. Vergleichen zu dem 1kHz-Referenzwert von 1V wären das bei mir 39,46dB- und immernoch nicht 50dB!

Sorry, aber hier komme ich nicht mit. Vielleicht wirklich ein Druckfehler im Manual? Oder verstehe ich was nicht? Soll ich hier noch irgendwo 10dB abziehen wegen Unterscheidung in

Amplituden- und Phasenrauschen? Aber normalerweise wäre das dann doch immer 6dB Korrekturfaktor und nicht 10dB? Sorry, ich versteh's nicht.

Hinweis: die Methode der Kalibrierung mittels eines Referenzsignals macht z.B. auch der von Bernd DG4RBF entwickelte Phasenrauschmessplatz PNTS. Dort erzeugt man sich den Nullpunkt (=0dB) anhand einer Beat-Note; also einem bewusst erzeugten Überlagerungspfeifen, dass uns den Punkt der Vollaussteuerung zeigt. Von daher meine ich grundsätzlich schon zu verstehen, was R&S damit erreichen wollte- nur die im Manual angegebenen Werte kann ich nicht nachvollziehen.

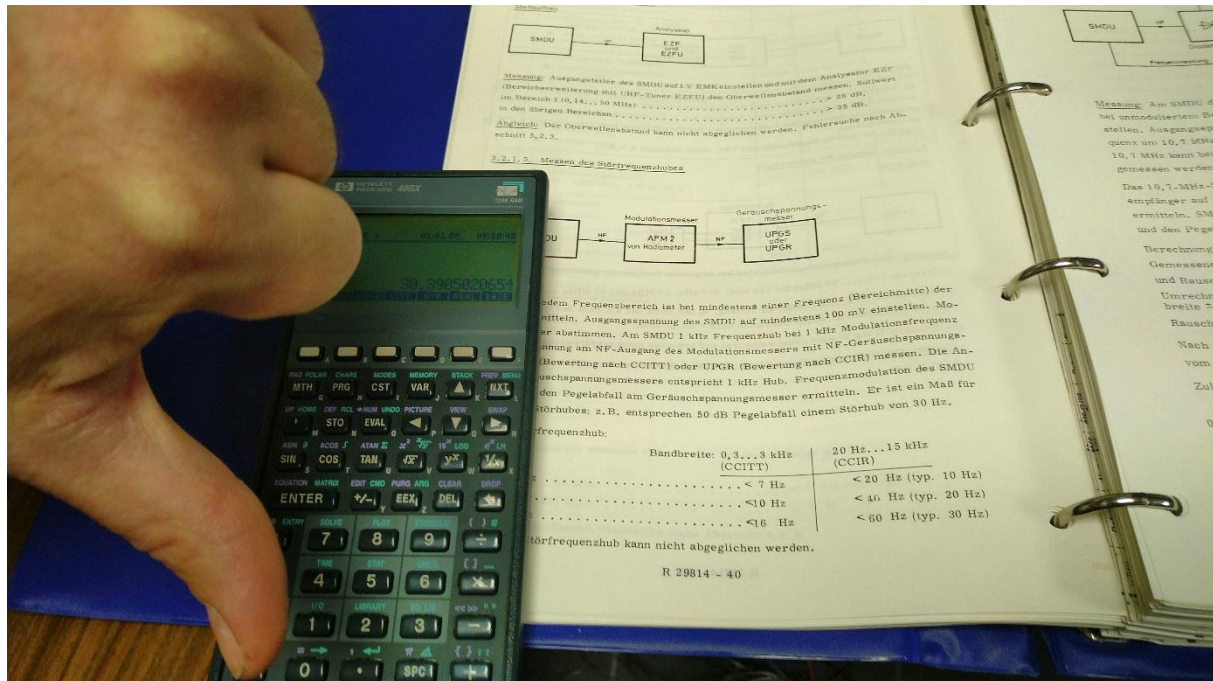


Abbildung 27: Störhubmessung- aber leider passt nichts so wirklich zusammen!

Grundlegend kann ich daher im Moment nur feststellen, dass mein R&S FMA eine Anzeige von 25Hz RMS erzeugt, wenn der SMDU angeschlossen ist (und dabei ist sowohl der Frequenzbereich egal als auch die Tatsache, ob die Synchronisation ein- oder ausgeschaltet ist) und andere HF-Generatoren hier deutlich weniger Störmodulation erzeugen. Hört man sich die demodulierte NF des SMDU mal am Ausgang des Messdemodulators an, so erkennt man sauberes Rauschen- und nicht etwa überlagerter Netzbrumm oder sowas. Der SMDU rauscht also wirklich und die hohen Werte kommen nicht von z.B. einem defekten Netzteil!

Achja- rechne ich meine Messergebnisse zwischen R&S FMA und dem im Manual angegebenen Messaufbau (Radiometer AFM2 und R&S UPGR) um, so komme ich übrigens um auf 2dB identische Werte! ;-)

Ich kann also nur von einem Druckfehler im Manual ausgehen!

11 Berauscht

So schlecht, wie sich der SMDU bei diesem Test zeigte, verstehe ich die Welt nicht mehr. Laut meinen Messungen hält er ja noch nicht einmal die interne Spezifikation mehr ein. Ist hier was kaputt? Vielleicht die AGC?

Ich wiederhole die Messung also- und messe diesmal direkt am Ausgang des VFOs (der Baugruppe Y1)- ohne irgendwelche Baugruppen wie PLL oder AGC dazwischen. Ergebnis: dasselbe!! Das Rauschen kommt zweifelsfrei bereits aus dem VFO selbst!

Dann prüfe ich die Betriebsspannung nochmals. So schlecht kann der SMDU doch nicht sein! Mein Jugendidol!! Ich bitte Euch!!! Also noch ein Versuch. Auch schlecht gefilterte Betriebsspannungen (-> defekte Elkos!) können VFOs zurauschen. Der OSC für den 100MHz-Bereich braucht -18V und +15V zum Betrieb. Ich klemme temporär einen weiteren 100µF-Elko parallel zur Spannungsversorgung. Ergebnis: wieder keinerlei Veränderung! Mein AC-Voltmeter HP34401 an der Betriebsspannung zeigt 0,0mV RMS! Das Netzteil scheint also auch nicht die Ursache zu sein.

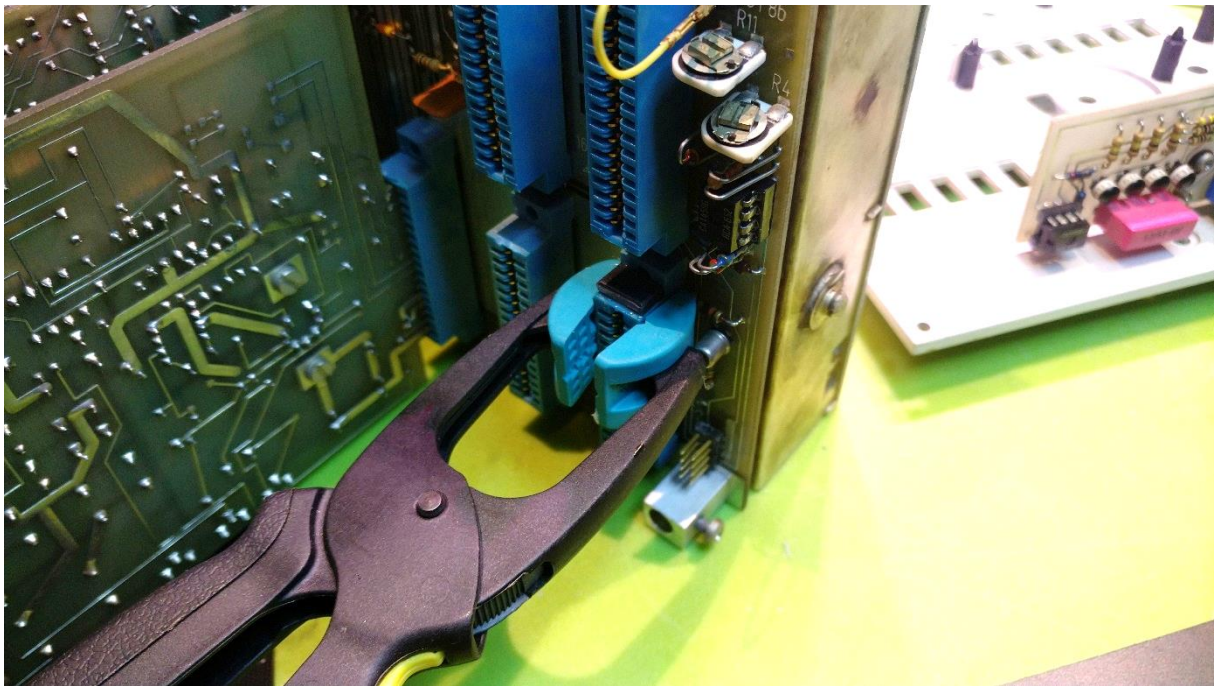


Abbildung 28: Zwischenreparatur: Kleben einer Steckbuchse

Dann will ich prüfen, ob das Rauschen durch den Modulationseingang kommt und vielleicht Y1 damit fälschlicherweise moduliert. Doch kurz bevor ich den SMC-Stecker auf der Leiterplatte abschrauben und den Signalfluss unterbrechen kann, stirbt ein 15V-Regler im Netzteil des SMDU und beendet diesen Test.

12 Forum

Bis der im Internet bestellte 7815-Regler (im TO-3 Gehäuse!) da ist, zapfe ich die Erfahrungen anderer SMDU-Benutzer an. Bin ich hier der einzige, der jetzt beim Thema "Phasenrauschen" hellhörig beim SMDU geworden ist?

Ich schreibe einen kurzen Beitrag und erkläre meine Beobachtung. Es dauert nicht lange, da erreichen mich mehrere Antworten, die meine Befürchtungen bestätigen: in einigen Telekommunikationsfirmen seien die SMDUs für SSB Seefunkgeräte sogar für "ungeeignet" erklärt worden aufgrund ihres starken Rauschens, so schreibt ein Forumsteilnehmer.



Abbildung 29: im SMDU werden Spannungsregler im TO3-Gehäuse verwendet

Donnerwetter. Das ist ein starkes statement. Sind die freischwingenden SMDU's wirklich so "schlecht" und die modernen Synthesizer heute denn so viel besser?

Leider ist momentan aber niemand im Forum in der Lage, mir einen expliziten Wert für den von ihm gemessenen Störhub als Vergleichswert zu nennen. Somit kann ich nicht herauskriegen, ob mein eigener SMDU hier noch auffällig ist oder nicht.

Das erlebe ich leider oft: es kursieren viele Aussagen und Gerüchte herum, doch wirklich nachweisbar belegen kann seine Aussagen kaum einer. Schade eigentlich!

13 Überraschung

Kurze Zeit später kommt der 7815-Spannungsregler und sofort nach dem Einsetzen (das Teil ist geschraubt und gesteckt, also ohne Löten) funktioniert das Netzteil des SMDU wieder. Nach einer kurzen Kontrolle aller Spannungen stecke ich den Hauptstecker wieder drauf und der alte Kamerad startet wieder durch.

Endlich kann ich die seit Tagen ersehnte Messung machen. Ich ziehe also den Stecker vom FM-Modulator zum Oszillatormodul Y1 ab (Kabel K101)- und.....???

1,39Hz RMS!!!

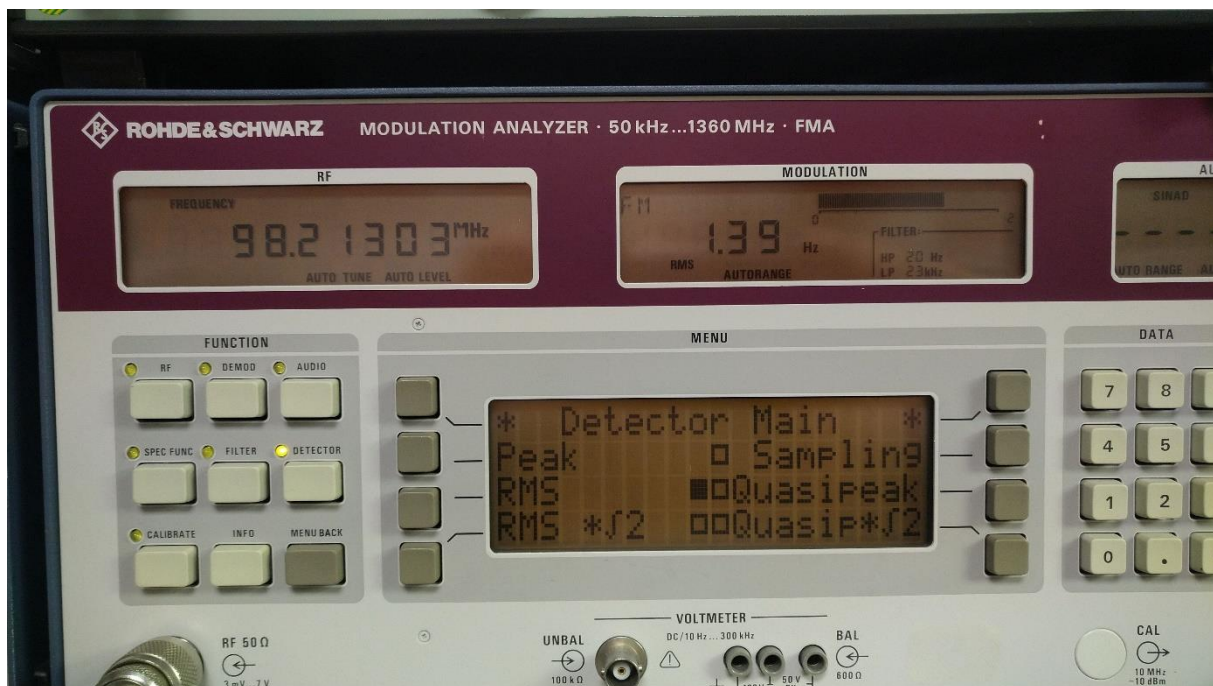


Abbildung 30: mit abgezogener Abstimmspannung ist das SMDU-Signal viel sauberer!

Boah!

Nicht ganz so gut wie der SME03, aber immerhin jetzt fast 30dB besser als vorher!!

Bedeutet: das hohe Rauschen entsteht hier nicht durch die internen Oszillatoren, sondern wird erst von außen durch die Kapazitätsdioden aufmoduliert!

Damit habe ich eine ganz wichtige Erkenntnis gewonnen. Jetzt, wo ich weiß, dass die Störmodulation über die Leitung K101 kommt, kann ich das Signal zurückverfolgen und sein Entstehen analysieren.

14 CCITT-Filter

Doch bevor ich diese Baustelle neu aufreiße, zieht es mich zurück zum CCITT-Filter. Ich vermute, dass es trotz Säuberung und Wiedereinbau des einen Filterkondensators trotzdem nicht spezifikationsgemäß funktioniert, denn wenn mich meine Erinnerungen nicht trügen, hat das "CCITT-Sprechfunk/ Telefonfilter" nach dem Standard P53; bzw. O.41 seinen 0dB-Punkt bei 800Hz. Kurbelt man dann den Generator auf 1kHz hoch, müsste es nach Spezifikation eigentlich etwa 1dB mehr anzeigen- der Zeiger also etwas hoch gehen. Doch hier tut sich nichts, der Zeiger bleibt auf 0dB stehen. Das macht mich skeptisch. Auch sollte der -3dB Punkt bei 400Hz schon längst erreicht sein, aber auch dort tut sich rein GAR NICHTS. Kein Pegelabfall.

Jetzt, wo der SMDU wieder funktioniert, kann ich das Filter ja mal eben schnell mit meinem UPL wobbeln. Dazu speise ich 1V rms in das NF-Voltmeter des SMDU ein und stelle den Messbereich fest auf 3000mV (damit er nach oben hin etwas Aussteuerreserve hat). Das Ausgangssignal greife ich an der "MOD."-Buchse wieder ab und speise es in den Analyzer-Teil des UPL. Ich aktiviere am SMDU das CCITT-Filter und sehe das da:

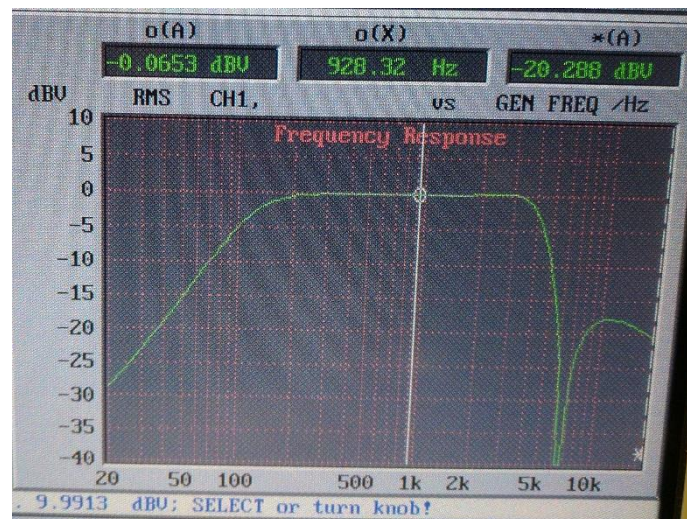


Abbildung 31: das ist kein korrekter Frequenzgang eines P53a CCITT-Filters!

Okay, wir haben wir grundsätzlich schon einen Bandpasscharakter, aber viiiel zu breit! Während die Original-Spec zum O.41-Filter eine 3dB-Bandbreite von weniger als 1,5kHz hat, so lesen wir hier über 5kHz Bandbreite ab! Auch können wir die ausgeprägte Rundung um den 800Hz-Punkt herum nicht sehen. Hier ist alles "flat". Soll das so sein? Ich glaube nicht, denn so würde der SMDU nicht die Anforderungen der CCITT-Spezifikation erfüllen und das kann sich eine Firma wie R&S nicht leisten. Wenn wir die Spezifikation des O.41-Filters schauen, können wir die Werte aus der Tabelle eintragen und einen Toleranzschlauch hineinmalen. Tragen wir die Messkurve einmal in das Diagramm mit ein, sehen wir:

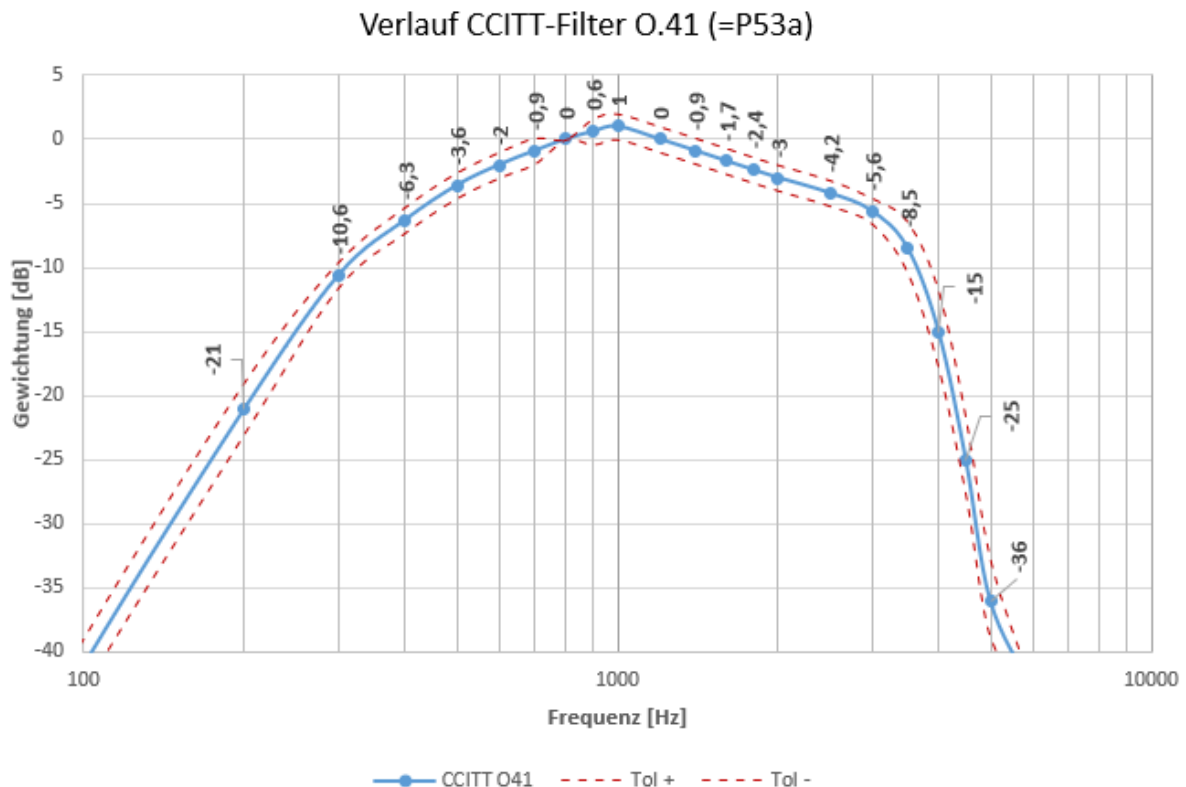


Abbildung 32: SO sollte das CCITT-Filter im Frequenzgang aussehen!

Katastrophe!

Wie vermutet- hier stimmt noch was nicht. Ich muss wieder auf Fehlersuche gehen!
 Meine Lösungsstrategie ist erstmal recht pragmatisch: ich notiere alle an dem CCITT-Filter beteiligten Bauteile (vorwiegend Spulen und Kondensatoren) in eine Excel-Tabelle, trage deren Soll-Werte dort ein und messe sie am Ende mit meinem HP4284A Precision LCR Meter händisch nach. Dazu muss ich natürlich die ganze Baugruppe leider wieder auseinanderreißen und alle Teile einzeln auslöten, aber anders geht es wahrscheinlich nicht, wenn wir hier weiterkommen wollen. Ich bin nämlich überzeugt, dass hier irgendwo ein Bauteil defekt ist und so die Filtercharakteristik kaputt macht.

Ich kann mir die Arbeit so einfach machen, weil ich das Design selbst des Filters erstmal (noch ;-)) nicht in Frage stelle. Bestimmt wurden alle Bauteile sorgfältig ausgewählt und berechnet, dass ich die Schaltung selbst nicht noch erst vorher in PSPICE simulieren muss, sondern getrost davon ausgehen kann, dass sie ordentlich funktionieren wird, wenn alle Bauteile korrekt arbeiten und sauber eingelötet wurden.

15 BRUCHlandung

Nach und nach pflücke ich also alle Komponenten des rein passiv konstruierten CCITT-Filters heraus und staune nicht schlecht: nicht nur über die extrem hohe Güte der verwendeten Komponenten, sondern ebenfalls auch darüber, dass man bereits die Ein- und Ausgangswiderstände offensichtlich verändert hat (sie passen nicht zu den Werten im Schaltbild!) und auch, dass eine Spule an einer Seite gar nicht angelötet war. Die Lötstelle kontaktiert nicht den Pin, wo der Spulendraht endet, sondern einen nicht angeschlossenen Dummy-Pin daneben. Gewollt oder Fehler?? Auf jeden Fall nicht gemäß Schaltbild, also korrigieren. Auch stimmt eine der vier Spulen nicht so gaaaanz exakt auf den "Punkt" wie die restlichen drei, also wird sie sanft von mir nachgeglichen. Man gut, dass mein HP4284A so präzise ist, denn mit so einem Taschen-LCR-Meter würde man das nicht so genau hinkriegen.

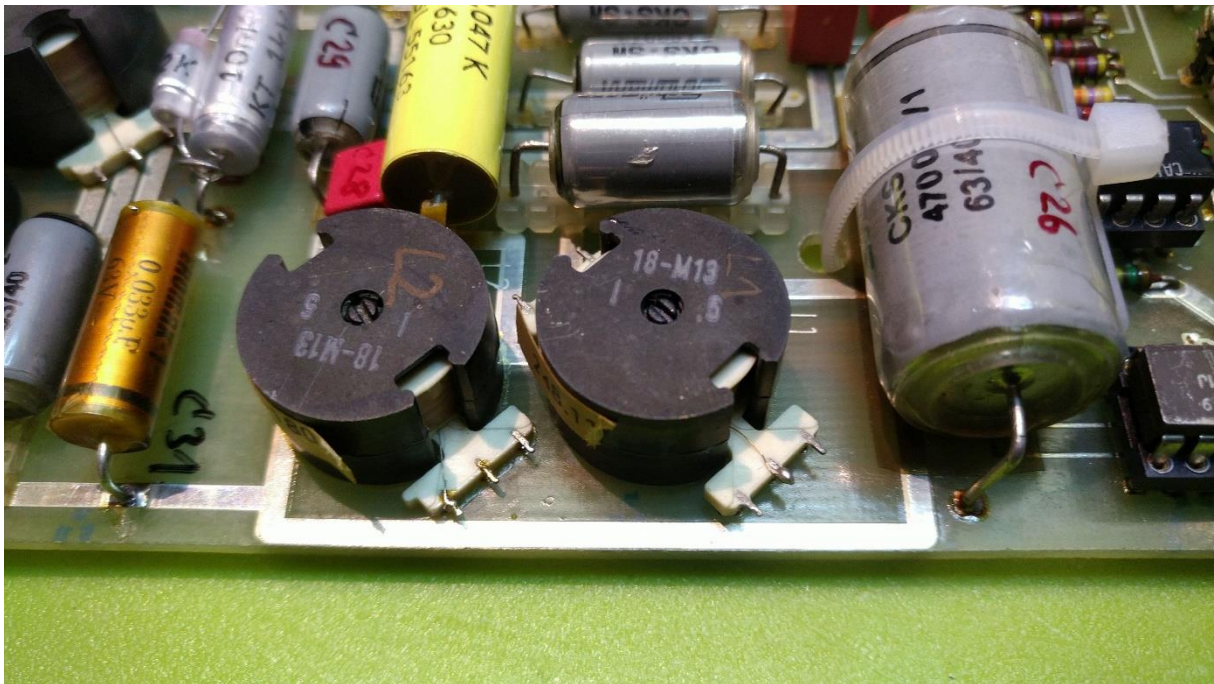


Abbildung 33: zwei Spulen der CCITT-Filterschaltung

Als alles korrigiert ist, folgt die erneute Messung. Und wieder:

KATASTROPHE!

Klappt immernoch nicht! Der Frequenzgang hat sich zwar verbessert, aber mit einem CCITT-Filter hat es noch immer so rein gar nichts zu tun. Was ist hier also los? Stimmt die Schaltung doch nicht??

16 Simulation

Also erpappe ich mich also doch: die Software SwitcherCAD3 wird installiert (das ist so eine Art PSPICE für Arme, aber dennoch sehr leistungsfähig!) und die Schaltung des von R&S konstruierten CCITT-Filters wird dort eingetippt. Ich setze erstmal die Werte aus dem Schaltbild ein, ergänzt um die gemessenen Begleitbeläge für die Spulengüte. Die Kondensatoren haben teilweise 1GOhm und mehr, daher vernachlässige ich deren Beiwert in der Simulation.

Ich simuliere- und kriege mal wieder Quark heraus. Aber der Bastelkreis kommt mir zu Hilfe und zusammen lösen wir das Problem. Am Ende war auch das bekannte Punkt-Komma-Problem zwischen amerikanischer SW und deutscher Schreibweise hauptverantwortlich für die Probleme. Die 2,347Henry hatte die Software als 2347 Henry interpretiert, weil sie das eingetragene Komma für ein 1000er-Trennzeichen gehalten hatte.

Aber als das gefunden war, kommt der auch aus den Diagrammen bekannte Frequenzgang eines P53a-Filters heraus. Eine kleine Delle, die das S21 kurz in Richtung Toleranzgrenze treibt, trübt das Vergnügen, aber das scheint konstruktiv so zu sein. Aber- würde die Schaltung genau das machen, was die Simulation sagt, würde doch alles passen!

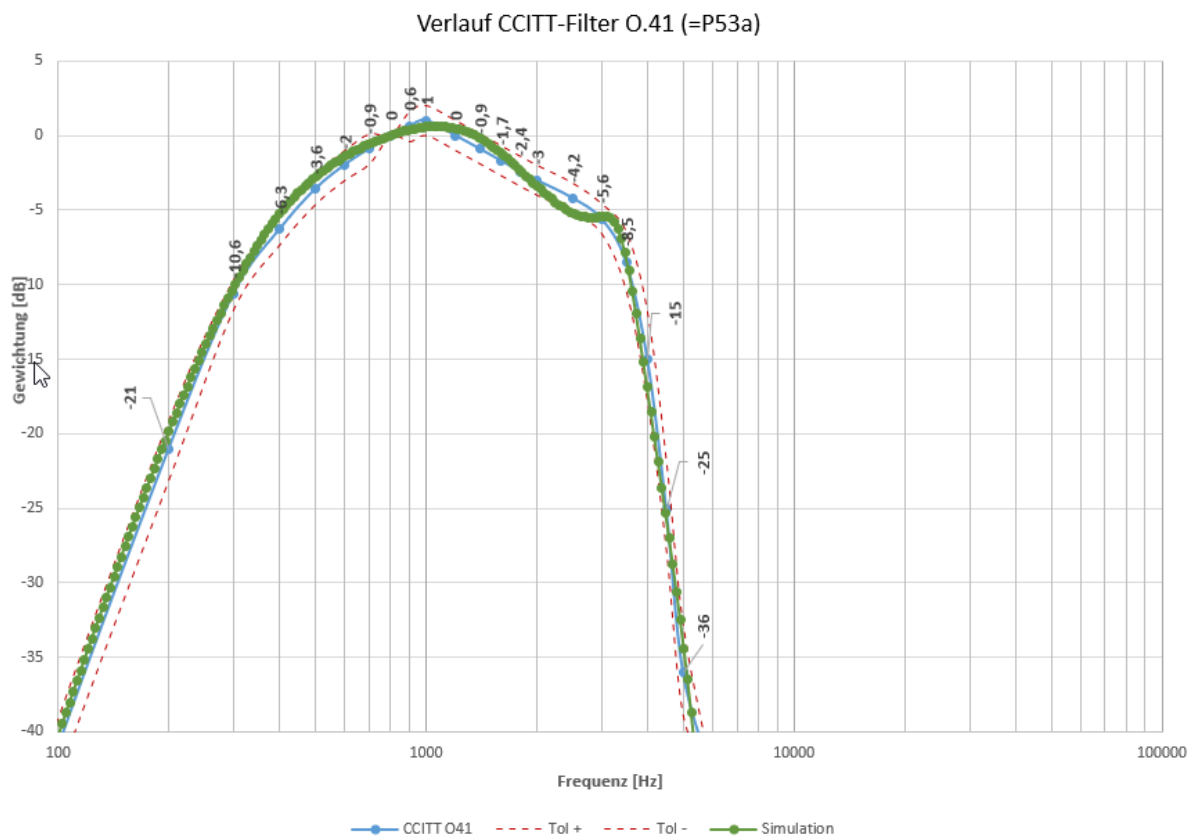


Abbildung 34: laut Simulation trifft die Schaltung voll in den Toleranzschlauch!

Was also stimmt mit der Schaltung im SMDU noch nicht??

17 Fernsehabend mit Multimeter

Ich mach' es kurz: während eines Fernsehabends mit der Familie, bei der ich schnell die CCITT-Filterplatine und ein Multimeter auf dem Schoß hatte, fand ich heraus, dass der eine grüne Draht, der nachträglich über die Platine gezogen war, keine von R&S gewollte Korrektur für einen Leiterplatten-Layoutfehler war, sondern höchstwahrscheinlich eine vom Kunden selbst eingebaute Modifikation war! Dieser Draht überbrückte nämlich einen Teil des CCITT-Filters und machte die erste Kondensator-Spulenkombination komplett unwirksam!

Das hätte ich ja auch gleich sehen können. Hab ich aber nicht. :-)

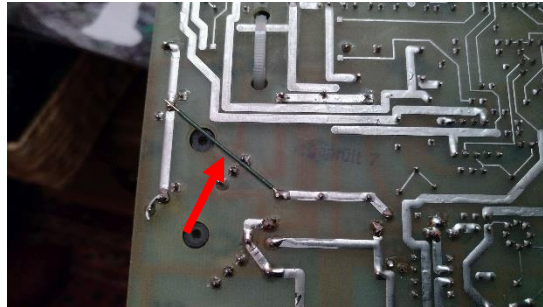


Abbildung 35: dieser Draht hier ist nicht original!

Also hastig die Drahtbrücke entfernt, erneut gemessen- und?

BINGO!

Messung und Simulation sind nun so gut wie deckungsgleich! War eine lange Geburt, aber endlich bin ich zufrieden! CCITT-Filterproblem gelöst!



Abbildung 36: jetzt passt es endlich!

Achja: die im moderneren R&S CMT52 eingesetzte CCITT-Filterschaltung habe ich ebenfalls im Computer simuliert. Sie hat diese Delle im Frequenzgang nicht und gefällt mir deswegen auch etwas besser. Weiterhin kommt sie auch ohne Spulen aus- sie benutzt nur bekannte Standardschaltungen aus der OpAmp-Technik. Wenn also jemand so ein Filter mal selber für den Heimbedarf nachbauen möchte, dann würde ich in die Service-Unterlagen vom R&S CMT52 schauen. Den SMDU deswegen umbauen mach ich aber nicht, denn seine Originalschaltung funktioniert ja auch...zumindest jetzt ;-)

18 Abgleichen

So, nun sind -zumindest am SMDU Grundgerät- soweit alle mir bislang bekannten Defekte behoben. Die Sache mit dem Phasenrauschen werden wir noch näher untersuchen, aber die Funktionen von Klirrfaktormessung und CCITT-Filter sind wieder gegeben; ebenso das Netzteil repariert und die Tastenmechanik des Modulationseinschubs Y8 gereinigt und konserviert.

Machen wir also nun in einigen Bereichen des SMDUs einen vernünftigen Nachgleich. Nicht komplett und in jedem Detail, aber wenigstens da, wo wir gefummelt oder Probleme entdeckt hatten. Zuerst das NF-Voltmeter. Das Suchen der Potis ist ein bisschen knifflig, man muss viel in den Unterlagen wühlen, auf welcher Baugruppe nun was zu finden ist. Am Ende bemerke ich auch ein ganz wenig Variation in der Umschaltung der einzelnen Messbereiche, aber wir wollen hier mal die Kirche im Dorf lassen. Auch dass das Abgleichpoti für die Symmetrie des RMS-Converters komplett am Rechtsanschlag ist, würde eigentlich eine Neudimensionierung des ihn umgebenden Spannungsteilers erfordern, aber das verkneife ich mir auch (müsste dann alles wieder auseinanderreißen). Am Ende funktioniert das NF-Voltmeter innerhalb seiner Spezifikation und das genügt mir!

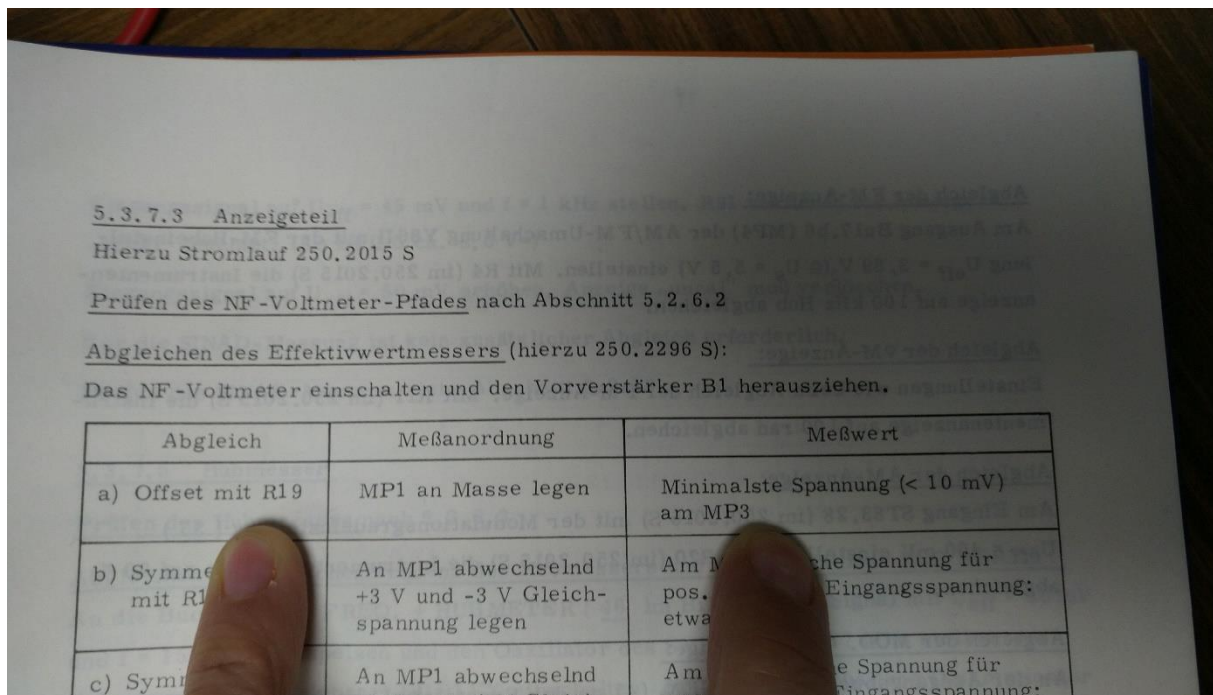


Abbildung 37: für die Abgleiche halte ich mich an das SMDU Servicehandbuch

Dann gleiche ich den Klirrfaktormesser nach, aber da gibt es kaum noch was zu holen. Sein Noise floor liegt vorher bereits bei 0,08%, hinterher bei 0,07%- für Funkgeräte mehr als ausreichend. Es gibt NF-Klirrfaktormesser, die als selbstständige Geräte daherkommen und ebenfalls kaum besser im Eigenklirr/NoiseFloor sind und eigentlich sogar für HiFi gebaut wurden (z.B. das Zopan PZM-11, das ich selber mal hatte). Somit macht der SMDU hier noch immer eine recht gute Figur.

Weiter im Abgleich. Die Bereiche des ihn speisenden NF-Generators stimmen alle soweit; damit komme ich zur FM-Modulation.

Die war in der Anzeige tatsächlich ganz schön verkurbelt- bestimmt um 10% Falschanzeige. Ebenso bei AM und PM. Dass die Verstellpotis dafür auf der Grundplatte(!) von Y8 sitzen und nicht auf der Einsteckkarte selbst, muss man allerdings auch erstmal herauskriegen ;-)



Abbildung 38: manche Potis liegen nicht immer da, wo man sie erwartet ;-)



Abbildung 39: Klebeschildchen machen die Arbeit einfacher

19 FM-Hub

Bei 100kHz eingestellten FM-Hubs messe ich fast überall 106kHz zurück- das ist mir zu viel. Ich schlage im Servicemanual nach und finde eine Möglichkeit zur Einstellung: linken Handgriff samt Gehäuseplatte des SMDU wegschrauben und dann kommt man prima an alle Einstellpotis für alle Frequenzbereiche. Man kann die FM-Empfindlichkeit beim SMDU für jedes Band separat einstellen- aber natürlich ist das immer nur ein Kompromiss. Denn die Modulations-Steilheit der VCOs ist nicht über das gesamte Band konstant; d.h. eine Einstellung von 3,0kHz in der Bandmitte kann am Bandanfang schonmal 2,9kHz und am Bandende dann doch wieder fast 3,1kHz sein. Vermutlich kann man auch das mit viel Zeit und Aufwand noch besser linearisieren, aber weil ich mit diesem Projekt auch irgendwann einmal fertig werden will (eine Leinen MLZ4S Drehmaschine und ein Schweizer Doppelschleifer warten schon als Folgeprojekte), lasse ich es dabei bewenden. Wenn ich mal ein Signal mit absoluter Präzision im Modulationshub brauchen sollte, befrage ich sowieso vorher immer erst meinen R&S FMA. Und sollte mir auch das nicht reichen, bemühe ich Hrn. Bessel und erzeuge mir ein FM-Referenzsignal, wo durch ein bestimmtes Verhältnis zwischen FM und HF der Träger so gut wie vollständig verschwindet. Das passiert z.B. bei einem Verhältnis von 2,405; 5,520 und 8,654- genauer wollte es mein Excel mir nicht ausrechnen. Achja-das ist übrigens auch die korrekte Kalibrier- und Justiermethode für FM-Hub für den R&S FMA ;-)

Erlaubt sind beim SMDU laut Manual +/- (5% vom Messwert + 1,5% vom Endwert); d.h. bei eingestellten 3,0kHz FM-Hub im 10kHz-Bereich dürfte der SMDU in Wirklichkeit einen FM-Hub von 2,7kHz..3,3kHz liefern- wir sind also absolut super in Spec!

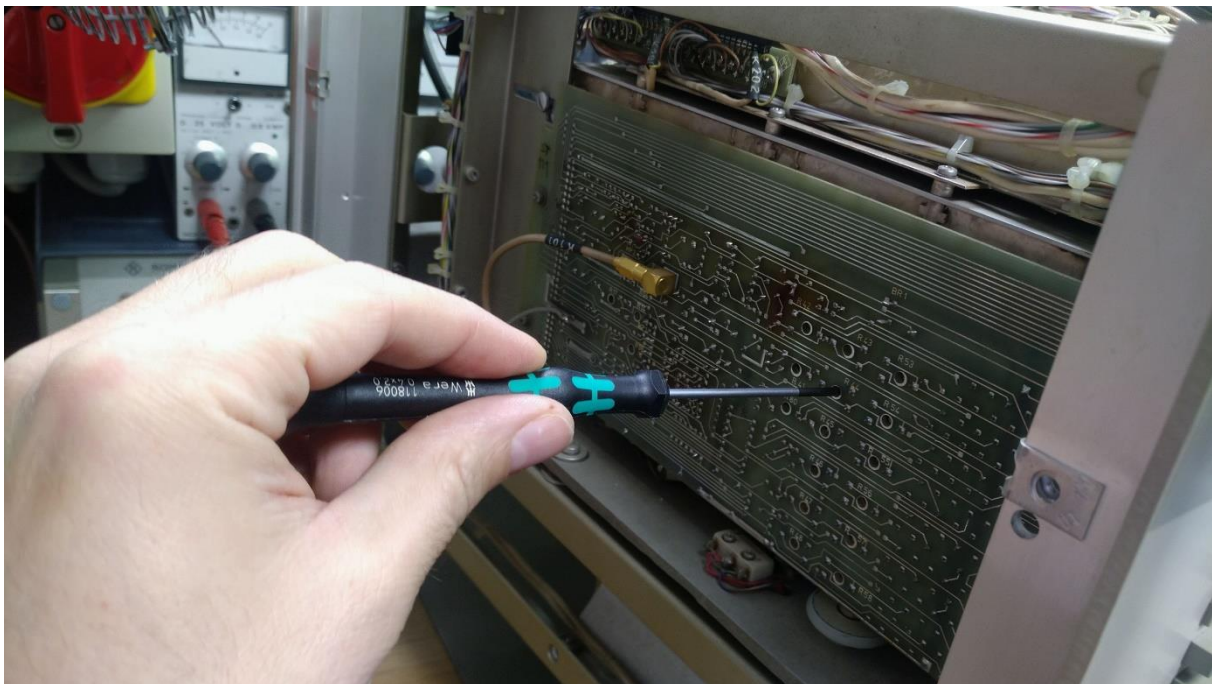


Abbildung 40: der Abgleich des FM-Modulators geschieht mittels einer ganzen Batterie von Potis

20 Nanu?

Eigentlich wollte ich mich nun weiter mit dem Thema des FM-Verstärkers beschäftigen, denn wie ich ja nachweisen konnte, erzeugt der eine relativ hohe Modulationsspannung, die die Oszillatoren mit Stör-FM moduliert. Doch unterwegs fallen meine Augen auf die Rückseite der Netzteilplatine. Und da sehe ich das da:

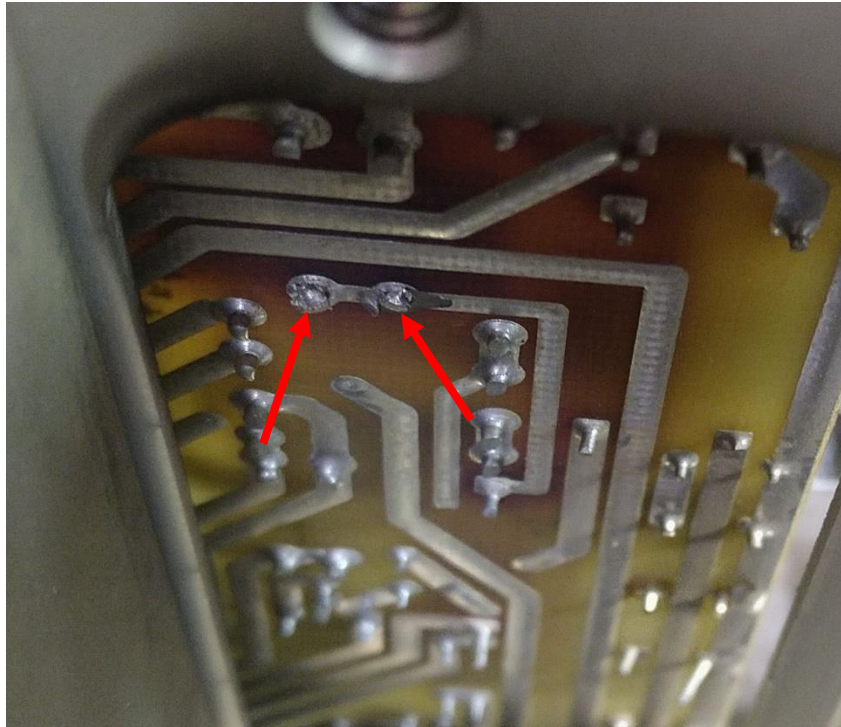


Abbildung 41: na, das sieht aber nicht gut aus...

zwei Dioden, deren Lötstellen unter der Platine irgendwie alles andere als vertrauenswürdig aussehen! Es scheint bald so, als ob thermischer Stress die Lötstelle aufgebrochen habe, so dass die Anschlüsse nicht mehr wirklich "gut gelötet" aussehen. Ich werde die Stellen selbstverständlich nachlöten, aber dann auch mit der Thermografiekamera untersuchen, ob diese beiden Dioden im Betrieb heißer werden als der Rest und daher besonderen thermischen Effekten ausgesetzt sein könnten.

Laut Bestückungsplan handelt es sich dabei um GL7 und GL9- zwei Dioden, die für die +15V-Betriebsspannungen zuständig sind. Ich löte die Lötstellen nach.



Abbildung 42: Allzweckwaffe "Thermografiekamera"

21 Sterben auf Raten

Gerade habe ich meine Thermografiekamera in der Hand, um mir ein Bild von der thermischen Belastung der Netzteilkomponenten zu machen, da stirbt schon wieder was.

Geschlagene 9kHz RMS FM-Hub mit reinstem 50Hz-Brummen kommen aus dem R&S FMA, was mir zeigt, dass der SMDU mein Nachlöten nicht gemocht hat. Also wieder: Netzteil untersuchen!

Ich nehme alle Spannungen auf und messe erstmal mit abgezogenem Baugruppenstecker (also im Netzteil Leerlauf). Trotzdem wird hier schon eine 24V Z-Diode (GL16) über 70°C warm. Das ist schonmal komisch. Ich untersuche die Schaltung, finde außer etwa 90mVeff Restbrumm auf den -24Volt aber wenig Anstößiges.

Um zu gucken, ob das Netzteil mit zu hoher Restwelligkeit vielleicht diese extrem hohe Störmodulation erzeugt, löte ich zwei Elkos aus und messe sie. Ergebnis: wieder besser als meine Bastelkistenteile, also wieder zurück damit. Dann schließe ich wieder einen Elko temporär zu meinen Messspitzen des Multimeters parallel mit an- ich will sehen, ob sich am Brummen etwas ändert, wenn weitere 4700µF die Restwelligkeit verringern. An den +15Volt ändert sich aber nichts. Dann checke ich nochmal die -24V...und denke natürlich nicht an den parallel hängenden Elko, der sich eben auf +15Volt aufgeladen hatte- Peng!

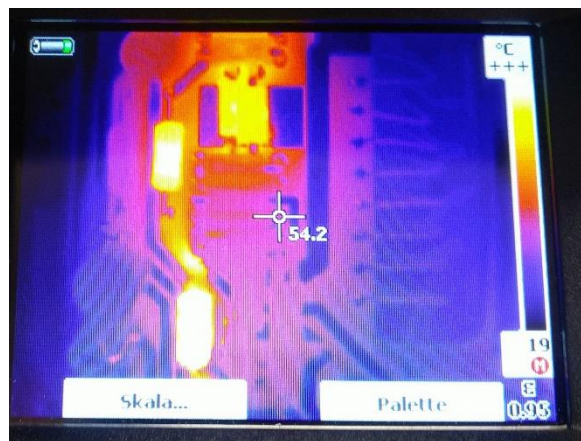


Abbildung 43: im Netzteil wird Vieles ziemlich warm...!

+15V mit 4700µF aufgeladen rein in die -24Volt. Die eh schon stark belastete Zener-Diode GL16 gibt final auf! Mist!

Aber oft hat was Schlimmes auch eine gute Seite. Ich wechsle die Zenerdiode und ihren Vorwiderstand. Schalte den SMDU wieder ein- und das Brummen ist weg! Tatsächlich war die GL16 schon vorher beim Ansprühen mit Kältespray auffällig gewesen und deshalb hatte ich sie eh schon im Verdacht. Aber durch mein Missgeschick mit dem Elko war ich nun zum Wechsel gezwungen und das hat mir möglicherweise sogar eine Menge Zeit gespart.

Die neue Zenerdiode bleibt auch gute 20 Kelvin kälter, erreicht also etwa 50..55°C. Das ist doch schonmal nicht schlecht.

22 +15Volt

Jetzt, wo sich das Netzteil Y9 scheinbar als kleine Baustelle entpuppt, forsche ich etwas genauer. Die beiden +15V-Spannungen gefallen mir nicht. Die erste (mit dem neuen Spannungsregler) liefert +14,91Volt. Das geht in Ordnung. Die zweite liefert aber nur +14,68V- das finde ich etwas wenig. Also tausche ich mit einem weiteren (vorsichtshalber bestellen) Spannungsregler. Aber das Ergebnis wird noch schlechter: nun sind es nur noch +14,52Volt. Liegt das an der Schaltung?

Ich vertausche beide miteinander. Ergebnis: die "schwachen 15Volt" wandern mit; d.h. sind unabhängig von der Netzteilschaltung. Es muss der Spannungsregler selbst sein, der etwas wenig ausspuckt!

Das ist natürlich doof. Eine bekannte Methode zur Erhöhung der Ausgangsspannung ist es, eine Diode in die Masseleitung zu schleifen, an der dann z.B. 0,5V hängen bleiben und deshalb die interne Spannungsreglermasse um diese 0,5V ebenfalls "hoch" liegt. Das würde auch seine Ausgangsspannung um 0,5V heben. Allerdings: das TO3-Gehäuse liegt direkt an Masse am Kühlkörper und müsste dafür auf einen isolierten Betrieb umgebaut werden. Das wäre bestimmt aufwendig....aber möglicherweise komme ich nicht drum herum.

23 die GROßE nummer

Und selbstverständlich bleibt es nicht dabei! Kaum habe ich mich in dem Netzteil des SMDU etwas näher umgeschaut, finde ich natürlich zig Stellen, die mir nicht gefallen. Ich atme tief durch und baue den kompletten Netzteilblock Y9 aus.

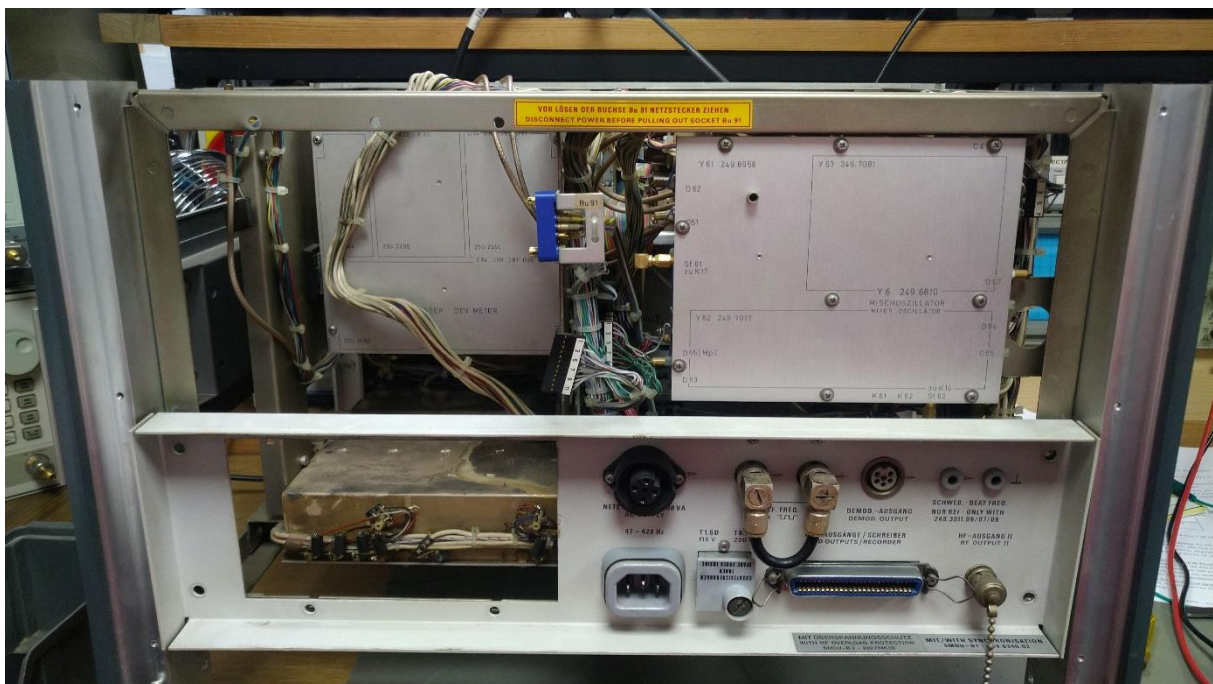


Abbildung 44: Netzteil ausgebaut

Das ist gar nicht SOOO mühselig. In ausgebautem Zustand kann man auch viel besser daran arbeiten. Ich löte die Anschlussleitung zweier Dioden ab, die auf der Kühlblech-Einheit sitzen, dann kann ich den Rest abnehmen (die Regler auf dem Kühlkörper sind alle nur gesteckt). Jetzt will ich mir mal ganz am Anfang alles ansehen: und zwar beginnen mir Gleichrichter und Siebelko. Und schon wieder ein Volltreffer. Der erste mit 10 000 μ F angegebene Siebelko zeigt mir beim Messen mit 1kHz Messfrequenz nur noch etwas mehr als 8500 μ F an naja.....nicht toll, aber auch nicht wirklich kaputt. Die anderen Elkos sind alle noch dichter dran an ihrem Sollwert! Und bei einem Reihenwiderstand von weniger als 0,02Ohm kann ich auch da nicht wirklich was aussetzen. Achja: der Hersteller ist Röderstein! Also bitte- hört auf, immer pauschal auf Röderstein zu schimpfen!! Bestimmt gab es da auch mal schlechte Chargen- aber hier im SMDU sind die bislang alle noch sehr gut erhalten!

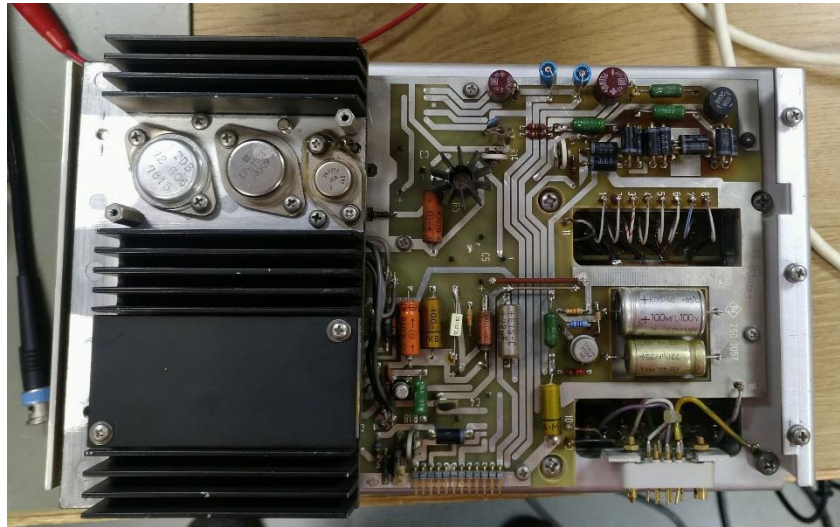


Abbildung 45: mit der ausgebauten Platine fällt einem die Lötarbeit viel leichter

Ich beschließe trotzdem, alle 5 dieser Elkos auszutauschen, denn die Teile haben zweifellos ihr Alter und niemand kann mit mehr eine Garantie geben, dass die Teile auch einen Großkampftag auf der Messe noch durchhalten. Irgendwann ist eben bei jedem Teil das Lebensdauerende erreicht und da ich nicht weiß, wie viel diese hier schon auf dem Buckel haben, ist es definitiv ein Risiko, das ich nicht eingehen möchte.

Ich will auf dem nächsten funkTag keinesfalls mit einem kaputten Netzteil havariieren gehen, nur weil ich jetzt hier den Aufwand scheue. Aber es ist eine Entscheidung, die richtig Geld kostet: selbst bei Reichelt kostet das Vergnügen fast 50 Euro. Zusammen mit den Dioden, die ich ebenfalls austauschen werde und ein bisschen anderem Kleinkram stecke ich da doch mal eben wieder 80Euro in den alten Kameraden. Wirtschaftlich begründbar ist diese Entscheidung nicht. Nur leidenschaftlich!

Und außerdem kriege ich dafür ja die Kiste Bier. Richtig!

24 Bauteilewechsel

Während die Bestellung auf dem Weg ist, bereite ich alles vor und löte alles auseinander, bis ich nur noch die nackte Platine auf dem Tisch habe. Das Entlöten ist ein Horror, denn teilweise sind die Lötstellen schon schwarz vor Dreck und Oxidation. Dementsprechend schlecht ist auch das Löten auf der gesamten Leiterplatte. Ein wenig Reiniger hilft, aber an vielen Stellen kommen mir Lötaugen entgegen oder ganze Leiterbahnenabschnitte. Auch Korrosion scheint die Oberfläche der Leiterbahnen angegriffen und sie damit schlecht lötbar gemacht zu haben.

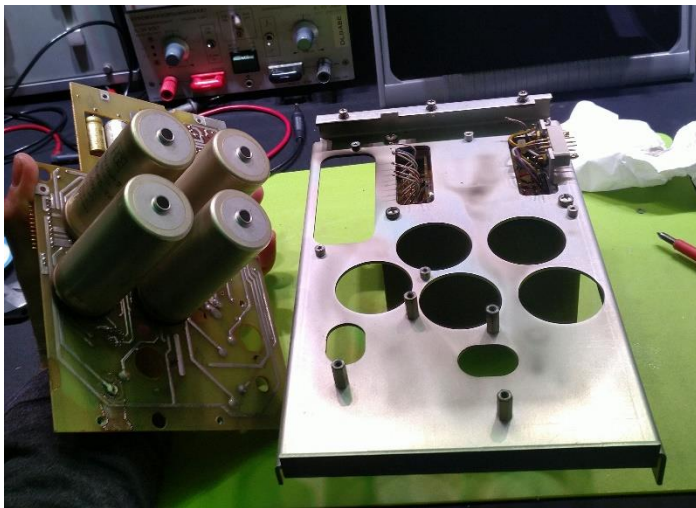


Abbildung 46: alte (links) und neue (rechts) Elkos

Ich versuche, hier jetzt keine Doktorarbeit daraus zu machen. Schlechte Leiterbahnabschnitte werden einfach mit Drahtstückchen geschient; schlechte Lötstellen mit Zugabe von etwas neuem Lötzinn aufgeweicht, dann abgesaugt und neu verlötet. Der Geruch von altem Flussmittel überzieht den Messplatz. Bäh!

Natürlich wechsele ich auch alle Dioden aus. Die original verwendeten Typen sind BY251. Ich habe eine Rolle BY255 in meiner Bastelkiste. Die sind noch etwas robuster als die BY251, also gleich rein damit. Es wird sehr eng auf der Platte, weil die Kameraden echt dick sind. Die dicken Anschlussdrähte passen kaum durch die Löcher und das Anlöten auf dem schlechten Kupfer teilweise schwierig. Am Ende sieht es daher von unten etwas "provisorisch" aus, aber es dürfte trotzdem halten.

Als die neuen 10.000 μ F-Siebelekos von Reichelt ankommen, mache ich mir den Spaß und lade die Charge alte und neue Elkos auf eine Spannung von etwa 30Volt auf. Dann lasse ich sie über Nacht stehen und messe am nächsten Morgen, auf was sie sich durch Leckströme entladen haben. Das Ergebnis: zwei von den alten weichen stark vom Durchschnitt ab; Sieger sind aber zweifellos die neuen, daher löte ich sie auch dann am Ende wie geplant ein. Außerdem sehen sie durch ihr rotes Gehäuse viel hübscher aus als die alten :-)

Als alle Elkos ausgetauscht sind, mache ich eine Leerlaufmessung. Die Restbrummspannungen sind alle im selben Bereich wie vor dem Umbau- jedoch scheinen viele Bauteile (Dioden) nicht mehr ganz so warm zu werden wie vorher. Dann geben auf einmal die -24Volt auf: der Transistor T4 ist gestorben. Ich stecke einen BC161 hinein und belebe die Schaltung damit wieder. Weil die Thermografiekamera mir aber noch immer etwa 70°C Temperatur auf der vorgeschalteten Zener-Diode zeigt, schaue ich ins Manual und sehe, dass hier vorher eine falsche eingebaut war: hinein kommt keine ZPD24, sondern eine Z24- das ist nämlich ein 2Watt-Typ und die ZPD24 nur 0,5Watt!

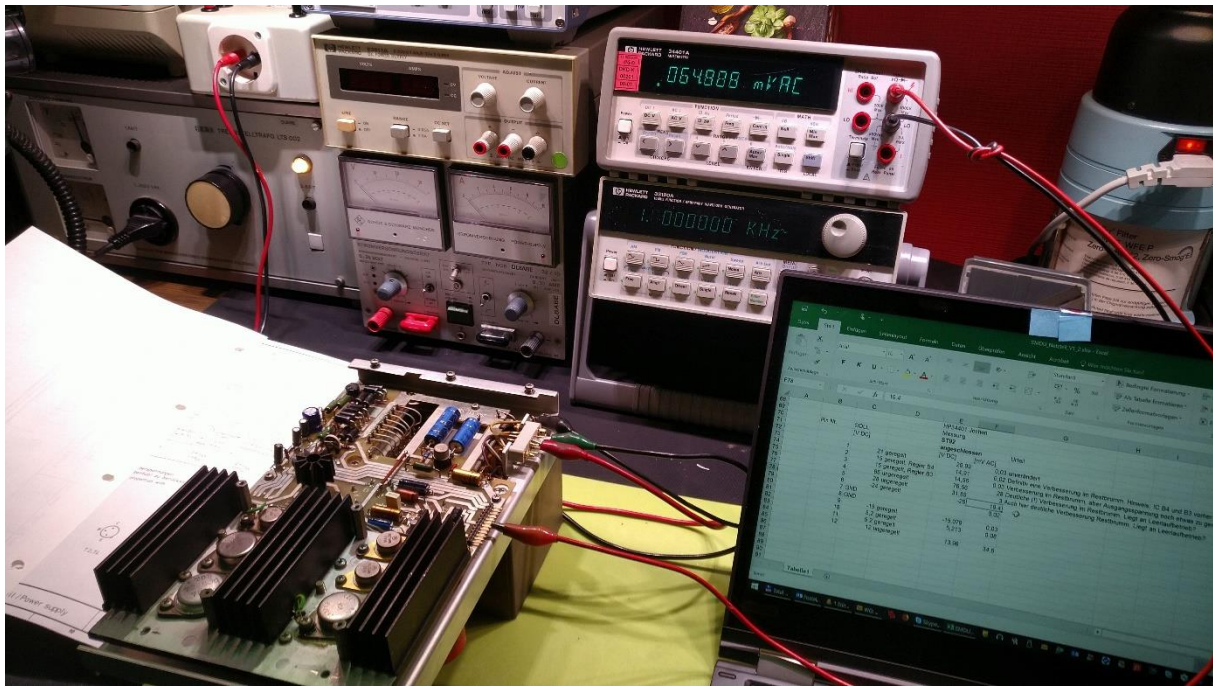


Abbildung 47: alle Spannungen des Netzteils werden gemessen und protokolliert

Ich bestelle eine ZY24- das ist auch ein 2Watt-Typ. Solange probiere ich eine ZY22 aus meiner Bastelkiste aus- mit entsprechend geringerer Ausgangs-Spannung. Die wird nur noch 50°C warm, dafür jedoch wird nun ihr Vorwiderstand wärmer (+60°C; klar, er muss ja auch zwei Volt mehr "verbraten"): Ich vermute, den werde ich dann wohl auch doch einen 2W-Widerstand ersetzen.

25 SpannungsERHÖHUNG

Den etwas "untermotivierten" Spannungsregler mit seinen +14,5V habe ich durch Einfügen einer Diode in seinen Referenzpunkt (=Gehäuse) dazu überreden können, etwas mehr Ausgangsspannung zu produzieren. Mit nun +15,18V am Ausgang gefällt mir seine Spannung nun weitaus besser als vorher. Das Einfügen war dann am Ende gar nicht so schwer wie befürchtet, sondern ließ sich durch nachträglichen Einbau von zwei Isolierscheiben und zwei Lötösen ziemlich einfach bewerkstelligen.

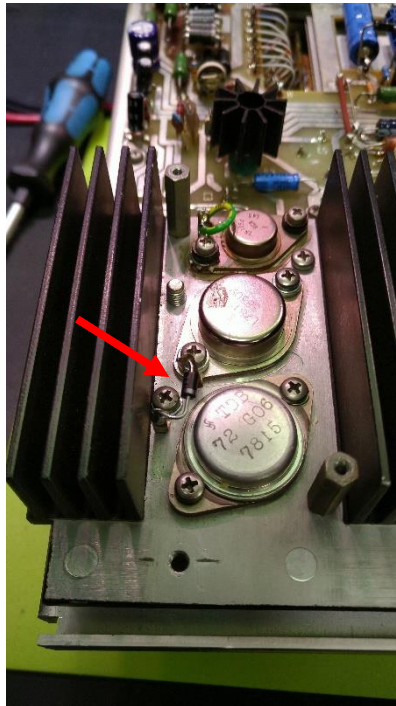


Abbildung 48: Hochlegen der Masse mit einer Diode

26 Probelauf

Bis die Diode da ist, möchte ich einen Probelauf im SMDU machen. Also baue ich das Netzteil wieder ein und starte. Ergebnis: SMDU funktioniert, allerdings FM-Netzbrummen auf dem HF-Signal, das mein FMA Modulationsanalyzer zu einer Anzeige von immerhin 60Hz RMS Störmodulation ermittelt! Ein temporär angeschalteter Siebelko ergibt, dass das Brummen aus dem -24V-Teil kommt, denn es verschwindet, sobald ich zusätzlich mit 4700 μ F abblocke. Ob das nun an den fehlenden 2Volt liegt (ist ja noch die provisorische ZY22 drin und keine Z24) oder ob da irgendwo nochwas im Argen ist, werde ich wohl später dann nochmal durch weitere Versuche herauskriegen müssen.

27 SMDU-Fieber

Nun schaltet sich Martin ein. Martin hatte mich damals ja schon bei der FSEK-Eichleitung sehr geholfen und er ist derjenige, der den Kasten Bier verlieren wird, wenn ich den SMDU bis zum funk.Tag "fit" kriege.

Martin konnte der Versuchung nicht widerstehen und hat sich für 30€ auch einen alten SMDU gekauft. Auch bei ihm ist das Netzteil eine einzige Renovierungsbaustelle, an der er erstmal arbeiten muss, um das Teil zum Laufen zu kriegen. Sein SMDU hat "nur" den normalen Modulatoreinschub, dafür aber ebenfalls die PLL (leider mit defekter Analog-Anzeige) und einen heilen Ausgangsabschwächer.

Als Martin das Netzteil wieder zum Funktionieren gebracht hat, kann er seinen SMDU schonmal erfolgreich in Betrieb nehmen- natürlich erstmal grob, denn für einen Einsatz auf dem funk.Tag (dazu versuche ich ihn gerade anzustacheln) müssen wir uns auch wirklich sicher sein, dass alles auch wirklich p e r f e k t funktioniert und eingestellt ist.

28 Z24 Diode

Die bestellte Diode ist da und ich löte sie ein. Die Spannungen stimmen nun alle, aber Transistor T4 wird mir etwas zu heiß. Mit gemessenen 73°C vielleicht für Silizium noch irgendwie "akzeptabel", aber bestimmt kein Garant für lange Lebensdauer. Ich spendiere einen Kühlkörper und senke damit seine Oberflächentemperatur auf 43°C. Schon besser.

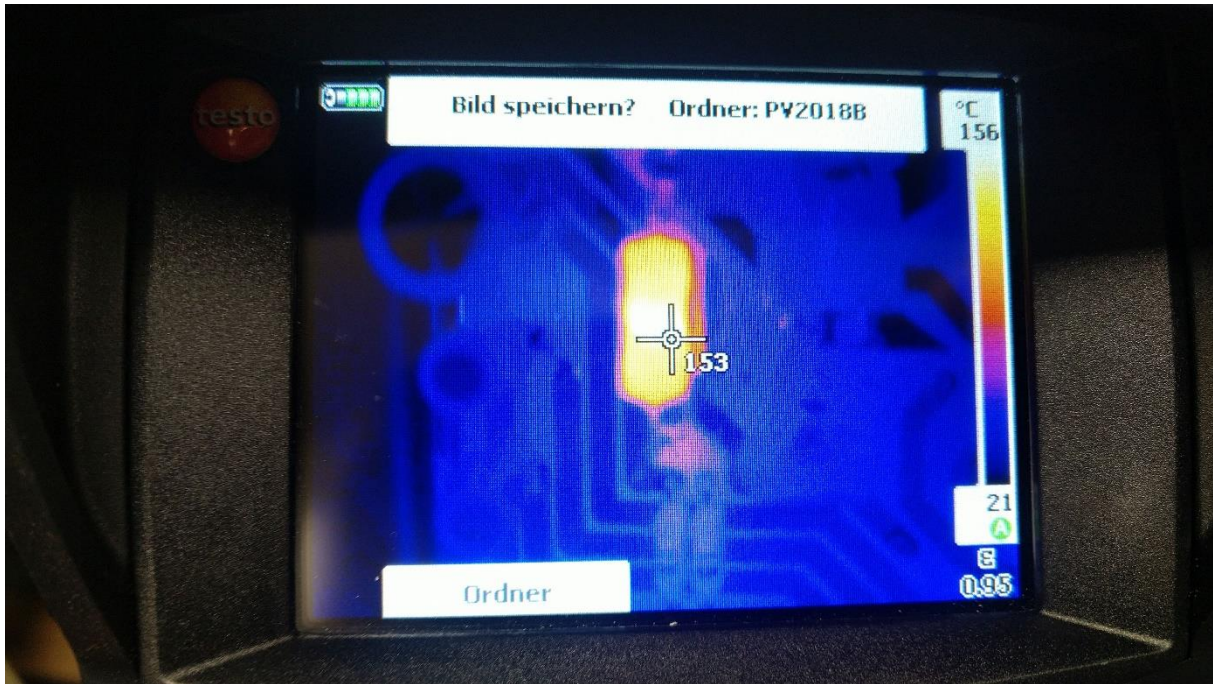


Abbildung 49: bei aller Liebe- das ist mir selbst für einen Widerstand zu heiß!

Dafür wird R24 mit gemessenen $>150^{\circ}\text{C}$ extrem heiß! Ich wechsle gegen eine größere Bauform. Das bringt etwa 30 Kelvin, aber 120°C finde ich für einen Widerstand eigentlich immernoch zu warm. Etwas Dickeres kriege ich aber hier nicht mehr eingebaut. Ich vermute, dass das so bleiben muss! Ich werde das einfach beobachten müssen, mehr kann ich da kaum tun.

29 Y10 Bereichsschalter

Um die Sache komplett zu machen, baue ich auch den FM-Modulator aus und verpasse ihm neue Siebelkos. Dieser sitzt auf Y10, zusammen mit einer Schaltung, die aus den +70V vom Netzteil geregelte 60Volt macht sowie aus den -24V stark gefilterte -18V für die HF-Oszillatoren. Jede Imperfektion an dieser Stelle hat sicherlich sofort Einfluss auf das Phasenrauschen der OSC's, daher tue ich gut daran, auch hier alle Elkos zu messen und ggfs. auszutauschen. Das tue ich, und tatsächlich finde ich auch ein paar "taube Nüsse". Mit Wärmebildkamera gehe ich erneut auf die Suche nach besonders beanspruchten Bauteilen und wechsle sie aus, bzw. baue größere Bauformen ein.

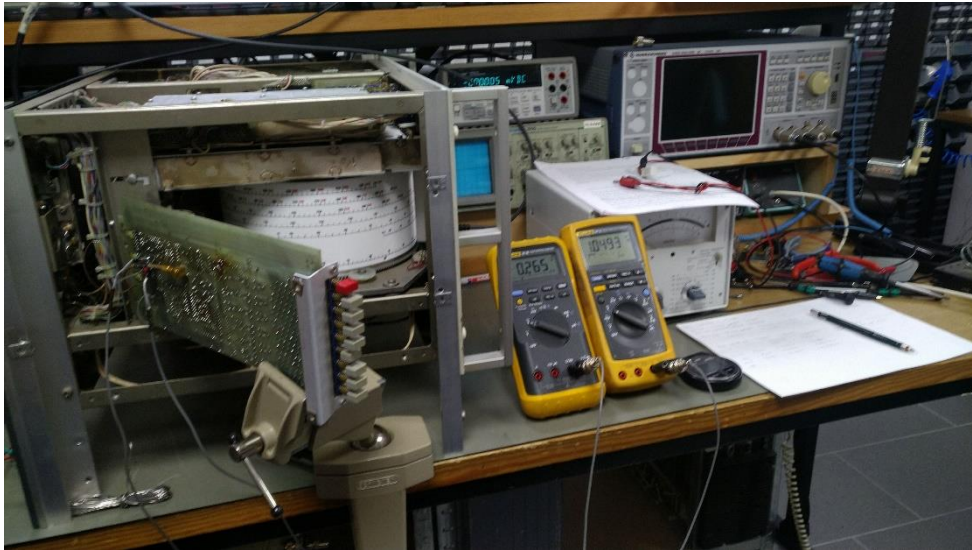


Abbildung 50: Frischzellenkur für Y10

Dann schraube ich auch noch die Synchronisations-Baugruppe auf und wechsle auch hier alle Elkos aus. Sicher ist sicher.



Abbildung 51: auch in der SYNC-Einheit baue ich neue Elkos ein

30 virtueller Erfolg

Als ich wieder alles zusammengebaut habe, schalte ich den SMDU erwartungsvoll ein. Ich messe den Störhub: sensationelle 1,5Hz RMS! Boah!

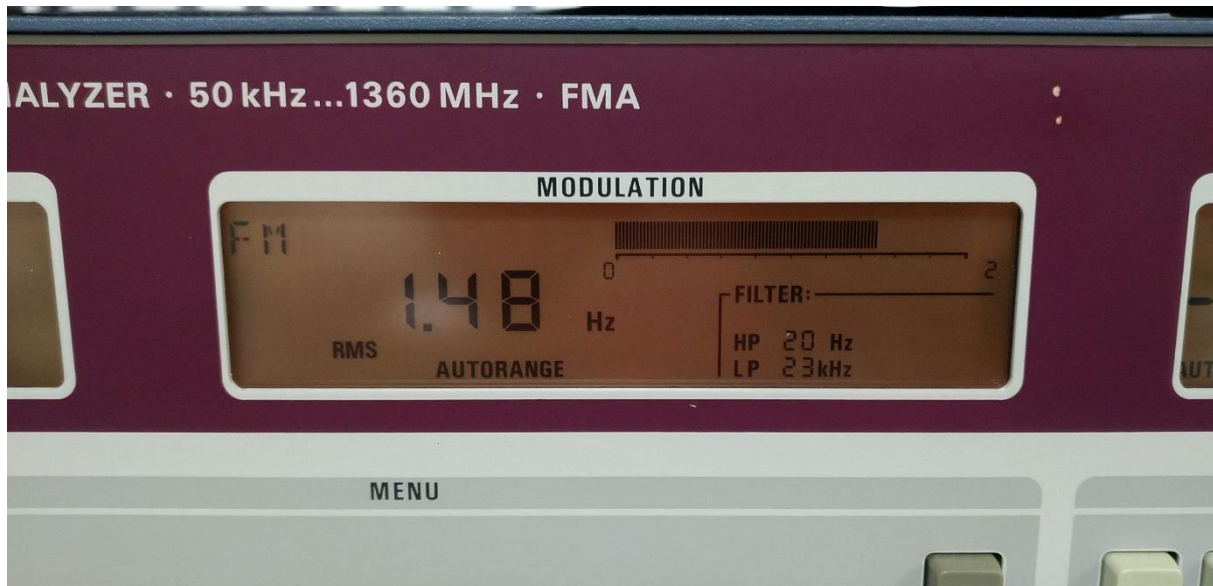


Abbildung 52: Schön wär's....

Doch dann bemerke ich, dass die PLL nicht mehr rastet, sondern nur noch Pendelbewegungen mit dem Zeiger macht. Nach kurzer Suche finde ich heraus, dass der Grund dafür ein nicht mehr funktionierender FM-Modulator ist, denn FM modulieren geht auch nicht mehr!

Und dann platzt meine Blase wieder: der Grund für die so geringe Störmodulation ist schlicht und einfach der ausgefallene Modulator. Der ist sonst nämlich die Hauptursache für die hohe Störmodulation des SMDU. Seufz.

31 +60V-Teil

Beim Messen der Betriebsspannungen für den Modulator zeigt sich, dass die +60V geschossen sind. Es hat einen Längstransistor erwischt- als Folge eines Kurzschlusses, den ich wohl versehentlich beim Handling der Platine verursacht habe. Die meisten Widerstände auf Y10 sind leider hochkant stehend eingelötet. Und zwei der Bauteile haben sich ein ganz bisschen verbogen und mit dem Metallgehäuse eines Transistors die 60V kurzgeschlossen. Das fand der Längsregler nicht gut und stieg auf in den Halbleiterhimmel.

32 KATASTROPHE!

Ich muss zugeben, dass ich am Ende insgesamt 4mal (!) diesen Transistor werde auswechseln müssen. Einmal, weil wieder irgendein Bauteil einen Kurzschluss macht. Dann, als ich mit der Messspitze abrutsche. Ein weiteres mal, weil ich einen Elko falsch herum drin hatte. Dann, als ich einen Stecker abzog und dabei auch einen Kurzschluss machte. Durch diese vielen hochgestellten Bauteile ist die Arbeit an Y10 nicht wirklich eine Freude, denn das Teil ist hochsensibel gegen mechanische Einflüsse. Nur einmal kurz falsch angefasst und wieder hängt ein Widerstand mit seinen Metallbeinchen an seinem Nachbarn und schließt was kurz. Am Ende geben sogar die Leiterbahnen und die Lötäugen auf und ich muss kleine Löt Nägel als Stützstellen einbauen, damit ich die Transistoren überhaupt noch ein weiteres mal neu angelötet kriege.

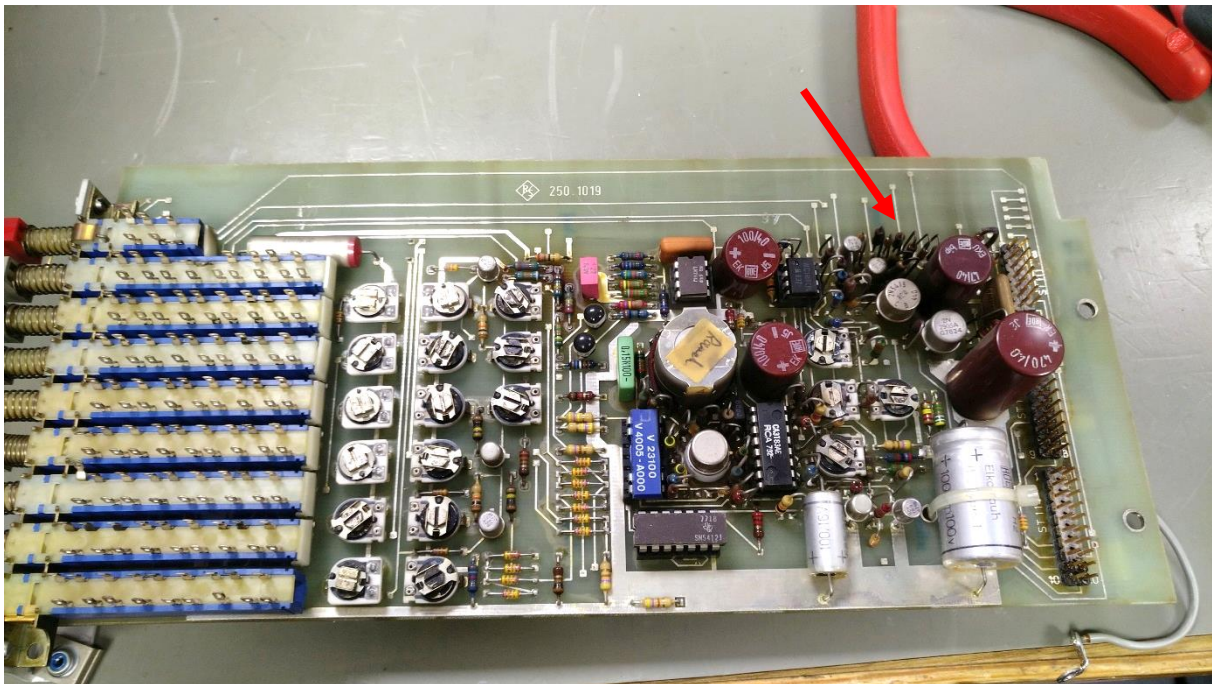


Abbildung 53: so eng, wie es da zugeht, sind Kurzschlüsse während der Reparatur vorprogrammiert!

Hier muss ich leider den Entwicklern dieser Leiterplatte einen kleinen Vorwurf machen! Wenn man eine Platine so layoutet, dass es beim geringsten Verbiegen der Widerstände solche fetten Kurzschlüsse geben kann, dann ist das einfach mechanisch kein gutes Design! Jungs, auch wenn der SMDU noch aus den 70ern stammt- aber das konntet ihr doch eigentlich besser, oder ??!?

Ich ziehe über die wichtigsten Bauteile ein paar Isolierschläuchen, wechsle einen 3,30hm-Widerstand aus (dickere Bauform) und dann mache ich erneut den Check:

33 Störhub und FM-Modulation

Der SMDU läuft wieder, aber ich erhalte nun zwischen 30Hz RMS und 80Hz RMS Störhub. Je nach Betriebstemperatur scheint das auch noch ziemlich stark zu schwanken. Im Hintergrund hört man ganz ganz leichtes Brummen- und das, obwohl die Werte aus dem Netzteil und auch der 60V-Schaltung eigentlich keinen Anlass zur Kritik geben! Der AC-Anteil auf den -18V für den OSC ist beispielsweise kleiner als $20\mu\text{V}$ - das ist doch eigentlich ein guter Wert, oder nicht?

Und warum schwankt die Größe der Störmodulation so stark? Ich messe mit meinem FSEB Spektrum Analyzer (Vector-Modus) nach, ermittelte aber dieselben Werte wie mit dem FMA. Der SMDU (zumindest meiner) schwankt wirklich so stark!

Zum Vergleich: der R&S SME03 erzeugt auf demselben FMA einen Störhub von nur 1Hz RMS mit stabiler Anzeige! Schaltet man am Messdemodulator das CCITT-Filter ein, habe ich sogar eine Anzeige von $<0,5\text{Hz RMS}$ - ebenfalls super stabil! Der SMDU rauscht bei mir etwa 100x so stark wie der SME03!

Wenigstens lockt die PLL jetzt wieder sauber und FM-Modulation funktioniert. Ob jedoch der gemessene NF-Klirrfaktor eines modulierten 1kHz-Tons von 1,0% jetzt wirklich ok ist? Das ist der laut Spec zulässige Grenzwert! Normalerweise liegen die typischen Werte doch immer auf der etwas "besseren" Seite?

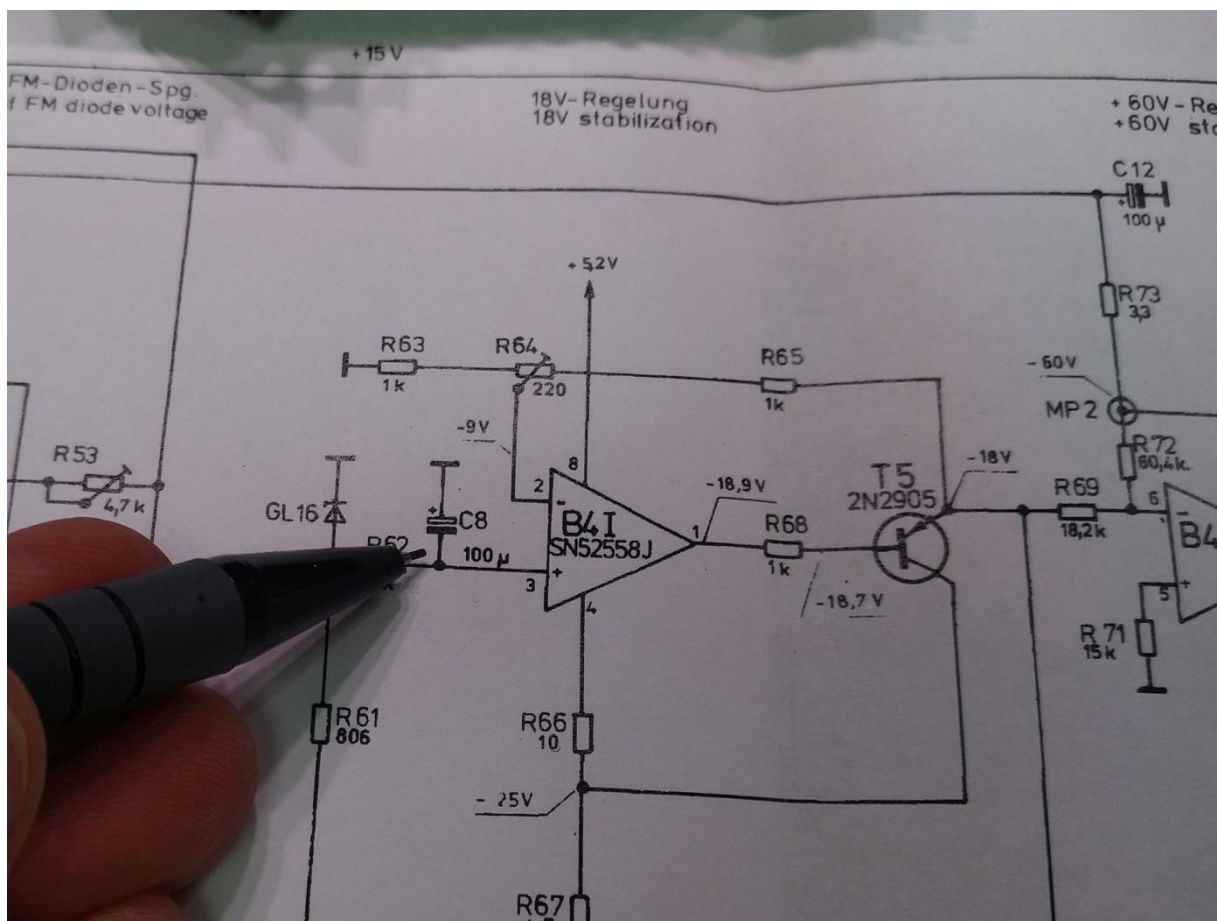


Abbildung 54: dieser Elko in der -18V-Regelung wart auch noch mau!

Am Ende finde ich nach einem Suchen noch einen Röderstein-Elko in der -18V-Regelung, der wirklich defekt war: mit weniger als $3\mu\text{F}$ (Soll: $100\mu\text{F}$) tausche ich ihn gegen einen frischen Elko aus.



Abbildung 55: defekt!

Etwas verwundert bin ich schon, weshalb die Bauteile scheinbar während der Reparatur zu sterben scheinen. Bestimmt komme ich mal mit der Messspitze irgendwo versehentlich dran, aber genauso wahrscheinlich ist es, dass die Bauteile nach so langer Standzeit sich erstmal wieder formieren müssen (insbesondere Elkos) und einige diesen Prozess eben nicht mehr überstehen.

Da kann ich nichts weiter tun, als dem "hinterher zu reparieren".

34 Normal oder nicht?

Tja, aber nun habe ich den Salat. Ich habe am SMDU herumgelötet, bin mir aber nicht sicher, ob ich mit der ganzen Löterei überhaupt wirklich etwas verbessert habe oder nur die nacheinander auftretenden Fehler abgearbeitet habe. Sicher, die jüngeren Elkos werden dem SMDU bestimmt etwas mehr Lebensdauer schenken als die alten, und die Reinigung der Tastensätze mit Reparatur von CCITT-Filter und Klirrfaktormesser war schon erfolgreich. Doch beim Thema "Störmodulation" bin ich mir irgendwie unsicher.

Lohnt sich hier noch eine weitere Arbeit, oder muss ich mich irgendwie damit abfinden, dass ein SMDU eben technologisch einfach so "ist", wie er ist und von mir durch einfachen Elko-Tausch nicht wirklich verbessert werden kann? Immerhin- wenn es so einfach möglich gewesen wäre, dann hätten die R&S-Entwickler diese Potenziale doch bestimmt ebenfalls schon gehoben und nicht erst darauf gewartet, dass ein Bastler im Jahr 2020 einen alten SMDU kauft und ihn dann auf einmal in die Spitzenklasse hineinmodifizieren will.

35 Der Plan!

Ich möchte dem SMDU eine Chance geben- auch wenn ich zugeben muss, dass mich die Leinen MLZ4S Drehmaschine mit leckendem Getriebe, die seit nun etwa zwei Wochen in meiner Garage steht, gerade etwas mehr "lockt". Momentan im Februar sind die Bastelbedingungen in einer unbeheizten Garage jedoch nicht wirklich als "gemütlich" zu bezeichnen, daher mag der geneigte Leser verstehen, dass ich mich dann doch erstmal noch um den SMDU kümmern werde.

Der Plan ist nun folgender: erstmal prüfe ich die Baugruppe Y10 nach den Serviceunterlagen. Die sind aus meiner Sicht für diese Baugruppe ganz vernünftig gemacht und ziemlich "straight forward". Danach werde ich die Solleigenschaften für FM und Störmodulation gemäß Manual prüfen. Sollte der SMDU dann hier alles erfüllen, werde ich es bei dem einfach belassen. Ich kann aus einem alten Ackergaul eben kein Sportpferd machen. Mit Entlausen, Striegeln und neuen Hufeisen sollte mich jedoch auch der Ackergaul noch gut über den funk.TAG 2020 bringen.

36 Messungen

Nach Manual geschieht das Prüfen in folgenden Schritten.

1. Oszillator-Betriebsspannung (-18V)olt)

Koaxkabel K101 abschrauben. Mit Multimeter an ST111.7 messen und mit R64 auf -18,00V +/- 2mV abgleichen.

DC Messwert: -18,001V (Schwankt innerhalb weniger Minuten leicht um ein paar mV)

Jetzt AC-Anteil messen. Dazu geschirmtes Kabel an ST111.7 anlöten und mit R&S UPGR messen. Bandbreite 15Hz..100kHz auswählen. Erlaubte Störspannung: 20µVss! (das sind nur 7µV eff!)

AC Messwert: zwischen 10µVrms und 35µVrms (Messung UPGR)

2. +60V prüfen

Multimeter an MP2 halten. Soll: 59,4V..60,6V.

IST: +61,619V

Jetzt auch hier AC-Anteil messen. Dazu geschirmtes Kabel an MP2 anlöten und mit R&S UPRG messen. Bandbreite 15Hz..100kHz auswählen. Erlaubte Störspannung: 40 μ Vss! (das sind 14 μ V eff!)

Der AC-Messwert ist in Realität: 3mVrms (!)

Mal unter uns: die Anforderungen an die AC-Messung sind echt taff! Wenn bei den -18V wirklich nur 20 μ Vss (=7 μ V rms) erlaubt sind und die Messbandbreite 100kHz sein soll, wird es echt eng. Beim Messen so kleiner Spannungen habe ich zuerst an das R&S UPRG gedacht.

Doch wenn man da in seine Bedienungsanleitung schaut, so stellt man fest, dass das Eigenrauschen bei 100kHz Bandbreite schon selber bis zu 8 μ Vrms beträgt! Und das auch nur, wenn der Eingang mit 600Ohm abgeschlossen ist; hochohmig gemessen ist es noch höher. Bedeutet: die 7 μ Vrms kann ich damit eigentlich gar nicht messen! Aber womit kann ich das denn noch messen?



Abbildung 56: Noisefloor des R&S UPRG: 5,8 μ Veff @100kHz Bandbreite bei 500Ohm Abschluss

Aber selbst mein bestes Pferd im Stall, das Brüel&Kjaer 2636, ist immerhin "noch" mit $5\mu\text{Vrms}$ bei 200kHz Bandbreite spezifiziert. Okay, umgerechnet auf 100kHz Bandbreite wären das äquivalent $5\mu\text{Vrms} * 0,7 (= -3\text{dB}) = 3,5\mu\text{Vrms}$. Aber auch das gilt nur für kurzgeschlossenen Eingang und wie ich die Bandbreite auf 100kHz begrenzen soll (man kann verschiedene Filter einschalten, aber der höchste Tiefpass dieses Gerätes liegt bei 22,4kHz, nicht 100kHz) weiß ich auch noch nicht.

Aber selbst wenn: Eigenrauschen von $3,5\mu\text{Vrms}$ ist immernoch 50% des gesamten Messwertes; die Statistiker unter Euch können jetzt bestimmt ausrechnen, was das Messgerät anzeigen würde, wenn ich vorne $7\mu\text{Vrms}$ Rauschen einspeise und intern nochmal $3,5\mu\text{Vrms}$ zusätzliches Rauschen erzeugt wird. Ich würde wagen, dass sich hier die Rauschleistungen addieren, weil sie nicht voneinander abhängig sind (korreliert), aber das kann jetzt auch Unsinn sein, daher halte ich mich lieber zurück. Fest steht jedoch: so richtig vernünftig "messen" kann ich das wahrscheinlich nicht mehr.



Abbildung 57: das Brüel&Kjaer 2636 schafft in der Realität sogar nur $3,2\mu\text{Veff}$ @200kHz Bandbreite und $0,8\mu\text{Veff}$ @22,4kHz Bandbreite!

37 HP3458A

Mein HP3458 ist ein 8,5stelliges Labormultimeter für Kalibrierzwecke. Selbst im Jahr 2020 ist es noch immer state-of-the-art und das Beste, das ich hier für Spannungsmessungen habe. (Es ist meistens auch das Beste, was Kalibrierlabore haben ;-)

Das Datenblatt dazu ist leider derart komplex, dass ich nicht herauslesen kann, wie groß sein Eigenrauschen in μV ist. Sollten also mein UPRG und mein BK2636 tatsächlich nicht für die Messung ausreichen, werde ich als letztes mein HP3458 dafür benutzen. Allerdings wäre es wirklich lächerlich, dass man ein 8,5stelliges Labormultimeter dazu benutzen müsste, um einen uralten SMDU reparieren zu können!

Ob die $20\mu\text{V}$ aus dem Manual nachher ein Druckfehler sind und in Wirklichkeit vielleicht 20mV gemeint waren?!?!?!

Das Manual zeigt zu diesem Test das Bild eines Tektronix 7000er Oszilloskops mit dem Einschub "7A7". Leider findet man im Internet so gut wie nichts darüber, was dieser Einschub können sollte und welche Spezifikation er letztendlich hat. Ich glaube, ich werde es einfach mit meinem UPRG versuchen.

38 UPGRade

Es zeigt sich, dass das HP3458 aufgrund seiner enormen Bandbreite im AC-Bereich tatsächlich am stärksten von den dreien rauscht. Das R&S UPGR zeigt offenem Eingang etwa 17 μ Vrms, bei mit 50Ohm abgeschlossenem Eingang etwa knappe 6 μ Vrms.

Geschlagen wird das nur noch vom BK2636, das trotz seiner doppelten Bandbreite bis 200kHz nur einen Rauschschlag von gemessenen 3,2 μ Vrms erzeugt. Ich sag ja- das BK2636 gebe ich nicht mehr her. Es ist eines meines hochwertigsten Analog-Messgeräte!

Trotzdem entscheide ich mich für das UPGR zur Messung, denn es ist batteriebetrieben und das hat beim Messen so kleiner Spannungen Vorteile.

Um es kurz zu machen: bei der Messung der Spannungen begann ich mit den -18V (Stecker K101 abgeschraubt). Die justierte ich erst mit R64 auf den korrekten Zielwert.

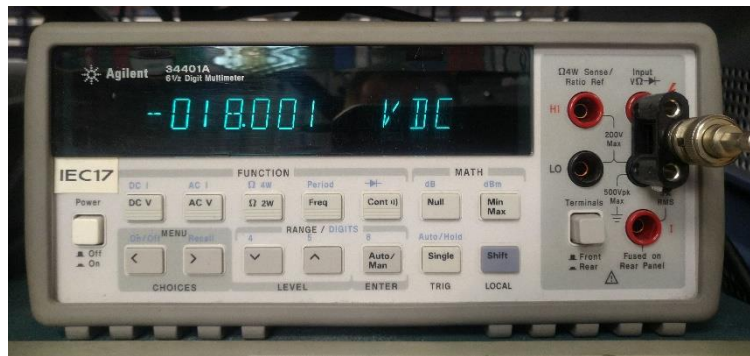


Abbildung 58: die -18V kann man zwar sauber justieren, driftet aber schon nach kurzer Zeit aus dem im Manual beschriebenen Toleranzfenster

Das gelang, wenn auch die Spannung über mehrere Minuten gemessen, leicht wegläuft und das Abgleichziel (+/-2mV) schon nach kürzester Zeit damit nicht mehr richtig trifft. Ob das bei einem fabrikneuen SMDU nicht vielleicht sogar auch so ist, oder nur am hohen Alter gerade dieses SMDUs hier liegt, ist jetzt reine Spekulation. Wenn ich mir das Schaltungsdesign allerdings angucke, ist es mir rein subjektiv betrachtet doch etwas "einfach" ausgelegt für solche Anforderungen. Egal, ich stelle die -18V ein und messe dann die AC.

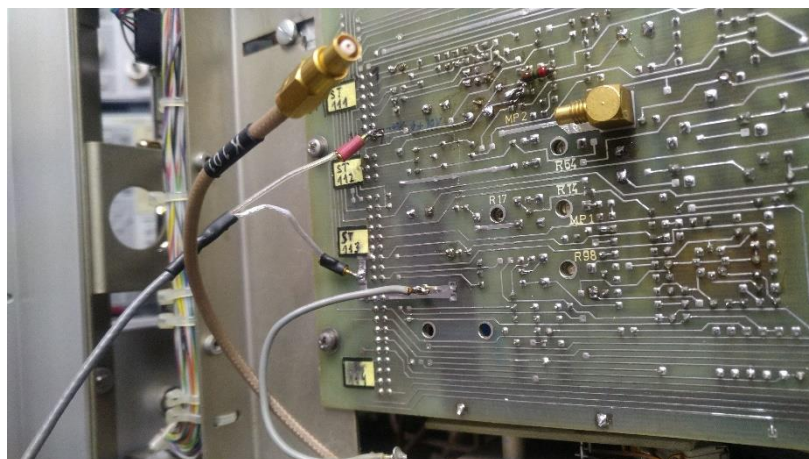


Abbildung 59: Abgriff der Spannung zum Messen

Hier wird es schwer: wie zu erwarten, sind AC-Spannungen im μV -Bereich schwer zu fassen. Das UPGR schwankt in der Anzeige zwischen $10\mu\text{V}_{\text{rms}}$ und bis zu $35\mu\text{V}_{\text{rms}}$. Messe ich das Signal mit meinem Tektronix Oszilloskop, das auch eine $500\mu\text{V}/\text{div}$ -Anzeige hat, so erkenne ich auf den -18Volt eine etwa 30MHz-Schwingung mit ca. $500\mu\text{V}_{\text{ss}}$ Amplitude. Wo die herkommt, oder ob das ein Messfehler oder sogar Messaufbau-bedingt ist, habe ich bislang noch nicht nachgeforscht.

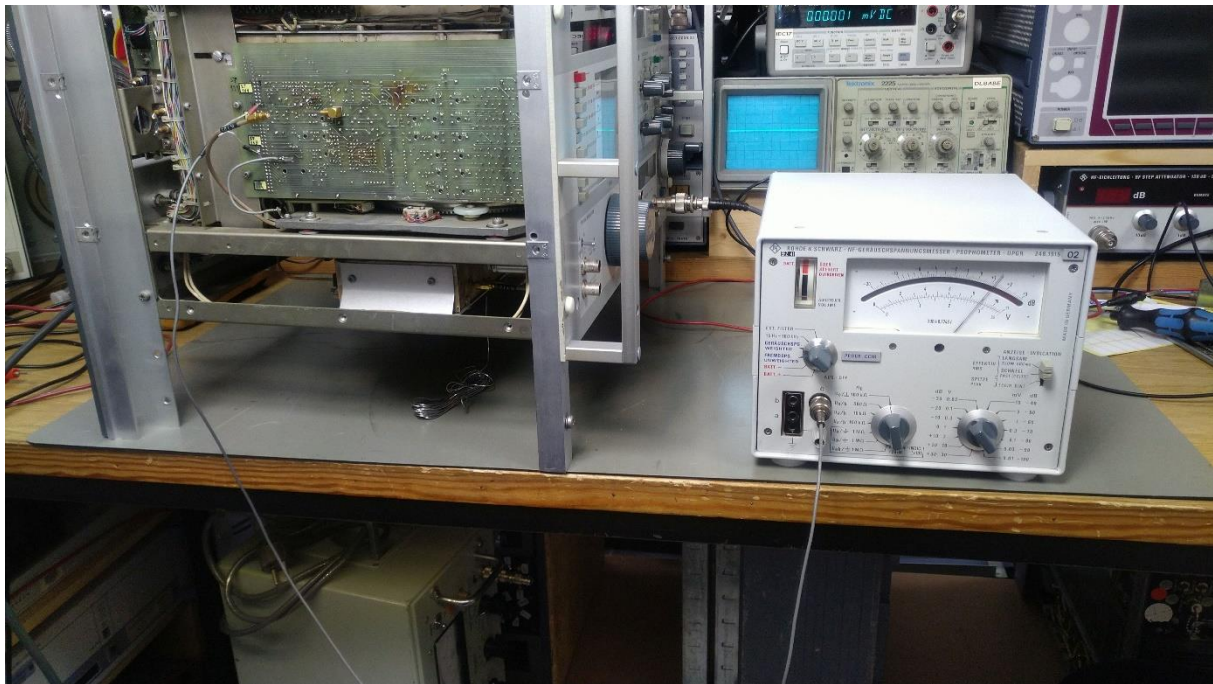


Abbildung 60: Messung der AC auf den -18Volt

Dann schaue ich mir die +60Volt an. Diese werden für den FM-Modulator benötigt, denn der muss über einen extrem großen Aussteuerbereich verfügen, damit der SMDU auch seinen enorm großen FM-Modulationshub von $\pm 200\text{kHzpp}$ erzeugen kann. Ich meine mich zu erinnern, dass beim Standardeinschub ohne FM-Demodulator teilweise sogar $>1\text{MHz}$ FM-Hub möglich war, kann das im Datenblatt aber leider nicht mehr finden. Trotzdem sieht man im Schaltplan 250.1019S einen Schaltpin ST113.8 mit der Beschriftung "500kHz", was mich dazu verleitet, meiner Erinnerung zu glauben ;-)

Egal, zurück zur Messung. Prüfe ich an MP2, so sehe ich dort +61,619Volt. Das ist laut Manual zu viel. Ich bemerke den zusätzlich aufgelöteten 2,2M Ω -Widerstand parallel zu R72 (zwischen Pin6 des OP-Amps und T6) und verkleinere ihn auf 1M Ω . Damit hat der OP mehr Gegenkopplung, die Ausgangsspannung sinkt an MP2 auf 59,873V. Prima, so lasse ich es!

Nun aber die AC: sagenhafte 3mV_{rms} sehe ich hier. Das kommt möglicherweise aber schon aus dem Netzteil, denn die zur Verfügung gestellten +70V haben auch bereits noch 1083mVrms Brummspannung überlagert. Nach einem Schaltbildreview vergrößere ich den 100 $\mu\text{F}/100\text{V}$ Filterkondensator C6 im Netzteil, indem ich einen zweiten parallel schalte. Das reduziert die Brummspannung an MP2 (SOLL: +60VDC) auf nunmehr ca. 1,3mVRMS. Aber

selbst damit sind das immernoch fast 40dB schlechter als der laut Manual erlaubte Zielwert ($14\mu\text{Vrms}$)! Also- woran liegt das denn, verflixt?

Achja- hier noch einmal ein Auszug des zugrunde liegenden Schaltungsteils. Der FM-Modulator ist ebenfalls auf der Baugruppe "Y10 Bereichsschalter" zu finden!

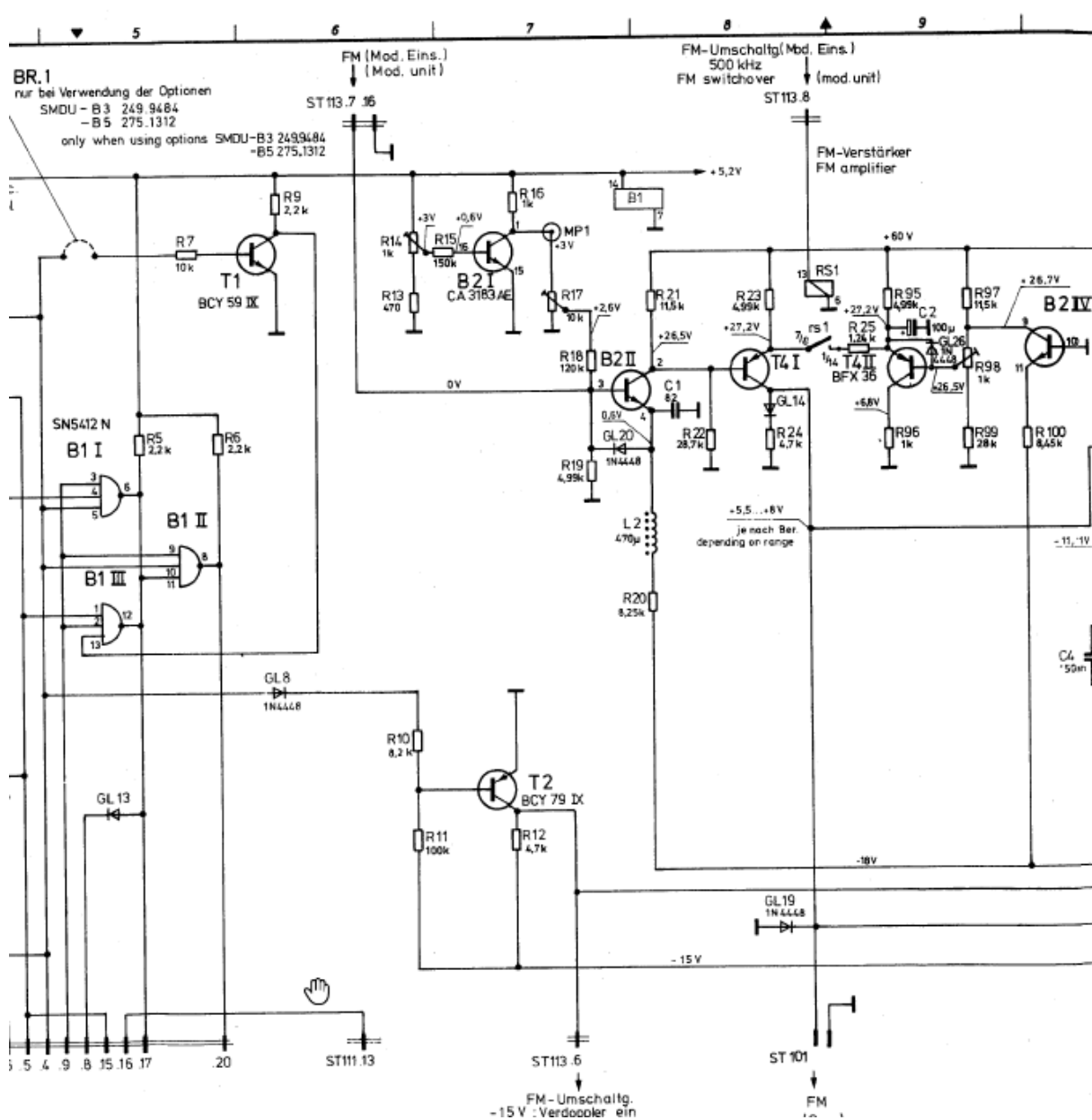


Abbildung 61: Schaltplanauszug des FM-Verstärkers 250.1019S

39 Analyse der +60V

Fangen wir mal systematisch an: wie kann denn ein so großer Ripple auf dieser Spannung sein? Was muss elektrisch passieren, damit es Ripple gibt?

Antwort: verantwortlich für das Überbrücken der 50Hz (bzw. 100Hz beim Doppelgleichrichter)-Spitzen sind die Ladekondensatoren. Hier sind im Netzteil 100 μ F vorgesehen, und die habe ich ja schon verdoppelt. Je nachdem, wieviel Strom man also entnimmt, müssen die Ladekondensatoren die Zeit zwischen den "Höckern" überbrücken. Und je mehr Strom man ihnen entnimmt, desto tiefer der Einbruch. Ergo: wenn die +60V zu stark belastet werden, bricht die Spannung Ladekondensator zwangsweise zu tief ein, um die geforderten 40 μ Vss noch halten zu können.

Rechnen wir mal nach.

Das Netzteil haben wir ja schon aufgearbeitet und hinlänglich gemessen.
Im Leerlauf sind die +70V (aus denen die +60V ja abgeleitet werden) wie folgt:
+77V DC mit 28mVrms ripple

Im Betrieb:
+70,0V DC mit 1088mVrms ripple

Okay, das sind noch die Messwerte mit C6=100 μ F (original) und nicht 200 μ F wie jetzt, aber überlegen wir mal. Selbst im unbelasteten Zustand liegen auf den +77V also 28mVrms ripple. Das wären immernoch 66dB mehr ripple als erlaubt. Nun gleicht natürlich die Regelschaltung auf Y10 auch noch etwas ripple aus. Wie wir wissen, kommen von den eingangs 1088mVrms auf den +70V am Ende etwa 3mVrms ripple auf den +60V übrig. Die Schaltung bewirkt also eine Verbesserung des ripples um immerhin 51dB.

Beziehen wir das auf mal auf den Fall eines unbelasteten Netzteils, so könnte die Regelschaltung aus den 28mVrms ripple auf den +70V eine +60V mit 78 μ Vrms ripple. Theoretisch. Und nur im Leerlauf! Und es wäre immernoch 15dB vom Zielwert aus dem Manual entfernt! Also irgendwas ist hier doch faul!

Prüfen wir mal, ob die Ladeschaltung im Netzteil in der Theorie im Leerlauffall auch die 28mVrms ripple erzeugen dürfte. Wir gehen von einer Spitzenspannung von 77Vs aus und wissen, dass R&S dem Ladekondensator C6 = 100 μ F einen Parallelwiderstand von 82kOhm spendiert hat.

Jetzt mal im Kopf kramen, wie man eine Lade/ Entladefunktion eines RC-Glieds berechnet hat. Soweit ich weiß, war das eine fallende e-Funktion mit $\tau = R \cdot C$ als Zeitkonstante.

Ich tippe die Entladefunktion für ein RC-Glied in mein Excel, nehme als $R = 82\text{k}\Omega$ und $C = 100\mu\text{F}$, sowie als $t = 10\text{ms}$ (da Doppelgleichrichter), $U_0 = 77\text{V}$. Am Ende kommt heraus, dass die Ladespannung eines RC-Glieds mit diesen Daten nach $t = 10\text{ms}$ von +77,0V auf +76,906V gefallen wäre. Das sind genau 93,8mV!

40 Falscher Hase - richtiger Hase

Da ich diesen "Ripple" AC-gekoppelt mit einem True-RMS Multimeter gemessen hatte (28mVrms), müssten wir nun strenggenommen den wahren Effektivwert dieser Entladefunktion über diese 10ms ermitteln und dann über den so berechneten (RICHTIGEN!) Formfaktor darauf zurückrechnen können, was ein True-RMS Multimeter in diesem Fall anzeigen würde.

Da wir es dann mit Integralen und e-Funktionen zu tun kriegen, wäre das sicher interessant für eine Promotion, aber für mich reicht es, überschlägig mit einem bewusst FALSCHEN Formfaktor zu rechnen. Da ich den Wert zu hübsch finde, benutze ich die bekannten $1/\sqrt{2}$, also die 0,707, die eigentlich nur für Sinuswellenformen gelten- definitiv nicht für Stücke fallender e-Funktionen. Egal, ist ja nur überschlägig gerechnet. Und ich erhalte damit:

tataaaa!

33mVrms.

Gemessen hab' ich 28mVrms.

Toff! Das passt doch! Das Netzteil verhält sich bezüglich der +77V im Leerlauf genau so, wie es sich laut Schaltungsdesign verhalten müsste. Und damit muss ich R&S in seinem Manual nun wieder was am Zeug flicken, denn ich nehme ihnen die geforderten 40µVss damit nicht mehr ab, sorry! Mit diesem geringen Ladekondensator von 100µF müsste der nachgeschaltete 60V-Spannungsregler nahezu Übermenschliches leisten, um aus 1088mVrms ripple am Ende weniger als 14µVeff auszuregeln! Denn: das wären fast 98dB Regelumfang und das, meine Freunde von 1970 aus München, nehme ich einer einstufigen Regelung aus Standard-OP-Amp und Regeltransistor niemals ab! Sorry! (Zumal ich in der Realität ja auch "nur" 51dB gemessen habe)

41 Ausweg?

Wir geben dem allem eine letzte Chance, indem wir mal schauen, was so alles an Strom abverlangt wird. Denn klar ist- je mehr Strom, desto größer müsste der Ladekondensator sein. Normalerweise rechnet man als Faustformel für einen Ladekondensator bei Standardanforderungen etwa $2000\mu\text{F}$ pro Ampere. Mit $100\mu\text{F}$ in der Schaltung könnte man also mit einem Strom von 50mA rechnen. Das Manual schreibt zur Nennlast " 25mA " und dort seien $2,5\text{V}_{\text{ss}}$ ripple am Ladekondensator erlaubt (das entspricht vermutlich etwa $890\text{mV}_{\text{rms}}$). Aber machen wir trotzdem unsere eigene Rechnung:

Folgende Zweige ziehen hier folgende Ströme (alles nur überschlägig!; Bezug: Baugruppe Y10, 250.1019S, siehe Abbildung 61):

Zweig1: R72 Parallelwiderstand zu C6
 $I = 0,94\text{mA}$

Zweig2: B2II
 $I = 3,9\text{mA}$ mit Vernachlässigung Strom durch R19

Zweig3: T4I
 $I = 6,2\text{mA}$ mit Vernachlässigung Strom durch R22

Zweig4: T4II
 $I = 10,0\text{mA}$ mit Vernachlässigung Strom durch R25

Zweig5: T4II Basis
 $I = 1,5\text{mA}$

Zweig6: B2IV
 $I = 5,1\text{mA}$ mit Ungenauigkeiten R97 und Umgebung

Zweig7: B2III
 $I = 5,6\text{mA}$ mit Vernachlässigung Basisstrom

Zweig8: erste Kontaktreihe S101 (R50, R60)
 $I = 13\text{mA}$ mit Annahme Stellung R1 parallel R49 = 400Ω

Zweig9: zweite Kontaktreihe S101 (R51)
 $I = 2,6\text{mA}$ unter vagen Annahmen (Spannung an C7 = 30V ; R53 = $2\text{k}\Omega$)

Zweig10: B4II
 $I = 3,8\text{mA}$ unter Vernachlässigung R77, Basisströme

Summe: $52,6\text{mA}$! Ha!

Also auch das scheint stimmig: selbst unter Vernachlässigung von vielen Abhängigkeiten in der Schaltung und vielen Annahmen komme ich am Ende auf eine Größenordnung, die grundsätzlich erstmal zu der Dimensionierung von C6 im Netzteil passt ($100\mu\text{F}$).

Was sagt jetzt unser Excel mit der Kondensator-Entladekurve dazu, wenn wir das mit einem äquivalenten Entlade-Widerstand berechnen, der 52,6mA Stromfluss erzeugen würde (1464Ohm)?

Das Multimeter würde hier theoretisch einen AC-Wert von etwa 1,6Vrms anzeigen (bei $U = +70\text{V}$, was dem belasteten Zustand entspricht). Messen tun wir in der Realität 1,1Vrms; also etwas weniger. Das hat meiner Meinung nach sicher die Gründe, dass ich bei der Ermittlung der Zweigwiderstände alle Transistoren als 100%ig ideal leitend angenommen habe, was in der Praxis sicher nicht stimmt. Aber selbst mit diesen herben Vereinfachungen ist das alles doch gar nicht so weit weg und beweist zumindest dieselbe Größenordnung!

Nun bleibt mir eigentlich nur noch, den wahren Strom der +70V-Leitung während des Betriebs zu messen und die 0,94mA durch R72 hinzuzuaddieren.

42 Fazit

Mein Fazit: die geforderten $40\mu\text{Vss}$ ($=14\mu\text{Vrms}$) können eigentlich nur ein Irrtum sein- oder werden irgendwie anders gemessen. Mit der in meinem SMDU realisierten und in den Unterlagen beschriebenen Schaltungstechnik mit dieser Dimensionierung kann man so einen geringen Wert an Ripple aus meiner Sicht nicht erreichen. Wie gesagt- der Regelkreis müsste fast 100dB Ripple-Unterdrückung beherrschen, um diese Anforderung an die Sauberkeit der Ausgangsspannung zu erfüllen. Das glaube ich einfach nicht- und meine Messungen zeigen das ja auch!

Ahja- macht man dieselbe Rechnung auf - und zwar ausschließlich mit den Angaben aus dem Manual (Ripple an C6: 2,5Vss; Ripple auf den +60V: max. $40\mu\text{Vss}$), kommt man auf etwa 96dB, die der Regler ausregeln müsste. Genauso unrealistisch!

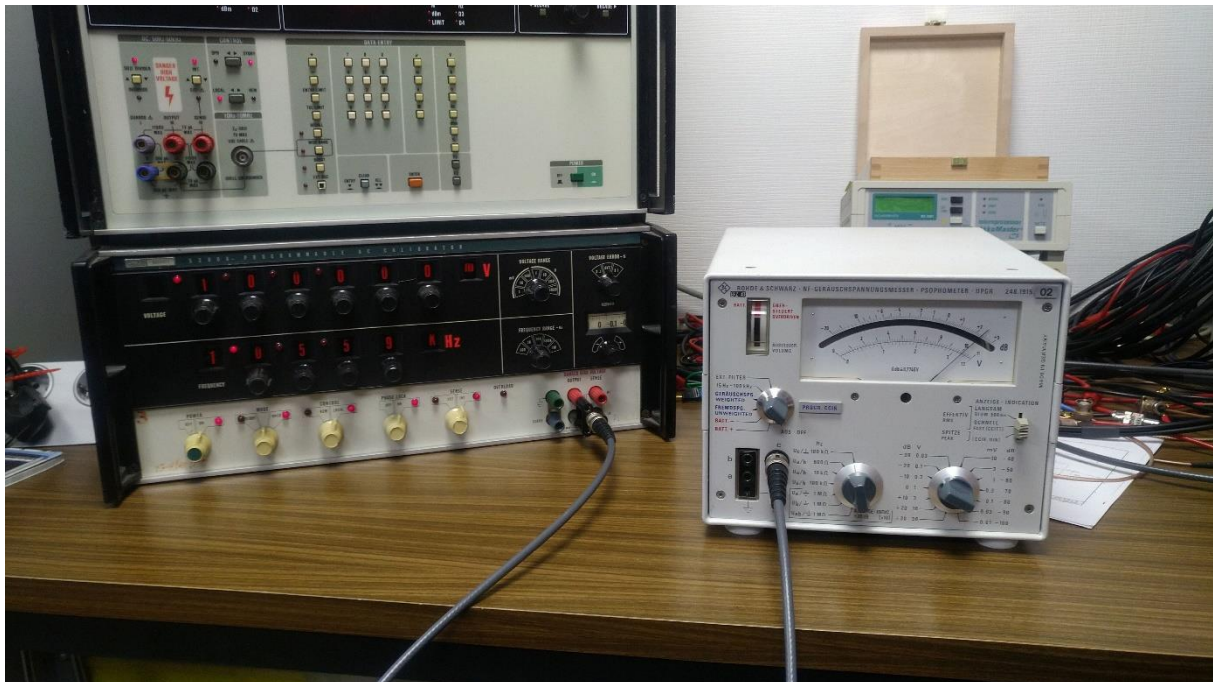


Abbildung 62: Zwischenkontrolle des UPGS am Kalibrator: alles super!

43 Was nun?

Toll, ich komme mir vor, wie ein Fußgänger an einem Zebrastreifen. Er hatte zwar Vorfahrt (Vorrang?), wurde von dem vorbeifahrenden Auto aber trotzdem umgefahren. Im Endeffekt hatte er zwar "recht"- aber nützen tat es ihm nichts, wenn er danach im Krankenhaus liegt! So ähnlich geht es mir. All die Beweisführung und Analyse nützen mir nichts, denn der SMDU brummt immernoch und die aufgedeckten Fragen und aus meiner Sicht nicht zusammen passenden Puzzleteile helfen mir bislang nicht weiter, sondern werfen nur Zweifel und weitere Fragen auf.

Soll ich mal zurückrechnen, was für einen C6 ich bräuchte, um die geforderten $40\mu\text{V}_{\text{ss}}$ an +60V zu erreichen? Mach ich. Nehmen wir wirklich nur einmal die im Manual als "Nennstrom" bezeichneten 25mA Strom an. Und setzen wir für den Regler die eingangs ermittelten 50dB Regelfähigkeit an. Aber selbst wenn ich C6 ver-hundertfache (also $10.000\mu\text{F}$ statt $100\mu\text{F}$), hätte ich am Ende noch fast 10mV Ripple- die der Spannungsregler dann zu etwa $32\mu\text{V}_{\text{rms}}$ auf den +60V reduzieren würde- mal angenommen, wir können Themen wie "Eigenrauschen", usw. wirklich vernachlässigen. Abgesehen davon gäbe es damit ein anderes Problem: wenn das Netzteil wirklich für nur 25mA dimensioniert ist, also maximal 25mA Strom liefern kann, würde das einem Innenwiderstand von etwa $3\text{k}\Omega$ entsprechen. Das Tau von $3\text{k}\Omega$ mit $10.000\mu\text{F}$ ist 30 Sekunden! Wenn man davon ausgeht, dass ein Kondensator erst nach etwa 5 Tau "voll" ist, dann würde ein solcher Ladekondensator geschlagene 150s (also knapp 3 Minuten!) brauchen, bis er voll ist und die +60V endlich sauber anstehen. Das kann doch sicher nicht so gewollt sein, oder?

Ergo: bloße Erhöhung der Kapazität des Ladekondensators hat also seine Grenzen. Selbst mit meinen aktuell eingelöteten $200\mu\text{F}$ merke ich schon, wieviele "lange" Sekunden das Teil braucht, bis der SMDU dann endlich betriebsbereit ist. Also: das ist NICHT der Weg.

44 Was aber dann?

Ich denke, wir werden damit leben müssen. Ich werde nun noch einmal die Ströme und Arbeitspunkte des FM-Modulators checken, damit ich mir sicher bin, dass er korrekt arbeitet. Dann werde ich messen, welche Störmodulation der SMDU in dieser Konfiguration nun letztendlich erzeugt. Sollte es dann noch irgendwo brummen, werde ich durch temporäres Parallel-Klemmen von Elkos untersuchen, ob (und wo!) ein weiteres Filtern von Betriebsspannungen überhaupt noch hilft. Erst dann werde ich entscheiden.

45 Der FM-Modulator

Zur Prüfung des Modulators Y10 kontrolliere ich alle im Manual gegebenen Arbeitspunkte. Im wesentlichen sind das die Spannungswerte an den Pins von IC2, also einem 5fach Transistorarray mit der Bezeichnung CA3183AE. Und hier horche ich auf: vier der 16 Werte liegen verdächtig weit vom Zielwert weg. Nanu?!

Bauteil	Pin	Bezeichnung, Funktion	Soll [V DC]	IST [V DC]	Hinweis
B2 (CA3183AE)	2	Collector von B2 II	26,5	24,893	Über R21 (11,5kOhm) kann Collectorstrom berechnet werden.
	3	Basis von B2 II	0	0,0002	Basis soll zwischen R18 und R19 auf 0Volt hängen.
	4	Emitter von B2 II	0,6	-0,5705	Emitter über L2 und R20 an -18Volt
	6	Basis von B2 III	10,5	-14,201	Brumm-empfindlich!
	7	Collector von B2 III	5,5..8,5	10,668	je nach Bereich. Kleinster Bereich 7,2V, größer 10,7V => Problem?
	8	Emitter von B2 III	-11,1	-14,791	
	9	Collector von B2 IV	26,7	25,858	Über R97 kann man (Collectorstrom + Basisstrom)zurückrechnen
	10	Basis von B2 IV	0	0	
	11	Emitter von B2 IV	unbekannt	-0,5694	
	12	Emitter von B2 V	-0,6	-0,8168	
	13	Basis von B2 V	unbekannt	-0,2084	
	14	Collector von B2 V	15	14,766	
	1	Collector von B2 I (= MP1)	3	2,6885	
	15	Emitter von B2 I	0	0,0001	
	16	Basis von B2 I	0,6	0,5751	
T4 (BFX 36)	E	von T4 I	27,2	25,893	
	B	von T4 I	26,5	25,297	Pin Mitte oben
	C	von T4 I	5,5..8,5	6,646	je nach Bereich
	E	von T4 II	27,2	24,897	Pin Mitte unten
	B	von T4 II	26,5	25,495	abgleichbar mit R98
	C	von T4 II	6,8	10,673	Über R96 (=1kOhm) kann Collectorstrom berechnet werden

Abbildung 63: Auffälligkeiten im FM-Modulator Y10

Also löte ich CA3183 samt Fassung aus und messe die 5 eingebauten Transistoren mit meinem DCA 75Pro Transistortester. Die erfassten Stromverstärkungen hFE der 5 Kameraden sind 111,50,25,42 und 60. Boah! Also eine Spannweite von 25..111 klingt nicht mehr nach "gesund"- zumal das Datenblatt sagt, dass wir es hier mit speziell "gematchten" Transistoren zu tun haben sollen! Außerdem sei das typische hFE bei mindestens 85- auch das wird nicht mehr von allen Transistoren erfüllt.

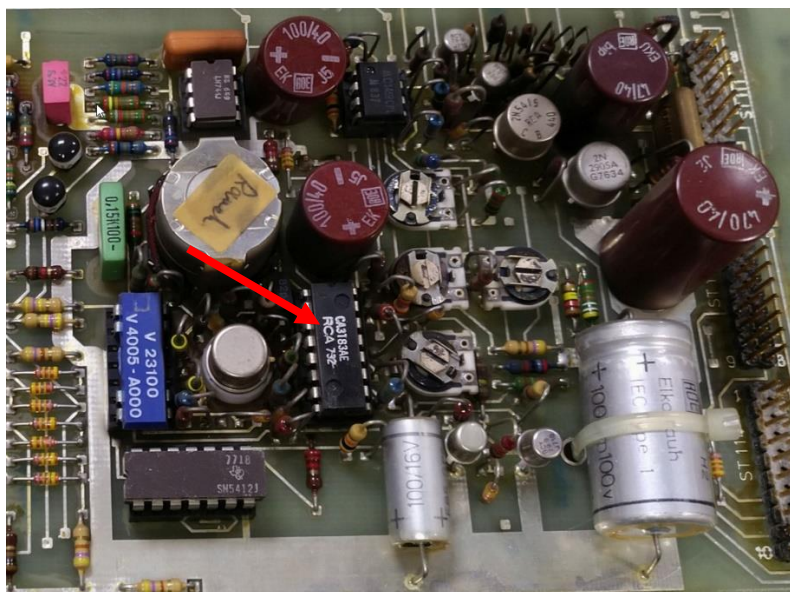


Abbildung 64: der CA3183 in Y10

Ich bin misstrauisch und bestelle 4 neue ICs aus dem Internet.

Nach dem Ausmessen steht fest, dass meine Beurteilung richtig war. Die neuen haben viel höhere und gleichmäßigere hFE-Werte. Ich wähle ein IC aus, das folgende Werte hat: 194,197,202,202,198.

Ich stecke es ein und messe erneut: es brummt! Ich justiere die "-18Volt OSC" und stelle fest, dass das Brummen bei 17,5V nahezu verschwindet! Also werfe ich jetzt auch noch den OP-Amp MC52558 heraus (= ähnlich MC4558). Mit einem neuen Bauteil habe ich nun den Effekt, dass der SMDU direkt nach dem Einschalten etwa 80Hz RMS Brumm-Hub macht. Nach etwa 10 Minuten sind die dann aber auf etwa 3,1Hz RMS gefallen und bleiben dann auch dort.

Das ist doch merkwürdig! Womit kann man ein so langes Einlaufen erklären? Vor allen Dingen: es ist mit einem Kaltstart reproduzierbar!

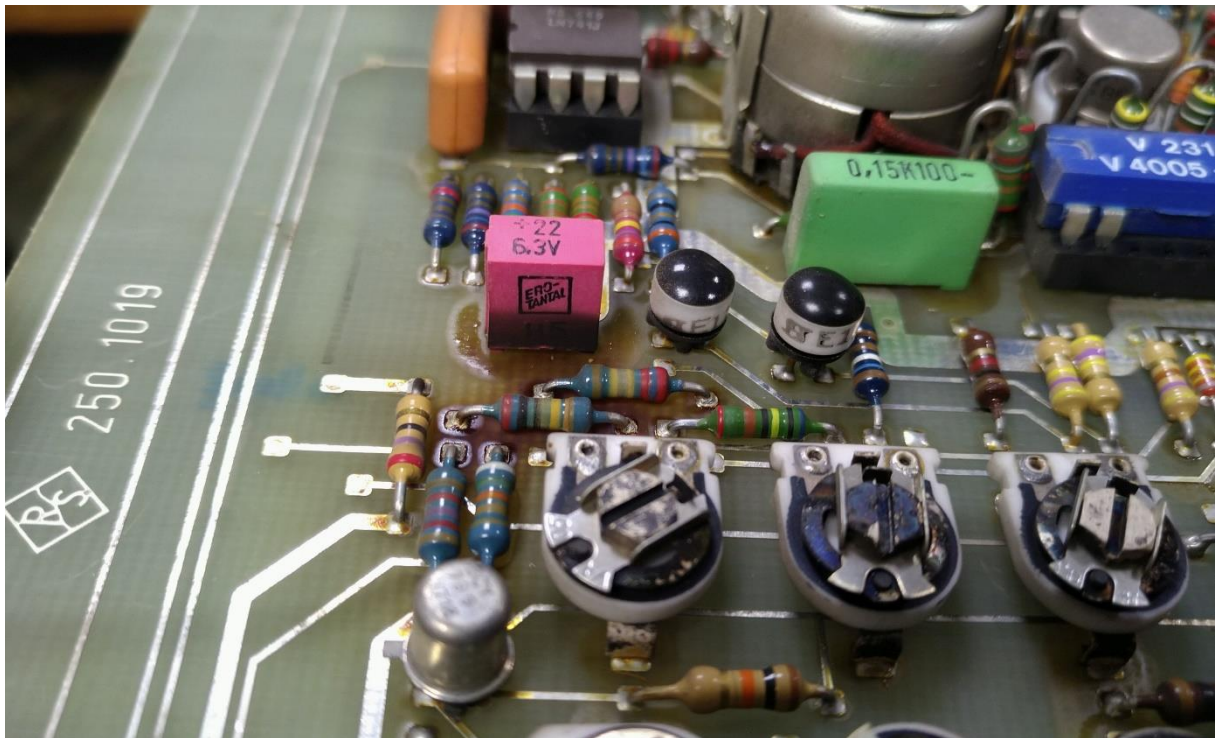


Abbildung 65: deutliche Spuren thermischer Beanspruchung!

46 Einlaufen

Ich will jetzt wissen, was der Auslöser für diese unerwünschte Restbrumm-Modulation nach Kaltstart ist. Mit Kältespray finde ich leider keine den Restbrumm beeinflussende Stelle, daher mache ich jetzt eine Messreihe. Innerhalb der ersten 5 Minuten nach dem Einschalten notiere ich die Größe der Störmodulation und notierte mir ebenfalls den Verlauf der Restbrummspannung auf den Betriebsspannungen. Vielleicht gibt es da eine Abhängigkeit?

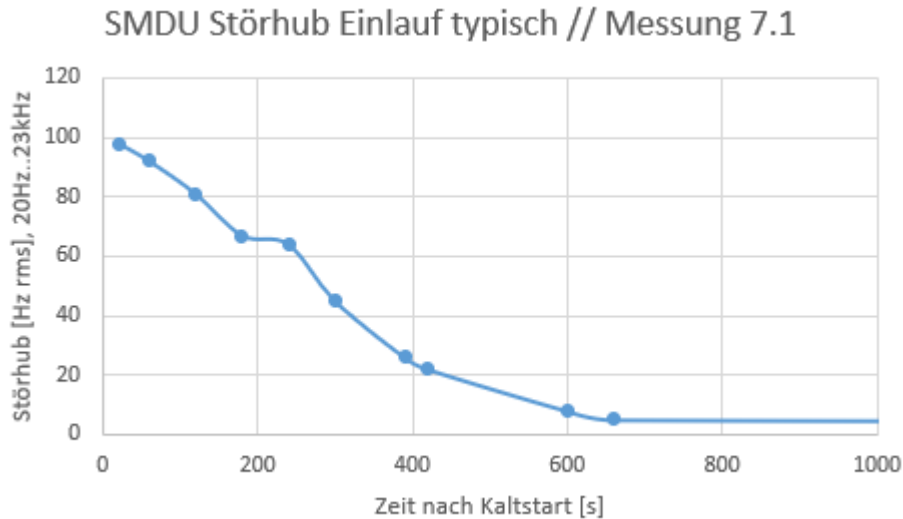


Abbildung 66: Einlaufen nach Kaltstart

Ich beginne mit den -18V OSC und löte an ST111Pin7 mein R&S UPGR an. Im eingelaufenen Zustand zeigt es 5,9 μ Vrms an. Das ist extrem wenig- und das Eigenrauschen liegt bei dem Teil an einem 50Ohm-Widerstand bereits bei 5,8 μ Vrms. Wir reden also nur über eine Nadelbreite! Mal gespannt was bei einem Kaltstart passiert?

-18V OSC

Wie wir im Diagramm sehen können, scheint der Restbrumm auf den -18Volt ziemlich genau dem Betrag der Störmodulation zu folgen!

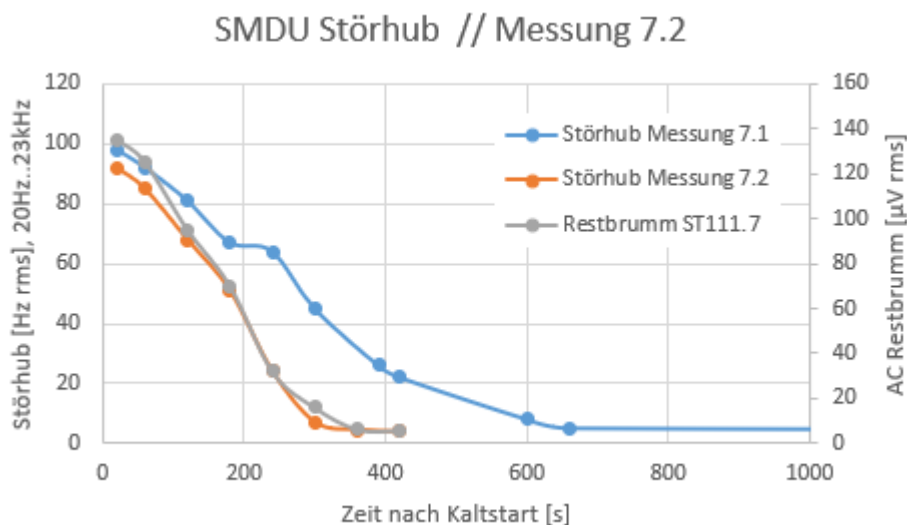


Abbildung 67: die -18V scheinen dem Störhub zu folgen

-28V

Diese Spannung, die noch im Netzteil mit -24V bezeichnet wird und in Wirklichkeit -22V DC sind, scheint keinen großen Einfluss zu haben. Die zeitliche Funktion scheint gegenläufig zu dem Restbrumm, ist also vermutlich nicht verantwortlich.

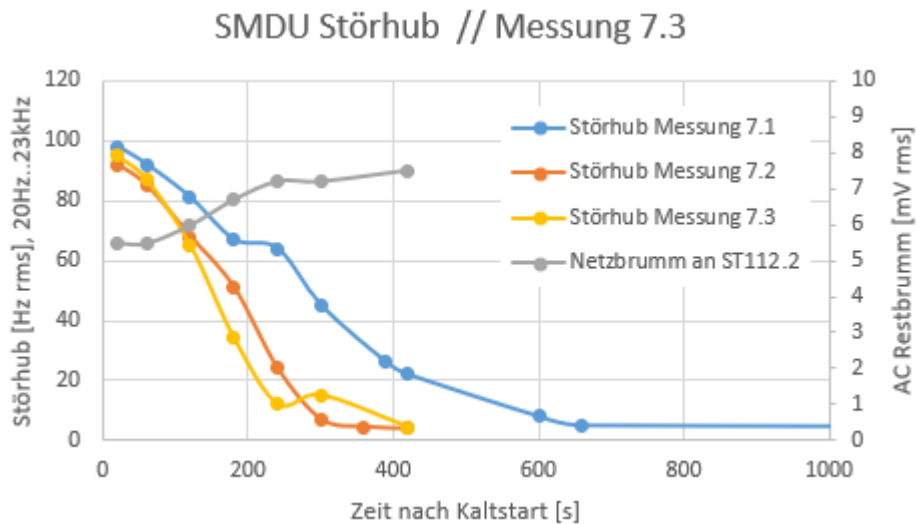


Abbildung 68: die -28V scheinen nicht die Ursache zu sein

-9V Stabi

Blieben wir mal an der -18V OSC Spannung dran. Es scheint so, als ob deren Restbrumm direkten Einfluss auf die Güte des Oszillatorsignals hat. Sie entsteht in einer Regelung um IC B4 herum. Das habe ich schon gewechselt; aber seine Referenz bekommt er von einer 9Volt Z-Diode (GL16). Laut Datenblatt ist das eine 1N938, die die beste Performance bei einem Strom von 7,5mA hat. Rechnen wir nach: -15Volt Input, -9Volt Zenerdiode, müssen also 6Volt an dem Vorwiderstand R61 hängen bleiben. Der hat im Schaltbild 806Ohm; nach $I=U/R$ also 7,44mA durch die Diode. Bingo, gut gemacht, liebe Designer!

Messen wir doch die mal!

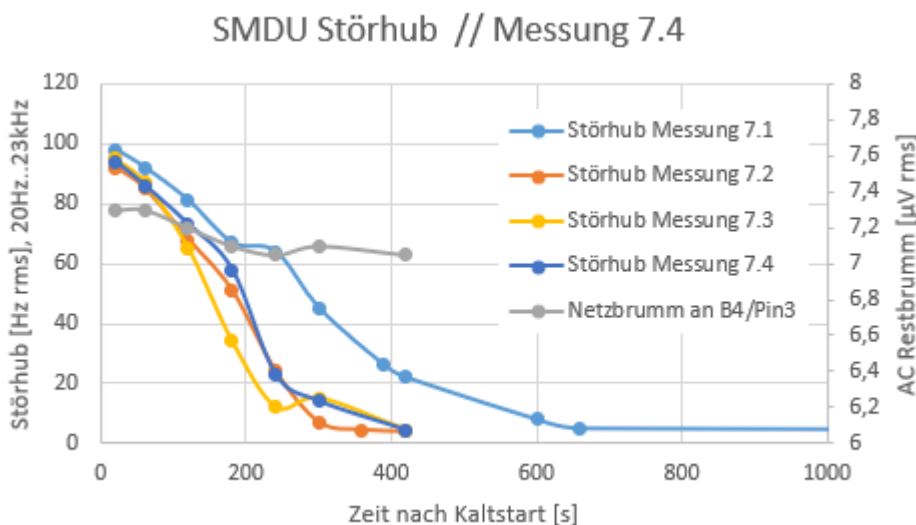


Abbildung 69: Messung der -9V

Die durch die Zenerdiode stabilisierten -9V an Pin3 von IC B4 scheinen ebenfalls einen fallenden Trend zu besitzen- jedoch nur minimal. Da das R&S UPGR jedoch ein Eigenrauschen von etwa $5,8\mu\text{V rms}$ besitzt, kann hier nicht mehr zuverlässig gemessen werden: die Werte an der Zenerdiode variieren während der SMDU Warmlaufphase nur noch zwischen 7,3 und $7,05\mu\text{V}$; also 250nV !

Die Zenerdiode ist vom Typ 1N938. Will man die heutzutage im Internet bestellen, kostet ein einziges Exemplar tatsächlich etwa um die 20 Euro. Ich verzichte daher erstmal auf einen prophylaktischen Austausch.

Da ein parallel zu C8 gehaltener $3,3\mu\text{F}$ Folienkondensator offensichtlich dennoch etwas Einfluss auf die -9V hat, probieren wir einmal einen Kaltstart mit damit und knipsen ihn bei $t=120\text{s}$ einfach ab. Dann müsste man einen Sprung sehen!

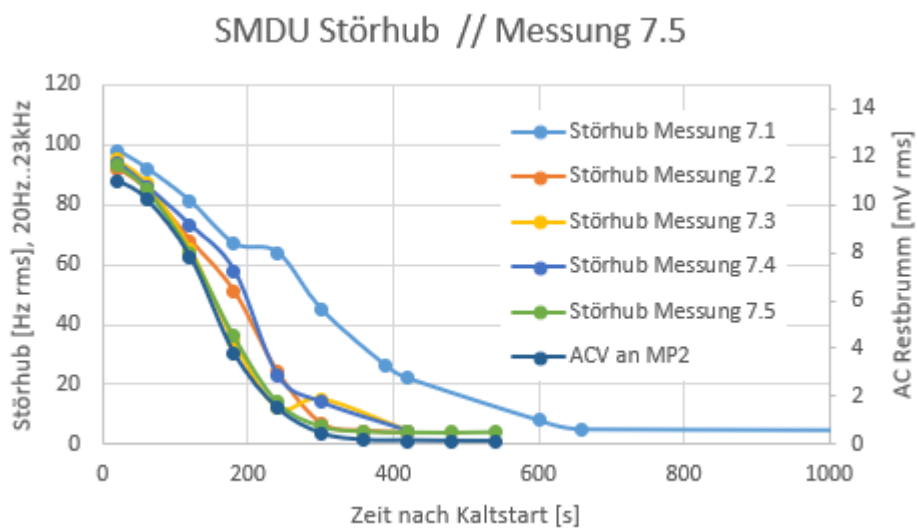


Abbildung 70: auch zusätzliche $3,3\mu\text{F}$ ändern nichts

Versuch- mach kluch!

In diesem Fall aber nicht, die parallel angeklebten $3,3\mu\text{F}$ ändern rein gar nichts am Einlaufverhalten.

-18 V OSC

Ich konzentriere mich dann doch lieber weiter auf die -18Volt OSC-Betriebsspannung. In einer weiteren Messung protokolliere ich die Ausgangsspannung und den Strom durch R70 (weiterhin im Modul Y10, 250.1019S). Hier muss jedes Elektron, das den Mutteroszillator versorgt, letztendlich durch. Ergebnis: die -18Volt klettern nach dem Einschalten des SMDU langsam von -17,78V auf -18,00V hoch, während der Strom durch R70 aber annähernd konstant bleibt (ca. $22,3\text{mA}$).

Erst mit dem Erreichen der -18V verschwindet ja die Störmodulation weitgehend. Die Frage ist nur- ist es deswegen, weil das Spannungsniveau von -18V so genau benötigt wird und bereits -17,8V ausreichen, um Brummen zu erzeugen, oder ist es der den -18V überlagerte leichte Ripple, der ebenfalls erst nach 5 Minuten zurückgeht? Also: das Niveau der -18V-Spannung oder der überlagerte Ripple der -18V-Spannung?

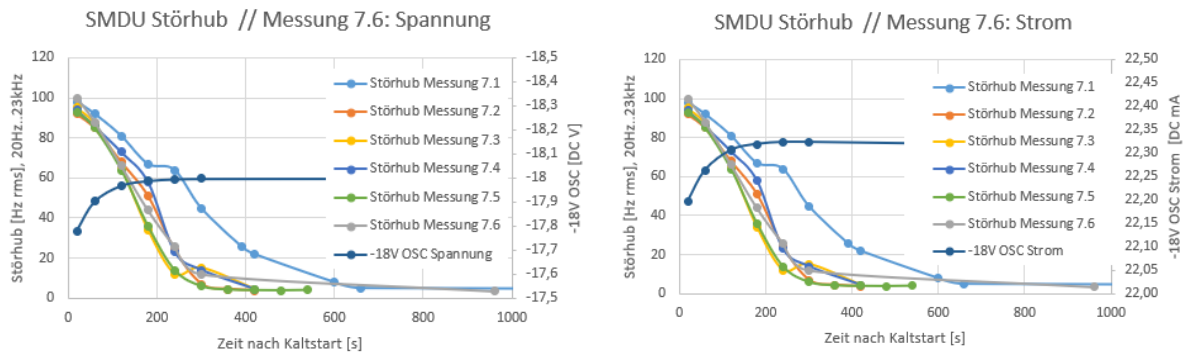


Abbildung 71: Spannung und Strom der -18V OSC

Dazu fallen mir zwei Möglichkeiten ein:

1. Sobald der SMDU warmgelaufen ist und die Störmodulation von anfangs ca. 100Hz RMS auf die inzwischen nun sehr oft von mir bestätigten ca. 3,5..4Hz RMS zurückgegangen ist, drehe ich leicht am Poti R64 und justiere damit die -18,00V auf die Kaltstartsituation: nämlich die -17,78Volt. Dann bin ich gespannt: ändert das was am Ripple? Ändert das was an der Störmodulation?

2. Alternativ löte ich Transistor T5 aus und deaktiviere damit die -18V OSC Versorgung. An seiner Stelle (also dort, wo vorher sein Emitter war) speise ich -18Volt aus einem externen Netzteil ein. Auch hier kann ich dann Ripple und Niveau der Spannung messen und sogar beeinflussen und dabei Störmodulation messen.

Damit müsste ich den Mechanismen im SMDU doch etwas näher kommen!

Vielleicht endet es sogar damit, dass dieses Einlaufen als "normal" bewertet werden muss und einfach eine typische Eigenschaft des SMDUs ist? So wie ein SMPU nach dem Einschalten auch immer erst 5 Minuten braucht, bis seine PLL eingerastet ist und bis dahin ein Überlagerungspfeifen erzeugt, was völlig normal ist?

Wenn wir jedenfalls im Handbuch nachlesen, ist dort sogar eine 15minütige Einlaufzeit geboten, bevor irgendwelche Messungen mit dem SMDU gemacht werden dürfen! Wir haben bislang zwar nicht so richtig verstanden, was hier genau passiert, jedoch zweifelsfrei bewiesen, dass die 15min aus dem Manual sauber eingehalten werden!

Trotzdem will ich noch einen weiteren Versuch wagen, die Warmlaufmechanismen des SMDUs etwas besser zu verstehen.

47 Die -28V sind schuld!

Ich mache den ersten Test, weil ich dazu noch nichts auslöten muss. Ergebnis: das Zurückdrehen der -18V auf -17,78V bei warmgelaufenem(!) SMDU verändert nichts. Der Oszillator des SMDU funktioniert auch damit einwandfrei. Kein Brummen, eher im Gegenteil: mit leicht reduzierter -17V OSC sinkt das Rauschen sogar von etwa 3,2Hz RMS auf etwa 2,5Hz RMS.

Andersherum jedoch eine neue Erkenntnis: sobald ich die Spannung mir R64 HOCH drehe (also auf etwa -18,5V), beginnt das Brummen erneut- und zwar selbst bei warm gelaufenem SMDU! Oh!

Das veranlasst bei mir folgende Überlegung: wenn die Ausgangsspannung (negativ) durch Drehen an R64 erhöht wird (also mehr negative Ladungen auf den -18V OSC-Port gedrückt werden müssen), so wird der Transistor T4 dazu aufsteuern und mehr von den Elektronen an den Ausgang lassen. Diese Elektronen kommen von der als "-28V" bezeichneten Leitung und stammen direkt vom Netzteil (dort noch als "-24V bezeichnet).

Die Tatsache, dass beim Erhöhen der -18V OSC also das Brummen steigt, könnte darauf hindeuten, dass dies ursprünglich von den "-28V" stammt. Denn durch das Aufsteuern von T4 erhöht sich natürlich die Ausgangsspannung der -18V OSC; allerdings auch das auf dieser Spannung möglicherweise (bestimmt!) vorhandene Ripple!

Das hatten wir in Messung 7.3 schon einmal untersucht: etwa zwischen 5 und 7mV rms liegen hier auf dieser Spannung. Wenn wir bedenken, dass die -18V OSC so sensibel ist, dass bereits weniger als 20µV Restbrumm ausreichen, um hörbare Störmodulation zu erzeugen (siehe Messung 7.2), erscheint das plausibel: je mehr T4 öffnet, desto mehr gelangt von der verbrummten -28V-Spannung auf die -18V OSC-Leitung und stört so den Mutteroszillator Y1.

Was mich nur wundert ist, dass es hier ein Einlaufverhalten gibt. Ich verstehe, dass bei sich öffnendem T4 (Netzteil, 250.2815) mehr AC-Ripple auf die -18V OSC gelangt. Ich verstehe aber nicht, warum es in den ersten Minuten des SMDUs mit bis zu 100Hz rms brummt, aber dann auf etwa 3Hz rms zurückgeht. Denn: wie wir aus Messung 7.6 wissen, beträgt der Strom durch R70 während dieser Zeit nahezu konstant 22mA- es gibt hier also keinen Grund, warum T4 während dieser Zeit signifikant mehr zu- oder aufsteuern sollte!

Wenn wir uns das Schaltbild anschauen, ist das Treiben des SMDU-Mutteroszillators aber nicht die einzige Aufgabe, wo diese sauberen -18V gebraucht werden! An folgenden Stellen kommen die Elektronen durch T4 ebenfalls an:

R39 (2,7kOhm)
IC B3 (OP-Amp 741)
R27 (1kOhm)
R100 (8,45kOhm)
R20 (8,25kOhm)
R80 (2,2kOhm)

Würden wir den worst case überschlägig ausrechnen; also alle Widerstände als Last zu 100% einrechnen, würden diese in Summe einen Lastwiderstand von 484 Ohm ergeben und dieser bei -18V einen Stromfluss von weiteren 37mA erzeugen können. Wie wir von dem testweise parallel angelegten 560Ohm Widerstand wissen, würde dies die -18V derart belasten, dass auch hier wieder Brummen in die Oszillatoren gelangen würde!

Daher die nächste Messung: Spannungsabfall über R67 messen und daraus den Strom berechnen, der den -28V an ST112.2 abverlangt wird. R67 ist ein 4,7Ohm Vorwiderstand, durch den "alles durch" muss, bevor T4 die Elektronen verteilen kann.

48 4700 μ F

Doch bevor ich das mache, habe ich noch schnell einen Test mit meinem 4700 μ F Testelko gemacht und ihn in der Warmlaufphase parallel an die -28V-Leitung gelegt. Weil es im Netzteil einen Vorwiderstand von 22Ohm gibt, ergibt das ein Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von 0,6Hertz. Erst lege ich diesen Elko natürlich wieder aus Versehen falsch herum an und jage damit T4 im Netzteil hoch. Gottseidank hat der eine Steckfassung, also einfach den nächsten BC161 rein und fertig .;-)

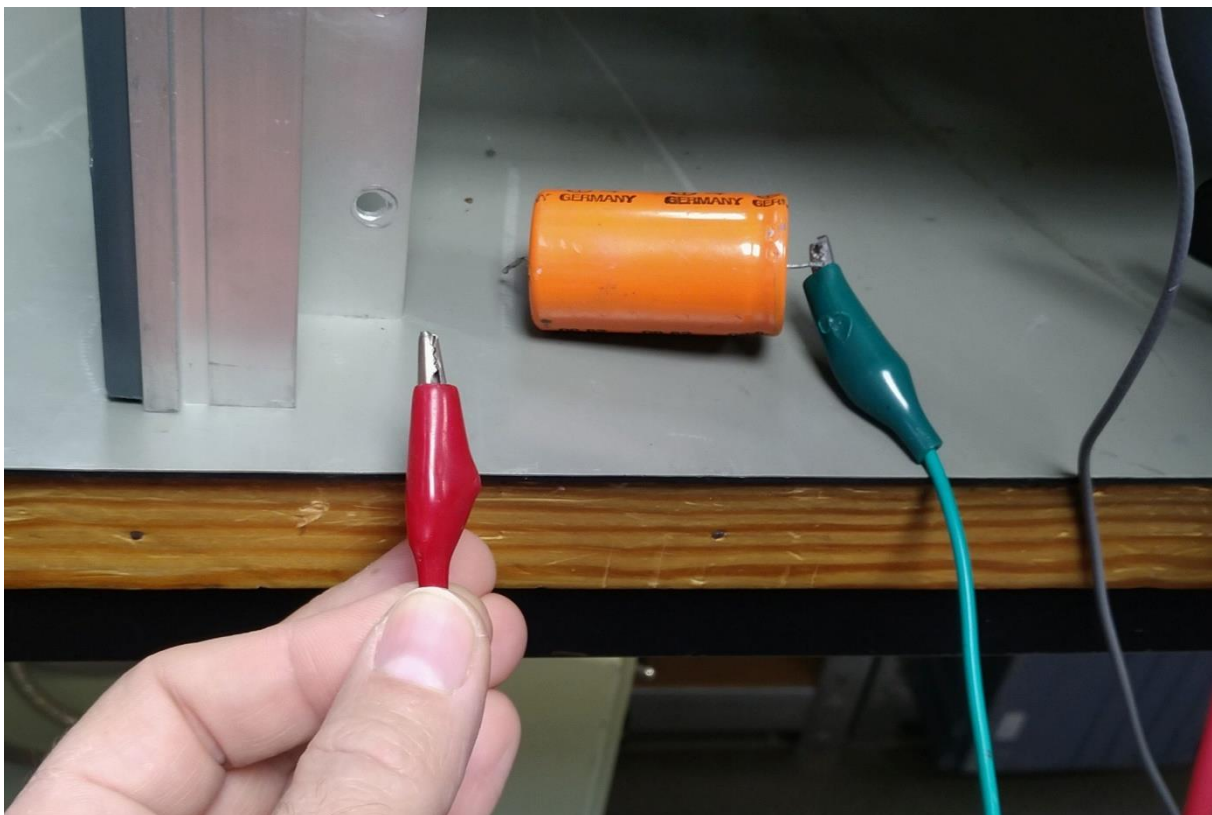


Abbildung 72: mein "Lieblings-4700 μ F-Elko"

Nun der Test. Und tatsächlich: selbst bei warmgelaufenem SMDU mit maximal aufgedrehtem R64 ($\Rightarrow$ die -18V OSC hat dann etwa -18,5V) kann die in diesem Zustand auftretende Störmodulation von etwa 50Hz rms schlagartig halbiert werden!

Und noch etwas: beim Herummessen in der Schaltung gelingt es mir zeitweise, die Regelung zum Schwingen zu bringen. Passiert das, so hilft ein kurzes Tippen mit dem 4700 μ F-Elko gegen ST112.2 (-28V), um das zu stoppen! Ich finde das eigenartig. Sollte das Netzteil-Design hier vielleicht nicht ganz robust sein oder ist das noch irgendwo ein Fehler, den ich bislang nicht gefunden habe? Mich wundert sowieso, dass diese offensichtlich für ein sauberes HF-Signal so wichtigen -28V hier nur im Netzteil mit "mageren" 250 μ F (C17) gepuffert werden- und das sogar nur bei Einsatz eines Einweg(!)gleichrichters. Auch das Fehlen eines Vorwiderstands macht das Ausrechnen des Tau dieser Kombination sehr schwierig und kann man nur

unter Annahmen machen (z.B. Leitungswiderstand = 0,1Ohm). Ich hätte die 22Ohm am Ausgang (R21) vielleicht lieber aufgeteilt: wenige Ohm direkt hinter dem Gleichrichter und den Rest dann am Ausgang des Transistors T4. Die strombegrenzende Wirkung wäre erhalten geblieben und C17 hätte einen definierten Vorwiderstand zum Entfalten einer Tiefpass-Wirkung. Aber selbst mit einem 10Ohm-Widerstand vorneweg wäre das Tau nur 2,5ms- meiner Ansicht nach immernoch viel zu wenig für eine 50Hz-Schwingung mit einer Periodendauer von 20ms! (auch wenn die "C/2000stel-pro Ampere-Regel" damit erfüllt wäre).

Weil die Wirkung meines 4700µF-Elko direkt an Buchse 112.2 am größten ist, überlege ich, ob ich ihn nicht hinter R67 der Bereichsschalter-Baugruppe Y10 einbaue. Auch wenn ich große Kapazitäten normalerweise immer direkt hinter dem Gleichrichter vorsehe und nicht direkt hinter einer Regelung (Zenerdiode+Transistor T4 im Netzteil), so würde ich den Versuch trotzdem wagen. Denn: schwingen tut es OHNE meinen Elko. MIT meinem Elko jedoch nicht! Mit 4700µF und einem R67 von 4,7Ohm wäre das ein Tau von 22ms und einer Grenzfrequenz von etwa 0,14Hz. Könnte noch immer mehr sein, aber mehr kriege ich in den SMDU nicht vernünftig eingebaut!

49 Strom durch R67

Trotzdem wollen wir erst verstehen, warum der SMDU in der Warmlaufphase offensichtlich T4 aufsteuert und die ripple-verseuchte -28V weitergibt. Machen wir mal eine (weitere) Messreihe.

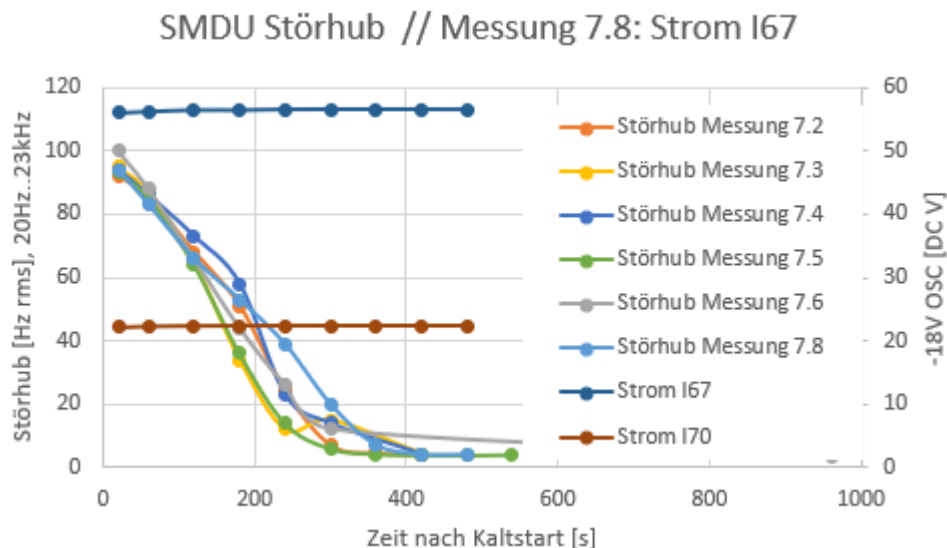


Abbildung 73: Strom durch R67

Doch hier lernen wir nicht viel Neues: der Strom durch R67 schwankt in der Warmlaufphase nur zwischen 56,0 und 56,5mA und der Strom durch R70 um nur 100µA bei einem Wert von etwa 22,3mA. Will sagen: wenn hier etwas einläuft, dann liegt das sicher nicht am Strom seiner Verbraucher.

50 STOP!

Nun könnte man von dieser Ausgangsbasis her die Regelung noch weiter untersuchen. Beispielsweise könnte man die Verbraucher (Oszillatoren, FM-Modulator usw.) durch Widerstände ersetzen und dabei die absolute Brummspannung messen. Dann wüsste man, ob die Regelung selbst in der Warmlaufphase einläuft oder -trotz Strommessung durch R67 und R70- irgendetwas HINTER der Regelung.

Doch jetzt bremsen ich mich. Ich baue einen hochwertigen Panasonic-Elko von 4700µF/25V in den Punkt zwischen R66 und R67 gegen Masse und lindere damit die Kaltstarteffekte DEUTLICH! Die Schwingneigung kann ich nicht mehr beobachten und alle Spannungen stehen sauber und stabil. Weitere Untersuchungen machen ich jetzt nicht mehr, denn so langsam will ich mit diesem SMDU hier auch mal fertig werden. Das Re-Engineering solcher Technik wäre zwar interessant, allerdings frisst es auch unendlich Zeit und die muss ich jetzt auch zunehmend in die Aufarbeitung meiner Leinen MLZ4S Drehmaschine stecken, die inzwischen nebenan einen Raum weiter auseinandergenommen in der Werkstatt steht. Der SMDU ist ja für mich eher ein zusätzliches "Fun-Projekt", aber die Drehmaschine brauche ich wirklich!

Ich lasse es damit dann also gut sein. Ein bisschen was im Netzteil und FM-Modulator glaube ich verstanden zu haben; vielleicht nicht alles und komplett, aber für Hobbybastlerniveau ausreichend.

Nach dem Einlöten und Abgleichen der Arbeitspunkte (das mit den 2,6Volt an MP1 und dem anschließenden Nullabgleich klappt bei mir überhaupt nicht; auch macht es bei mir keinen Unterschied, welche Modulation und Bereich ich einschalte, das Schaltsignal bleibt bei mir unverändert) messe ich nochmal die Spannungen an B2 und dem Doppeltransistor BFX 36.

Noch immer passen nicht alle Werte 100%ig zu dem Schaltplan, aber ich werde hier langsam gelassener. Wenn man etwas nachdenkt, kommt man darauf, dass z.B. die bei B2 II am Emitter angegeben "+0,6V" in Wirklichkeit nur "-0,6V" sein können; denn wenn die Basis eines NPN-Transistors um 0,6V negativer als sein Emitter ist, halte ich ihn für kaputt! Das zeigt mir, dass auch hier Tippfehler möglich sind und mich zum Jagen nach in Wahrheit gar nicht vorhandenen Fehlern bewegen könnten! Ich begnüge mich also damit, dass ich in allen Bereichen nun einen Störhub von kleiner 4Hz RMS (20Hz..23kHz) erreiche und der Klirrfaktor der FM-Modulation bei einem FM-Hub von 100kHz nun kleiner als 0,2% ist (20Hz..23kHz)- und das sogar bei der Benutzung des internen Modulationsgenerators!

Das ist alles super in spec, es wird auch nichts übermäßig warm in Y10, was nicht erklärbar wäre, also gebe ich mich damit zufrieden und schließe die Baustelle Y10! Juchu!

51 Einen hab ich noch!

Aber zu früh gefreut!

Beim Prüfen der FM-Modulation an verschiedenen Frequenzen außerhalb der Bandmitte spricht auf einmal die HF-Protection an und schaltet den HF-Ausgang des SMDU ab.

Na toll.



Abbildung 74: leuchtende Lampe: die HF-Protection hat ausgelöst!

Zuerst hatte ich eine Fehlfunktion der HF-Protection SMDU-B2 selbst in Verdacht. Diese scheint nicht nur auf zu viel HF-Pegel und Gleichspannung auf dem HF-Ausgang zu achten, sondern prüft ebenfalls die AGC-Spannung der internen HF-Pegelregelung des SMDU. Und die scheint in einigen Frequenzbereichen gegen den Anschlag zu laufen- und dementsprechend schaltet der Ausgang ab. Die Schaltung tut also nur ihre Pflicht!

9. Abgleich FM-Hub und Klirrfaktor (Manual 5.3.2 Abgleich des Frequenzhubs)

13.03.2020					
SOLL=100kHz Hub		Messung R&S FMA, 20Hz..23kHz			
int. Modulationsgen. SMDU	Mess-				
	Freq.	IST Hub FM [kHz]	Klirr THD [%]		
Bereich 49..64,5MHz	55	100,03	0,194		Abgleich R58, R48 ok
Bereich 63,5..86MHz	74	100,05	0,192		Abgleich R57, R47 ok
Bereich 85..119MHz	102(!)	99,69	0,192		Abgleich R56, R46 ok
Bereich 118..198MHz	155				HF-Protection löst aus!
Bereich 196..290MHz	240	99,78	0,192		Abgleich R54, R44 ok
Bereich 286..395MHz	340	100,76	0,196		Abgleich R53, R43 ok

Abbildung 75: fyi: meine Messwerte bei der Kontrolle des FM-Hubs

52 HF-Porno der 70er: die Baugruppe Y2!

Und nun kommen wir unweigerlich zum Eingemachten des SMDU: der unten horizontal eingebauten Monsterbaugruppe- des HF-Verstärkers mit AM-Modulator und seinen Filterbänken!

Ehrlich gesagt bin ich froh, dass hier was im Argen war, denn sonst hätte ich nie diesen Dekkel abgeschraubt. Aber das, was ich da sehe, ist purer Messsendersex im Stil der 70er!!! Seht euch das an:

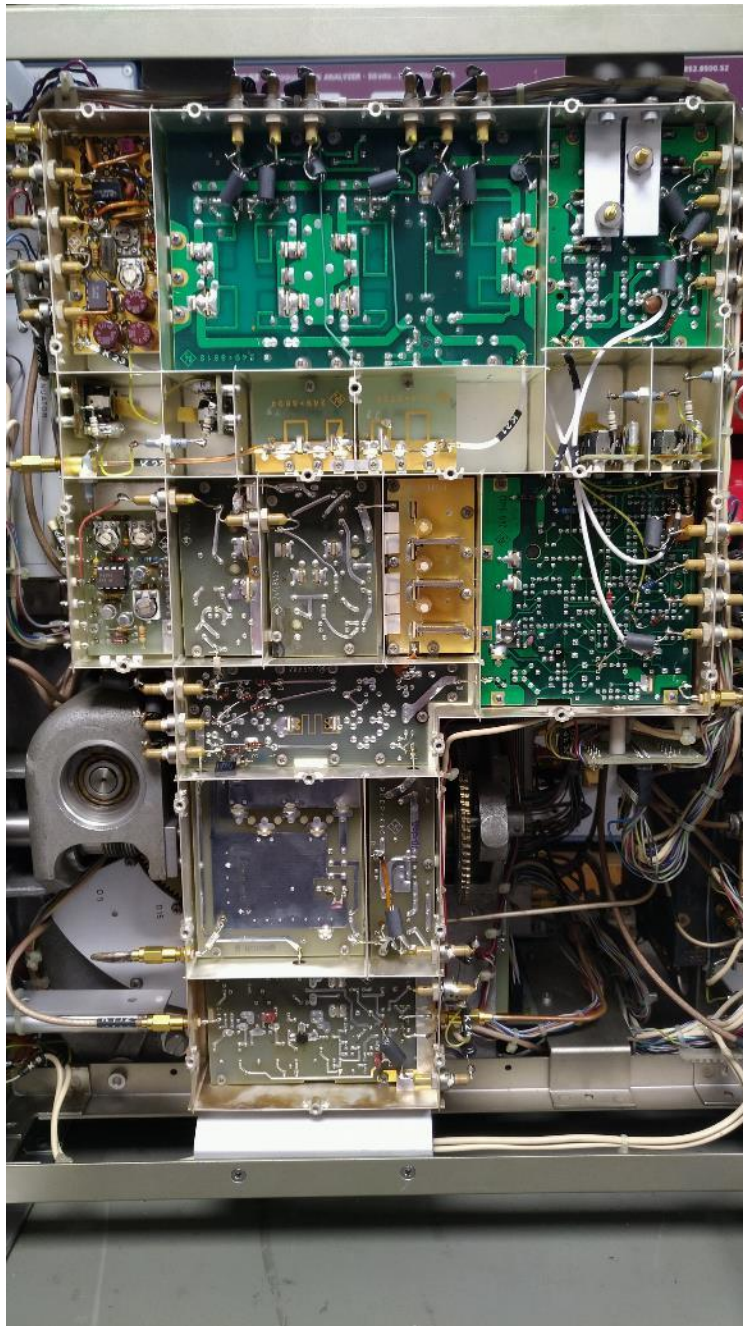


Abbildung 76: Innenansicht der Baugruppe Y2

Was für ein Aussehen! Was für Farben, geradezu ästhetische Signalführung! Wow!!!!

Leider finde ich die Funktionsbeschreibung dazu eher mäßig. Sie orientiert sich nicht am Signalfluss, sondern beschreibt die Einzelbaugruppen in aufsteigender Reihenfolge nach ihrer Baugruppennummer. Nirgendwo eine Beschreibung, wie das große ganze zusammenhängt und funktioniert. Schade. Das haben die Münchner z.B. bei der Beschreibung des SME besser gemacht: auch wenn die Erklärung manchmal etwas dünn ausfällt, so orientiert sie sich am Signalfluss und man kann die einzelnen Stufen und Baugruppen logisch und nachvollziehbar verstehen.

Nunja, also machen wir uns unser eigenes Bild und Signalfussdiagramm!! Vorher jedoch finden wir im Anhang des originalen Handbuchs einen Pegelplan, der uns sehr beim Verständnis helfen wird:

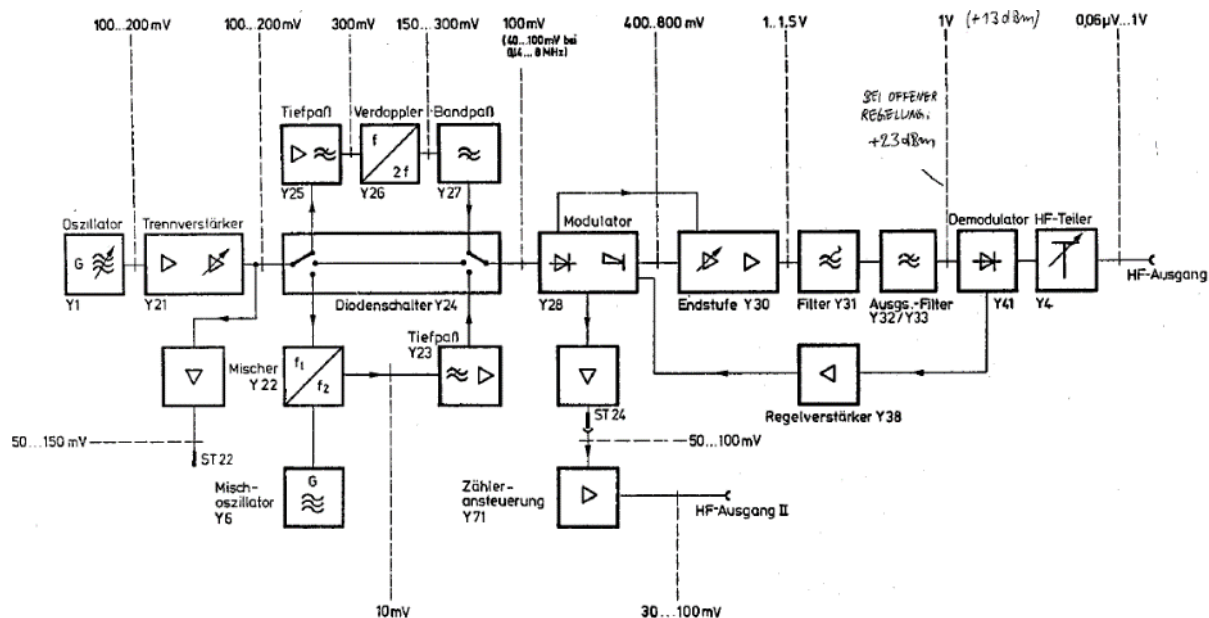


Abbildung 77: SMDU Pegelplan (Quelle: R&S SMDU Manual, Bild 5-1)

Dann stolpern wir wieder über ein paar Sachnummern, die nicht zum Manual passen und natürlich nicht unbedingt für zusätzliche Klarheit sorgen.

53 Überprüfung Y21, Y24

Im folgenden hier meine Notizen, die ich mir während der Überprüfung gemacht habe:

Wobbelmessung. Einspeisung von 0dBm in den Eingang ST21 von Y21 (Trennverstärker). Pin D22 ist Anschluss für Regelspannung (K24). Dieser wird abgelötet und per Netzteil via 10kOhm-Widerstand eine einstellbare Spannung angelegt. Diese wird auch per Multimeter gemessen.

Dann den Analyzer-Input mit dem Ausgangssignal von Y24 füttern: also Anlöten der Messleitung an Pin 10 des Y24 Diodenschalters. Vorher die Drahtbrücke hochlöten.

Einen Mess-Marker bei $f=100\text{MHz}$ setzen und den Pegel dort messen.

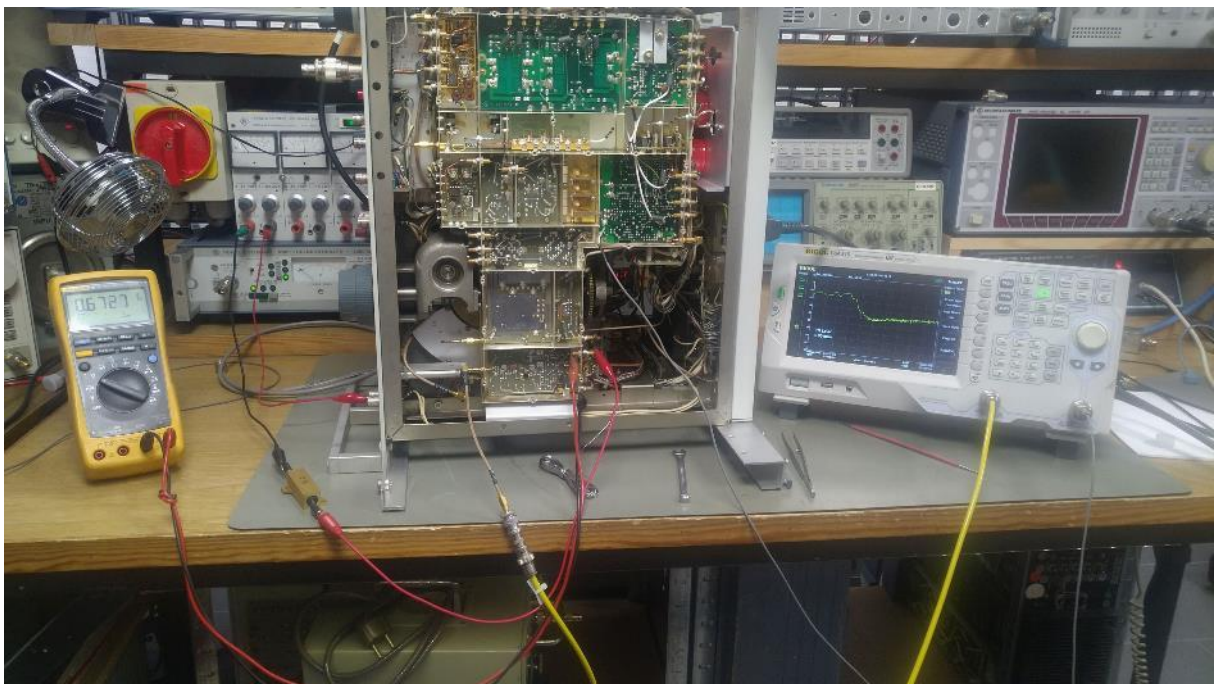


Abbildung 78: Messaufbau bei diese Messung

Nun folgendes machen: externe Spannung variieren und dabei S21 messen.
Minimale Spannung an D22 ist ca. 0,67Volt.

Messung ergibt:

Durchlassbereich bis ca. 530MHz (ok), Verstärkung @100MHz von -12,5dB ($U_{22}=0,67\text{V}$) bis +5,1dB ($U_{22}=1,9\text{V}$). => Range des Regelbereichs= 17,6dB. Klingt für mich ok.

Dann Messbereiche am SMDU umschalten: das S21 ist unverändert in Bereich 2..7 (ok.) In Bereich 1 und 8 sperrt die Schaltung => ok, da Umsetzer!

54 Die Auflösung

Ich mache es kurz: Ursache für den Defekt war am Ende ein defekter Schalttransistor, der für das Einschalten des korrekten Bandfilters verantwortlich war!

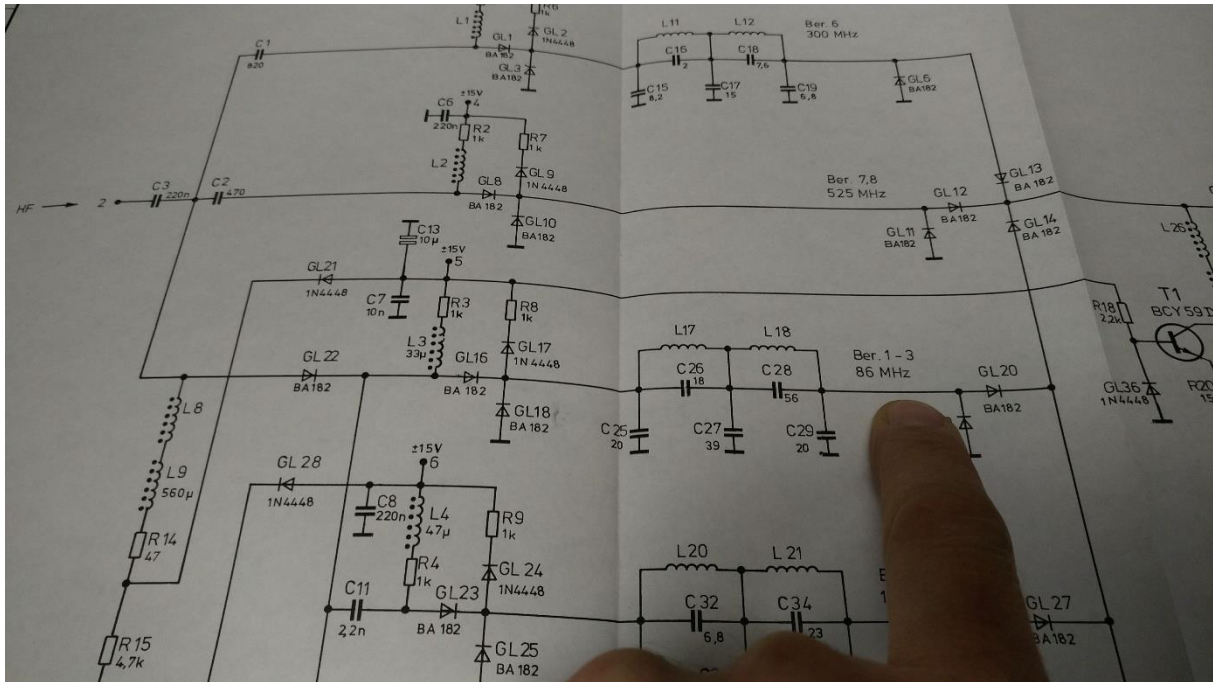


Abbildung 79: eines der Bandfilter; hier Bereich "1"

Die Bandfilter sehen so aus und werden je nach gewähltem Frequenzbereich automatisch zugeschaltet. Mittels HF-Schalterdioden (BA182), die mittels Steuerspannungen leitend oder sperrend geschaltet werden, wird die HF entsprechend in eines der Bandfilter gelenkt.

Diese Steuerspannungen gelangen über Dukos in diese HF-Kammer. Die messe ich erstmal.

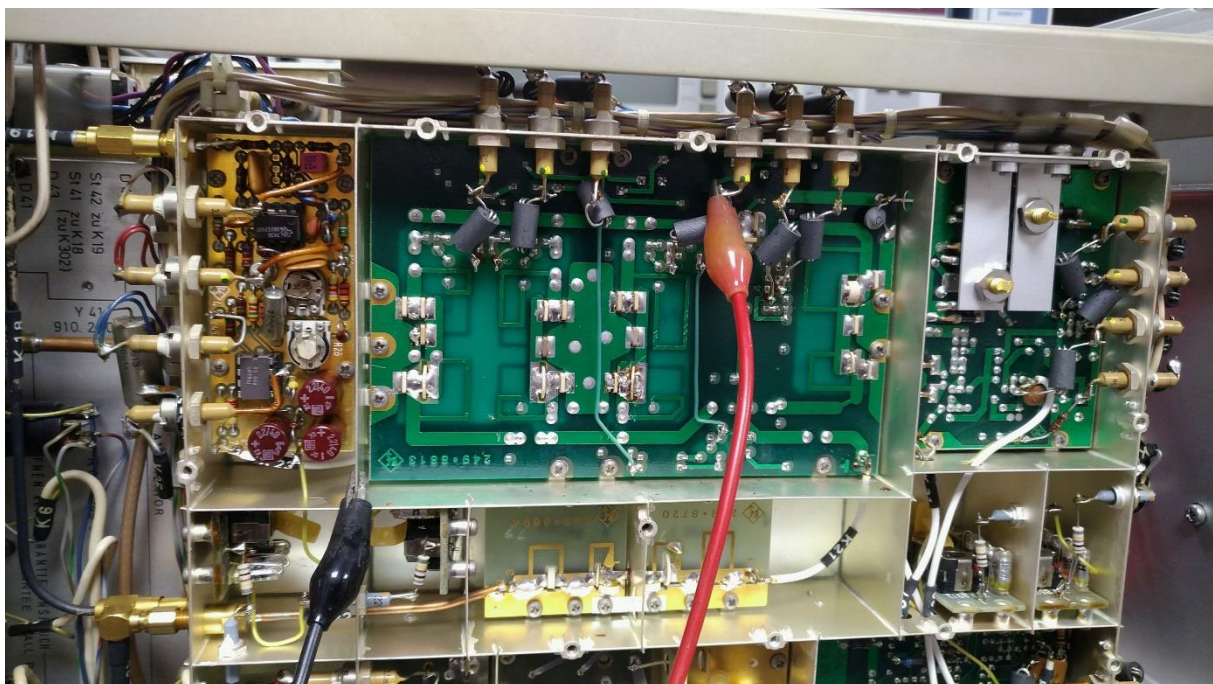


Abbildung 80: Steuerspannungen messen

Zwischen +12 und +15Volt bzw. -15Volt kann man da messen, wenn alles funktioniert.

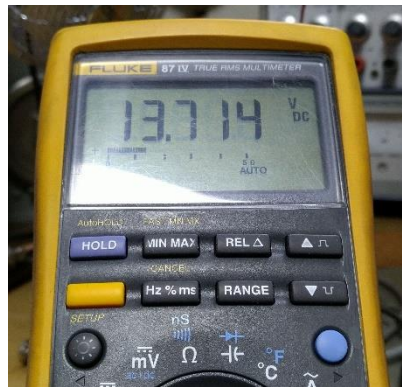


Abbildung 81: etwa +14V reichen zum Durchsteuern

Ob die korrekte Filterbank eingeschaltet wird und ob sie auch korrekt arbeitet, sehen wir, wenn wir den Frequenzgang wobbeln. Hier ist das Filter für Bereich 1,2,3 und wird bis 86MHz verwendet.

Auf dem Analyzer sehen wir einen ziemlich geraden Frequenzgang bis etwa 95MHz, danach fällt das Signal um etwa 30dB ab und bleibt auch bei höheren Frequenzen so. Das geht in Ordnung, dieses Filter ist heile.

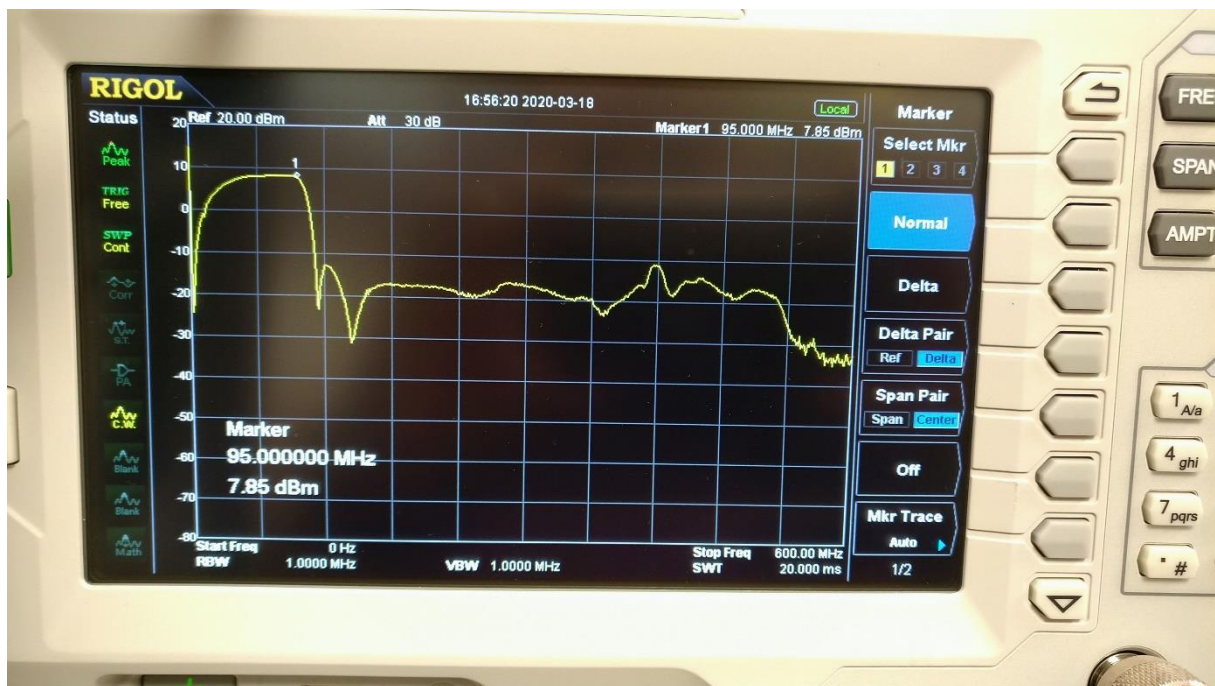


Abbildung 82: Bereichsfilter 1..3 ist ok

Nun überprüfen wir den nächsten Bereich- Bereich 4. Er soll einen Durchlassbereich bis 130MHz haben.

Bereits auf dem Speki sieht das etwas merkwürdig aus. Wir sehen hier eine eigenartige Delle im Frequenzgang....ob die richtig ist?

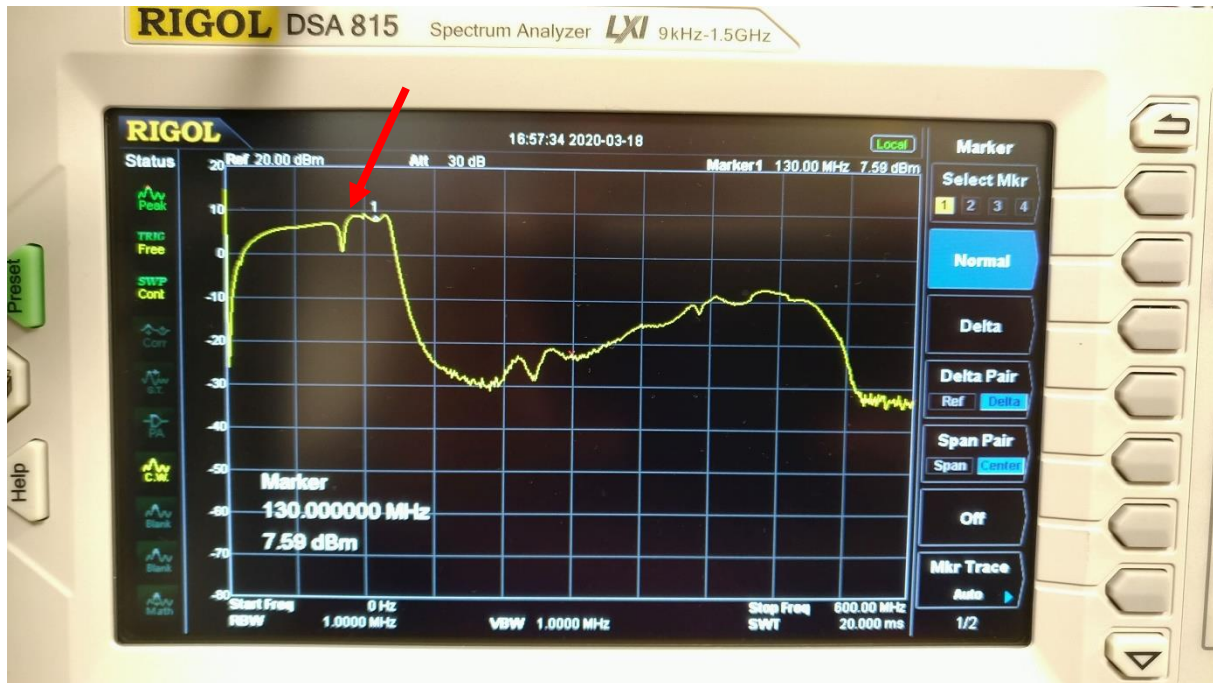


Abbildung 83: das sieht komisch aus- was soll denn diese Delle da?

Prüfen wir mal die Steuerspannungen...

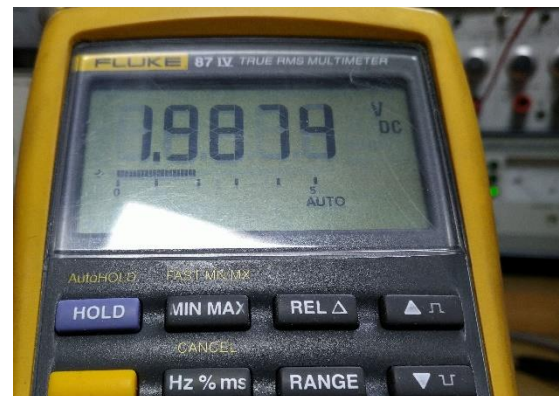
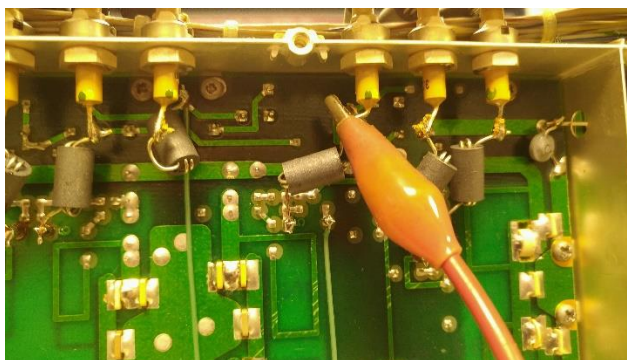


Abbildung 84: knapp 2Volt Steuerspannung...

Nanu? Nur +2V Steuerspannung? Das kann doch nicht richtig sein! Laut Schaltbild müsste da eine deutlich negative Spannung anstehen!

Also klemme ich um und speise provisorisch dort eine -15V Steuerspannung ein, wo vorher nur +2V waren....



Abbildung 85: -15V einspeisen

...und siehe da:



Abbildung 86: Frequenzgang vorher (gelb) und nachher (violett)

Der Frequenzgang verbessert sich deutlich (violette Kurve)! Nun ist klar: die Baugruppe bekommt keine korrekte Steuerspannung in Bereich 4 und daher stimmt der Signalfluss nicht und die HF-Overload-Protection spricht an! Brave Schaltung!

Bereich 5 und Bereich 6 hingegen funktionieren einwandfrei. Nummer 6 beispielsweise (300MHz) sieht dann so aus:



Abbildung 87: Bereich Nr.6 (ok)

Nun ist es nicht mehr schwer. Wo kommt die Steuerspannung her? Ach- schon wieder Y10 Bereichsschalter??!?

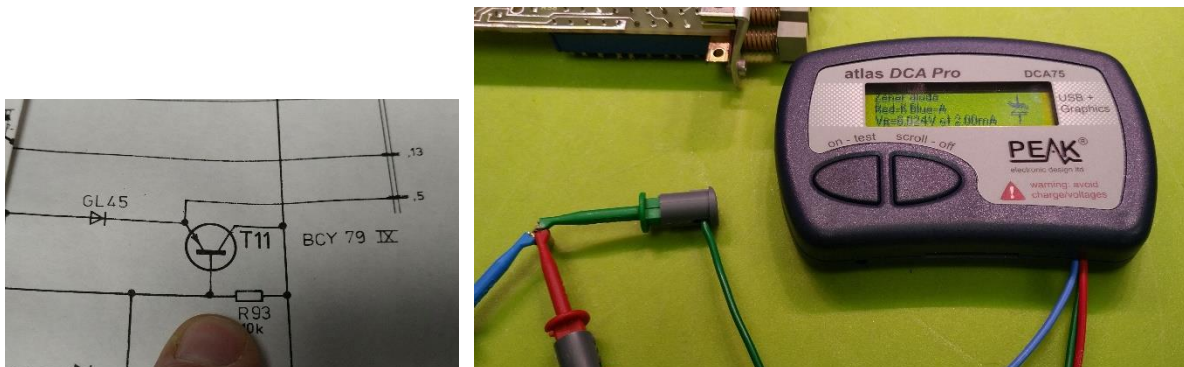


Abbildung 88: Störenfried gefunden!

Es zeigt sich, dass sich der verantwortliche Schalttransistor für eine 2polige Zenerdiode hält. Also raus damit, neuen BCY79 rein. Und siehe da: der SMDU erwacht nun auch in Bereich 3 zu neuem Leben! Fehler gefunden und gefixt!

55 Schaukelpferd

Doch dann spielt mein SMDU aus voller Dankbarkeit über meine kostbare, investierte Zeit mit mir noch ein weiteres Spiel! Eigentlich wähnte ich mich endlich am Ende der Reparaturen und machte einen langen Probelauf. Alles war gut, bis ich das Gerät leicht auf die Seite kippte, um unter ihm nach einer verlorenen Pinzette zu suchen.

Es macht „klick-klack“, die HF-Protection spricht wieder an und der Pegel ist wieder weg.

Wie bitte?

Also nochmal zurück in waagerechte Grundstellung. HF-Pegel ist da, alles gut. Wieder leicht angeben- klack- Pegel wieder weg, Frequenzzähler bleibt stehen!

Was denn nun noch?!?!?!? Zum Kuckuck aber auch !!

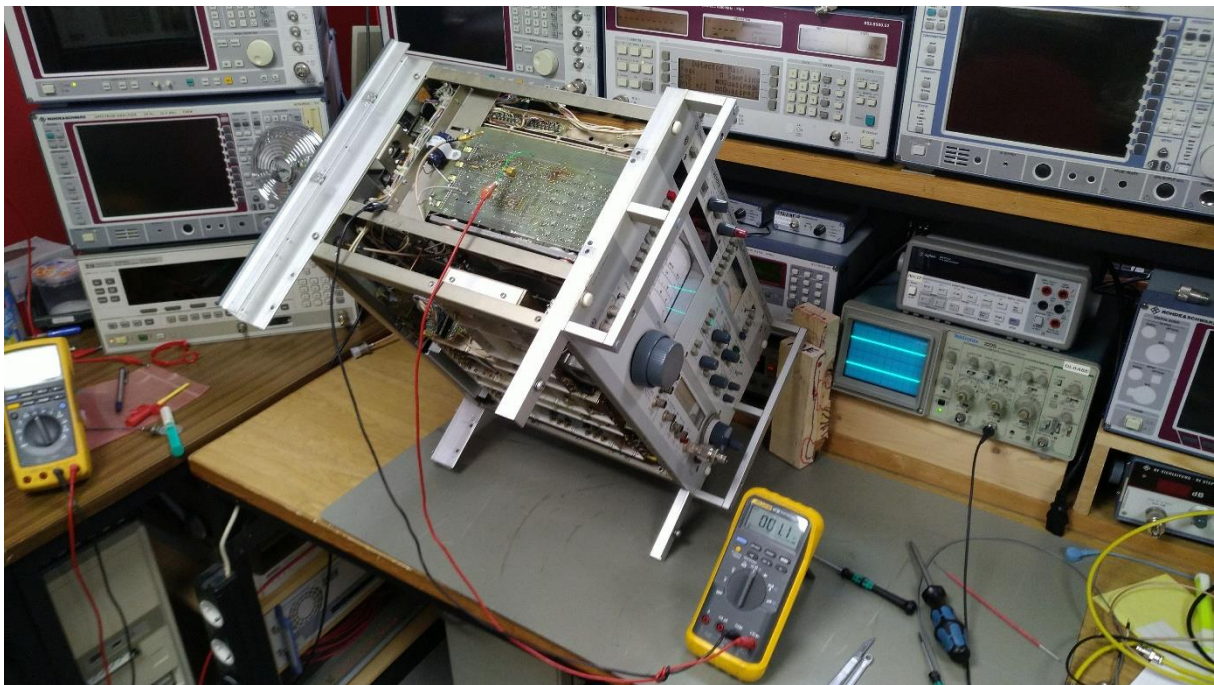


Abbildung 89: kurzgeschlossene Betriebsspannung, sobald das Gerät zur Seite geneigt wird!

Ich will die Beschreibung kurz machen. Der SMDU spielt mit mir Katz und Maus. Ich stelle fest, dass beim Schrägstellen der 10MHz Referenzquarz nicht mehr schwingt. Damit fehlt der Systemtakt und der SMDU macht fast nichts mehr.

Ok, also Y6 aufgeschraubt, reingelotzt, nichts gefunden. Multimeter dran, SMDU gekippt- klack!- aha. Die +15V sind auf einmal weg. Mysteriös.

Also Leitung verfolgt, Netzteil im Verdacht. Wieder alles auseinander gebaut, gemessen, gefummelt. Nichts gefunden. Dann auf die Idee gekommen, die +15V ohmsch gegen Masse zu prüfen. Multimeter an Pin2 des Connectors, SMDU gekippt- zack- 0 Ohm!

Aha. Irgendwas schließt die +15V kurz!

Wieder verfolgt, viele Stecker abgezogen, wir landen schon wieder bei Y10. Inzwischen weiß ich seine R&S-Sachnummer in den Schaltunterlagen auswendig, so oft habe ich das Teil bereits ein- und ausgebaut. Ich verfolge die Leitung zu ST113. SMDU angekipppt- Kurzschluss!

Ich kratze die +15V-Leitung auf Y10 auf- Kurzschluss weg. Aha, muss also dahinter liegen.

Ich stelle fest: der Kurzschluss liegt an Pin 10, Stecker 111. Aber natürlich nur, wenn der SMDU schräg steht! Was für eine Farce!

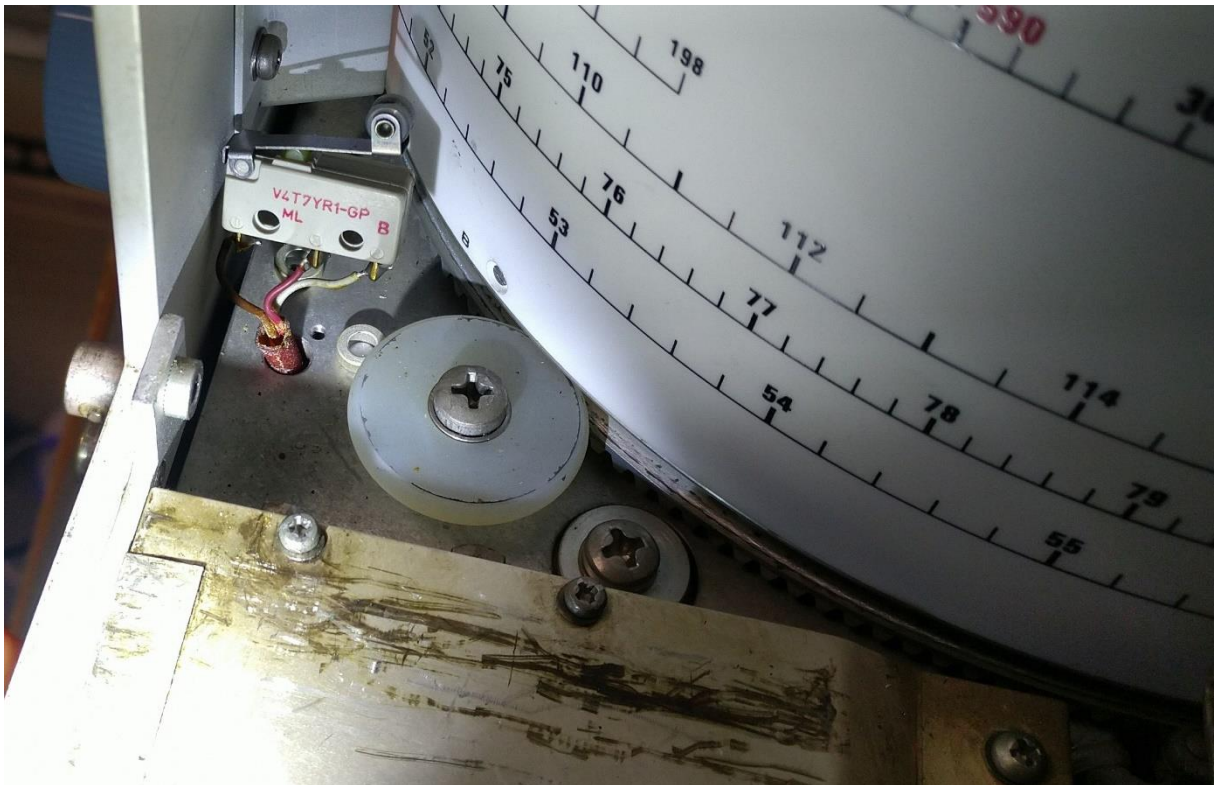


Abbildung 90: gleich ist der Fehler gefunden...

Es folgt eine Messorgie quer durch den SMDU. Am Ende wird mich die Verfolgung des Kurzschlusses zu einem Mikroschalter unterhalb der Skalentrommel führen....

Dann schallendes Gelächter:



Abbildung 91: Fehler gefunden!

Eine kleine Lötzinnkugel ist unter dem Mikroschalter hin und her gerollt und hat so zeitweise die +15V-Leitung gegen Masse kurzgeschlossen! Was für ein beknackter Fehler!!!

Aber nun versteht man, warum die Techniker insbesondere in Flugzeugen und der Raumfahrt-technik stets so unglaublich penibel auf Sauberkeit achten. Wie wir hier sehen können: solche Fehler passieren wirklich!!



Abbildung 92: nachgestellte Szene: das Lötzinnkügelchen rollt unter die Kontakte des Mikroschalters und schließt so die dort anliegenden +15V gegen Masse kurz!



Abbildung 93: Mann, was für ein bescheuerter Fehler!!!

56 Abschluss!

Mit dem Finden dieses letzten "Bonbon-Fehlers" lassen wir es jetzt aber auch wirklich gut sein.

Wir schließen dieses Kapitel also endlich(!) ab und klettern eine Etage tiefer. Dort sitzt nämlich der HF-Leistungsmesser; auch SMDU-Z2 genannt! Dort gibt es auch noch etwas zu tun.

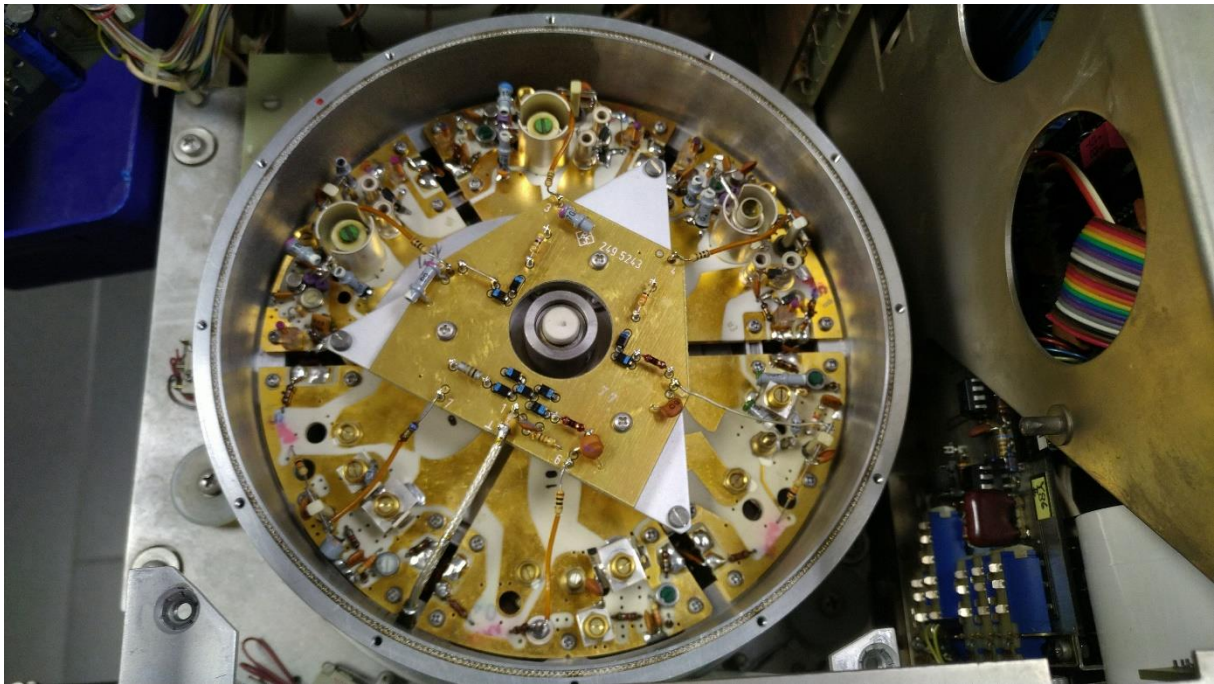


Abbildung 94: Blick in die "Trommel" des SMDU: seine Oszillatoren! Noch nie gesehen? Unbedingt aufschrauben und reingucken!!!

57 SMDU-Z2

Der SMDU-Z2 ist ein Leistungsmessadapter für HF-Leistungen bis 30W und 1,05GHz. In der Praxis funktioniert er gerade so bis 23cm (1,3GHz) und seine Ausgänge sind sogar spezifiziert bis 2GHz.

Ich liebe diese Geräte, denn sie sind ein super Leistungsverteiler im Amateurfunk-Shack und - bei liebevollem Umgang- nahezu unkaputtbar. Dass bei meinem SMDU so ein Teil mit dabei war, hatte mich sehr gefreut!



Abbildung 95: nun werden wir den Leistungsmesser einsatzbereit machen!

58 aufschrauben

Allerdings war bei meiner Kiste die Funktion sehr wackelig, das HF-Ausgangskabel etwas stark geknickt sowie der hohe Zeigerausschlag beim Deaktivieren des Leistungsmessers für mich etwas verdächtig. Also das Teil auseinandernehmen und alles mal checken!



Abbildung 96: untere Leitung am HF-Relais abschrauben

Damit der Leistungskühlkörper abgenommen werden kann, sind erstmal die beiden Hauptleitungen abzuschrauben.

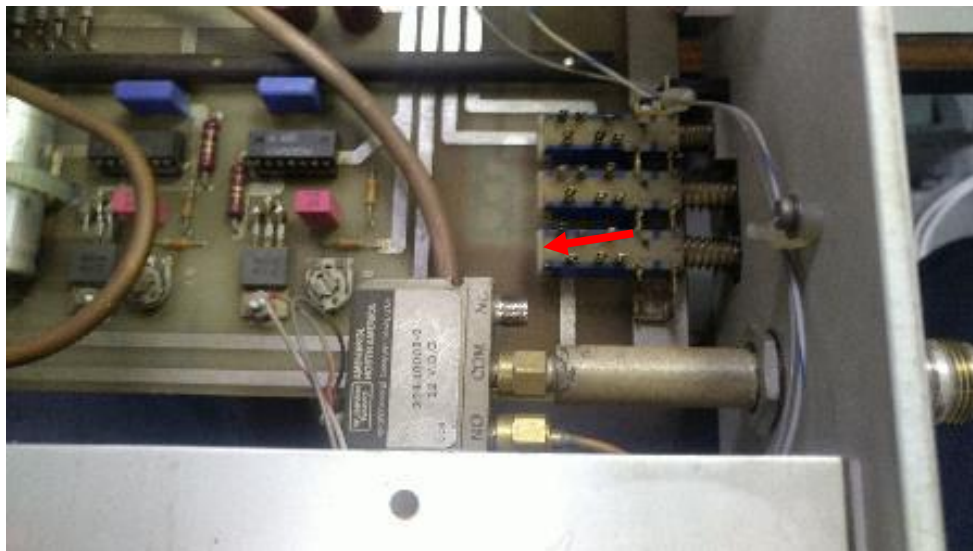


Abbildung 97: an diesem Relais den rechten Anschluss abschrauben

Dann kann man den Kühlkörper anheben und die drei SMC-Stecker abschrauben, sowie die beiden Anschlüsse für Leistungsmessdiode und Temperaturkompensationsdiode ablöten (weiß und braun).

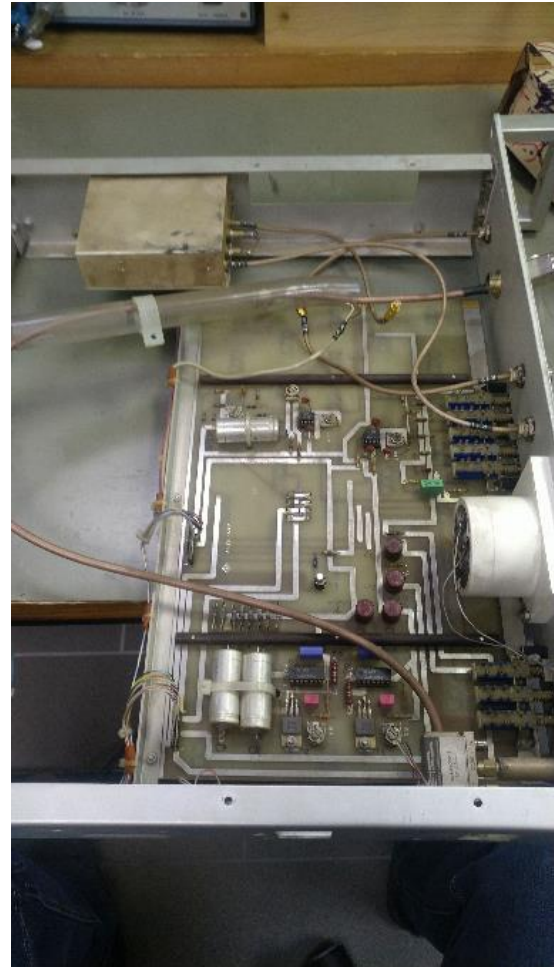
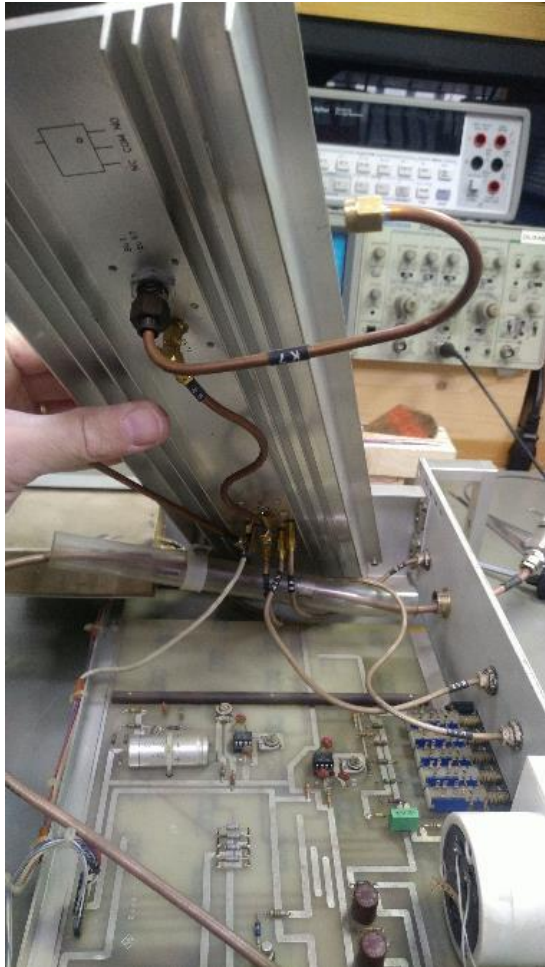


Abbildung 98: Kühlkörper abheben und Verbindungen lösen

Danach kann die Leiterplatte nach hinten raus.

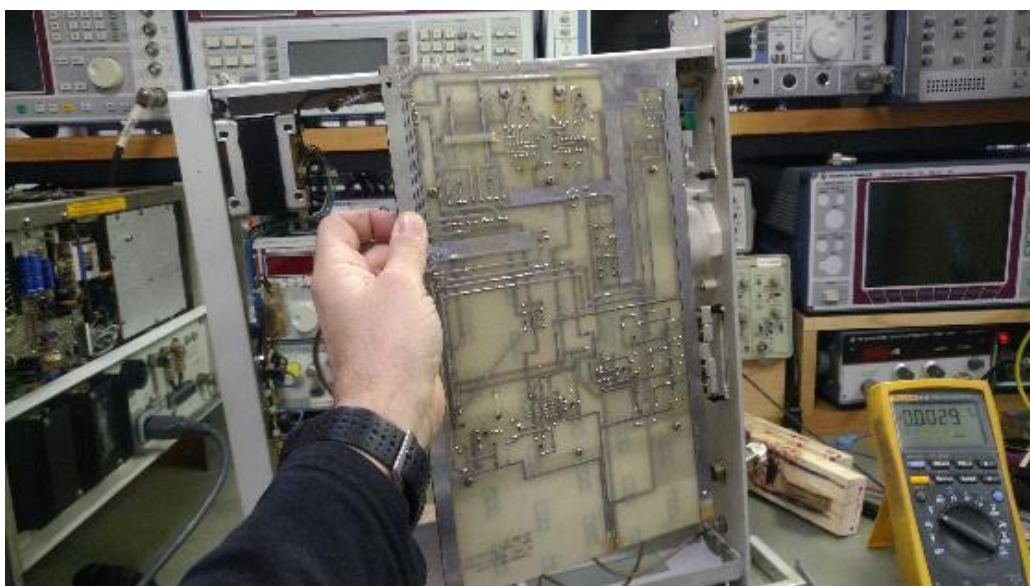


Abbildung 99: Platine abschrauben, kippen und nach hinten herausziehen

59 HF-Teil wobbeln

Bevor ich mir die Mühe der Aufarbeitung der Leiterplatte mache, will ich sicher sein, dass die ganze Arbeit auch nicht am Ende für die Katz ist. Also prüfe ich zuerst, ob das Leistungsdämpfungsglied an sich noch heil ist. Denn wenn es das nämlich nicht ist, dann brauche ich den Lötcolben erst gar nicht einzuschalten, sondern bringe gleich die ganze Einheit zum Wertstoffhof.

Die Prüfung mache ich mir einfach- ohne große NWA-Kalibrierung und auch mit viel zu langen Leitungen an den ganzen SMC-Anschlüssen des Kühlkörpers. Von daher ist das Ergebnis sicher nicht das präziseste auf der Welt, aber für ein Heile/Defekt reicht es dennoch Menge aus!

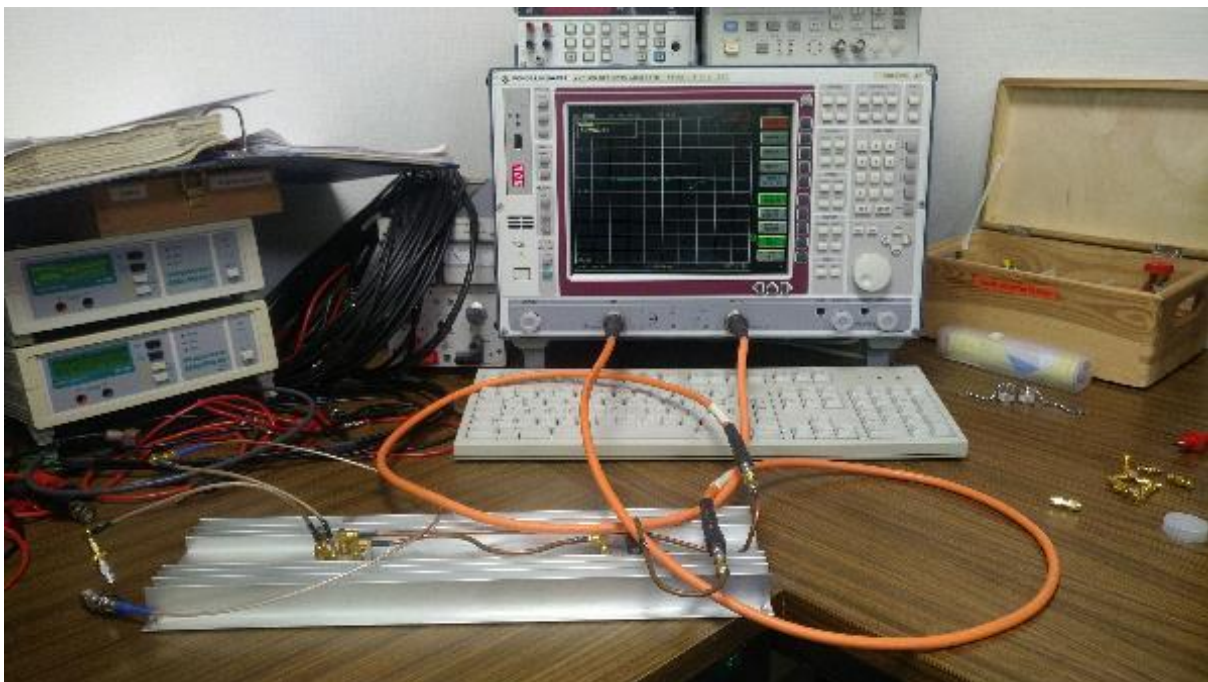


Abbildung 100: Messaufbau zum Prüfen des HF-Abschwächers

Ich messe vom Leistungseingang zum Leistungsausgang (-20dB). Der Frequenzgang zeigt:

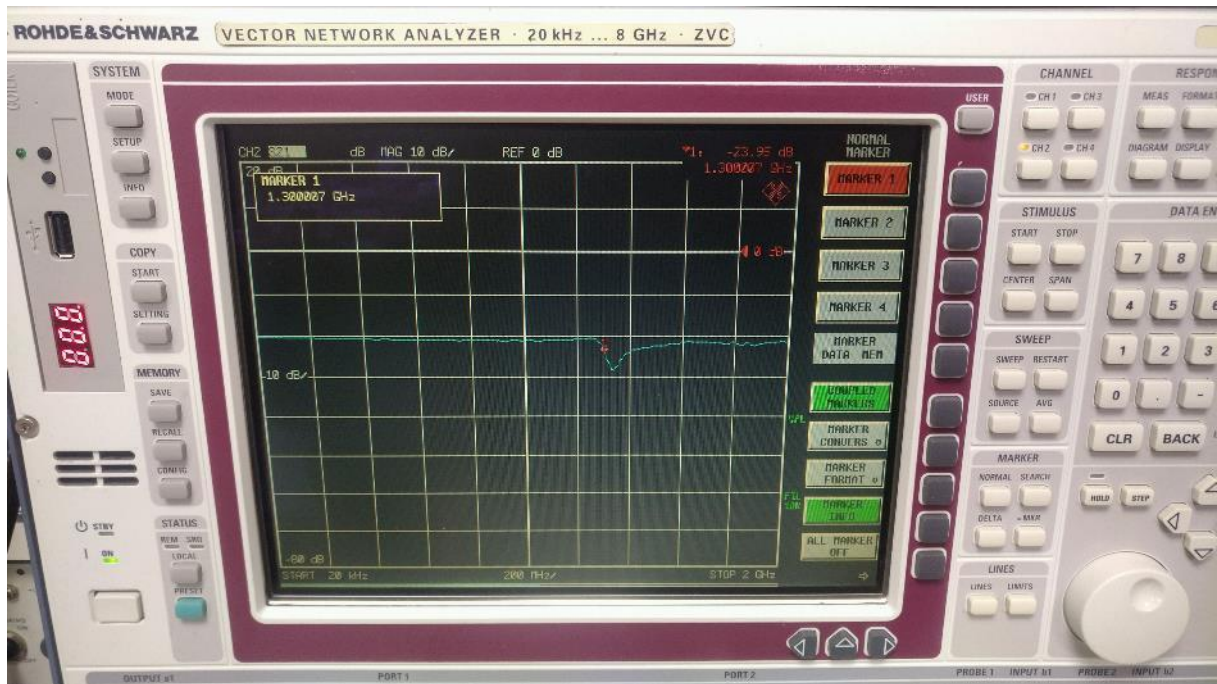


Abbildung 101: S21- also der Amplitudenfrequenzgang

Und die Anpassung (sehr wellig durch die ganzen langen Leitungen mit ihren 50Ohm-Ab-
schlüssen):

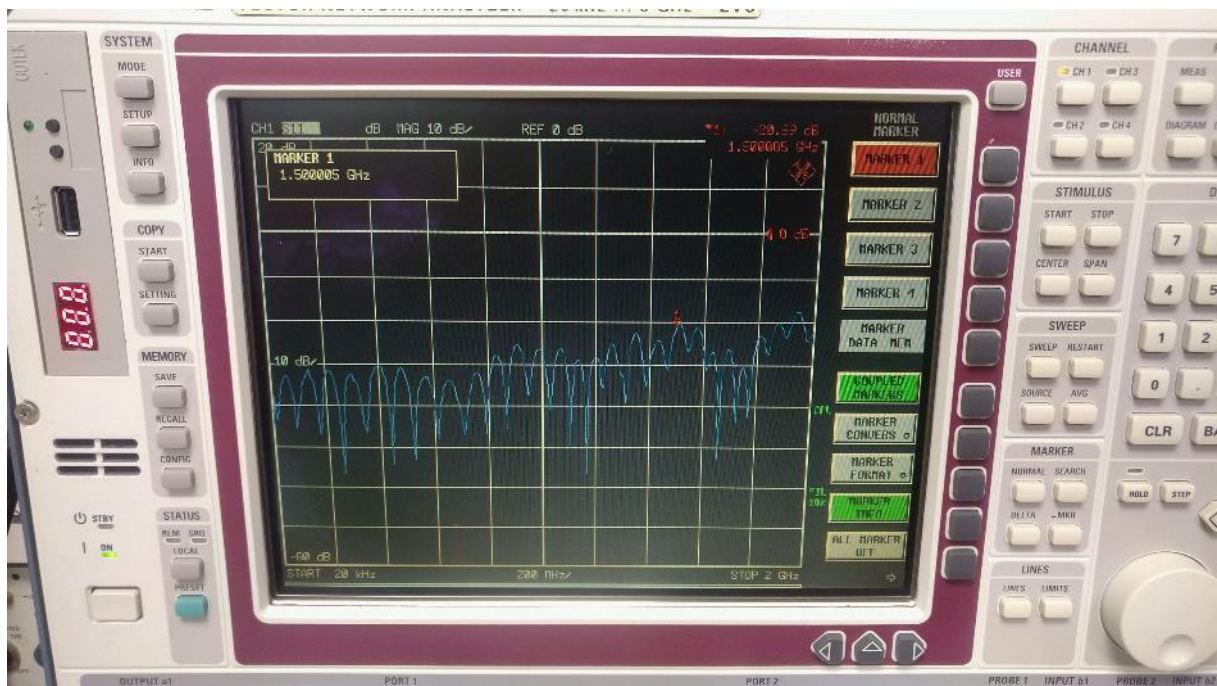


Abbildung 102: S11 - die Anpassung

Beides einwandfrei bis 1,2GHz- so wie ich es von anderen Geräten SMDU-Z auch her kenne.
Das Teil scheint also heile, von daher lohnt sich die Zeit für eine Platinaufarbeitung!

60 Aufarbeitung

Zuerst muss ich die ganze Peke von der Platte herunterholen. Ich spüle mit Kontakt LR und blase danach mit Druckluft den ganzen Schmodder herunter.

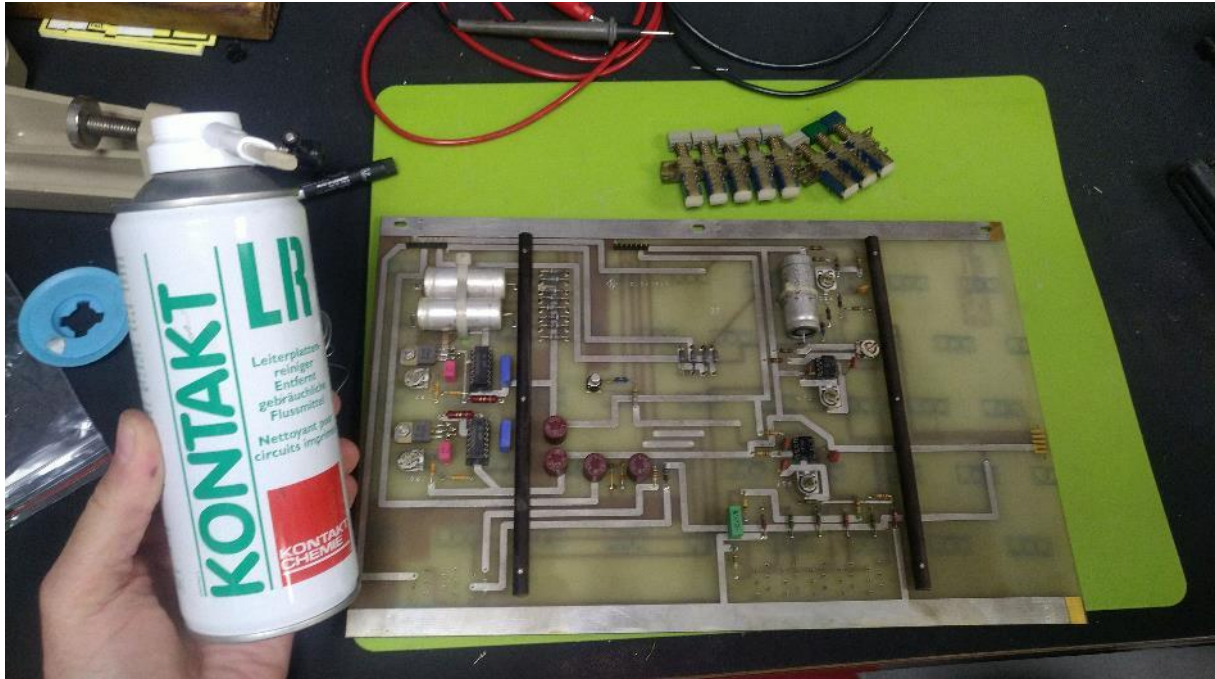


Abbildung 103: Reinigen der Leiterplatte mit „Kontakt LR“

Dann auch hier wieder: Tastensatz ablöten, demontieren, reinigen, konservieren, zusammenbauen. Eine langwierige Arbeit, aber es muss sein!

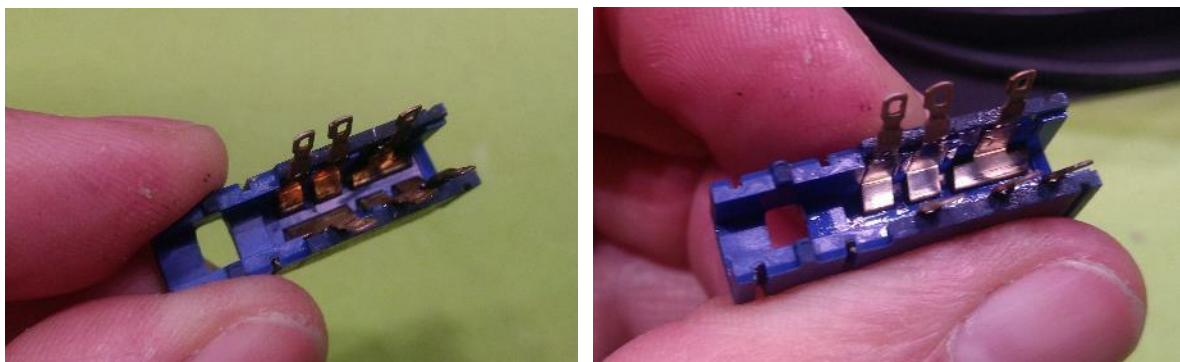


Abbildung 104: Reinigen der Kontakte mit Kontakt 60, Spülen mit Kontakt WL, Konservieren mit Siemens Wählerfett

Endergebnis: die Leiterplatte sieht wieder schick und sauber aus. Alle IC-Fassungen wurden erneuert, alle Elkos geprüft und alle Tasten gereinigt. Die Potis wurden mit Siemens Wählerfett behandelt (weiße Vaseline + Petroleum) und die Dioden alle gemessen.

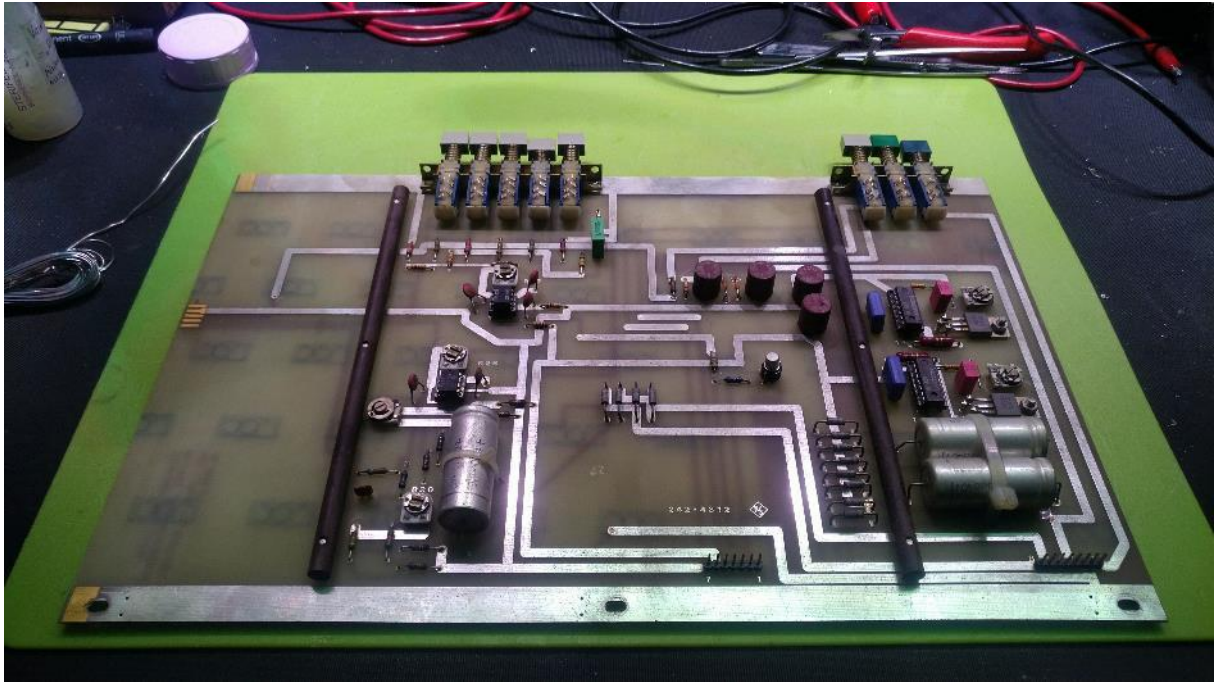


Abbildung 105: Leiterplatte fertig aufgearbeitet (Reinigung, Tastensatz, IC-Fassungen, Elkos, Trimmer, Dioden)

Okay, die Grundsubstanz scheint erstmal soweit zu sein. Kümmern wir uns um den geknickten Kabelschwanz.

61 Ausgangsbuchse umbauen

Ein Thema, das mich an einem SMDU-Z1/Z2 stört, ist sein Kabelschwanz an seinem 20dB-Ausgang. Ich hätte da lieber eine N-Buchse. Also baue ich mir eine ein.

Zuerst die alte Kupplung abkneifen (das Kabel hatte an der Stelle eh schon einen Knick und hätte gewechselt bzw. gekürzt werden müssen)...



Abbildung 106: HF-Ausgang umbauen

...dann eine Radiall Flanscbuchse vom Typ 161 256 anlöten.



Abbildung 107: alten Stecker weg, hochwertige N-Buchse einbauen (Radiall Typ 161 256)

Das Internet zeigt einem, wie man so eine Buchse korrekt anschlägt. Dann mit dem Akkuschrauber 4 Löcher in den SMDU-Z2 bohren und die Buchse einschrauben. Fertig.

Im nächsten Bild sieht man bereits das Endergebnis.

62 Abgleich des SMDU-Z2

Das korrekte Einstellen der SMDU-Z1 und auch Z2 Geräte ist so eine Sache. Ich hab dazu vor vielen Jahren ja schon einmal einen kleinen Bericht geschrieben. Damals hatte ich das Problem, dass ich die -in der Anleitung geforderten- 90mV an einem Messpunkt einfach nicht hinbekommen habe, ohne dass der SMDU-Z1 danach nicht komplett falsche Messwerte anzeigt.

Damals hatte ich noch Zweifel, ob ich da was falsch mache. Heute begegnet mir dasselbe Problem auch beim SMDU-Z2: auch hier ist die 90mV-Einstellung gefordert, die bei mir absolut nicht zielführend ist.

Daher beschreibe ich die Schritte, mit denen ich den SMDU-Z2 hier justiert habe, noch einmal- nach meiner Methode. Die Referenzen sind für mich dabei der 10V- und 100V-NRV Durchgangskopf bis 2GHz.



Abbildung 108: Messaufbau mit Yaesu FT-736R als HF-Quelle

Ich habe meinen Abgleich also wie folgt gemacht:

1. Gerät einschalten mit „POWER METER EIN“ (grüne Taste). **Alle Ausgänge mit 50Ohm abschließen!!!!**
2. Zuerst R26 auf Mitte drehen.
3. Dann R30 (nicht beschriftet auf Platine) so einstellen, dass Pin6/B20 (=Ausgang erster OP-Amp) auf grob 0Volt steht.
4. Jetzt wieder R26 drehen und Feinabgleich machen (0V an Pin6/B20).

Das ist nur der Vor-Schritt, damit wir jetzt machen können:

5. Multimeter an ST4/Pin3 und mit R57 auf 0V abgleichen.

Ja, an Pin3 ist nichts bestückt und angeschlossen, aber das macht nichts. Keine Gedanken machen. Messen! Das Anzeigedisplay muss nun ebenfalls genau „0“ anzeigen!

Laut Manual sollte man nun R26 wieder so zurückstellen, dass an Pin6/B20 +90mV zu messen sind. Das klappt bei mir nicht. Daher nun folgendes machen:

6. Regelbare HF-Signalquelle an den SMDU-Z2 anschließen. Per vorgeschaltetem Durchgangsmesskopf und Leistungsmesser (R&S NRVD) die Signalquelle so einstellen, dass $P=300\text{mW}$ erzeugt werden.
7. Nun an R30 drehen, bis der SMDU-Z2 ebenfalls 300mW anzeigt.

Vermutlich wird das noch nicht gelingen, weil der Verstellbereich von R30 nicht ausreicht, die Nadel auf die 300 zu kriegen. Zumindest war das bei mir so.

Für genau diesen Fall gibt es den Offset, den man dem Gerät mitgeben muss. Den erzeugt man durch Drehen von R26.

Für den Fall, dass selbst R26 auch nicht ausreicht, gibt es noch R31! Der ist im Manual leider überhaupt nicht beschrieben! Erst durch einen Blick in den Schaltplan sieht man, dass R31 quasi sowas wie ein „Grob-Offset“ ist- damit man dann mit R26 den „Fein-Offset“ einstellen kann.

8. Wenn durch Drehen an R31 (Offset grob), R26 (Offset fein) und R30 (Endausschlag) die Nadel auf genau „300mW“ justiert wurde, die HF-Signalquelle auf z.B. 20mW herunterdrehen.
9. Der Zeiger sollte nun ebenfalls „20mW“ anzeigen. Tut er das nicht, den Offset ändern (R31 grob, R26 fein).
10. Dann wieder 300mW einspeisen. Solange zwischen 20mW und 300mW hin- und herwechseln und nachgleichen, bis die Anzeige in beiden Fällen stimmt!

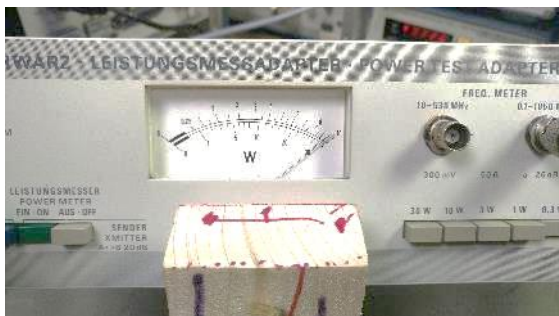


Abbildung 109: 300mW Anzeige - 307mW gemessen

11. In anderen Messbereichen prüfen, dass auch dort die Anzeige stimmt! Dafür z.B. auch den 100V-Durchgangskopf verwenden.

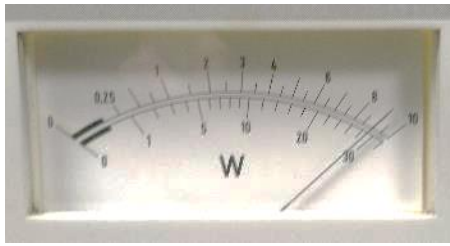


Abbildung 110: ca. 28W Anzeige - 28,2W gemessen



Abbildung 111: 20W Anzeige - 19,8W gemessen

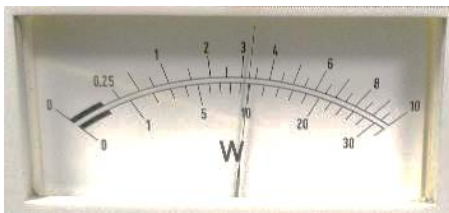


Abbildung 112: 9,9W Anzeige - 10,1W gemessen



Abbildung 113: der nach der Justierung sich bei mir ergebende Offset der Zeigernadel im Anzeigebereich „0,3W“- sieht für mich für einen SMDU-Z1/Z2 absolut „gesund“ aus!



Abbildung 114: und siehe da: an Pin6/B20 stehen jetzt etwa 35mV an - und nicht die 90mV aus dem Manual!

12. Wenn der Abgleich fertig ist, mal spaßeshalber die Spannung an Pin6/B20 messen. Anstatt der im Manual vorgegebenen 90mV habe ich beim SMDU-Z2 am Ende nur knapp 35mV!

In meinem damaligen Bericht vom SMDU-Z1 habe ich nach ähnlicher Methode übrigens eine Spannung von 45mV messen können. Das sind auch nicht 90mV 😊

In Summe bin ich mit dem Abgleich und der Präzision der Anzeige am Ende sehr zufrieden. Was ich nicht verstehe, ist, dass -wenn man den Leistungsmesser ausschaltet- das Messinstrument noch immer einen sehr hohen Offset zeigt; teilweise bis Endanschlag. Keine Ahnung, ob das so sein soll? Da in diesem Fall die beiden Leistungsmesserdioden mit einer negativen Spannungen in den Sperrzustand getrieben werden, und ihre Beschaltung jeweils etwas unterschiedlich ist, ist es verständlich, dass nicht exakt gleiche Ströme fließen und der Anzeigeverstärker in diesem Zustand auch einen großen Offset anzeigt. Das Manual jedenfalls sagt nicht über einen starken Ausschlag des Messinstruments in dieser Betriebsart. Vielleicht ist aber auch die eine der beiden Dioden im Leistungsmesser defekt (soweit ich weiß, dient die eine nur der Temperaturkompensation)?

Sehr gerne würde ich das natürlich ergründen, allerdings drängt die Zeit nun wirklich. Weil die Anzeigetreue der HF-Leistung sowie das S11 des Gerätes aber beide absolut in Ordnung gehen, mache ich jetzt hier kein Fass auf. Ich lasse es jetzt so, wie es ist!

Übrigens:

Als HF-Quelle benutze ich hier ein Yaesu FT-736R Amateurfunkgerät als Signalquelle. Dieser hat den Vorteil, dass man bei ihm die Sendeleistung von etwa 10mW bis zu ca. 30W stufenlos einstellen kann. Eine fast ideale Signalquelle also für Leistungsmesser. Einen Abstrich an Präzision muss man allerdings akzeptieren: unsere gesamte Prozedur stimmt natürlich nur, wenn der FT-736R auch wirklich exakt 50Ohm am Ausgang hat. Eigentlich sollte er das, aber Profis schalten daher erst noch ein dickes Dämpfungsglied zwischen TX und SMDU-Z1/2, damit der Effekt einer möglichen Fehlanpassung möglichst klein bleibt. Ich habe darauf jetzt erstmal verzichtet, wollte es aber nicht unerwähnt lassen!



Abbildung 115: meine Signalquelle bis ca. 25W: ein Yaesu FT-736R

Abschließend noch einmal ein Schaltplanauszug, damit man die Wirkung der Potis besser versteht:

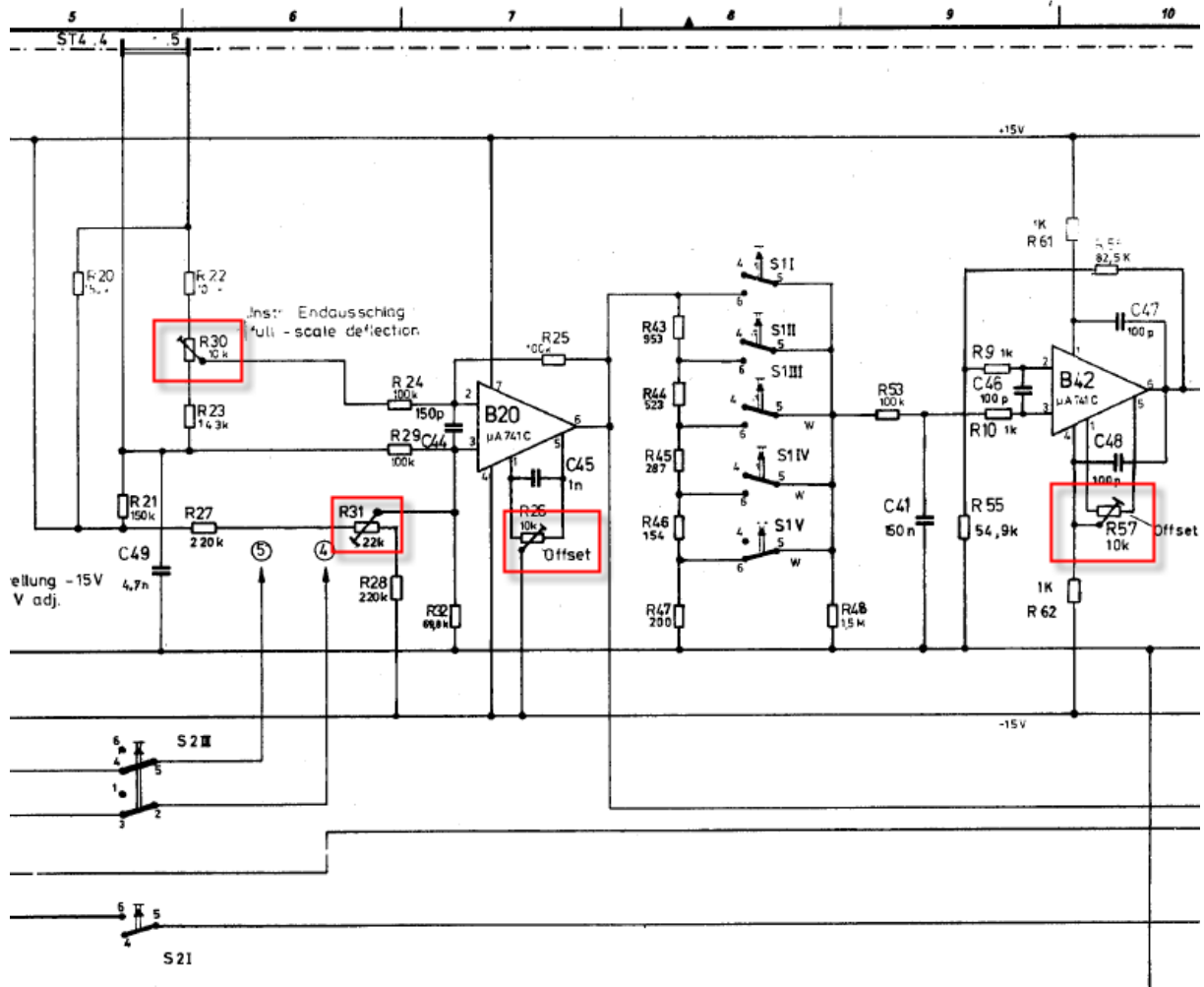


Abbildung 116: Schaltplanauszug des SMDU-Z2

63 Fertig!

Endlich!

Das "Zwischendurch-Projekt" ist zwischendrin richtig erwachsen geworden. Das Tuning von Netzteil, Verbesserung der Störmodulationseigenschaften und nicht zuletzt die Reinigung und der Neuabgleich hat diesen SMDU sicherlich deutlich besser gemacht.

Aber auch wertvoller? Vermutlich nicht. Oder nur kaum.

Die investierte Geld für Halbleiter, Elkos, Dioden, IC's und Verbrauchsmaterial (Schätzung: ca. 200EUR) würde ich bei einem Verkauf wohl nie und nimmer wieder hineinkriegen. Und erst recht nicht die investierten Arbeitsstunden: wenn ich alleine das Auslöten, Auseinanderbauen, Reinigen, Zusammenbauen und Wiedereinlöten der ganzen Tastensätze rechne und mal beispielhaft einen geringen Stundensatz von 30€/h ansetze, werden allein die Kosten für geleistete Arbeitsstunden ganz schnell vierstellig. Ein so aufgearbeiteter SMDU müsste am Ende eigentlich um die 2000€ (oder mehr!) kosten, wenn man wirtschaftlich denkt und von sowas leben müsste.

Völlig unrealistisch!



Abbildung 117: finales Endergebnis! FM Störhub 2Hz RMS sind für einen SMDU sicher nicht schlecht!

Doch glücklicherweise geht es darum gar nicht: Ein SMDU ist die Pflege von Leidenschaft und Passion, kein Verdienstobjekt. Man investiert Herzblut und private Bastelzeit. Der SMDU beschenkt einen mit zurückgewonnenen Eindrücken und Gefühlen aus der Jugend und einem einzigartigen, "analogen" Reparaturerlebnis! Sicher, nicht jeder mag sowas. Und nicht jeder KANN sowas. (So mancher KANN es aber vielleicht sogar noch besser, ha ha ha ;-). Aber diesen SMDU hier wieder an den Start zu bringen, war mir eine Herzensangelegenheit. Und er kam bereits einmal zum Einsatz: beim Test eines Yaesu FT-dx101, bei dem ich sicher sein musste, dass die im Prüfling angezeigten Artefakte nicht das Ergebnis von unerwünsch-

ten Nebenwellen meines Signalgenerators waren, konnte dieses Gerät seine Stärken ausspielen: prinzipbedingt ist er durch seine direkt auf der Betriebsfrequenz schwingenden Oszillatoren (zumindest in den meisten Messbereichen) gänzlich frei von Nebenwellen, und das kann tatsächlich manchmal wichtig sein!

Sicher, der SMDU wird nun unter der Kellertreppe stehen müssen und nicht direkt auf dem Messplatz - zumindest bis zum nächsten funk.Tag. Generatoren wie den R&S SME03 oder SMT06 werde ich in der Alltagsarbeit natürlich bevorzugt einsetzen, denn sie bieten nicht nur mehr Möglichkeiten, sondern sind in vielen Aspekten der Signalqualität dem eines SMDU einfach überlegen und letztendlich auch deutlich kompakter- was bei einem begrenzten Platzangebot auf dem Labortisch manchmal auch nicht ganz unwichtig ist. Trotzdem: auch an "Reservisten" erinnert man sich in der Regel gerne zurück und spätestens auf der nächsten Militärparade stellt man sie zusammen mit vielen Erinnerungen wieder in gutes Licht, wo sie glänzen und man ihnen Respekt zollen kann!

In einer finalen Abschlussmessung mehrere Monate später erreiche ich nach wenigen Minuten Einlaufzeit nun einen Störhub etwa 2,0Hz RMS (20Hz..23kHz), einen Modulationsklirrfaktor von weniger als 0,2% (ebenfalls 20Hz..23kHz) und eine Phasenrauschperformance, die sich hervorragend mit dem deckt, was Prof. Rohde in seinem Buch "Microwave and Wireless Synthesizers: Theory and Design" auf Seite 116 schreibt.

Weil ich keine Lizenzrechte verletzen will, drucke ich das Diagramm absichtlich hier nicht ab. Stattdessen habe ich aus diesem Diagramm drei Datenpunkte abgelesen und sie zusammen mit meinen eigenen Phasenrausch-Messungen in ein gemeinsames Diagramm eingetragen.

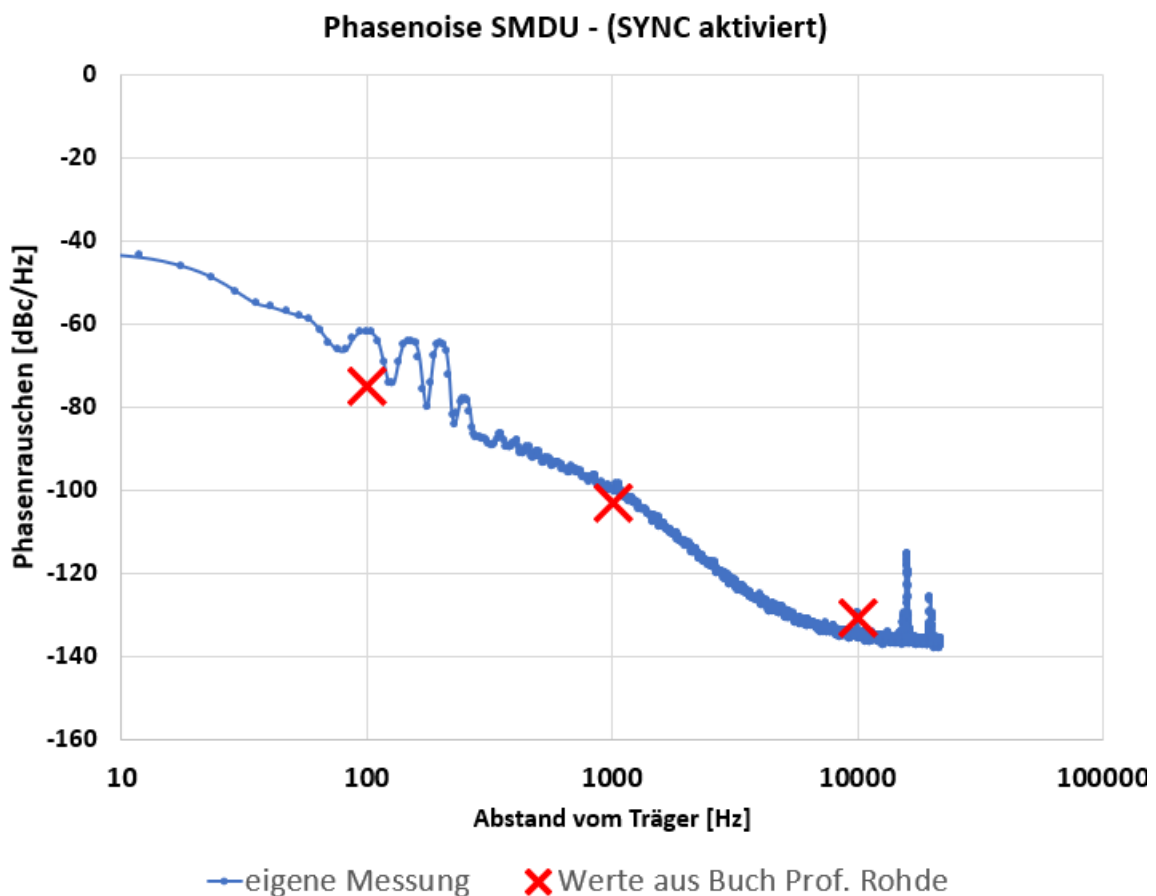


Abbildung 118: SMDU-Phasenrauschen

Da ich davon ausgehe, dass man damals für dieses Diagramm nicht die schlechtesten SMDUs als Referenz verwendet hat, und meiner hier innerhalb dieser Referenz-Rauschkurve "performt", gehe ich am Ende von einer gelungenen Restauration aus, die sogar die vom Hersteller definierte Performance trifft. Das ist doch toll!

Zugegeben- bei meiner Kurve sieht man bei 100Hz, 150, 200 und 250Hz noch ein paar kleine Huckel- vermutlich stammt das noch aus dem SMDU-Netzteil und wird über Modulator oder Betriebsspannung der Oszillatoren eingekoppelt. Vielleicht ist es aber auch eine magnetische oder elektrische Einstrahlung. Ein Perfektionist mit unendlich viel Zeit würde das jetzt vielleicht noch untersuchen und die letzten dB's jagen gehen. Ich mache das jetzt aber nicht. Wie ich schon sagte: aus einem Ackergaul kann man einfach kein Rennpferd machen- auch wenn man das Heu vor dem Füttern noch vergoldet!



Abbildung 119: ein Projekt geht zu Ende: "100MHz SMDU Nachtromantik"!

Abschließende Frage an Euch:

In einem SMDU-Flyer finde ich folgende Angabe zu einer Option, die man beim SMDU bestellen kann:

"SMDU-B9 S/N Ratio Improvement 295.2189.02"

Ich finde im Netz so rein gar nichts zu dieser Option. Weiß jemand von Euch, was genau das ist und was diese Option technisch beinhaltet hatte?

Wer es weiß, schreibt mir bitte gerne eine Email, vielen Dank!*

Order designations	Dimensions (W×H×D) mm	Weight kg	
Compact test assemblies *			
▶ Radiotelephone Test Assembly SMDU 249.3011.56	492×401×434	37	f
▶ Radiotelephone Test Assembly SMDU 249.3011.52	492×401×434	37	f
▶ Radiotelephone Test Assembly SMDU 249.3011.53	492×401×434	37	f
Single instruments for combination as test assembly			
▶ Signal Generator SMDU Radiotelephone model 249.3011.06	492×296×434	28	f
▶ Signal Generator SMDU Radiotelephone model, stereo-compatible 249.3011.09	492×296×434	28	f
▶ Signal Generator SMDU Radiotelephone and air-navigation model 249.3011.07	492×296×434	28	f
▶ Synchronizer SMDU-B1 249.6340.02 (including synchronizer front panel)	175×33×235 163.5×33×80	1.2	
▶ 1.05-GHz Frequency Range Extension SMDU-B3 249.9484.02	185×208×60	1.0	
▶ 1-GHz Frequency Meter SMDU-B4 250.0012.02	62×225×33	0.4	
▶ 1.05-GHz Frequency Doubler SMDU-B5 275.1312.02	115×208×60	0.6	
▶ Amplitude Modulation SMDU-B8 295.2150.02			
▶ S/N Ratio Improvement SMDU-B9 295.2189.02			
▶ AM Unit SMDU-Z1 242.2010.52 (30-W model)	492×118×434	8.0	}
▶ AM Unit SMDU-Z1 242.2010.53 (60-W model)	492×118×434	8.5	
▶ Power Test Adapter SMDU-Z2 242.4012.52	492×118×434	8.0	

Abbildung 120: Auszug aus einem SMDU Werbeflyer

*** Nachtrag des stets emsigen R&S Customer Service, dem ich diese Berichte ja auch erst immer zur Freigabe vorlege und der sofort unaufgefordert Eigeninitiative entwickelt und nachgeforscht hat. Ergebnis:**

1. Die Kollegen im Customer Service empfinden zu ihren alten Produkten offensichtlich ähnliche Wehmut und Begeisterung wie ich :-)
2. Die SMDU-B9 ist ein Umbau aus dem Jahre 1979(!), der lediglich zwei Widerstände und einen Kondensator benötigte. Er erhöht an einigen Stellen im Gerät den Signalpegel und verringert so das Breitbandrauschen. Aber kein Vorteil ohne Nachteil: laut Beschreibung habe das zugleich leider negativen Einfluss auf die Stör-AM im FM-Betrieb. Man muss halt wissen, aus was man mehr Wert legt.

Danke nochmals für die prompte Unterstützung, liebes Customer-Service-Team! :-)

64 Nachtrag

Ende August 2020, als ich diesen Bericht hier zusammenschrieb, ereigneten sich noch zwei extrem erfreuliche Ereignisse, die ich hier stolz berichten darf.

Zum einen wurde offensichtlich kein geringerer als Prof. Ulrich L. Rohde höchstpersönlich auf meinen Zeitungsartikel in der CQ/DL 08/2020 zum Test des Yaesu FT-dx101 aufmerksam und schrieb mir eine Email mit angefügten Links zu Vorträgen über Messtechnik. Ich darf Euch sagen, dass man fast vom Stuhl fällt, wenn man als einfacher Hobbybastler solch hochkarätige VIP-Namen auf einmal in der Inbox seines Email-Postfaches sieht!

Und dann komme ich schließlich doch noch zu meinem R&S CMTA! Aber wie das geschehen ist, ist eine neue Geschichte. Ich darf nur so viel verraten: wieder war ein "Martin" daran schuld!!! :-)

Bleibt mir zu Zeiten von Corona nur zu hoffen, dass ich mein Angebot mit dem "bringt-mir-eine-Flasche-Bier-vorbei-und-ihr-kommt-aufs-Foto" wenigstens im nächsten Jahr auf dem funk.Tag2021 wahr machen kann. Ich würde mich sehr freuen.

Drücken wir die Daumen und hoffen das Beste! Bilder wie dieses hier, wo der Regenbogen genau unsere Dorfkirche trifft, machen uns allen doch etwas Mut, oder? Fotografiert von unserem Balkon nach einem Regenguss, das uns zeigt, dass irgendwann danach auch mal wieder die Sonne scheinen wird! :-)



Abbildung 121: Bleibt mir bitte alle gesund! :-)

Marc Michalzik,
SEP2020

65 Disclaimer

Hinweise

1. Wer auf dieser Grundlage bastelt, bastelt auf eigene Gefahr!
2. Das hier ist ein privat und hobbymäßig zusammengestellter Reparaturbericht. Ich übernehme keine Garantie für die Korrektheit der hier beschriebenen Inhalte.
3. Ich übernehme keine Folgekosten, die durch evtl. Anwendung der hier beschriebenen Informationen entstehen könnten.
4. Das Basteln in elektrischen Geräten kann für nicht Sachkundige ein hohes Risiko von Verletzungen aller Art bedeuten. Sollten Sie nicht sachkundig sein, lassen Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.
6. Alle Meinungsäußerungen (insbesondere über Firmen oder Hersteller) sind stets rein subjektiver Natur und spiegeln nur meine eigenen Erfahrungen oder persönlichen Vorlieben wider. Sie sind weder als Werbung noch Verunglimpfung dieser Firmen oder Hersteller zu verstehen, sondern als persönliche Meinungsäußerung aufzufassen.
7. Vor dem Veröffentlichen meiner Berichte bemühe ich mich stets im Vorfeld um eine Zustimmung der in meinen Berichten vorkommenden Personen/ Firmen. Wenn Sie der Meinung sind, dass das in Ihrem Fall einmal (unabsichtlich!) vergessen wurde und über bestimmte Darstellungen oder Beschreibungen verärgert sind, so setzen Sie sich zur Problemlösung bitte zuerst direkt mit mir in Kontakt (und nicht gleich mit Ihrem Anwalt ;-).

Die Berichte wurden von mir nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Disclaimer

Alle Artikel unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Keine unerlaubte Vervielfältigung, Aufführung, Weitergabe, Druck. Eine kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen. Weiterhin übernehme ich weder Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte noch übernehme ich Haftung für Risiken und Folgen, die aus der Verwendung/Anwendung der hier aufgeführten Inhalte entstehen könnten. Nicht-Sachkundigen rate ich generell von Eingriffen in elektrische Geräten und Anlagen dringend ab! Insbesondere verweise ich auf die strikte Einhaltung der aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften von VDE und Berufsgenossenschaft über die elektrische Sicherheit!

Rechtliche Absicherung

Grundsätzlich berufe ich mich bei meinen Dokumenten auf mein Menschenrecht der freien Meinungsäußerung nach Artikel5, Absatz1 des Grundgesetzes. Dennoch mache ich es mir zu eigen, von den in den Berichten namentlich vorkommenden Personen vor der Veröffentlichung eine Zustimmung einzuholen. Wenn Sie jedoch der Meinung sind, dass Sie persönlich betroffen sind und das in Ihrem Fall versäumt wurde, und Sie sind darüber verärgert, so bitte ich um eine umgehende Kontaktaufnahme (ohne Kostennote!) mit mir. Das gilt auch für den Fall, wenn meine hier bereitgestellten Inhalte fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen sollten. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen unverzüglich entfernt werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werde ich vollumfänglich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

Haftungshinweise

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehme ich keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Kontakt:

Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten. Keine Vervielfältigung, Nachdruck. V9.8, Marc Michalzik. SEP2020