

Rohde & Schwarz SMIQ06B Signal Generator

1 Einleitung

Man könnte meinen, dass mir das Reparieren von Messsender doch langsam einmal langweilig werden müsse. Weit gefehlt! In nahezu jedem kaputten Messgerät gibt es noch was zu lernen- und wenn es auch nur die Erfahrung ist, die man "lernt".

Doch heute werden wir weitaus mehr lernen als Erfahrung, denn -zumindest für mich- ist auch ein Stückchen Neuland dabei. Auf jeden Fall klang es erstmal so, als ich von der Fehlerbeschreibung und dem Kostenvoranschlag hörte, der diesem SMIQ06B als eindeutiges "Unattraktivitätsmerkmal" beilegt wurde- und ihn letztendlich mir in meine Hände trieb.

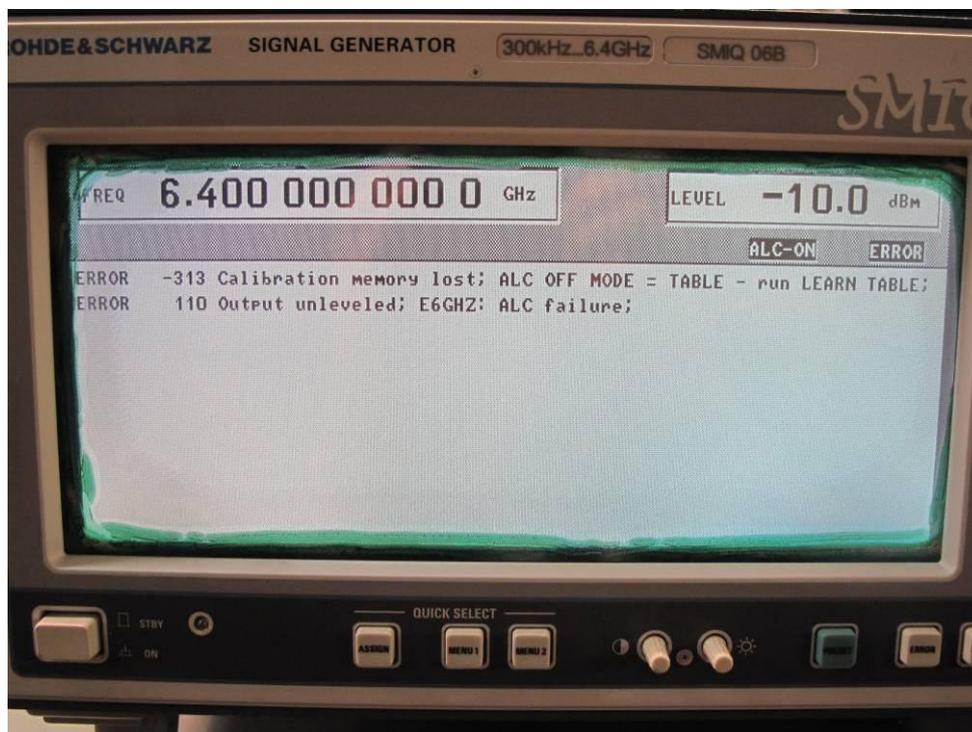


Abbildung 1: ein SMIQ06B mit Motorschaden

Nicht zuletzt dank meiner Reparaturberichte wissen schon viele Elektronik-Fans, an wen man sich wenden muss, wenn man einen defekten Signalgenerator hat und ihn für einen guten Zweck loswerden will: an mich ;-)

Nunja, Spaß beiseite, ich bin ja kein Händler, sondern nur ein etwas schräger (aber liebenswerter) Elektronikfan, daher muss ich mir meine Bastelobjekte sowohl finanziell als auch technologisch schon genau auswählen. Dieser SMIQ hier hat mich deshalb gereizt, weil es sich hierbei sogar um die 6,4GHz-Variante handelt- und sowas kriegt man (zumindest derzeit) auf dem Gebrauchtgerätemarkt nur sehr selten. So richtig "brauchen" tue ich das zugegebenermaßen auch nicht, aber alleine die in der 6-GHz-Baugruppe verwendete Technik ist echt eine Reise wert. Und dümmer werden wir von dem Ganzen sicher auch nicht, also los!

2 Allererste Befundung

Wenn ich ein "neues" Gerät bekomme, prüfe ich natürlich immer erst einmal die Grundfunktionen. Also HF-Pegel, Modulation, HF-Frequenz. Dieser SMIQ06B zeigt sich eigentlich in sehr gutem Zustand- bis man zur Frequenzgrenze von 3,2GHz kommt. Bis dahin liefert der Kamerad noch ein respektables Signal, bereits ein Hertz darüber liefert erst fast "nichts" mehr. Prima, das riecht nach einem Fehler in der 6GHz-Baugruppe- und genau darauf hatte ich ja spekuliert.

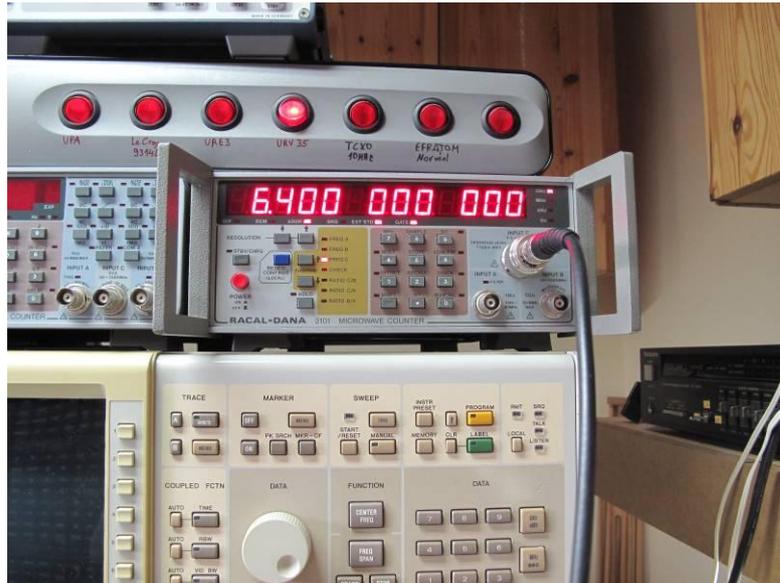


Abbildung 2: wenigstens für den Zähler reicht der Pegel noch...

Aber es gibt an diesem SMIQ tatsächlich einen weiteren Mangel, der *noch* offensichtlicher ist als der defekte HF-Pegel: und zwar eine äußerst unattraktive Anzeige! Ein ca. 1cm breiter, sehr hässlicher, grün-schwarzer Streifen rings um den Bildrand schränkt das Displaybild ein und sieht wirklich sehr "kaputt" aus. Wenn ich das Gerät aus irgendeinem Grund später irgendwann mal wieder verkaufen sollte- mit DEM Display will das Teil selbst mit der hohen Motorisierung wohl kaum einer haben. Also werde ich damit erstmal beginnen.

3 Display

Defekte Displays sind in dieser Gerätegeneration durchaus üblich; zumal die Generatoren, wenn wir Hobbybastler sie kriegen, manchmal schon viele zehntausende(!) Betriebsstunden hinter sich haben, bevor eine Firma sie aussondert und sie damit in den Gebrauchtgerätemarkt wirft. Das ist leider einfach so und sich darüber zu beklagen nützt nichts, denn nur die sehr gut betuchten unter uns dürften wohl in der Lage sein, sich ihren R&S-Messpark privat als Neukauf auf den Tisch zu stellen. Weil es mir leider nicht so geht, kenne ich das Thema "Display" bereits von einigen meiner anderen Geräte. Die in einem SMIQ (und übrigens auch SME, SMT, CMS usw.) verbauten Display-Typen sind auf dem freien Markt nicht (mehr?) erhältlich, sondern müssen bei R&S einzeln bestellt werden. Das wäre für mich sehr, sehr

schlecht, denn ein neues Display als Originalersatzteil hat durchaus einen "handfesten" Preis. Das war eben eins der Risiken, die ich beim Kauf dieses SMIQ's eingegangen bin.



Abbildung 3: ein SMIQ06B macht sich "nacktig"

Ich lege also los und bastele mich in den SMIQ hinein. Viel anders kann man das nicht nennen, denn nach dem Abschrauben der Frontplatte kann man das Frontplattenmodul -nach etwas Fummeln und Schrauben- als eine komplette Einheit aus dem Grundgerät herausziehen.



Abbildung 4: Displaymodul ausbauen

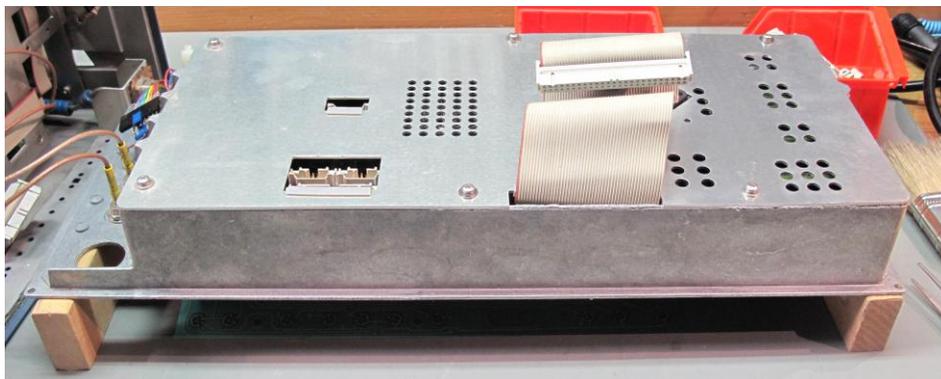


Abbildung 5: Displaymodul ausgebaut und auf Holzleisten gelegt

Diese öffnet man dann, achtet etwas auf die empfindlichen Folienleiterbahnen des Tastaturfelds und sonstiger Stecker und schraubt sich dann von hinten zielsicher an das Display heran.



Abbildung 6: Displaymodul ohne Rückwand

Zuerst die oberste Leiterplatte...

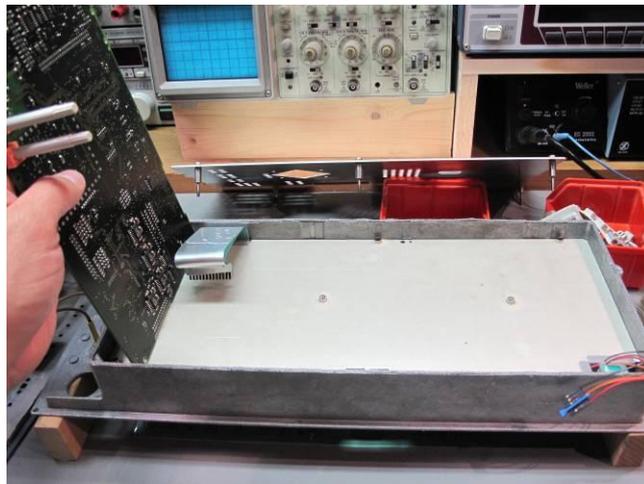


Abbildung 7: die erste Schicht ;-)

Schließlich: ein alter Bekannter kommt zum Vorschein!

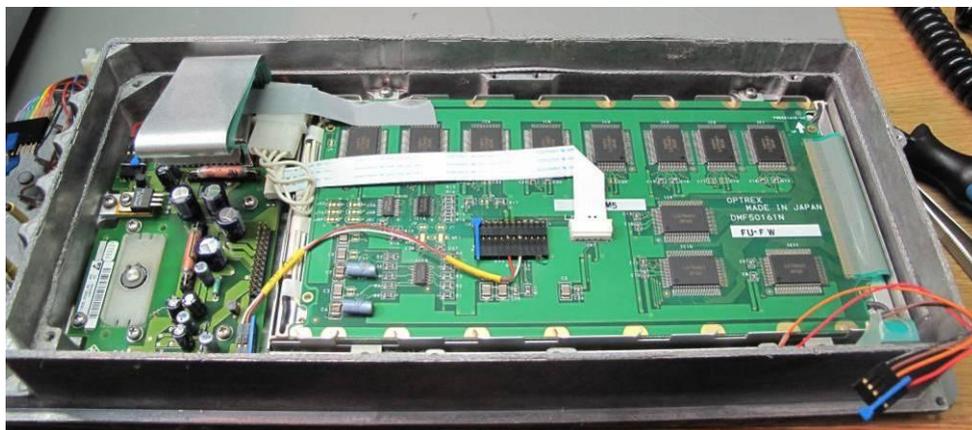


Abbildung 8: Optrex DMF50161N!

Dann das Erstaunen: das Display selbst scheint völlig in Ordnung zu sein- vielmehr scheint der hässliche, grüne Streifen auf dem davor liegenden Schutzglas zu sein!



Abbildung 9: Schutzglas mit grünem Rand

Dieses Schutzglas besteht aus einem sehr stabilen Metallrahmen, in den eine Sandwich-Konstruktion aus durchsichtigem Kunststoff (Makrolon?) und einem darin eingeklebten, dünnen EMV-Geflecht zu sein scheint. Hundertprozentig ist der Sinn dieses Bauteils also nicht nur, das dahinterliegende Display-Modul mechanisch vor Kratzern usw. zu schützen, sondern auch die im Displaymodul entstehende HF-Störstrahlung nach außen hin abzuschirmen.

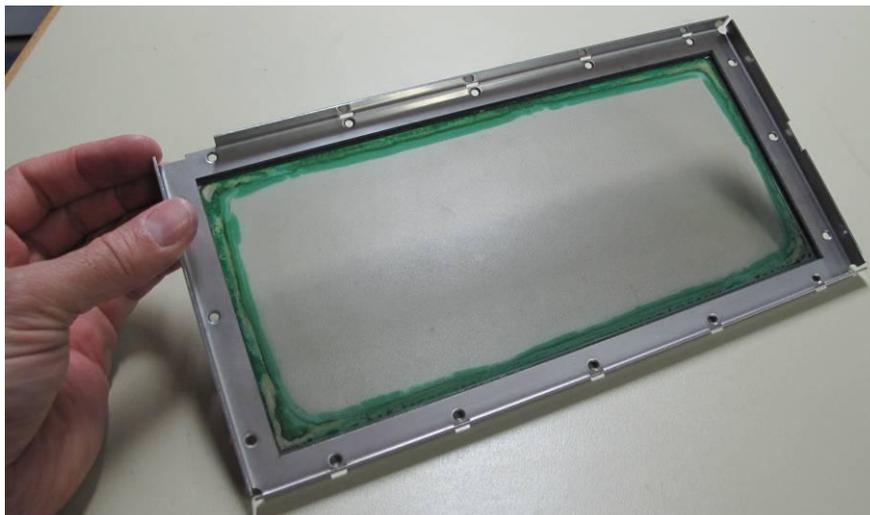


Abbildung 10: Displayschutzglas ausgebaut

Ich entferne die Einheit, die ich nun einfachheitshalber "Schutzglas" nennen werde- obwohl das wirklich eine glatte Untertreibung für so ein relativ komplexes Bauteil ist. Von der Seite gesehen kann man gut erkennen, dass offensichtlich an den Schnittkanten des Sandwich-

Glases etwas in die Verklebung eingedrungen ist (vielleicht Feuchtigkeit?) und dort in einer chemischen Reaktion im Bereich der Eintrittsstelle für einen stark grünen Farbstich gesorgt hat. So wie ich das sehe, kann man das kaum reparieren, denn selbst wenn man es irgendwie schaffen sollte, das "Sandwich" zu öffnen (also die Verklebung zwischen den beiden Kunststoffplatten zu lösen), dann würde einem 100%ig das ebenfalls mit eingeklebte EMV-Geflecht mit hinterherkommen und zerreißen. Das ist aussichtslos. Es heißt hier also: Ersatzteil her!



Abbildung 11: Vorgucker: links ein heiles und rechts das defekte Displayglas

Für Neugierige:

Wie ihr in dem Bericht später lesen werdet, ist es mir natürlich gelungen, ein Ersatzteil aufzutreiben. In Abbildung 11 sehen wir links das neue und rechts das alte (defekte) Displayglas.

Versuchsweise habe ich mal probiert, die Displayglas Sandwich-Konstruktion auseinander zu brechen. Das Abdrücken des Metallrahmens ging noch problemlos. Doch dann ist beim Zwischenhebeln des Displayglases natürlich das passiert, was ich bereits geahnt hatte: bei dem Versuch brach ein Teil der vorderen Scheibe ab und auch das EMV-Geflecht (sah mir aus wie eine Art "Folie") löste sich.

Interessant: an den Stellen, an denen der grüne Rand dann frei war, konnte man ihn sogar mechanisch entfernen. Nützte mir aber nix mehr, denn mit gebrochener Frontscheibe ist das Displayglas natürlich doppelt hin.

Egal, schreiben wir dieses Bauteil ab und beschäftigen uns mit zielführenderen Dingen.

4 Pfusch oder Pleite?

Ich gebe zu- so richtig "gewinn-maximierend" ist das nicht, was ich jetzt tue. Denn jeder, dem es einfach nur darum geht, diesen Signalgenerator wieder "hübsch verkaufsfertig" zu machen, würde nun einfach knallhart zum örtlichen Glaser gehen und sich eine Standard-Glasscheibe zurechtschneiden lassen, die er dann stattdessen mit einer dicken Portion "Dachdeckerglück" (=Silikon) in den SMIQ einbaut. EMV kann man ja nicht riechen und daher wird es mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit niemand merken, wenn man so vorgeht und das EMV-Abschirmgeflecht einfach weglässt.

Im Großen und Ganzen ist aus meiner Sicht dagegen ja auch nichts einzuwenden- solange man sich stets im privaten Bastelhobby bewegt. Ich jedoch stehe mit meinem Messtechnik-Kram ja auch teilweise in der Öffentlichkeit, daher muss ich schon zusehen, dass ich meine Geräte so dicht wie nur irgendwie möglich immer an die originalen Hersteller-Spezifikationen herankriege. Und da ist das Beibehalten dieser EMV-Maßnahme Pflicht, also mache ich mich doch lieber auf die Suche nach einem Original-Ersatzteil.

Ich belästige kurz die netten Kollegen vom R&S-Service und erhalte tatsächlich kurz darauf ein Angebot über ein neues Schutzglas- das gibt es also noch, super! Nur leider: dass es sich hierbei um ein mechanisch komplexes Bauteil handelt, merkt man leider auch am Preis. Und da ich noch nicht weiß, was mich in dem 6GHz-Modul noch alles an defekten Spezialbauteilen und Geldgräbern erwarten wird, will ich mein Reparatur-Budget nicht schon gleich am Anfang dieses Projekts auf den Kopf hauen.

Daher schiele ich stattdessen lieber auf ein gebrauchtes Ersatzteil: ich schreibe erst ein paar meiner Kontakte an (also Ihr, die Leser meiner Berichte :-)) und frage, ob jemand so ein Schutzglas für mich hat. Es meldet sich prompt Uwe Sander, Betreiber des ebay-Shops "us_tec", der mir schon öfter mit R&S-Ersatzteilen aus der Patsche geholfen hat. Er kennt das Problem mit sich verfärbenden Display-Gläsern nur zu gut; könnte mir sofort auch verschiedene Farben anbieten (von gelb über orange bis dunkelgrün, so wie meins). Ich entschlief mich aber lieber zu einem einfachen "transparent" ;-)) und gebe eine Bestellung auf.

Es dauert etwas, bis Herr Sander das gewünschte Bauteil auftreibt, aber das kenne ich schon von ihm: auch wenn man tagelang nix von ihm hört, vergisst er nichts und arbeitet und organisiert still und leise im Hintergrund herum, bis man plötzlich eine email von ihm bekommt dass er das Teil aufgetrieben hat oder sogar gleich ein unerwartetes Paket, in dem das gesuchte Ersatzteil von der völlig überraschten Ehefrau am Frühstückstisch ausgepackt und enttäuscht an Papa überreicht wird - war sie doch eigentlich in der frohen Hoffnung das neueste bei Amazon bestellte Malbuch für den Nachwuchs in den Händen halten zu dürfen.

Wenngleich auch die Sucherei nach einem noch heilen Displayglas viel Zeit kostet, aber als Hobbyschrauber habe ich es da ja in der Regel nicht eilig. Das ist ja das Schöne.

In der Zwischenzeit kümmere ich mich daher proaktiv um was anderes:

5 Adapterkabel

Da ich aus den Voruntersuchungen ja schon weiß, dass ich mich mit dem 6GHz-Modul werde beschäftigen müssen (dürfen), kann ich ja schonmal dessen Inbetriebnahme vorbereiten. Genau, denn soooo einfach ist das nicht! Grund: das Modul verfügt über ganz spezielle HF-Buchsen zur Verbindung mit seiner Außenwelt und hier brauche ich erstmal einen Satz passender Verlängerungskabel. Die muss ich mir natürlich machen, aber vorher muss ich wissen, was das für Buchsen sind. Nach viel Herumforschen lüfte ich das Geheimnis: es sind MMCX-Steckverbinder! Kannte ich vorher nicht, ich lerne also schon jetzt was Neues. Bei Reichelt bestelle ich mir daher einen Satz Stecker und Kupplungen eines Qualitätsherstellers, damit ich mir daraus 4 schöne Verlängerungskabel löten kann. Als HF-Kabel finde ich eine Rolle RG316 Teflonkabel bei mir im Schrank, also schneide ich mir davon ein paar mit ca. 30..40cm Länge ab. Und dann geht die Fummelei los! Montage von MMCX-Steckverbindern sind nichts für Leute mit schwachen Nerven oder zittrigen Fingern. Sie sind bis 6GHz spezifiziert und in den Dimensionen wirklich minimalistisch klein gehalten. Abisolieren mit Skalpell, Länge prüfen, ggfs. Einkürzen und dann das Schwierigste: die Massehülse über den Innenleiter schieben und so weit auf das Kabel aufschieben, bis der Kragen dieser Massehülse in das Abschirmgeflecht eintaucht. Der Innendurchmesser dieser Massehülse ist so eng, dass ich teilweise Vaseline als Gleitmittel brauche, um die Massehülse aufstecken und auf den Innenleiter fädeln zu können. Ich sage Euch: Sex mit Mäusen wäre einfacher! ;-) Und längst nicht jeder Versuch ist erfolgreich- schneidet man den Innenleiter beispielsweise mit einem Seitenschneider ab, bewirkt bereits das Quetschen der Schneidbacken eine leicht ovale Verformung so Innenleiters und die Hülse passt schon nicht mehr drauf. Eine echte Fummelei!!

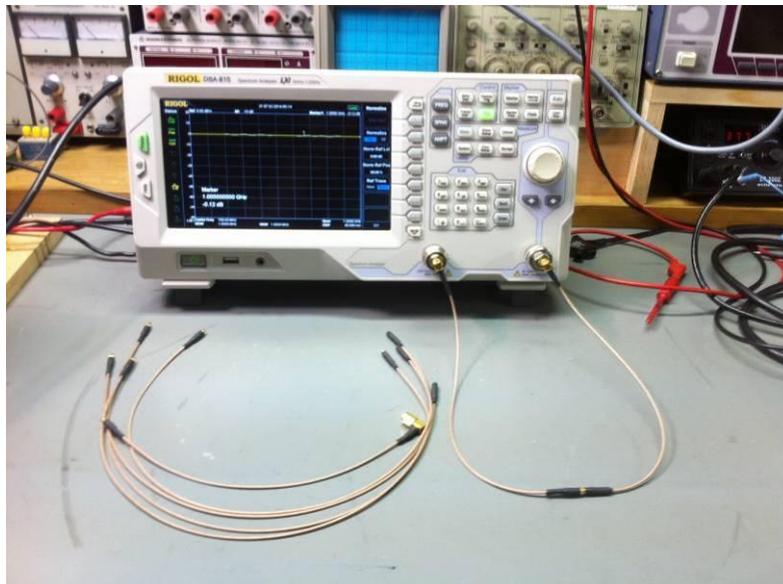


Abbildung 12: Kabeltest mit dem kleinen Rigol

Aber irgendwann ist auch dieses Tal der Tränen durchschritten und bei mir liegen vier neue MMCX-Verlängerungskabel auf dem Tisch. Aber funktionieren sie auch? Um das sicher feststellen zu können, werden sie gewobbelt. Das kann ich zwar derzeit leider nur bis 1,5GHz (okay, nein, eigentlich könnte ich es bis 6GHz, aber das wäre etwas mehr Aufwand), aber das dürfte ausreichen, um eine schlechte HF-Verbindung zu erkennen. Und so war es auch: eines der Kabel hatte tatsächlich eine schlechte Verbindung (möglicherweise beim Abschirmgeflecht einen Mini-Kurzschluss zum Innenleiter erzeugt), also nochmal auseinander das Ding und neu gelötet. Ich bin sehr froh, dass ich diesen Kabeltest gemacht habe, denn 6GHz ver-

zeiht keinen Fehler und wenn ich bereits in den Anschlusskabeln Mist baue, macht das die Suche nach dem Bug im 6GHz-Modul sicherlich nicht leichter.

Randbemerkung: mal wieder erweist sich mein kleiner, einfacher Rigol DSA815 mit dem eingebauten Tracking-Generator als ungeheuer nützlich. Genau für solche Zwecke ist er einfach das ideale Werkzeug und die Präzision für so ein kleines Gerätchen doch immer wieder überraschend. Trotzdem werde ich mir im nächsten Reparaturbericht einen Rohde&Schwarz FSEB30 Spectrum Analyzer wieder fit machen, damit dürfte ich dann wohl auch endlich die gehobenen Ansprüche meiner anspruchsvollen Leserschaft zufrieden stellen können.

Und die Ansprüche meiner Leser in der Mühldorfstraße in München wohl sicherlich auch ;-)

Aber erstmal weiter im Text, noch ist es ja nicht so weit.

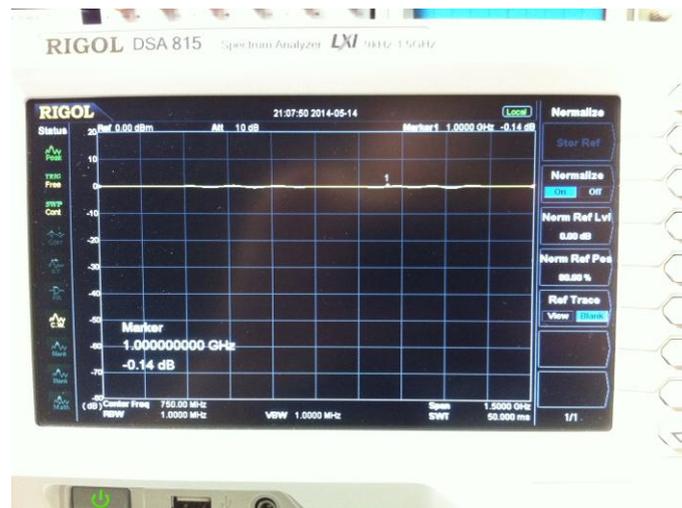


Abbildung 13: damit kann man wohl zufrieden sein :-)

6 Schaltpläne

Das A und O einer erfolgreichen Reparatur sind natürlich immernoch die Schaltunterlagen. Es ist enorm hilfreich, wenn man eine Schaltungsbeschreibung und die Schaltpläne vorliegen hat; oder anders ausgedrückt: ohne die kann man eine Reparatur in solch einem komplexen Gerät meistens vergessen. Nur diejenigen unter uns mit jahrzehntelanger Erfahrung im Messtechnik-Reparaturgeschäft mögen ohne sie auskommen; doch ich als Hobbybastler sehe immer zu, dass ich VOR so einem Projekt alle benötigten Unterlagen irgendwie zusammenkriege.

Und schon erwischt es mich eiskalt. In der Überzeugung, das SMIQ-Service manual sogar doppelt und dreifach in meiner Dokumentensammlung zu besitzen, hatte ich mich für den defekten SMIQ06B entschieden. Nun, bei genauem Durchblättern der Unterlagen stelle ich fest, dass in sämtlichen Versionen meiner Unterlagen die Schaltpläne fehlen! Das darf doch nicht wahr sein! Die Schaltungsbeschreibung ist zwar drin, aber zu keiner Baugruppe wurden die Schaltpläne eingescannt. Sowas ärgert mich, wenn man nicht alles selber macht! Klar ist das Einscannen von Schaltplänen echt mühselige Arbeit (ich weiß, wovon ich rede), aber da muss man eben "durch". Alles andere ist halbherzige Arbeit und alle drei meiner Service-Handbuch-Einscannenden haben sich um das Einscannen der Schaltpläne herumgedrückt. Dabei sind die doch das Wichtigste!

Es tut sich also eine neue Baustelle auf und ich muss mich darum kümmern, die fehlenden Schaltpläne zu bekommen. Glücklicherweise hilft man sich in der Messgeräte-Szene untereinander, daher stellt mir einer meiner Kontakte das Einscannen der Schaltunterlagen in Aussicht. Prima, die brauche ich jetzt auch dringend, denn....

7 Schutzglas

...das Schutzglas trifft ein!

Hr. Sander hat sein Versprechen gehalten und mir ein schönes "neues" Displayglas zugesandt. Es passt einwandfrei in meinen SMIQ hinein.

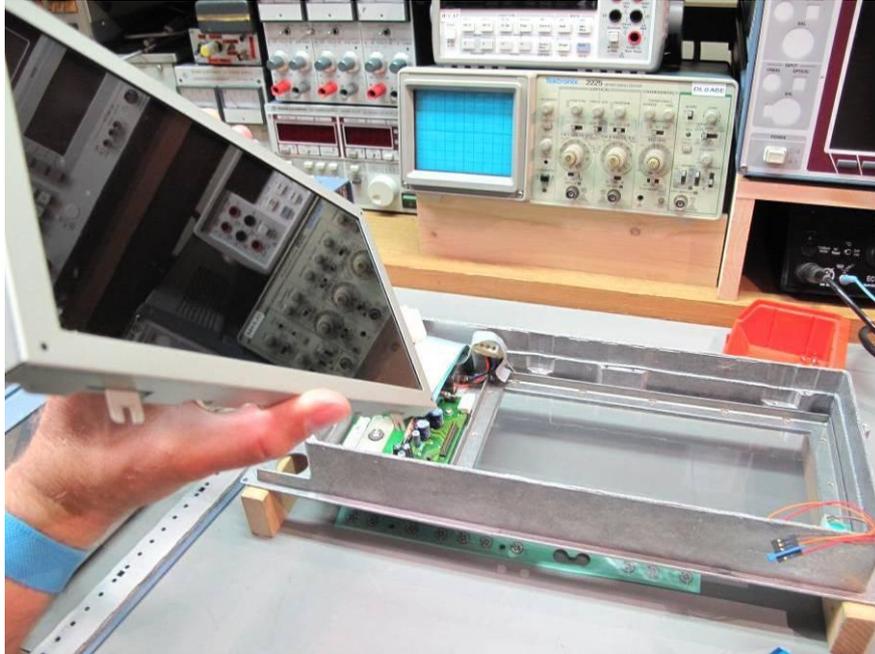


Abbildung 14: Zusammenbau mit neuem Displayglas

Nach dem vorsichtigen Putzen mit Glasreiniger setze ich das Modul in die Frontkappe ein und schraube es fest. Dann kommt das Displaymodul (Optrex DMF-50161N) hinterher. Auch festschrauben. Anschlusskabel wieder einstecken (Folienleiterbahn, Hochspannung für die CCFL Hintergrundbeleuchtung sowie ein weiteres Anschlusskabel). Dann wird die Aluminium-Zwischenplatte wieder eingelegt- allerdings nicht ohne vorher die Leiterplatte per Flachbandkabel schon anzuschließen. Die Leiterplatte dieser Baugruppe hat einen kleinen Lüfter, die den Hauptprozessor kühlt. Den schraube ich kurz ab und reinige alles. Im Laufe der Zeit hat sich nämlich schon eine Menge Staub hier angesammelt.

Hinweis: diesen Lüfter im Frontplattenmodul hat dieser SMIQ vermutlich nur, weil er mit der HW-Option "SM-B50, schneller Prozessor" ausgerüstet ist und deshalb mehr Kühlung braucht. Ich sagte ja schon, dieser Signalgenerator ist ein echter Ferrari der Messender. ;-)

Die Leiterplatte wird dann eingelegt und mit zwei kleinen, versteckten Schraubchen fixiert. Dann die Folienleiterbahn (samt Schirmung) in die Nullkraftstecker einlegen und zudrücken. Das ist etwas fummelig und man muss aufpassen, dass die Leiterbahn auch richtig tief im Stecker eingeführt ist, bevor man den Bügel zurastet.

Bevor ich weitermache, messe ich aber zuerst noch die Lithium-Speicherbatterie. Es handelt sich ausnahmsweise mal nicht um den Standardtyp CR2032, sondern um einen CR2477 (3V, 950mAh). Die habe ich leider nicht in der Bastelkiste, daher bin ich gezwungen, sie erstmal im Gerät drinzulassen- trotz einer Spannung von nur noch 2,6Volt.

Ich werde aber eine neue Batterie bestellen und dann einbauen. Aber erstmal muss es jetzt auch so gehen.

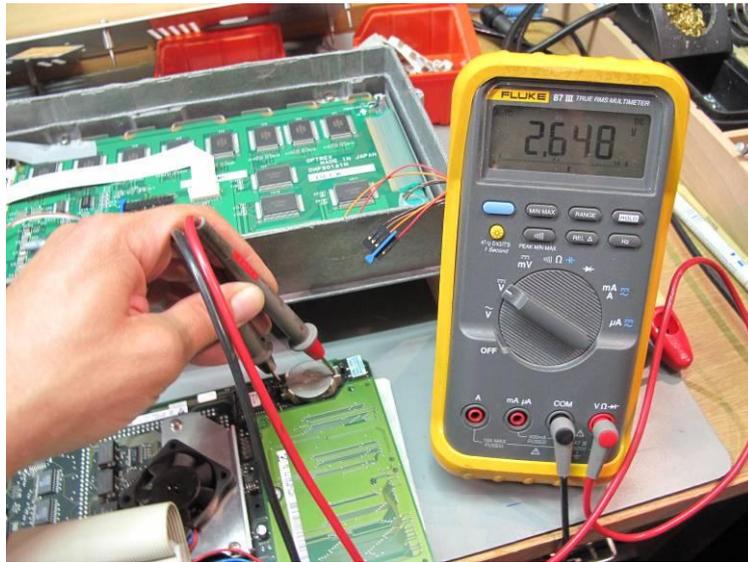


Abbildung 15: Batteriespannung prüfen

Der Netzschalter wird verbunden und schließlich alles mit der Rückenplatte verschlossen und verschraubt. Danach erst kann ich das komplette Frontkappenmodul in den SMIQ einsetzen und mit dem Grundgerät verbinden (Flachbandleitungen).

Den Abschluss bildet das Montieren der Frontblende mit der untergelegten Gummi-Tastaturmatte. Das gelingt aber ebenfalls- schließlich machen wir sowas ja nicht zum ersten mal ;-)

Dann der große Moment: Einschalten! :-)

Es funktioniert alles. Der SMIQ bootet hoch, mault etwas über verloren gegangene Einstellungen und Kalibrierwerte, aber darüber werde ich mich später kümmern. Wichtig ist: die Display-Reparatur war erst einmal erfolgreich, denn das Bild sieht wieder Spitze aus. Das freut mich. Ein erster Erfolg!

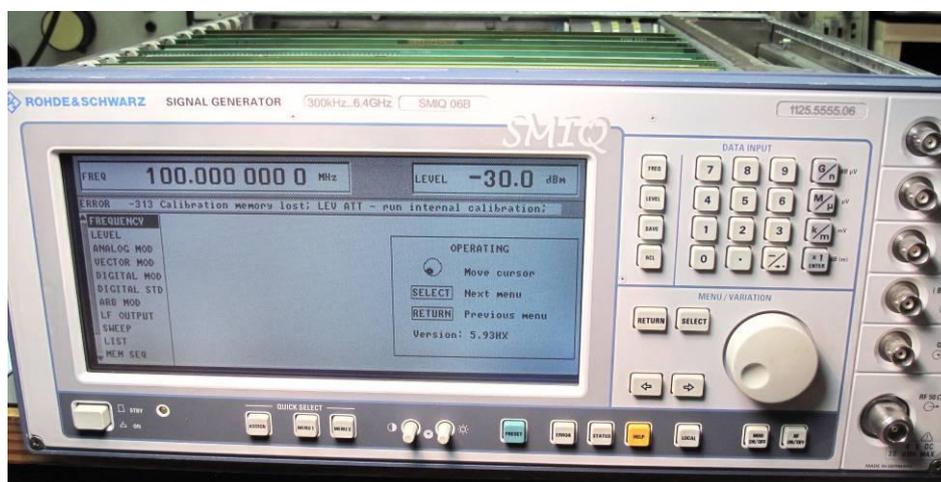


Abbildung 16: wieder "klare Sicht" zum Display

8 Sechs Gigahertz

Nun hält mich aber nichts mehr- ich will endlich die 6GHz-Baustelle angreifen!

Zu diesem Zweck stecke ich die 6GHz-Baugruppe wieder ein (ich hatte sie zwischenzeitlich schonmal aus dem Gerät rausgenommen) und stelle die ganzen HF-Verbindungen wieder her. Dann schalte ich den SMIQ ein und stelle sicher, dass sich an dem Fehler inzwischen nichts verändert hat. Das hat es aber nicht: alles wie vorher.

Ich habe im Moment zwar noch keinen Schaltplan, aber habe mir anhand der Schaltungsbeschreibung des 6GHz-Moduls ein Blockschaltbild hergeleitet.

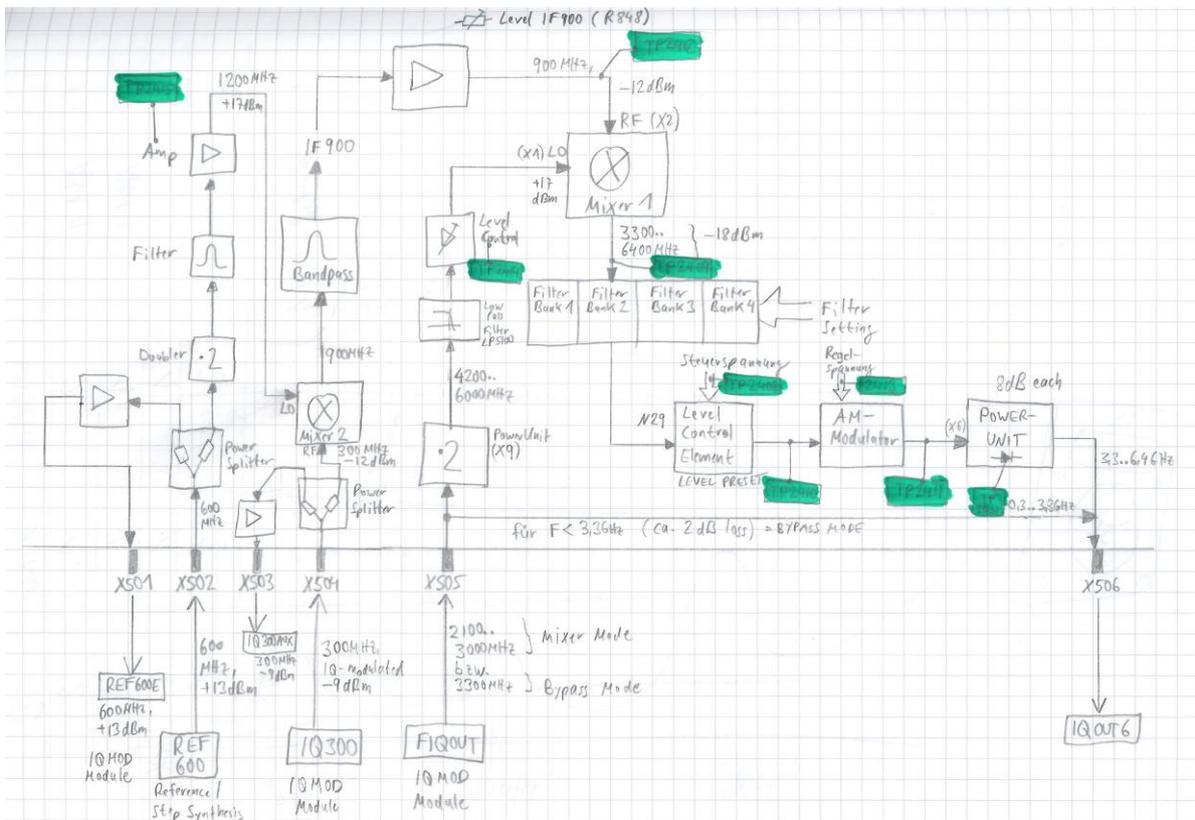


Abbildung 17: mein selber hergeleitetes Blockschaltbild

Wie man sieht, gibt es darin folgende Schnittstellen:

- X501: REF600E (Ausgang)**
Ausgang 600MHz mit Pegel +13dBm
- X502: REF600 (Eingang)**
Eingang 600MHz-Referenz, +13dBm
- X503: IQ300AUX (Ausgang)**
IQ-moduliertes Signal, 300MHz, -9dBm

X504: IQ300 (Eingang)

IQ-moduliertes Signal, 300MHz, -9dBm

X505: FIQOUT (Eingang)

Modus "Bypass": 300kHz...3,3GHz

Modus "Verdoppeln": 2,1...3,0GHz

X506: IQOUT6 (Ausgang)

HF-Ausgang, geht zur HF-Eichleitung

6 GHz-Baugruppe

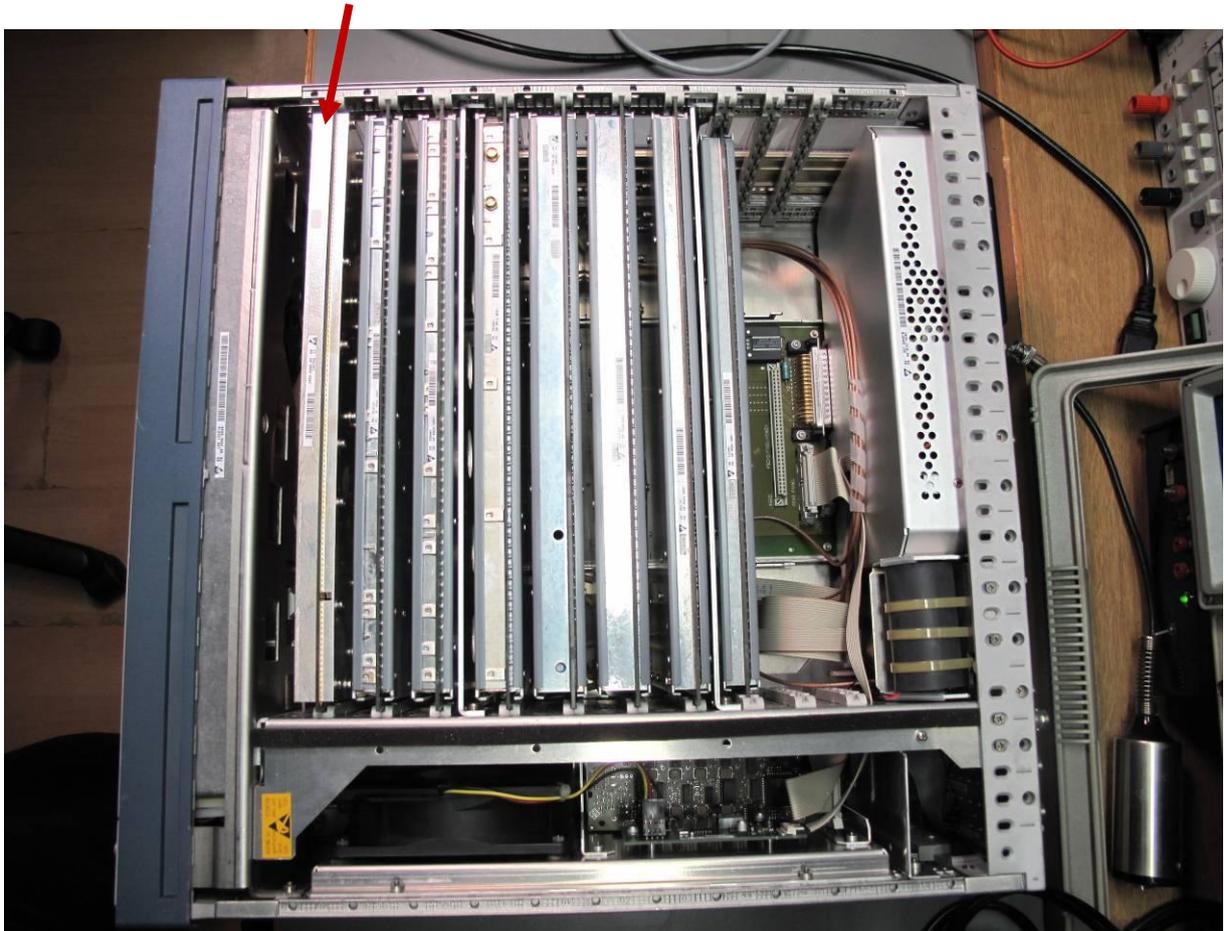


Abbildung 18: SMIQ06B geöffnet

X504

Ich beginne damit, diese Signale erst einmal zu überprüfen, bevor ich auf Bauteilebene irgendwas herumbastele. Ich beginne mit X504. Dieses Signal wird von der SMIQ-6GHz-Baugruppe benötigt, um einen Mischer anzusteuern, der dann ein 900MHz-Signal erzeugt, das intern in der Baugruppe gebraucht wird. Der Test zeigt: bis 3,04GHz eingestellter Ausgangsfrequenz kommt hier kein Signal an. Erst ab 3,040 000 000 1 GHz erscheint hier ein braves 300MHz-Signal mit gemessenen -10dBm. Das steht auch stabil an, solange man eben immer über 3,04GHz Ausgangsfrequenz bleibt. Das scheint aber in Ordnung so zu sein, denn erst ab >3,3GHz arbeitet ja die Verdopplerstufe. (Warum das Signal dann nicht erst bei 3,3

GHz bereitgestellt wird sondern bereits ab 3,04GHz, verstehe ich noch nicht). Ist aber egal- das Signal liegt brav an, Frequenz und Pegel stimmen und damit ist das schonmal i.O..

X502

In diese Buchse wird ein 600MHz Referenz-Signal eingespeist, das die 6GHz-Baugruppe für ihren ersten Mischer benötigt. Die Messung zeigt, dass das Signal mit +13,3dBm sauber anliegt. Also auch ok.

X501

Dasselbe Signal wird in der Baugruppe verteilt, verstärkt und über Buchse X501 wieder ausgegeben. Auch hier konnte ich es mit +12,3dBm erfolgreich nachweisen.

X505

Jetzt wird es interessant. Das ist der HF-Eingang der Baugruppe, d.h. im "Bypass"-Mode wird das HF-Signal, das hier eingespeist wird, an Buchse X506 einfach wieder ausgegeben und zur HF-Eichleitung weitergegeben. Der "Bypass"-Mode wird zwischen 300kHz und exakt 3,3GHz benutzt.

Ab 3,300 000 000 1 GHz wird auf die 6GHz-Verdopplerbaugruppe umgeschaltet. Wobei die nicht nur verdoppelt, sondern auch mischt. Wenn ich eine Frequenz von beispielsweise 3,4GHz einstelle, liefert der SMIQ an Buchse X505 eine Eingangsfrequenz von genau 2,15GHz. Die wird verdoppelt (4,3GHz) und im zweiten Mischer mit einer LO von 900MHz gemischt. Das Mischprodukt $f_{in}-f_{LO}$ wird herausgefiltert ($4,3\text{GHz}-0,9\text{MHz} = 3,4\text{GHz}$). Genauso passiert das nun grundsätzlich bei allen eingetippten Frequenzen $>3,3\text{GHz}$.

Bei eingetippten 5,1GHz erreicht X505 im Mix-Mode seine höchste Frequenz (3,0GHz).
Rechne nach: $(3,0\text{GHz}*2)-0,9\text{GHz} = 5,1\text{GHz}$.

Die Frequenzen darüber werden nicht durch Subtraktion der LO-Mischerfrequenz, sondern durch Addition erreicht. Also:

Wenn ich 6,4GHz in den SMIQ eintippe, erhält X505 ein Eingangssignal von 2,75GHz.
Rechne nach: $(2,75\text{GHz}*2)+0,9\text{GHz} = 6,4\text{GHz}$.

Dementsprechend ist das Eingangssignal X505

- im Bypass-Mode: 300kHz..3,3GHz
- im Mix-Mode (3,300 000 000 1 bis 6,4GHz): 2,100 000 000 05 GHz bis 3,0GHz

Ja, ist schon clever, was sich die Münchner da ausgedacht haben.

Es zeigt aber auch, dass dieses Konzept theoretisch sogar $(3,3\text{GHz}*2)+0,9\text{GHz} = 7,5\text{GHz}$ erreichen könnte! Warum man das nicht nutzt, kann ich nicht sagen. Vermutlich wird es einen guten Grund geben, warum man bei R&S nicht höher als 6,4GHz geht.

Ob man einen SMIQ auch auf 7,5GHz "frisieren" könnte- vielleicht auch mit dem Zugeständnis einiger Einschränkungen hinsichtlich Amplitudengenauigkeit, Klirrfaktor, usw.? Das nur mal als Denkanstoß ;-)

Egal, aus diesem SMIQ kommt ja bereits ab kurz über 3,3GHz schon nicht mehr korrekter HF-Pegel heraus und die Pegelregelung informiert über das Überschreiten diverser Toleranz-

schwellen. Daher machen wir uns erstmal Gedanken über eine Reparatur, nicht über's "Pimpen".

Ein Blick auf den Spektrumanalyzer zeigt jedenfalls, dass die Ansteuerung an X505 stets einwandfrei ist.

X506

Diese Buchse ist der HF-Ausgang der Baugruppe. Zwischen ihr und der frontseitigen N-Buchse ist nur noch die Eichleitung. Die funktioniert aber, wie sie bei Frequenzen <3,3GHz ja beweist. Damit kann ich folgendes Fazit ziehen:

9 Fazit

- Alle Eingangssignale zur Baugruppe i.O.
- Ausgangssignal X506 im "Bypass-Mode" i.O.
- Ausgangssignal X506 im "Mix-Mode" n.i.O.

=> Einen Fehler in der digitalen Ansteuerung der Baugruppe durch das Grundgerät will ich erstmal ausschließen (sonst würde der SMIQ sicherlich auch nicht korrekt zwischen Bypass-Mode und Mix-Mode umschalten und ich könnte auch keine korrekten Diagnose-Werte auslesen; aber dazu komme ich gleich!). Somit liegt der Fehler mit hoher Wahrscheinlichkeit im HF-Teil der 6GHz-Baugruppe. Gut so!

Wer jetzt sagt "ist doch alles langweilig, warum all das Vorgeplänkel, miss doch lieber gleich im Signalpfad der 6GHz-Baugruppe!", der geht meiner Meinung nach nicht richtig an die Sache ran. Auch wenn wir die Vermutung eines Fehlers in genau dieser Baugruppe auch schon vorher hatten, so haben wir jetzt erst Gewissheit, dass die Baugruppe HF-seitig auch mit den richtigen Signalen versorgt wird! Das ist eine sehr wichtige Erkenntnis, auch wenn das so banal klingt. Wenn ihr diesen Schritt überspringt, weil er euch zu trivial erscheint, lauft ihr anschließend die Gefahr, Wochenlang an der falschen Baugruppe herumzureparieren und findet den eigentlichen Fehler nie- weil in Wirklichkeit nämlich vielleicht was mit der Ansteuerung der Baugruppe kaputt ist und nicht die Baugruppe selber. Daher mein Rat: immer Schritt für Schritt vorgehen und selbst die "selbstverständlichsten" Dinge erstmal überprüfen!

Ich habe auch mal mit meinem Nachbarn Lars wochenlang an einem alten HP-Speki nach einem vermeintlichen Fehler im logarithmischen Verstärker gesucht. Hätten wir das Datenblatt *vorher* gelesen, hätten wir gewusst, dass das von uns bemängelte Verhalten bei diesem Gerät ganz normal ist. Wir hätten uns viel Zeit gespart, die wir sinnvoller hätten nutzen können (z.B. mit Bier trinken...oder Marathontraining ;-)

Aber zurück zu unserer Reparatur.

10 Testpunkte

Einen wichtigen Punkt habe ich noch nicht erledigt; nämlich das Überprüfen der Betriebsspannungen der Baugruppe. Hier will ich jedoch erstmal warten, bis ich den Schaltplan und das Layoutbild kriege, damit ich weiß, an welchen Punkten ich messen muss. Daher verschiebe ich diese Prüfung erstmal und nutze stattdessen was ganz anderes Feines: die eingebaute Diagnosefunktion der SME/SMIQ/SMT-Baureihe!

Das ist sehr praktisch, denn im Kalibrieremenü kann man beim SMIQ ein paar wichtige Messpunkte abfragen und so wichtige Erkenntnisse gewinnen. Und das, ohne das Gerät überhaupt aufschrauben zu müssen. Toll! Das ist so ähnlich wie bei modernen Autos, wo die Steuergeräte auch sich selbst und ihre Umgebung mit diagnostizieren können. Der SMIQ kann sowas nämlich auch!

Nachdem ich mir in mein selbstgemaltes Blockschaltbild noch die in der Beschreibung erwähnten Testpunkte eingetragen habe (siehe Abbildung 17!), überlege ich mir eine Strategie. Ich denke, ich werde mit den HF-Messstellen hinter dem Mischer #1 beginnen und beobachten, ob irgendwo auf der Strecke die HF stecken bleibt.

Ich beginne hinter dem Mischer #1; also direkt vor der Filterbank. Das beschreibt TP2409.

Hinter der Filterbank gibt es keinen Testpunkt, wohl aber hinter dem "LevelControlElement" (das ist der Pegelsteller, der für die LevelPreset-Einstellung benutzt wird; also die HF-Frequenzgangkalibrierung). Hier ist es TP2410. Die Steuerspannung des Pegelstellers selbst kann mit TP2408 angesehen werden.

Nun folgt im HF-Pfad noch der Punkt TP2411, direkt hinter dem AM-Modulator. Die Regelspannung des AM-Modulators selbst wird mit TP2413 abgefragt.

Nun können wir uns anhand der Testpunkte prima durch den HF-Signalfad virtuell "durchmessen". Allerdings müssen wir dabei unbedingt beachten, dass wir uns hier in einem System mit aktivierten Regelkreisen befinden; also die Pegel im HF-Signalfad stark vom aktuellem Zustand der Regelspannungen (Level-Preset, AM-Modulator!) abhängen. Ich bin mir derzeit nicht sicher, ob man die Regelkreise zu Mess-Zwecken auch stationär "einfrieren" kann (ich meine, das geht beim SMIQ sogar), aber im ersten Schritt würde ich einfach die Regelspannungen mit notieren, während ich die HF-Signalfade durch"messe".

gemessener Output an der N-Buchse (0dBm)	Generatorfrequenz [GHz]	Filterbank (Bandmitte)	TP2415	TP2412	TP2409	TP2410	TP2408	TP2411	TP2413	TP2401
[dBm]			Regelspannung	ZF-Pegel 900MHz	HF-Pegel vor Filterbank	HF-Pegel nach Level-	Steuerspannung	HF-Pegel nach AM-	Steuerspannung AM-Modulator	HF-Pegel Endstufe
			$[-15V..+15V] / 3$	$[>0V] / 3$	$[>0V] / 3$	$[>0V] / 3$	$[0..10V] / 3$	$[>0V] / 3$	$[-15V..+15V] / 3$	$[0..10V] / 4$
-7,5	3,75	FB1	1,185	0,0125	-0,0103	0,0475	9,85	0,017	13,51	0,042
-8,5	4,65	FB2	1,185	0,0125	-0,0103	0,0475	9,85	0,017	13,51	0,042
-8	5,55	FB3	1,185	0,0125	-0,0103	0,0475	9,85	0,017	13,51	0,042
-9,8	6,2	FB4	1,185	0,0125	-0,0103	0,0475	9,85	0,017	13,51	0,042

Abbildung 19: Messpunkte im SMIQ

Zu dem Zweck mache ich mir eine kleine Excel-Tabelle (siehe Abbildung 19) und trage die im Diagnosemenü angezeigten Werte der entsprechenden Testpunkte dort ein. Dann muss ich den Denkapparat hochfahren und versuchen, aus den Werten auf den möglichen Fehlerort zu schließen. Problem: Das R&S-Manual beschreibt zwar den möglichen Wertebereich der Testspannungen, schweigt sich in einigen Details jedoch leider aus. Beispiel: was bedeutet eine "15V"-Regelspannung am AM-Modulator? Heißt das "Modulator ganz offen" oder "Modulator ganz zu"? Um zu beurteilen, ob eine Amplituden-Regelschaltung korrekt arbeitet, kann diese Information schon sehr wichtig sein! Das kann man sich dann jedoch nur aus dem Schaltbild selber ableiten. Wenn ich denn eins hätte ;-)

Egal, ich schreibe die Werte erst einmal auf und sehe dann weiter.

11 Erste Erkenntnisse

Bereitwillig gibt der SMIQ ein kleines Stück seines Geheimnisses preis. Die aufgenommenen Werte deuten alle darauf hin, dass der 1.Mischer seine 900MHz am RF-Eingang nicht bekommt. Damit kann man in das Ding noch so viel LO reinpumpen, es kommt halt kaum was raus. Und mit "kaum was raus" kann man auch "kaum was" verstärken- worauf sämtliche Testpunkte in der darauffolgenden HF-Signalkette hindeuten. Wichtig auch: die aufgenommenen Messpunkt-Spannungen sind alle unabhängig vom gewählten Frequenzbereich, will sagen: von den 4 Bandfiltern. Es hätte ja auch sein können, dass eines der Bandfilter nicht funktioniert, dann jedoch hätten wir bei den 4 ausgesuchten Prüffrequenzen (sämtliche liegen in Bandmitte der jeweiligen Bandfilter) aber Unterschiede zueinander. Haben wir aber nicht, also sind entweder alle 4 kaputt oder alle 4 heile. Ich tippe mal auf "heile" und der Fehler liegt woanders ;-)

Auffällig ist aus meiner Sicht eben gleich der Messpunkt TP2412. Der überprüft eben den Eingang der 900MHz am Eingang von Mixer 1. Hier soll lt. Manual eine Spannung ">0" messbar sein. Wie groß sie werden kann und wo der typische Wert liegt, steht leider nicht (schade...). Glücklicherweise ist die Anzeige "12,5mV" an TP2412 für mich eindeutig genug, dass ich behaupte: hier stimmt irgendwas nicht. 12,5mV sind so gut wie "nichts", wir müssen also davon ausgehen, dass Mixer1 ein wichtiges 900MHz-Signal nicht bekommt.

Mir liegt im Moment ja noch immer nur mein selbstgemaltes Blockschaltbild vor. Ich habe aber verstanden, dass diese 900MHz aus der Überlagerung von 1200MHz und 300MHz in "Mischer2" erzeugt werden. Die 300MHz werden durch X504 eingespeist, die ich je bereits an dieser Schnittstelle überprüft hatte. Konzentriere ich mich also mehr auf die 1200MHz, die nämlich durch Verdopplung, Filterung und Verstärkung aus dem REF600-Signal gewonnen wird. Der geregelte 1200MHz-Verstärker selbst hat auch einen Messpunkt: TP2415. Hier lese ich die Regelspannung ab: in allen vier Prüffrequenzen konstante 1,185V. Bei einem Regelbereich von -15..+15V (zumindest laut Manual) würde ich das erstmal als unauffällig ansehen, da es schön mittig in dem vorgesehenen Regelbereich liegt. Außerdem sieht man beim Umschalten der Generatorfrequenz von 3,3GHz auf 3,4GHz eine Art mehrsekündiges "Einschwingen" des Zahlenwerts an Messpunkt 2415. Das deutet für mich auf eine korrekt arbeitende Regelschleife hin. Alles in allem führen mich meine derzeitigen Vermutungen und Annahmen somit eher an die Stelle

- Mixer2
- Bandpass 900MHz
- 900MHz-Verstärker um R848 herum (Bezeichnung "IF900") und Umgebung.

12 Selbstreflektion

Mann, was kann man doch alles aus einer einfachen Schaltungsbeschreibung, einem daraus konstruierten Blockschaltbild, ein paar Diagnosemesswerten und etwas Grips herauskriegen. Ich denke, als nächsten Schritt werde ich das 6GHz-Modul endlich aufschrauben und den Signalweg um Mixer2 herum prüfen, ob ich irgendwas Auffälliges finde. Möglicherweise gelingt mir das auch ohne Schaltplan, wenn ich die Signalwege auf der Leiterplatte konsequent verfolge. Mal sehen, ob das klappt.

Auf jeden Fall verliert sich meine "große Angst" gerade etwas, denn wenn wirklich was in der 900MHz-Aufbereitung für den Defekt verantwortlich ist, ist möglicherweise mein großes Schreckgespenst -die 6GHz PowerUnit- noch heile! Denn DAS zu reparieren wäre bestimmt aussichtslos gewesen. Und unbezahlbar. Und damit auch wieder aussichtslos ;-)

13 Modul aufschrauben

Nun kommt etwas, wovon ich monatelang schwärmen kann. Allein das Öffnen der Baugruppe ist schon ein Erlebnis. Etwa 50(!) Torx-Schrauben T9 halten die -aus dem Vollen gefrästen!- HF-Schalen zusammen. Sobald man die Leiterplatte, die dazwischen eingelegt ist, entnimmt, kommt man sich vor wie bei einem Juwelier, der gerade eine Prüfung im einhändigen Blattgoldanreiben ablegt hat. Es ist elektronisch so mit das Schönste, was ich je gesehen habe und in einer Zeit, in der wir mit fernöstlichem Einweg-Elektroniksrott bis zur Unerträglichkeitsgrenze überschwemmt werden, endlich mal wieder ein Lichtblick!

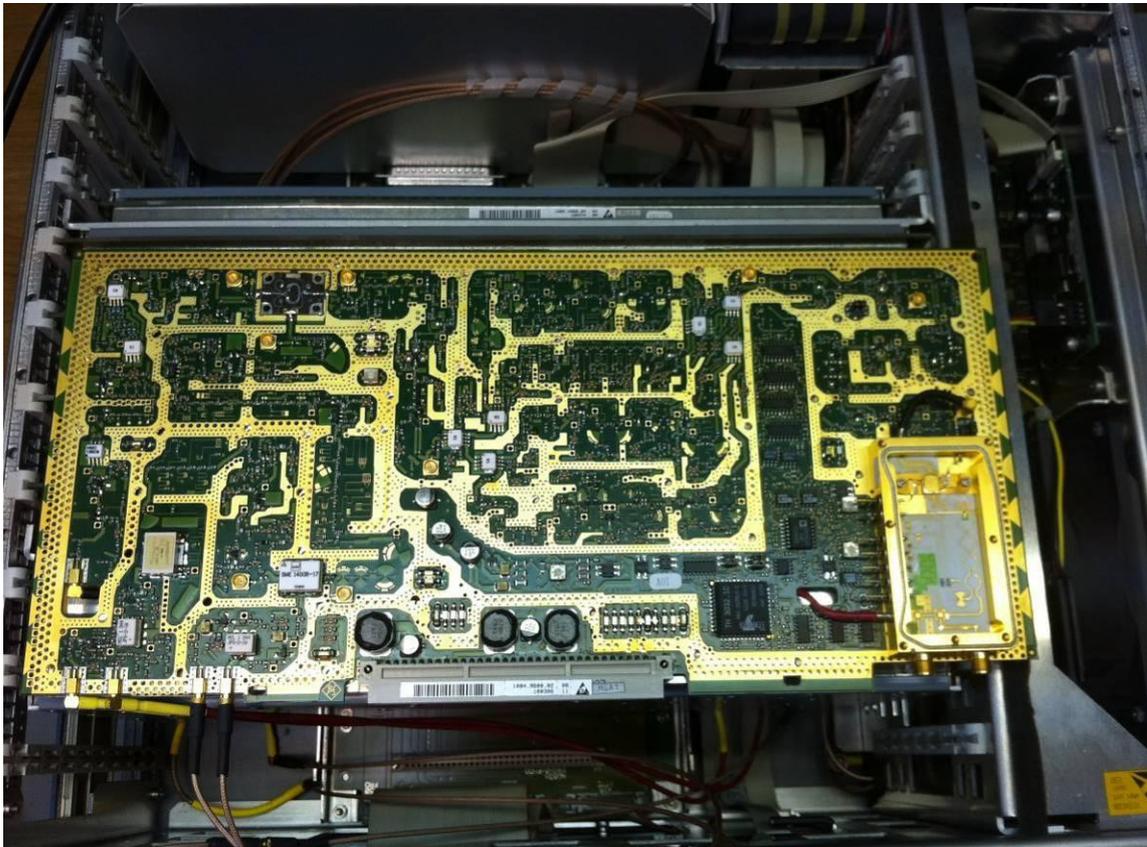


Abbildung 20: 6GHz-Modul aufgeschraubt

Eine Leiterplatte, die von GHz-Durchkontaktierungen so durchzogen ist, dass die Italiener unter uns diese Baugruppe sicher zum Spaghetti-Abtropfen nehmen wollen. Die gefrästen Aluminiumschalen wären ein Lehrstück für jeden CNC-Fräsen-Bediener und alleine für das verwendete Gold sind drei unglückliche Münchner Ehen geschieden worden, die mit dem Einschmelzen ihrer Eheringe noch ein letztes gutes Werk für die Nachwelt vollbringen wollten. Es funkelt und blitzt jedenfalls überall und die Mikrowellenstrukturen auf der Baugruppe flößen mir doch gehörig Respekt ein -auch vor dieser einzigartigen Entwicklungsleistung! Kurzzeitig überlege ich, ob jetzt nicht der Zeitpunkt gekommen ist, mir jemanden zu suchen, der wirklich was von GHz-Technik versteht, aber als alter Rock'n'Roll-er einer Bluesrockband sind solch böse Gedanken absolut fehl am Platze. Wir werden einfach alles Stück für Stück und vor allen Dingen LANGSAM und ÜBERLEGT angehen und jeden Schritt vorher gut durchdenken. Das Schreiben von Reparaturberichten hilft mir übrigens dabei- indem ich meine Erkenntnisse immer gleich aufschreibe, kann ich meine Gedanken besser ordnen und zudem wird mir Vieles erst beim nochmaligen Durchlesen so richtig bewusst. Das ist eine tolle Hilfe- das nur mal so als "Trick" für zwischendurch an die bastelnde Zunft ;-)

14 Extender

Nachdem ich mich erstmal wieder etwas beruhigt und den Blutdruck durch spontan einsetzende Schnappatmung gesenkt habe, plane ich den nächsten Schritt. Das aufgeschraubte 6GHz-Modul soll in offenem Zustand auf dem SMIQ Grundgerät liegend in Betrieb genommen werden. Dazu lege ich es in eine der gefrästen Halbschalen und stelle mittels meiner selbstgebastelten Verlängerungskabel die HF-Verbindungen her. Jetzt verstärkte Konzentration, die Kabel in der richtigen Reihenfolge anzuschließen (und nicht zu vertauschen!), denn ein 6GHz-Backend verzeiht keine Fehler! Aber es gelingt alles, ich kann den SMIQ starten und das 6GHz-Modul wird sauber angesteuert. Nun kann ich endlich im Betrieb messen. Das mache ich auch. Nur anders, als ihr es von mir normalerweise kennt :-)

15 Bunte Infrarot-Welt

In diesem Reparaturbericht kann ich Euch ein richtiges "Highlight" bieten. Und zwar habe ich mir erst kürzlich eine eigene Infrarot-Wärmebildkamera angeschafft. Der eigentliche Zweck dieser Investition ist eigentlich, damit unsere Photovoltaikanlage in regelmäßigen Abständen auf korrekte Funktion zu prüfen und damit das Verdienstauffallrisiko durch frühzeitig erkannte und beseitigte Defekte zu minimieren (bestimmte Fehler in einzelnen Zellen eines Photovoltaik-Moduls lassen sich nur mit Hilfe der Thermografie finden; Näheres dazu bei Wikipedia mit dem Begriff "Photovoltaik" und "Hot Spots").

Hinweis:

Grundsätzlich ist es übrigens lt. Auskunft meines Finanzamtes- erlaubt, eine gewerblich angeschaffte Kamera "an sich selbst auszuleihen" und -statt meiner PV-Module- beispielsweise diese Leiterplatte zu thermografieren! Man muss dann allerdings den Anteil der privaten Nutzung ins Verhältnis zu der gewerblichen Nutzung setzen und die Abschreibung ("AfA" = Abschreibung für Abnutzung) beim Finanzamt dann entsprechend reduzieren. Das nur mal als Tipp für alle Photovoltaik-Anlagenbesitzer, die eine Wärmebildkamera auch mit ruhigem Gewissen und ganz legal ebenfalls privat nutzen wollen. Nur ehrlich muss man sein und die Geräte wirklich so nutzen, wie man sie offiziell auch angibt, sonst gibt es hinterher Ärger. Aber das ist ja überall so; z.B. auch mit der angegebenen Kilometerleistung der Auto-Haftpflichtversicherung.

Ein weiteres Wort noch vorneweg, denn ich vermute, dass noch nicht jeder von Euch direkt mit Wärmebildkameras zu tun hatte. IR-Kameras funktionieren mit ihrem eingebauten, elektrisch gekühlten IR-Detektor zwar inzwischen ähnlich wie "normale" optische Kameras, aber es gibt dennoch wesentliche Unterschiede. Nicht nur der empfangene Wellenlängenbereich ist anders, sondern auch die typische Auflösung einer solchen Kamera. Zudem gibt es in diesem Wellenbereich auch besondere Effekte, auf die wir beim Thermografieren achten müssen (Emissionsgrade, Reflexionen usw.).

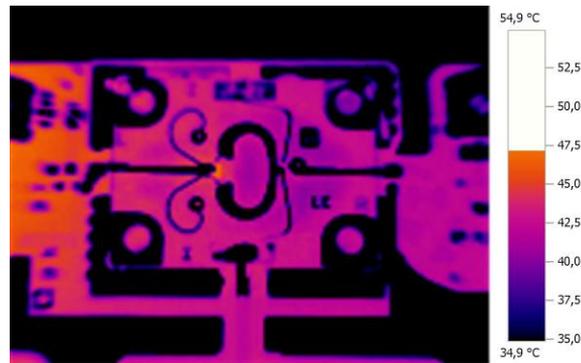


Abbildung 21: Kunst! Mischer#1 im Wärmebild

In Zeiten von Fotohandies mit 10 und mehr Megapixeln mutet die physikalische Auflösung eines IR-Bolometers von 160x120 Pixeln geradezu als "Lachnummer" an. Die niedrige Auflösung hat technische Gründe, aber auch physikalische (Wellenlänge IR-Strahlung!), da will ich aber nicht näher abschweifen. Es ist einfach so: IR-Kameras haben grundsätzlich viel geringere Auflösungen als optische Kameras. Trotzdem ist es verblüffend, wie viel man mit "so wenig" Pixeln in einem Infrarotbild dennoch sehen kann! Ich will jetzt nicht zu tief in die Parameter einer Wärmebildkamera einsteigen, aber jeder, der sich für eine interessiert, sollte ganz genau hinsehen, welche Eigenschaften einer IR-Kamera für seinen Einsatzzweck besonders wichtig sind. Die physikalische Pixel-Auflösung ist nur EINER von vielen wichtigen Parametern. Wer Gebäudethermografie machen will, für den ist das thermische Eigenrauschen wichtig sowie der Erfassungswinkel des Objektivs; für jemanden, der Leiterplatten anschauen will, der wird auf die Möglichkeit einer Makro-Funktion Wert legen, für den Tierarzt, der Entzündungen an Elefanten bestimmen will (kein Witz, das ist wirklich ein Einsatzgebiet für IR-Kameras), der will vielleicht eine möglichst große Brennweite haben, damit er für eine Messung nicht zu dicht an die Dickhäuter ran muss.

Bei mir stand bei der Auswahl natürlich die Wartung unserer Photovoltaik-Anlage im Vordergrund. Dafür reichen 160x120 Pixel tatsächlich aus, denn bereits damit kann man defekte Zellen in einem PV-Modul sogar aus der Entfernung deutlich erkennen. Als nette "Zugabe" bietet meine Kamera (eine Testo 875-1 für alle die, die es interessiert) auch die Möglichkeit, auf sehr kurze Entfernungen (<10cm) scharf zu stellen. Obwohl beim Kauf noch gar nicht geplant, stellt sich nun heraus, dass damit ebenfalls Thermografien einzelner Bauelemente auf Leiterplatten möglich sind. Wir werden gleich sehen, dass die Thermografie eine sehr interessante und wertvolle Ergänzung bei einer Reparatur von Messgeräten sein kann.

Wir schalten also die IR-Kamera ein und stellen die Temperaturskala auf geeignete Werte. Dann mache ich zuerst ein Bild in ausgeschaltetem Zustand des SMIQ- quasi als "Vergleichswert". Sehr interessant ist, dass wir hier bereits eine leichte Erwärmung des Netzteils

sehen. Logisch- denn das läuft bei einem SMIQ normalerweise im Standby-Modus immer mit, um nämlich einen ggfs. eingebauten Quarzofen durchgängig versorgen zu können.

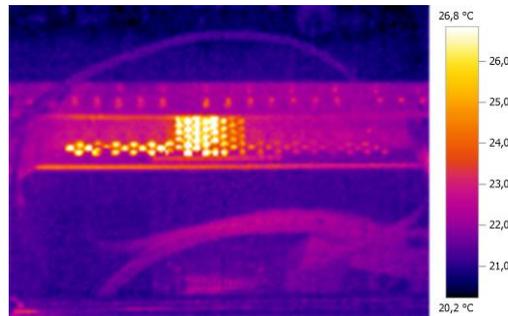


Abbildung 22: Netzteil in Standby-Betrieb

Und dann sehen wir einen der vielen fiesen Effekte, die IR-Neulinge sicher überraschen wird: die Wärmequelle des Netzteils spiegelt sich auf den vergoldeten Leiterbahnen der 6GHz-Baugruppe wieder! Gold ist ein hervorragender Hitzereflektor, daher wundert es auch nicht, wenn man sogar das reflektierte Hitzebild einer über die Leiterplatte gehaltenen Hand mit der IR-Kamera deutlich sehen kann. Wir lernen also: beim Betrachten und Interpretieren eines Wärmebilds immer den Grips einschalten! Vermeintliche Wärmequellen könnten in Wirklichkeit hitzereflektierende Flächen sein, die irgendwo Wärme suggerieren- wo aber gar keine ist! Das gilt z.B. auch für Elkos mit ihren Aluminiumgehäusen. Soll sowas thermografiert werden, müssen die Teile vorher geschwärzt werden, damit man wirklich deren Temperatur messen kann und nicht nur das Spiegelbild des Kamerabediener. Profis benutzen dazu richtig kalibrierte Klebefolie oder Klebeband, für uns reicht wahrscheinlich auch das Übermalen mit einem schwarzen Filzstift aus.

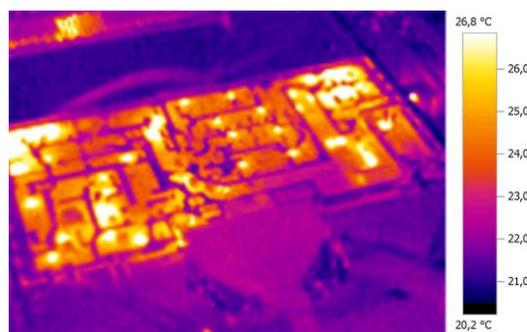


Abbildung 23: die 6GHz-Baugruppe im Thermobil

Nun aber weiter, geben wir mal Strom auf die Baugruppe. Ich schalte den SMIQ ein und sehe schon wenige Sekunden(!) später die ersten Punkte im IR-Bild "aufglühen". Donnerwetter, so schnell hätte ich eine Erwärmung nicht erwartet! Die kleinen Punkte sind Transistoren und Hybridverstärker, sowie andere aktive Bauteile auf der Leiterplatte. Und die werden im Betrieb nun einmal warm und das ist auch richtig so. Leider werden aber auch alle Bauteile mehr oder weniger "gleich warm"- ich hatte gehofft, das man ein defektes Bauteil bereits durch das Wärmebild sofort hätte sehen können z.B. weil es im Innern einen Kurzschluss hat und

deshalb *besonders* heiß wird. Aber hier war es leider nicht so; die aktiven Bauelemente zeigen sich doch ziemlich unauffällig mit ähnlicher Betriebstemperatur.

Ich finde aber doch was, das mein Aufsehen erregt:

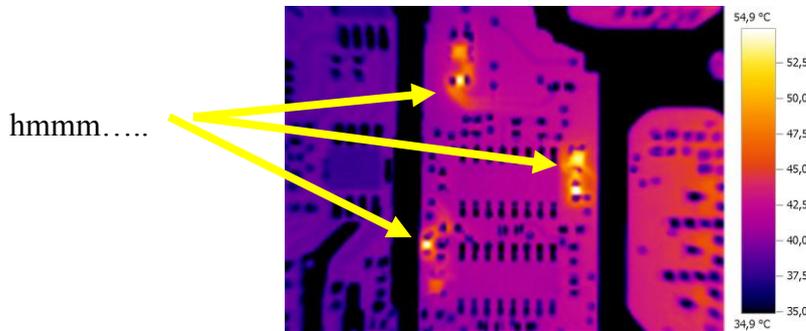


Abbildung 24: thermische Auffälligkeit in der Baugruppe

Warum bitte werden denn diese kleinen SMD-Bauteile da hinten rechts (ich glaube, es sind Widerstände und Kondensatoren) so warm? Warum fließt in diesem digitalen Schaltungsteil offensichtlich so viel Strom durch diese drei oder vier kleinen Bauteile, dass sie so warm werden? Und außerdem...Kondensatoren, die warm werden? Nein, da muss ich mich irren...

Trotzdem ist das alles erstaunlich. Leider werde ich erst den Schaltplan haben müssen, um anhand des Schaltbilds nachvollziehen zu können, ob diese Bauteile durch die Beschaltung wirklich so heiß werden dürfen oder ob wir es hier möglicherweise wirklich mit einem Fehler zu tun haben!

Na, ist das nicht geil?

Ihr müsst sicher zugeben, dass man diese sich aufheizenden Bauteile so schnell ohne die Thermografie *nie* gefunden hätte. Mit IR-Kamera ist es eine Sache von wenigen Sekunden und man hat bereits einen ersten Hinweis. Super! Schade nur, dass (brauchbare) Kameras für einen rein privaten Anwender noch immer nahezu unerschwinglich sind und somit den meisten unter uns wohl leider verschlossen bleiben. Zumindest im Moment- derzeit arbeiten ja schon Firmen an günstigen IR-Konvertern für das Smartphone; vielleicht können die ja irgendwann mit den "richtigen" Wärmebildkameras mithalten. Laut deren Datenblättern jedoch wird es wohl aber noch ein paar Evolutionszyklen brauchen, bis die Handy-IR-Konverter so leistungsfähig sind wie eine "richtige" Wärmebildkamera. Im Moment aus meiner Sicht also eher noch "Spielerei", aber wer weiß. So haben Solarzellen vor guten dreißig Jahren auch mal angefangen. Heute können sie -bei Sonne- locker meinen 3kW Gartenhächsler antreiben, während die Waschmaschine und der Geschirrspüler laufen, also geben wir den IR-Konvertern eine faire Chance.

16 Schaltung tracen

Die IR-Kamera packen wir erst einmal wieder weg, denn außer den unerklärlich heißen Widerständen im Digitalteil der Schaltung haben wir damit leider nichts Offensichtliches gefunden.

Wir verzweifeln aber nicht, denn wir haben noch immer gute Chancen auf eine erfolgreiche Reparatur. Mit dem selbstgemalten Blockschaltbild, das ich auf Basis der Schaltungsbeschreibung im Manual gemalt habe, übertrage ich das nun auf ein Foto der Baugruppe. Das ist fast wie ein wenig Detektivarbeit- aber es lohnt sich. Schaut mal, was man durch konsequentes Leiterbahnverfolgen alles rauskriegt:

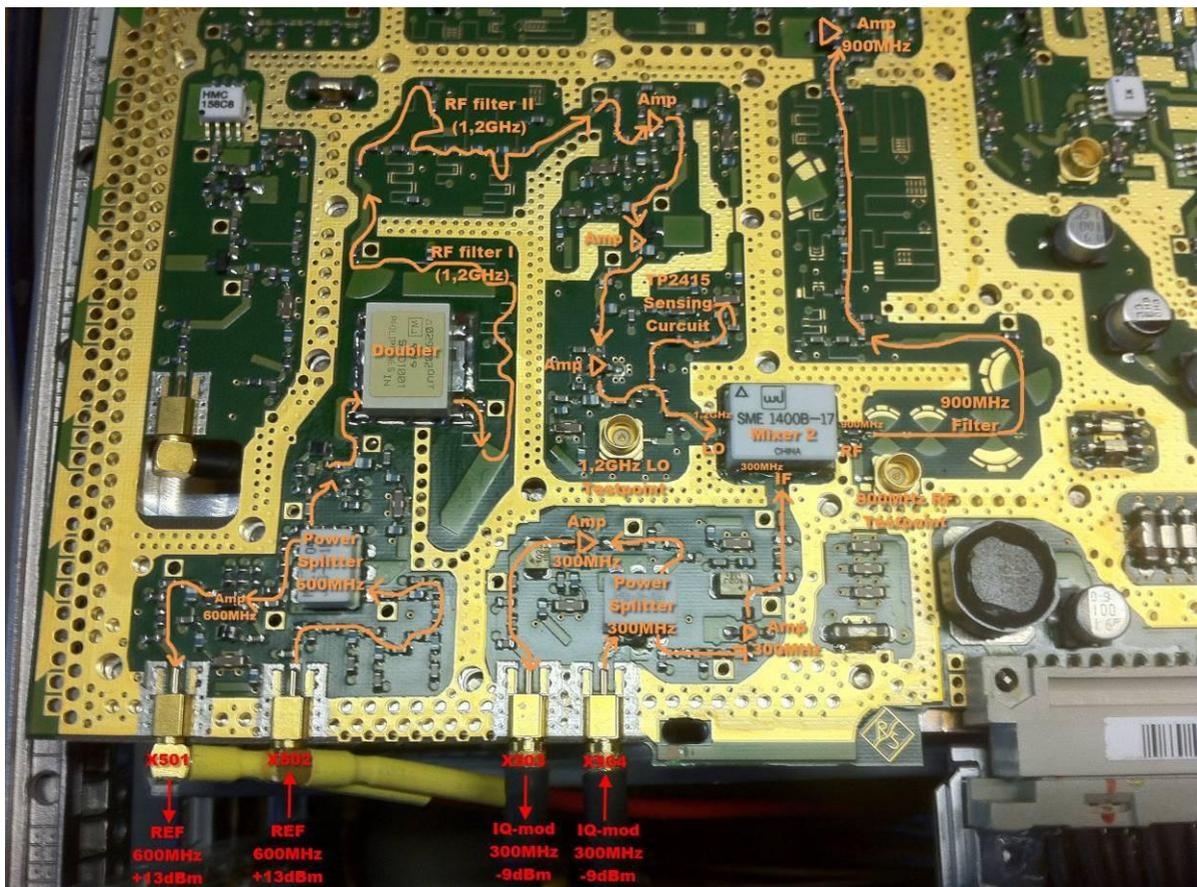


Abbildung 25: Signalverfolgung auf der 6GHz-Baugruppe

Beginnen wir mal mit der 600MHz-Referenz, die an X502 eingespeist wird. Über ein wenig Anpassnetzwerk geht das Signal auf einen JPS-2-1W der Firma Mini-Circuits. Das scheint also der ominöse Leistungsteiler zu sein. Jedenfalls passt das zum Foto der Leiterplatte, das ich kurz vorher aufgenommen habe und auch das Datenblatt des JPS-2-1W zeigt dasselbe Bauteil wie auf der Leiterplatte. Seine beiden Ausgänge verteilen sich auf einen Ausgangsverstärker in Richtung Buchse X501 sowie auf einen weiteren Verstärker, der das Signal auf den Baustein SFD1001 (von Watkins-Johnson) gibt. Das wiederum scheint der Frequenzverdoppler zu sein, der aus den 600MHz die 1,2GHz erzeugen soll.

Über diesen Baustein finde ich leider nicht viel im Internet. Lediglich diesen folgenden Textbaustein:

"SFD1001:

Abstract: LUJ SFD1001 10 TO 1500 MHz FREQUENCY DOUBLER INPUT FREQUENCY: 10 to 1500 MHz OUTPUT FREQUENCY: 20 to 3000 MHz INPUT DRIVE LEVEL: +10 dBm (NOMINAL) LOW COST PACKAGE Outline Drawing Specifications* Characteristics Conversion Loss (MAX) f|N 10 to 1500 MHz Fundamental Suppression (Min) f|N 10 to , .408 .243 T~ \ 32.0 dB 28.0 dB 22.0 dB 17.0 dB 20.0 dB 13.0 dB 1- 375 - 45.0 dB 35.0 dB 32.0 dB 1.5:1 37.0 dB 27.0 dB 22.0 dB 23.0 dB 21.0 dB 18.0 dB H i .500 r .."

Nunja, das ist immerhin besser als nichts. Damit sind wir wenigstens sicher, dass das wirklich der Frequenzverdopplerbaustein ist, der aus den zugeführten 600MHz mit Wunschpegel +10dBm die 1,2GHz Ausgangsfrequenz erzeugt. Weiter kann ich aus diesem Text nicht viel Sinnvolles mehr zweifelsfrei herauslesen, also weiter.

Hinter seinem Ausgang jedenfalls finden sich zweifellos ein paar GHz-Filter, bevor es dann über drei Verstärkerstufen auf den LO-Eingang des Mischerbausteins (ein SME1400B-17) geht. Praktischerweise hat Rohde&Schwarz hier eine kleine HF-Buchse im MCX-Format mit auf die Leiterplatte gelötet. Durch Umlöten des Koppelkondensators kann man den +17dBm Mischerpegel auf diese Buchse umlenken und dort nachmessen. Clever, liebe Münchner, das ist wirklich gut gemacht.

Jetzt, wo der Mischer2 identifiziert ist, verstehe ich auch sofort die Zuführung des IF-Signals, das als 300MHz-Signal über X504 eingespeist wird. Genauso wie bei den 600MHz gleich nebenan, erfolgt auch hier eine Aufteilung mittels Power-Splitter und Verstärkung durch einen kleinen MMIC (zumindest sieht das Teil so aus mit seinen vier Beinchen, von denen zwei auf Masse liegen).

Nun wird es leicht. Laut Datenblatt des SME1400B-17 liegt der Ausgang (RF) an der rechten Seite. Das passt wunderbar zur Realität, denn ein anschließendes HF-Filter mit 900MHz Resonanzfrequenz führt dann zu einer kleinen Verstärkerstufe, die nach meiner Vermutung mit einem SMD-Transistor funktioniert.

So weit reicht der Bildausschnitt meines Fotos erstmal und ich denke, wenn ich die bislang identifizierten Signale bis dahin sauber nachgemessen habe, ist schon ein großes Stück geschafft. Also fangen wir damit an.

17 Wer misst, misst Mist!

Ehrlich gesagt ist das eines der beklopptesten Sprichwörter überhaupt und es kann nur von einem stark frustrierten Messgerätebastler erfunden worden sein, der mal unheimlich von einer seiner Messungen enttäuscht wurde. Oder er hat Messgeräte des falschen Herstellers benutzt ;-)

Warum ist das trotzdem zitiert? Weil wir auch gleich die Gefahr laufen werden, ein wenig "Mist" zu messen. Für die "mal-eben-schnell" Signalverfolgung der 300, 600, 900 und 1200MHz Signale möchte ich mir nämlich nicht die Mühe machen, die Koppelkondensatoren eigens umzulöten. Zuerst will ich mit einem einfachen HF-Tastkopf überschlägig wissen, ob ÜBERHAUPT irgendwelche HF an den Bauteilen anliegt. Dazu dürfte auch ein einfacher

HF-Tastkopf bis 1GHz reichen, daher sattele ich nun mein treues URV35 Arbeitstier und tippe mich mit dem Tastkopf durch den Signalweg. Zum Einsatz kommt auch meine HF-Feldsonde HP11940A in Verbindung mit dem Spektrumanalysator.



Abbildung 26: Quick-Check mit HF-Tastkopf, HF-Feldsonde und Spektrumanalyser

Und das ist sehr interessant. Sämtliche aus der Schaltungsbeschreibung her bekannten Pegel kann ich mit dieser einfachen Methode ziemlich gut bestätigen. Zur besseren Übersicht habe ich mir auf ein Foto des Moduls die Signalpfade eingemalt und mit kleinen Aufklebern die an den entsprechenden Punkten gemessenen HF-Pegel notiert. An sämtlichen Punkten auf diesem Leiterplattenausschnitt scheinen die HF-Pegel zu stimmen. Toll.

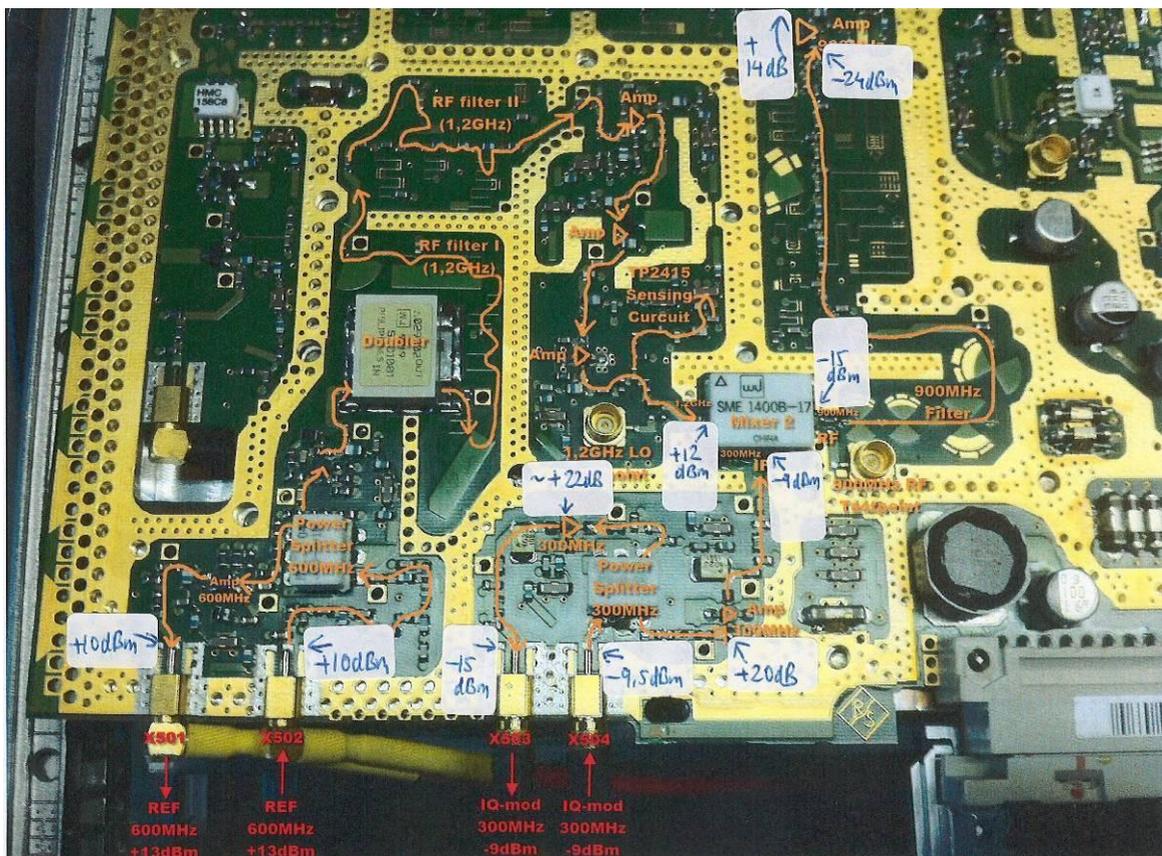


Abbildung 27: ganz oldschool: HF-Pegelwerte per Klebeschildchen

Aber dann!

Ich verfolge den Pfad des 900MHz Signals durch die Bandfilter hindurch bis zum Eingang von Mischer1. Und dann wird es interessant. Mischer1 soll mit einem konstant geregelten HF-Pegel von -12dBm/900MHz als LO gespeist werden. Messen kann ich am Eingang des Mixers mit meinem Tastkopf aber nur -22dBm! Das heißt, es fehlen hier mal eben locker 10dB Verstärkung! Ich bin also auf der Spur!

Beim Durchtesten der Signalpegel fällt mir dann etwas auf. Auf der Leiterplatte gibt es zwei Verstärkerstufen, die sich im Layout und dem Aufbau sehr ähneln. Beide liegen direkt im 900MHz-Signalfad. Die erste der beiden Verstärkerstufen erzeugt bei einem Eingangspegel von -24dBm einen Ausgangspegel von -10dBm. Das entspricht also einer Verstärkung von lockeren 14dB. Das aktive Element dieser Verstärkerstufe scheint eine Art Transistor mit der Aufschrift "C4" zu sein.

Dieselbe Aufschrift finde ich nochmals wenig später im Signalweg. Wieder ein "C4" mit - zumindest optisch- sehr ähnlicher Beschaltung. Diese Stufe jedoch erzeugt nur -22dBm; bei einem Eingangspegel von -14dBm. Bedeutet also -statt einer Verstärkung von +14dB- sogar eine Dämpfung(!) von etwa 8dB! Das sind mehr als 20dB Unterschied zu dem, was ich erwarten würde. Also das sieht schonmal merkwürdig aus.

18 Infrarot

Ich packe wieder die Wärmebildkamera aus und thermografiere die beiden "C4"s. Der vermeintlich defekte "C4" hat eine Oberflächentemperatur von +52°C; der offensichtlich noch funktionierende C4 bringt es auf +55°C. Das ist kaum ein Unterschied. Schade, thermisch sind beide also ähnlich beansprucht, also ist das für mich noch kein Beweis für eine Fehlfunktion.

Hier ein Bild des vermeintlich defekten C4:

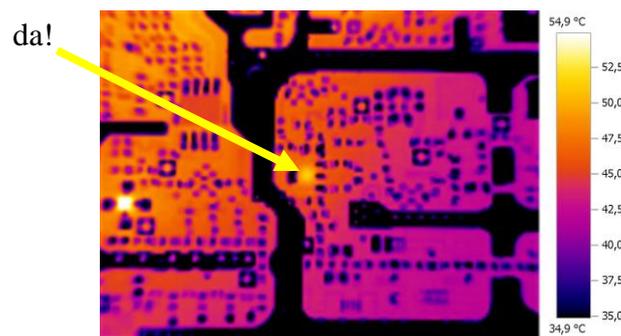


Abbildung 28: vermeintlich defekter C4

Auch die gemessenen Spannungen an den Beinchen sind auf den ersten Blick nicht sehr unterschiedlich.* Ebenso die ohmschen Widerstände gegen Masse. Diodenstrecken kann ich auch irgendwie nicht wirklich messen. Mann, was ich denn das für ein Teil? Ein Hybrid? Ein FET? Irgendwas ganz anderes?

*ich hätte an dieser Stelle besser noch mal einen "zweiten Blick" riskieren sollen, aber lest weiter!

19 Auf der Suche nach C4

Die Suche im Internet nach "C4" ist schon irgendwie prekär. So ähnlich wie die Suche nach dem Liedtext für den Song "Hot Legs" von Rod Stewart für meine damalige Rockband. Bei beiden Suchbegriffen kommen "funny things" raus. Probiert's mal, wundert Euch aber nicht, wenn ihr deswegen auf der Blacklist der NSA landet ;-)

Obwohl ich mir für meine Wühlmäuse im Garten manchmal doch etwas von dem "anderen" C4 wünsche, geht es mir hier dabei wirklich nur um das SMD-Bauteil. Aber das ist sehr schwer zu identifizieren. Ein Arbeitskollege gibt mir den Tipp, dass es sich dabei um einen selbstleitenden N-Kanal MOSFET handeln könnte. Beschaltung (soweit man das ohne Schaltbild erkennen kann) und Einsatzort würden zu einem solchen Transistor ganz gut passen.

Ich muss nun versuchen, anhand der Beschriftung und des Gehäuses auf das korrekte Bauteil zu schließen. Also zuerst: welches SMD-Gehäuse hat das C4-Bauteil? Es kämen dem Aussehen nach schonmal folgende in Frage:

- SOT223
- SOT89

Nun muss also der Messschieber raus, denn beide unterscheiden sich deutlich in der Größe. Das ist aber rasch geklärt; mit Abmessungen von 4,5mm x 2,3mm handelt es sich bei meinem Bauteil definitiv um die Bauform SOT89.

Das werfe ich nun zusammen in die Internet-Suchmaschine, aber trotzdem kriege ich keine vernünftigen Ergebnisse für die Kurzbezeichnung C4. Offensichtlich baut niemand Handgranaten in SMD-Größe SOT89, weshalb es im Internet keine Abhandlungen darüber gibt. Ups, vermutlich habe ich mit diesem Satz jetzt zwei weitere, wichtige Suchwörter für irgendeinen NSA-Computer geliefert....he he he ;-)

20 Stückliste

Am nächsten Morgen unter der Dusche fällt es mir dann wie die sprichwörtlichen Schuppen aus den Haaren! Die Stückliste! Natürlich! In meinen Unterlagen fehlt zwar der Schaltplan, aber die Stückliste ist doch abgedruckt! Da müsste das Teil doch drinstehen!

Aber beim Blättern mit noch tropfnassen Haaren werde ich dennoch nicht fündig. Es sind so viele aktive Bauteile aufgeführt, das es sehr mühselig werden dürfte, jedes Einzelne zu googeln und nach dem Datenblatt zu suchen, ob eines davon in SOT89-Bauform geliefert wird. Da kommt mir noch eine Idee:

1. endlich die Haare föhnen!
2. In meinem SMIQ die Arbeitspunkte der beiden C4's (heile und defekt) nochmal nachmessen, aufschreiben und mit der Tabelle der Arbeitspunkte aus der Service-Manual vergleichen! Vielleicht ist der Arbeitspunkt ja irgendwie so charakteristisch, dass er nur einmal in der Tabelle vorkommt- ich daher eindeutig auf den Bauteile-Bezeichner schließen kann. Wenn mir das gelingt, kriege ich sofort per Stückliste raus, was für ein Bauteil es ist.

Also los. Ich messe am "Drain" des vermeintlich heilen C4-Bauteils +4,84V DC. Am "Gate" messe ich +2,6V.

Dann den vermeintlich defekten C4. "Drain": +6,44V, "Gate" ebenfalls +2,6V.

Dann Blick die Tabelle.

Use a DC voltmeter to check the voltages. Measure at the collector or drain connector.

Circuit diagram sheet	Amplifier	Component No.	Ic/mA	U/V
3	RFAMP23	N38	70	4.9 ± 0.1
3	RFAMP24	N39	70	4.9 ± 0.1
4	RFAMP25	V19	58	4.4 ± 0.1
4	RFAMP26	V20	58	4.4 ± 0.1
5	RFAMP27	V87	62	4.4 ± 0.1
5	RFAMP28	V91	127	4.7 ± 0.1
5	RFAMP28	V91/UG2		-4...-0.5
6	RFAMP29	N3	80	4.8 ± 0.1
8	RFAMP30	N4	80	4.8 ± 0.1
9	RFAMP2	N15	100	5.25 ± 0.1
10	RFAMP3	N17	75	5 ± 0.1
12	RFAMP4	N14	83	2.8 ± 0.2
12	RFAMP5	V90	140	7.1 ± 0.1
13	RFAMP6	N25	80	3.4 ± 0.2

Abbildung 29: Auszug auf dem Service-Manual zur 6GHz-Baugruppe

Aha!

Den Arbeitspunkt "4,8V" gibt es gleich zweimal- den Arbeitspunkt jedoch "6,4V" überhaupt nicht!

Aha!

Nun geht alles sehr schnell, denn doof bin ich ja nicht. Der vermeintlich heile C4 ist definitiv heile. Der Arbeitspunkt +4,8V +/-0,1V wird eingehalten und die Verstärkung scheint ja auch zu stimmen. Dieses Teil wird im Schaltplan vermutlich die Bezeichnung "N3" tragen, sagt die Arbeitspunkte-Liste im Service Manual.

Der vermeintlich defekte müsste laut Beschaltung und Arbeitspunkt-Liste denselben Arbeitspunkt wie N3 haben- nämlich +4,8V. Hat er aber nicht. Daher: "putt", wie unser Nachwuchs mit seinen ~2,2 Jahren inzwischen sagen würde. Recht hat er damit. Mit +6,44V ist der Arbeitspunkt deutlich aus dem Limit und damit sehr wahrscheinlich wirklich defekt. In der Arbeitspunkt-Liste steht an diesem Bauteil "N4" dran.

N3 und N4 sind in der Stückliste schnell gefunden. Beide sind -hört hört- MMICs des Herstellers Stanford und haben die Bezeichnung "SCA-4".

N2	LOW NOISE FET AUDIO OPAMP BO TLO74ACD 4XFET OPAMP OPERATIONAL AMPLIFIER	0007.7823.00	TEXAS	TLO74A(CD)
N3	BM SCA-4 DC-3G MMIC MMIC AMPLIFIER	1085.2251.00	STANFORD	SCA-4
N4	BM SCA-4 DC-3G MMIC MMIC AMPLIFIER	1085.2251.00	STANFORD	SCA-4
N5	BO REF01CS 10V 20MA VREF VOLTAGE REFERENCE	1002.5129.00	PMI	REF01C(S)
N6	BM SFD1001 VERDOPPLER FREQUENCY DOUBLER IC	1039.1804.00	WATKINS-JO	SFD1001
N7	BO TLO74ACD 4XFET OPAMP OPERATIONAL AMPLIFIER	0007.7823.00	TEXAS	TLO74A(CD)
N8	BO TLO74ACD 4XFET OPAMP OPERATIONAL AMPLIFIER	0007.7823.00	TEXAS	TLO74A(CD)
N9	RM MGA82563 0.1-6G MMIC	1085.2100.00	HEWLETT PA	MGA-82563-TR1

Abbildung 30: Auszug aus der Stückliste

Das wird gegooooogelt, das Datenblatt gefunden und was sehen wir auf der mechanischen Zeichnung für den Kurzbezeichner:



Caution: ESD Sensitive
Appropriate precautions in handling, packaging and testing devices must be observed.

SCA-14 DC-4GHz Cascadable MMIC Amplifier

Part Number Ordering Information

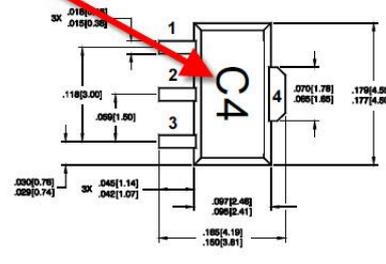
Part Number	Reel Size	Devices/Reel
SCA-14	7"	1000

Part Symbolization

The part will be symbolized with a "C4" designator on the top surface of the package.

Ha!

Outline Drawing



Mounting Instructions

The data shown was taken on a 31 mil thick FR-4 board with 1 ounce of copper on both sides. The board was mounted to a baseplate with 3 screws as shown. The screws bring the top side copper temperature to the same value as the baseplate.

1. Use 1 or 2 ounce copper, if possible.
2. Solder the copper pad on the backside of the device

C4! Ha!

21 Zwischenstopp

Nun sieht die Welt doch schon wieder ganz anders aus. Dass C4 in Wirklichkeit eine Hybrid-schaltung ist (MMIC), erklärt auch, warum mein Transistortester mit dem C4 so rein gar nichts anfangen kann. Aber das ist sowieso nur ein schwacher Hinweis, denn ein defekter Transistor hätte sicherlich ebenfalls diese Meldung erzeugt:



Abbildung 31: unbekannt oder kaputt...das ist hier die Frage

In mühevoller Lötarbeit habe ich nämlich den defekten C4-Kameraden ausgelötet. Das ist gar nicht so einfach gewesen, wenn man nur Lötwerkzeuge hat, die eigentlich gar nicht für solche SMD-Arbeiten gemacht sind. Vermutlich werde ich mir mal eine vernünftige Heißblut-

Lötstation auf meinen Weihnachts-Wunschzettel schreiben, aber mit viel Fummelei und zwei LötKolben gleichzeitig unter dem Lötmikroskop habe ich den kleinen Schweinehund dann doch noch herausgekriegt.

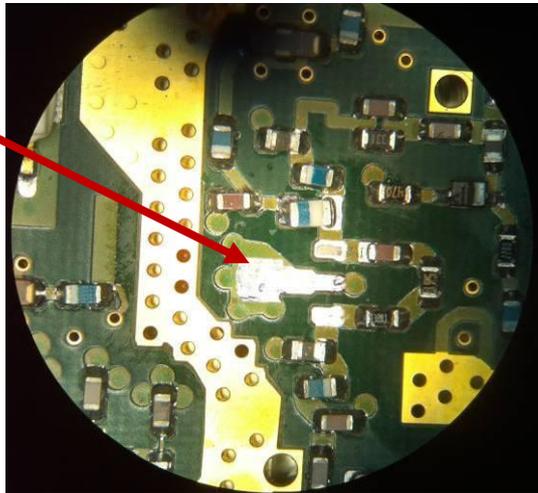


Abbildung 32: Bauteil "C4" ausgelötet

22 Ersatzteil

Nun geht es darum, das passende Ersatzteil zu besorgen. So auf die Schnelle zeigt sich das Internet ziemlich unfreundlich zum Thema SCA-4. Keiner meiner Standard-Elektronikversender hat das Teil in seinem Katalog. Daher beschließe ich, die Kumpels vom Rohde&Schwarz Service um ein Angebot zu bitten. Das ist ja das Tolle, und auch einer der Gründe, warum ich mich in meinem Messgeräte-Hobby meistens auf R&S-Technik stürze: die Bayern bauen mit marktüblichen Standard-Komponenten, schleifen nicht irgendwelche Bauteilbezeichnungen weg wie die Amis, und: ihre Ersatzteilversorgung ist einfach phänomenal! Selbst für 20Jahre alte Geräte ziehen die Münchner ohne mit der Wimper zu zucken noch die allerdollsten Bauteile aus dem Regal. Ohne die hervorragende Arbeit dieser Bajuvaren an ihren Hochregallagern wäre das Messgerätereparieren so manches mal zum Scheitern verurteilt. Also danke nochmals an dieser Stelle für Eure Arbeit!

Ich tippe also mal wieder in das vertraute R&S-Ersatzteilformular im Internet, füge stolz meine R&S-Kundennummer hinzu und kann dann eigentlich nicht mehr viel mehr tun, als abzuwarten. Teuer kann dieses Bauteil eigentlich nicht sein, daher freue ich mich schon auf das Angebot.

Wenige Tage später werde ich in meiner Vorfreude bestätigt; für sage und schreibe etwas weniger als einen "Heiermann" sind die MMICs noch immer lieferbar- toll! Und ich komme wieder mit dem bekannten R&S-Schutzmechanismus in Berührung, der uns Bastler vor allzu gierigen Bauteilehändlern abschirmt, die Rest-Bauteilebestände komplett aufkaufen, nur um damit anschließend künstlich den Markt zu verknappen und den Bauteilepreis in Alleinherrschaft bestimmen zu können. Ja, solche Leute gibt's leider und der Zwang, bei der Bestellung des Ersatzteils die Seriennummer des Defekt-Gerätes mit angeben zu müssen, ist aus meiner Sicht eine wirksame Maßnahme, um zu verhindern, dass irgendein durchgedrehter Bauteilehändler das komplette R&S-Regallager leerkauft und wir nachher in die Röhre gucken. Daher: absolut vollstes Verständnis!! Trotzdem versuche ich, gleich 4 von den SCA-4 zu bestellen, denn ich habe inzwischen sogar zwei 6GHz-Geräte, wo die Dinger drin sind und ich

weiß ja auch noch nicht, ob C4 wirklich nur der einzige defekte MMIC in meinem potenzprotzenden Signalgenerator war.

Also mal sehen, ob's klappt. Ich schicke die Bestellung ab und warte auf die Rückmeldung.

23 Service Manual & Schaltbild

Leider muss man beim R&S-Ersatzteildienst immer per Vorkasse bestellen, daher dauert es immer erst etwas, bis die Überweisung angekommen ist und dann die Ersatzteile schließlich herausgeschickt werden. Das finde ich ein bisschen schade, denn hier verhalten sich sogar die kleinsten Internet-Shops anders: während die allererste Bestellung eines Neukunden immer erst noch auf Vorkasse verschickt wird, akzeptieren die meisten Firmen bereits beim zweiten Mal auch eine Bezahlung per Rechnung. Das tut R&S bei mir leider -trotz Kundennummer- nicht, sondern antwortet auf jede Bestellung erstmal brav und prozesskonform mit einer Vorausrechnung, die man begleichen muss, bevor irgendein Bauteil das Hochregallager verlässt. Das ist für mich manchmal eine echte Geduldsprobe, denn wenn man sehnsuchtsvoll auf ein Bauteil wartet, ist man immer erst darauf angewiesen, dass die Banken möglichst schnell die Kohle überweisen (was sie aber auch nicht immer tun ;-).

Egal- das verschafft mir aber etwas Zeit, über das Thema "Schaltplan" nachzudenken. Es sieht diesbezüglich nämlich langsam immer düsterer aus mit meinem 6GHz-Modul. Meine eigenen SMIQ-Unterlagen (ich habe mehrere Versionen auf unterschiedlichen Quellen) schließt zwar das 6GHz-Modell mit ein, doch fehlen -wie ich eingangs schon sagte- leider alle Schaltpläne. Meiner aktuellen "Quelle" (habt bitte Verständnis, dass ich hier keine Namen öffentlich nenne) geht es genau umgekehrt, wie sich jetzt herausstellt: die hat die Schaltbilder- aber eben leider nicht für das 6GHz-Modell! Arrggh! Ich gehe also leer aus!

24 Rainer Förtig

Aber so leicht gebe ich mich nicht geschlagen. Speziell in solch hartnäckigen Fällen darf ich der bastelnden Gemeinde nun einen wertvollen Tipp geben: den Copyshop Zwingenberg unter der Leitung von Herrn Fabian Filbert (www.rainer-foertig.de)!

Zwischen dem Berg Melibokus und der Autobahn A5 gelegen, ist der unter dem Namen "Rainer Förtig" bekannt gewordene Copyshop oft meine letzte Rettung. Er verfügt über eine der besten mir bekannten Unterlagensammlungen für Messgeräte. Sogar extremst schwer zu bekommene Unterlagen, an denen ich mir teilweise über Jahre die Zähne ausgebissen habe (z.B. die Schaltpläne(!) für den Audio Analyzer UPL) gibt es hier ganz einfach und unproblematisch als Nachdruck zu kaufen!

Natürlich will (und muss!) der Copyshop mit dem Nachdruck seiner Unterlagen Geld verdienen, daher wird er Euch seine Unterlagen auch nicht verschenken. Aber jeder, der einmal selbst die sperrigen DIN-A3-Tapeten durch einen mickrigen A4-Scanner gejagt hat, weiß, warum die Manuals auf den ersten Blick nicht gerade "preiswert" erscheinen. Ich sage Euch jedoch: gute Manuals in guter, brauchbarer Qualität nachzudrucken ist nicht so simpel, wie es sich anhört. Es muss insbesondere bei den Layoutzeichnungen darauf geachtet werden, dass der Kontrast und die Auflösung stimmen, so dass die eingezeichneten, winzigen SMD-Teile auch noch mit ihren Bezeichnungen einwandfrei gelesen werden können! Und hier trennt sich

die Spreu vom Weizen. Beim Copyshop Zwingenberg war die Qualität der mir gelieferten Unterlagen stets ordentlich, daher bin ich auch bereit, dafür durchaus nennenswert Geld auszugeben. Und das solltet ihr auch tun, denn nur wenn wir solche Läden durch unsere Käufe auch hin und wieder unterstützen, sichern wir ihr Überleben- und damit auch weiterhin eine sichere Quelle für gute Schaltunterlagen.

25 Eine Ausnahme für mich...

Normalerweise gibt es bei Rainer Förtig nur komplette Bände zu kaufen. Und nur weil ich dort schon öfter mal was an Unterlagen gekauft habe und das Kapitel über die 6GHz-Baugruppe an sich relativ umfangreich ist, macht Hr. Filbert diesmal eine Ausnahme für mich: ich erhalte es einzeln als Kopie und muss nicht den ganzen Ordner kaufen! Dafür bedanke ich mich hiermit noch einmal ganz ausdrücklich!

Eine Sache gleich noch an die Leserschaft! Tut mir bitte nur einen Gefallen: nervt jetzt nicht den armen Herrn Filbert, indem ihr jetzt alle nur noch Kopien einzelner Seiten bei ihm bestellen wollt mit dem Argument "Hey, für den Michalzik haste das doch auch gemacht!". Wenn ihr das trotzdem macht und ich das rauskriege, sage ich Euch nie wieder was! Also: seid bitte so fair und versteht, dass ein Copyshop finanziell nur überleben kann, wenn seine Gesamtkalkulation stimmt und er solche Ausnahmen wirklich nur in "Ausnahmefällen" macht und das nicht zu Regel wird. Ok?!?

26 Wettrennen

Ja ich weiß, meine Überschriften sind schon manchmal etwas strange in einem Reparaturbericht. Aber ich liebe ja sowas, wie ihr sicher wisst.

Hier geht es aber mitnichten um ein Wettrennen (obwohl ich gerade für den Berlin Marathon 2014 trainiere, also würde es irgendwie doch passen), sondern um die Frage, wer nun schneller liefert: Hr. Filbert seinen Schaltplan oder R&S das Ersatzteil ;-)

Beide legen sich mächtig ins Zeug- trotz Urlaubszeit! Als jedoch der SMD-Schnipsel mit vier eingepackten "C4-MMICs" bei mir eintrifft, werde ich gleich so hibbelig, dass ich unmöglich noch länger warten kann!

Der Lötkolben wird angeheizt, die Temperatur etwas höher eingestellt (es scheint so, dass dieser SMIQ bereits mit bleifreiem Lot gelötet wurde) und dann der neue C4 eingesetzt. Jetzt wird es spannend!

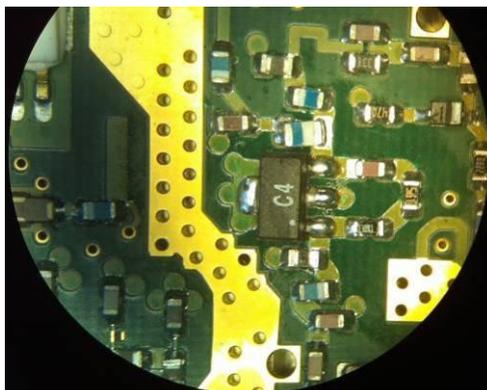


Abbildung 33: ein neuer C4 an Ort und Stelle

27 Wir sind Weltmeister!

Obwohl ich eigentlich gar nicht so ein Fußball-Fan bin und wichtige Länderspiele eigentlich meistens dazu benutze, bei eBay unglücklich platzierte, zu den Spielzeiten auslaufende Mikrofone für meine Bühnentechnik zu ersteigern, so hat mich das WM-Fieber nun doch auch ergriffen.

Jetzt, wo es erst ein paar Tage her ist, dass unsere Fußball-Elf sich gegen eine sympathisch bis zuletzt kämpfende argentinische Mannschaft durchgesetzt hat, geht es mir mit C4 ebenso:

Ich bin jetzt auch Weltmeister! ☺

Jedenfalls fühle ich mich jetzt wie einer. Auch ich musste ein hartes Match hinlegen, mir eine Strategie überlegen und letztendlich den Ball "einlochen". Mein Ball war C4 und sobald ich den ins gegnerische "Tor getreten" hatte, fiel der Arbeitspunkt am "Drain" von den defekten +6,4V auf freundliche +4,9V. Die am Eingang von C4 liegenden -12,5dBm verstärkt das neue Bauteil nun auf freundliche +2,6dBm (\Rightarrow gain= ca. 15dB), infolgedessen der Signalpegel am Mischer auf jetzt voll Datenblatt-konforme ca.-14..-12dBm stieg!

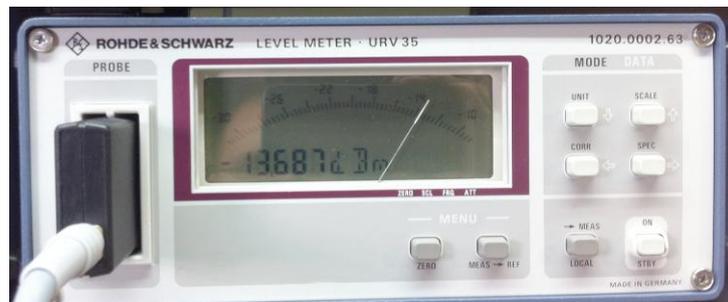


Abbildung 34: Jetzt sind die 900MHz wieder da!

Die daraufhin gestartete Eigenkalibrier-Routine bricht zwar ganz am Ende doch noch mit einem (anderen!) Fehler ab, aber das wundert mich nicht, denn eine Baugruppe, die hier momentan noch offen herumliegt und sonst mit 50 Torx-Schrauben HF-dicht verpackt wurde, wird sich sicherlich bei Frequenzen um 6GHz etwas anders verhalten als im eingebauten Zustand.

Um aber die letzte Sicherheit zu erlangen, hilft nur eins: einbauen!

Ein erster Hinweis, dass die Reparatur nun gelungen sein könnte, ist, dass sich nun auf einmal auch das 6GHz-Ausgangsmodul spürbar erwärmt- so, als wolle es HF-Leistung produzieren!

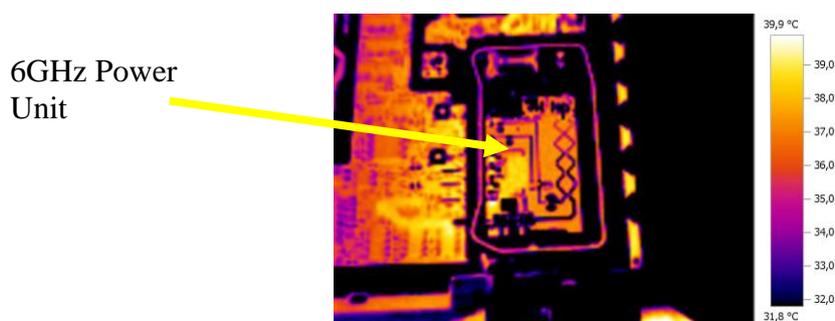


Abbildung 35: 6GHz-Power Unit produziert jetzt Wärme (und hoffentlich auch HF-Leistung ;-)

28 Wiedereinbau

Ich setze die 6GHz-Baugruppe wieder auf ihren ursprünglichen Platz, rätsle kurz etwas über die korrekte Verlegung zweier HF-Anschlusskabel, lasse mich davon aber nicht mehr aufhalten. Die Baugruppe wird mit den unterseitigen Schiebern verriegelt und der SMIQ06B dann bestromt. Das Gerät schaltet ein und bootet hoch. In noch fast kaltem Zustand führe ich den Punkt "UTILITIES->CALIB->ALL" aus. Das sollte reichen.

Der SMIQ rasselt los. Er knattert und klickt. Dauernd sehe ich Balken hochlaufen und sich mit der Statusmeldung "Calibration successful" abwechseln. Dann kommt der kritische Punkt: "Level Preset". Hier holte sich die CAL-Routine bislang immer eine blutige Nase!

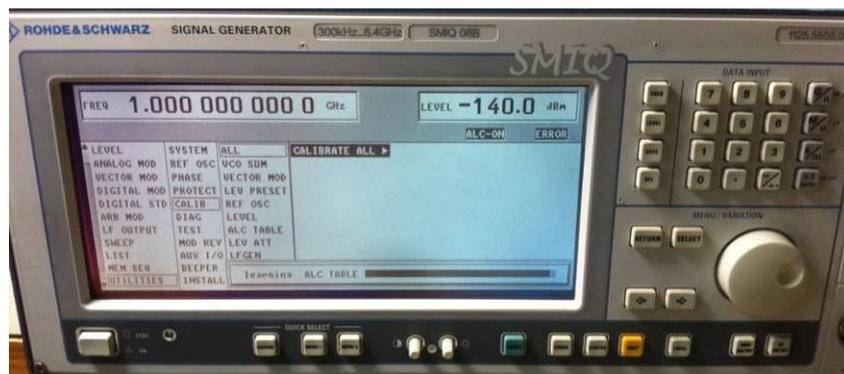


Abbildung 36: "Learning ALC table"...SMIQ beim Selbsttest

Es folgen ungefähr 2 Minuten Händchenhalten mit meiner Frau, die zufällig hinter mir stand und eigentlich nur das neueste Bilderbuch für unseren Kurzen ins Geschenkeversteck in den Keller bringen wollte. Etwas verduzt musste sie mit mir Händchen halten und Daumen drücken gleichzeitig.

Dann die Erlösung: wie Mario Goetze das 1:0 gegen Argentinien, rattert der SMIQ unbeirrt durch den Test, erklärt mir ein weiteres mal, dass er "successful" war, und kümmert sich dann bereits um den Aufbau einer korrekten ALC-Tabelle. Mit dem Knopfdruck auf den ERROR-Button verkündet der 6GHz-Ferrari im Zieleinlauf nun stolz: "No static Errors in this system".

Geil. Mal wieder geschafft.

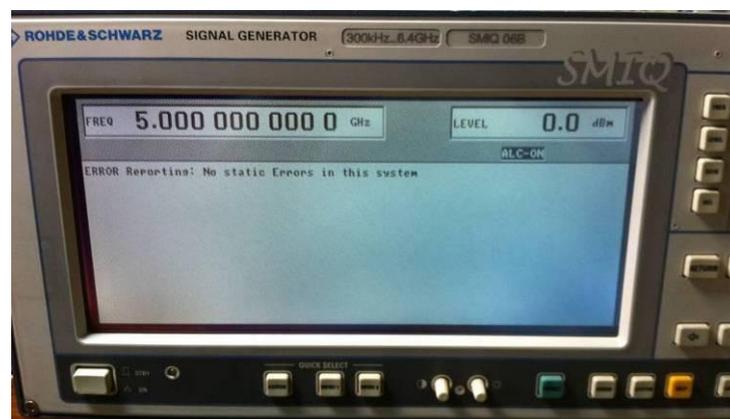


Abbildung 37: "No static errors"...so wollen wir das haben!

Ich verstehe zum ersten mal, wie man sich beim Schießen den entscheidenden Sieg-Tors fühlen muss. Nur schade, dass jetzt gerade keiner jubelt ☺

29 Restarbeiten1

Ich wäre ein schlechter Messgerätebastler, wenn ich der einen Sache nicht noch auf den Grund gehen würde.

Welcher "Sache"?

Na der mit den im Wärmebild so hell "leuchtenden" Punkten in Abbildung 24!

Das habe ich mir bis zuletzt aufgehoben, denn das kann man wirklich nur mir vorliegendem Schaltplan untersuchen. Und hier gibt es gute Nachrichten: Trotz Urlaubszeit hat Hr. Filbert für mich Überstunden gemacht und die Unterlagen tatsächlich noch vor den Betriebsferien an mich rausgeschickt! Das freut mich sehr, denn so kann ich dem Geheimnis mit den thermisch relativ stark belasteten Bauteilen endlich auf den Grund gehen.

Wir erinnern uns:

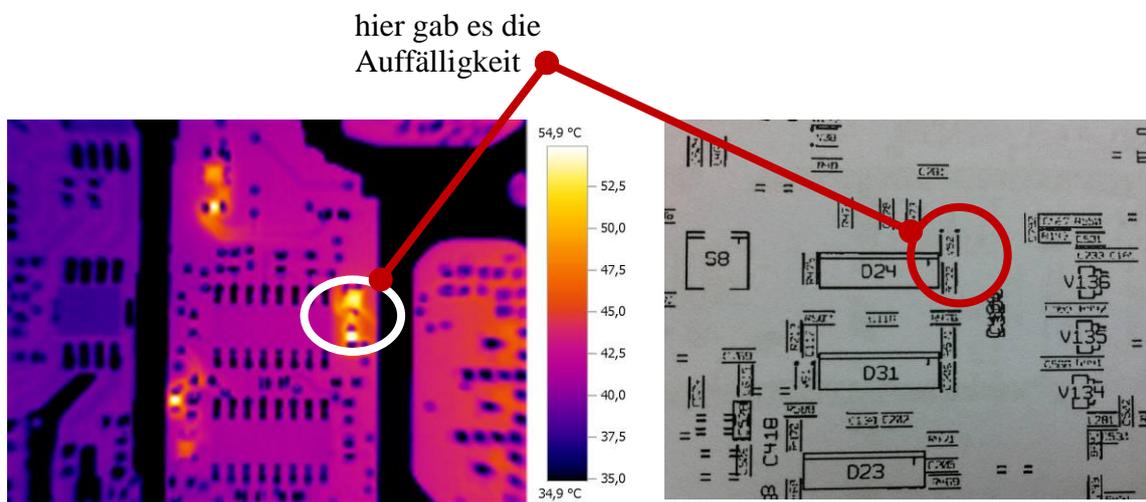


Abbildung 38: Vergleich Wärmebild und Layoutbild

Einfach ist es nicht, bei sage und schreibe 36 (!) DIN-A3-Seiten Schaltbildern hier das richtige Bauteil zu finden, aber mir ist es nach etwas Herumblättern trotzdem gelungen. Die in der Layoutzeichnung benannten Bauteile tragen die Bezeichnung V52 und R722. Im Schaltplan #17 kann ich sie schließlich finden: es handelt sich um eine 5,6V Zenerdiode und dessen 1kOhm Vorwiderstand, die aus -15V eine Hilfsspannung für das IC D22, D23, D24 und D31 erzeugen.

Selbst wenn hier nur ein paar mA Strom fließen sollten, kann ich mich vorstellen, dass man beim Vernichten von etwa 10Volt schon eine ganze Menge Abwärme erzeugt!

Kleines Gedankenexperiment: angenommen, es flößen hier 10mA (ich habe nicht nachgemessen, aber nehmen wir es einfach mal nur an)- so hätten wir nach $P=U \cdot I$ schon eine Verlustleistung von 100mW an dem Vorwiderstand R722. Dass der sich dann aufwärmt, erscheint absolut einleuchtend!

Auf dasselbe Ergebnis kommt man übrigens auch mit $P=U^2/R$: $P = 10V \cdot 10V / 1k\Omega = 100mW$!

Hier der Auszug aus dem Schaltbild:

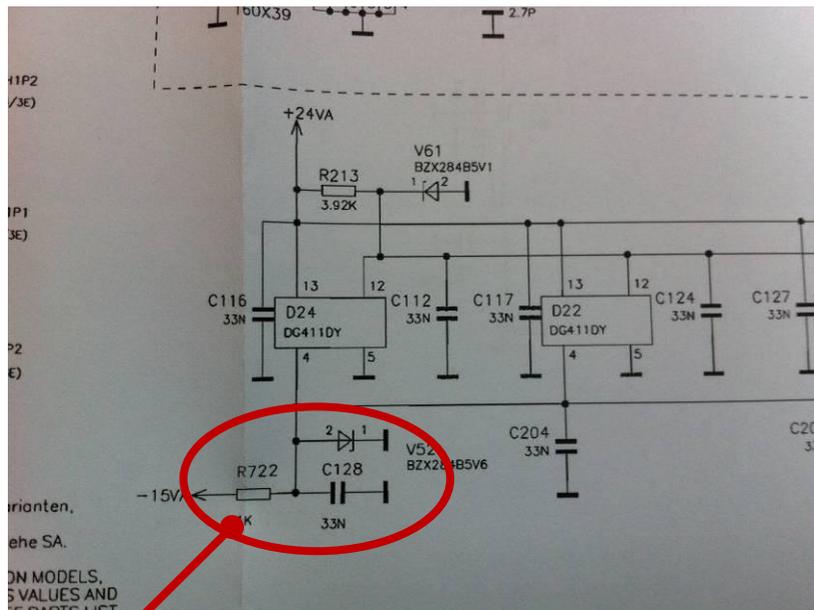


Abbildung 39: Schaltplanauszug

Da ist die Stelle! Zenerdiode V52 mit 1kOhm Vorwiderstand R722

Wenn man es nun ganz genau wissen wollte, müsste man die theoretisch überschlagenen Werte nun noch einmal nachmessen, die Verlustleistung in R722 dann nochmal ganz genau berechnen und anhand des Datenblatts für diesen Widerstand herauskriegen, für wie viel Verlustleistung das Teil überhaupt maximal spezifiziert ist.

Laut Teileliste ist das ein SMD-Widerstand in der Bauform 0603. Auf die Schnelle kriegt man im Internet heraus, dass diese Widerstandbauform für eine maximale Verlustleistung $P=100\text{mW}$ geeignet ist! Das wäre dann ja geradezu eine Punktlandung!!!

Nanu, hat R&S hier wirklich so knapp "auf Kante" genäht? Gewiss, das Bauteil scheint nicht überlastet zu werden- aber viel Sicherheitsabstand gibt es eben auch nicht mehr! Ehrlich gesagt würde ich mich mit ein wenig mehr Puffer zum Limit doch etwas wohler fühlen.

Nunja, es ist, wie es ist. Kurz hatte ich überlegt, die Widerstände rauszulöten und eine größere Bauform reinzubasteln; z.B. 1206. Da liegt das Limit bei 250mW - der würde gewiss kälter bleiben. Aber andererseits will ich den Münchnern nun auch nicht mutwillig am Zeug flicken und mit einer gemessenen Oberflächentemperatur von $+60^\circ\text{C}$ werden diese Widerstände vielleicht zwar nicht einen neuen Dauerbelastungsrekord aufstellen- aber aushalten sollten sie diese Belastung dennoch über längere Zeit, daher lasse ich hier alles so wie es ist.

30 Wieder was gelernt

Solche Sachen kann man nur mit einem Schaltplan finden. Die andere, im Wärmebild auffällige Stelle ist übrigens auf Schaltbild #16 zu sehen; auch hier ein 1kOhm Vorwiderstand (R48) in Verbindung mit einer 5,1V Zenerdiode (V38). Technisch nahezu derselbe Fall- auch hier muss Verlustleistung umgesetzt werden. Jetzt, wo ich's meine verstanden zu haben, kann ich aber wieder ruhig schlafen.

31 Restarbeiten2

Und jetzt -gaaaanz am Schluss- linkt mich die alte SMIQ-Sau doch noch!

In Kapitel 7 hatte ich ja festgestellt, dass die eingebaute Speicherbatterie mit ihren 2,6Volt nicht mehr so toll ist. Weil ich bei der Reparatur meiner Geräte ja auch sorgfältig arbeiten will, wollte ich das nicht so lassen, sondern habe mir gleich eine neue bestellt. Die ist zwischenzeitlich eingetroffen und soll nun eingebaut werden.

Eigentlich eine Kleinigkeit- die vier Schrauben in den vier Ecken der Frontplatte ab, dann das Modul rausziehen, vier Kabelstrippen abziehen, sechs Schrauben für die Displaymodul-Rückwand weg und schon komme ich an die Batterie ran.



Abbildung 40: gleich geht's schief....

Die neue Batterie zurechtgelegt, dann die alte schnell rausgelupft (ich wollte versuchen, durch möglichst zügiges Wechseln die RAM-Kalibrierwerte Werte im SMIQ zu erhalten) und die neue reingedrückt.

Knack.

Sch.....!

Ihr lieben Münchner, das ist fies! Dass ich mich ohne Schaltplan fehlerfrei durch ein 6GHz-Modul durchbastele, aber dann letztendlich am Wechseln einer einfachen Knopfzelle scheitere, ist ja wohl lächerlich. Trotzdem habt ihr mich jetzt geleimt. Wie?

Schaut selbst:



Abbildung 41: CR2477N (links) und CR2477 (rechts)

Mir war bislang unbekannt, dass es auch bei Knopfzellen verschiedene Gehäuse-Bauformen gibt. In meinen Armbanduhren oder in PCs mit ihren Speicherbatterien haben die Batterien immer gepasst! Nur hier nicht: wenn man einfach eine CR2477 bestellt, kriegt man todsicher eine Knopfzelle, die das hässliche Knack-Geräusch im SMIQ-Batteriehalter erzeugt. Es gehört nämlich eine CR2477N rein und diese ist im unteren Teil etwas schlanker als eine normale CR2477. Mit ihrem Kragen sieht sie fast so aus wie eine überdimensionale Platzpatrone. Dass es hier mehrere Versionen gibt, muss man aber erstmal wissen!

Stopft man nämlich eine handelsübliche CR2477 in den Batteriehalter, führt das dazu, dass eine der vier Haltenasen abbricht, die Knopfzelle aber trotzdem nicht eingesetzt werden kann. Und genau das ist mir passiert. So ein Ärger!



Abbildung 42: passt nicht rein: eine "normale" CR2477

Ich stecke also übergangsweise wieder die originale Knopfzelle rein. Wenigstens scheint diese auch mit den nur noch 3 verbleibenden Rastnasen mechanisch noch einigermaßen stabil in der Halterung zu stecken, so dass ich den nicht auch noch auswechseln muss, sondern später einfach ein Tropfen Silikonkautschuk ausreichen wird, die neue Batterie zuverlässig und rüttelfest im Halter zu sichern.

Nunja. Kurz darauf klicke ich mich bei Amazon durch die CR2477N-Angebote und stelle anhand der Bewertungen fest, dass ich nicht der einzige Mensch auf der Welt bin, der auf die besondere N-Variante reingefallen ist. Sogar einige Verkäufer scheinen laut Foto N-Typen anzubieten, aber stattdessen "normale" CR2477's auszuliefern. Ich bestelle schließlich bei einem Shop, bei dem ich mir wegen der gezeigten Fotos die größten Chancen erhoffe, auch die richtige Batterieverson geschickt zu kriegen.

Also Daumen drücken- und wieder warten!



Abbildung 43: Dahme, Ostsee: Unser Nachwuchs wartet auch.

Er weiß nur noch nicht, auf was.

Fertig gewartet.

Amazon ist sehr schnell und DHL ebenfalls. Nur einen Tag später halte ich die CR2477N in den Händen.



Abbildung 44: diesmal die richtige: eine renata CR2477N!

Der Einbau ist schnell bewerkstelligt. Alte Batterie raus, neue rein, messen, aha, 3,1 Volt, ok. Aufkleber gemacht mit Datum und Jahr des Batteriewechsels, fertig. Das ist guuuuut.



Abbildung 45: neue Batterie sitzt!

Naja, *etwas* pfuschen musste ich dennoch. Wegen der einen abgebrochenen Nase wollte ich mir das Auswechseln des Batteriehalters nicht auch noch antun. Obwohl die Batterie auch mit drei von ehemals vier Rastnasen doch ziemlich fest sitzt, habe ich zur Unterstützung noch etwas Silikon auf die Ecke gestrichen. In der Hoffnung, dass das Zeug jetzt nicht hoch leitfähig ist und die Batterie gleich in einer Woche komplett entladen hat, fühle ich mich so etwas besser. Bei der Gelegenheit habe ich dann gleich noch das rechts daneben liegende IC richtig in die Fassung reingedrückt. Ist schon manchmal erstaunlich, was man alles so findet beim Reparieren.

32 Siegerfoto

Na, eins fehlt doch aber noch. Hier ist es. Das offizielle....



Abbildung 46: ...Siegerfoto!

33 Anhang

Der Vollständigkeit halber habe ich die in Kapitel 10 aufgenommenen Testpunkte noch einmal aktualisiert- nun aber mit einer funktionierenden Baugruppe.

gemessener Output an der N-Buchse (0dBm)	Generatorfrequenz	Filterbank	TP2415	TP2412	TP2409	TP2410	TP2408	TP2411	TP2413	TP2401
[dBm]	[GHz]	(Bandmitte)	Regelspannung LO Mixer2 [-15V..+15V] / 3	ZF-Pegel 900MHz (=RF Mixer1) [>0V] / 3	HF-Pegel vor Filterbank [>0V] / 3	HF-Pegel nach Level-Prezet [>0V] / 3	Steuerspannung Level-Prezet [0..10V] / 3	HF-Pegel nach AM-Modulator [>0V] / 3	Steuerspannung AM-Modulator [-15V..+15V] / 3	HF-Pegel Endstufe [0..10V] / 4
0,5	3,75	FB1	1,166	0,519	0,247	0,484	6,877	0,047	0,843	1,19
0,547	4,65	FB2	1,166	0,519	0,412	0,998	7,323	0,058	0,895	1,25
-0,14	5,55	FB3	1,166	0,531	0,382	1,26	7,133	0,0844	0,976	1,264
-0,418	6,2	FB4	1,166	0,529	0,413	1,289	7,632	0,094	1,091	1,333

gemessen mit URV35 und NRV-Z4
SMIQ68 etwa 1h warm eingelaufen
frisch "CAL ALL" gemacht, dann gemessen

Abbildung 47: Testpunkte- jetzt mit heiler Baugruppe

Vielleicht sind diese Messwerte ja für den einen oder anderen Bastler hilfreich.

34 Fazit - und Vorgucker!

Eine schöne Sache, so Basteln in 6GHz-Umgebung- es hat mir richtig Lust auf mehr gemacht! Und möglicherweise wird mir auch das wieder gelingen: die Chancen stehen aktuell ganz gut für einen Rohde&Schwarz FSEB30 Spektrum-Analyzer im Zustand "Ersatzteilträger"! Also wieder ein Messgerät, das dringend meine Hilfe braucht. Ein FSEB30 hat eine obenliegende 1.LO von 14GHz(!) und da geht für einen echten HF-Freund doch erst die Sonne auf!

Die Firma Rainer-Förtig mit ihrem Archiv wird dabei wieder eine Rolle spielen, eine mir bislang weniger bekannte Firma für Netzteile, die inzwischen Photovoltaik-Wechselrichter baut, mein uralter Pentium 200MMX-Laptop aus Studiums-Zeiten mit Laplink-Kabel am Parallelport sowie fantastische Blicke auf R&S GHz-Spezialbaugruppen auf Aluminiumoxydsubstraten!

Freut Euch drauf! ☺

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 wieder. Sie sind weder als Werbung noch Verunglimpfung dieser Firmen oder Hersteller zu verstehen, sondern als persönliche Meinungsäußerung aufzufassen.
7. Vor dem Veröffentlichenden 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 ;-).

Kontakt: Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten. Keine Vervielfältigung, Nachdruck. AUG2014, Marc Michalzik