

Rohde & Schwarz Tracking-Generator, 7GHz FSE-B10

1 Einleitung

Selten hat es ein Reparaturbericht so schnell in der Lesergunst auf den ersten Platz geschafft, wie der über die Reparatur des Rohde&Schwarz FSEM Spektrumanalyzers. Nur wenige Wochen nach Veröffentlichung ist es derzeit Euer am öftesten gedownloadeter Bericht und das freut mich natürlich, denn es war ja auch ein spannendes Projekt.



Foto: Matthias Widera

Abbildung 1: Hörmann Motorsirene, Typ E57 (eine super "Verkackungssirene")

Wie bei allen guten Blockbustern, denkt man bei so solchen Erfolgen natürlich über einen 2.Teil nach. Und das hat mein FSEM auch gedacht, als er nur wenige Stunden nach der Inbetriebnahme auf dem 1.FunkTAG in Kassel mitten in einer Messung den Trackinggenerator (im folgenden "TG" genannt) aufgab.

Dafür gibt es nur eine richtige Reaktion:

Verkackungsalarm!

Bastlerfreund Matthias sammelt Sirenen und als ich ihn nach einem schönen Bild für eine richtig gute Verkackungssirene bat, hat er mir dies hier geschickt. Es handelt sich um die weit verbreitete Motorsirene E57 mit einer Nennleistung von 5kW (also fast so viel wie mein Gartenhäcksler), etwa 800m Alarmradius und immerhin 4kW Schallabgabeleistung. Das entspricht etwa der Schallenergie, die ich am Messplatz fluchend ausgestoßen habe, als der Tracking-Gen trotz -mehrtätigen Dauerlaufs in der Vorbereitung- spontan die Grätsche gemacht hat. Ich halte es daher für angemessen, wenn Matthias an Silvester 2016 die E57 anwirft, so dass wir dann gemeinsam allen weltweit abkackenden Tracking-Generatoren gedenken können und an die Schmach denken, die diese elektronischen "Heizplatten" ihren Besitzern manchmal auferlegen.



Abbildung 2: Messplatzteam auf dem 1. funk.TAG in Kassel (ich in der Mitte)

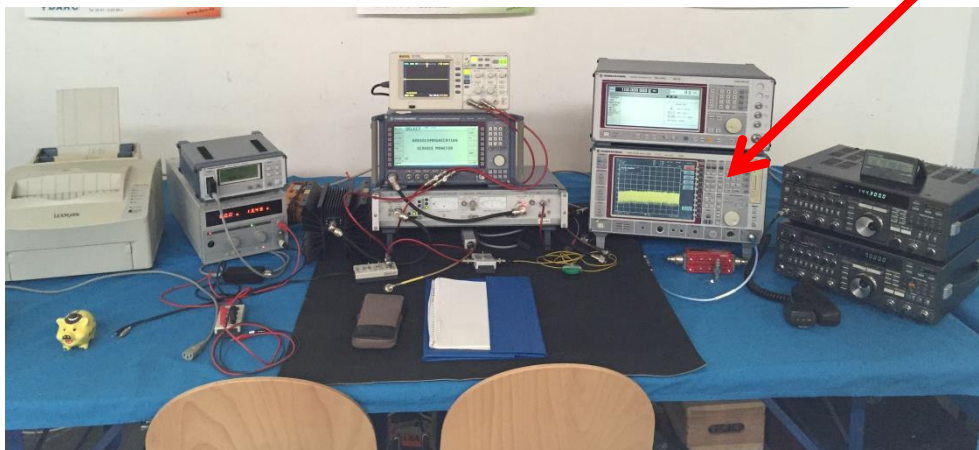


Abbildung 3: der FSEM auf dem Messplatz - noch läuft er...

2 Reparatur

Nun gut, es hilft ja nichts, eine Reparatur muss her. Da alles Wackeln, Ruckeln und der Verdacht auf während des Transports abgefallene Anschlusskabel letztendlich nichts ergeben hat, blieb mir nichts anderes übrig, als die Tracking-Generator-Baugruppe mit dem hübschen Namen "FSE-B10" auszubauen, über eine lange Nabelschnur anzuschließen und aufgeschraubt auf dem Analyzer in Betrieb zu setzen.

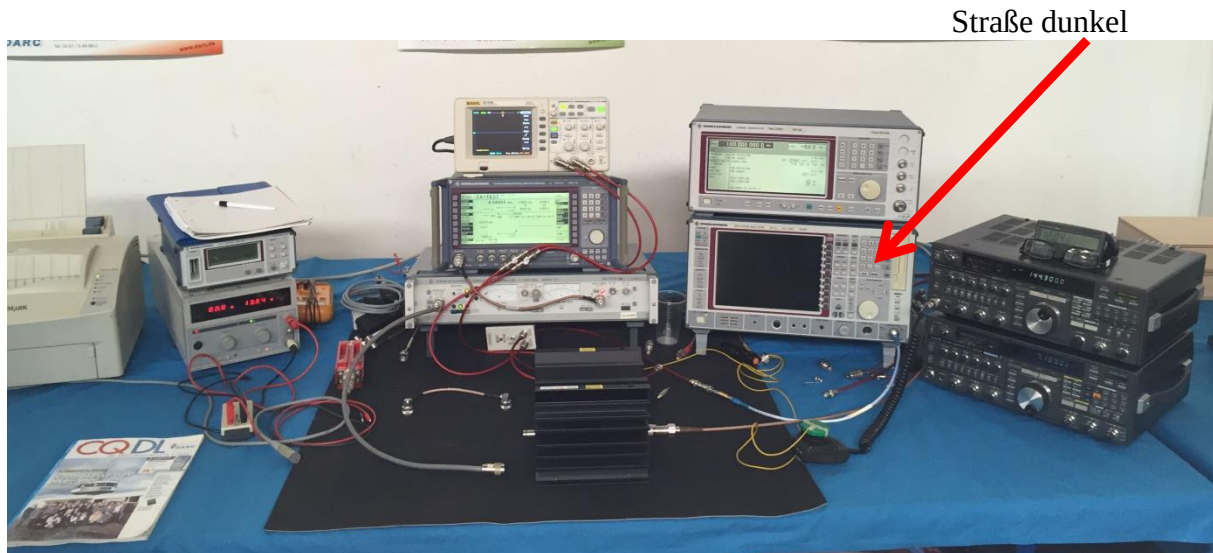


Abbildung 4: einige Minuten später :-)

Also: der Messplatz muss auf'n Messplatz. Welch Ironie.

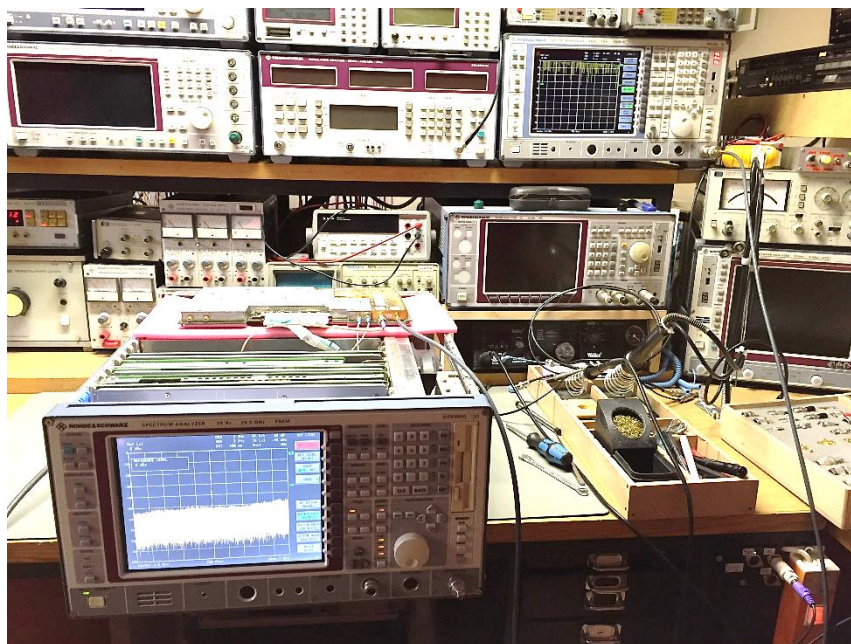


Abbildung 5: es ist mal wieder so weit: der Tracking-Gen in "Operationsstellung"

3 Fehlerbild

Entgegen meiner ersten Vermutung zeigte sich, dass die Baugruppe sehr wohl noch HF-Pegel produziert- wie man schnell sehen kann, wenn man einen zweiten Spektrumanalyzer (wir haben's ja;-) mit aktivierter Max-Hold-Funktion nebenher laufen lässt.

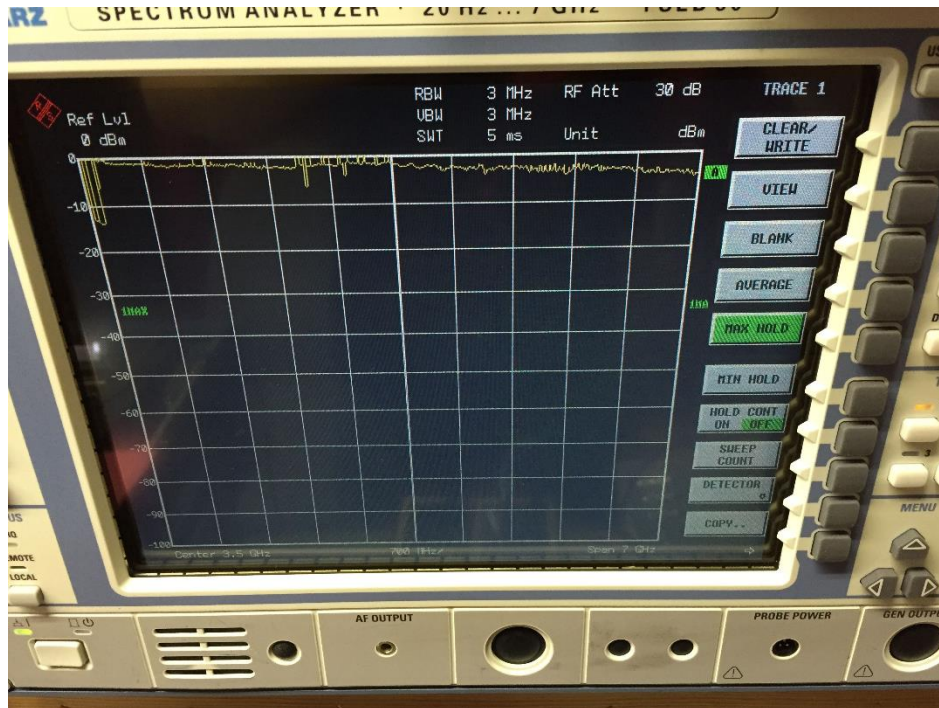


Abbildung 6: TG-Output, gemessen mit 2.Spekti

Nur leider erzeugt der TG sein Ausgangssignal offenbar an der falschen Stelle:

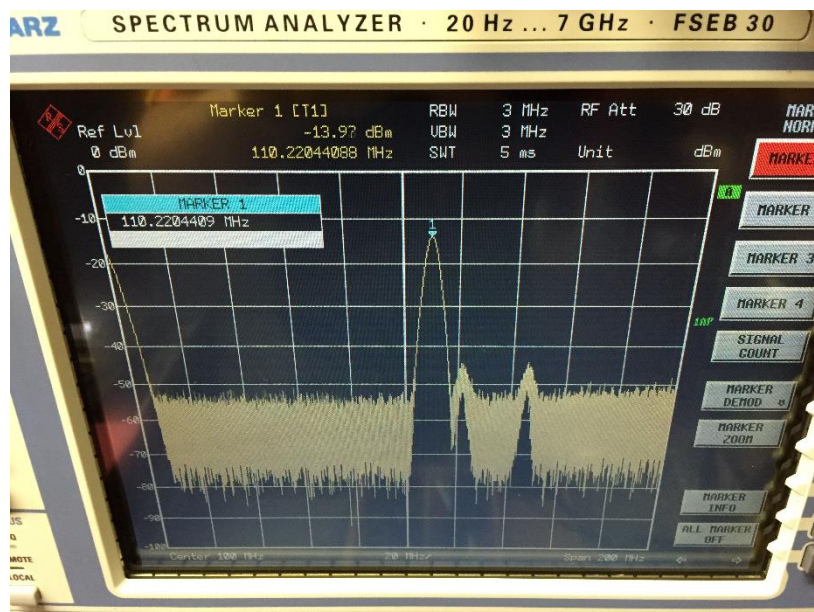


Abbildung 7: Ausgangssignal des TG

In Abbildung 7 sehen wir das Ausgangssignal des TG, wenn man ihm das Wobbeln "verbietet" (= Span 0Hz) und auf eine Festfrequenz von 100MHz stellt.

Der so produzierte Peak liegt über 10MHz daneben und hat auch fast 15dB zu wenig Pegel. Das ist doch schon einmal interessant!

4 Prüfung der Schnittstellen

Wir beginnen systematisch und prüfen zuerst die Betriebsspannungen. Alle ok. Gut. Also die Referenzfrequenz prüfen. Die beträgt genau 720MHz und wird über X116 in die Baugruppe eingespeist. Gucken wir mal.

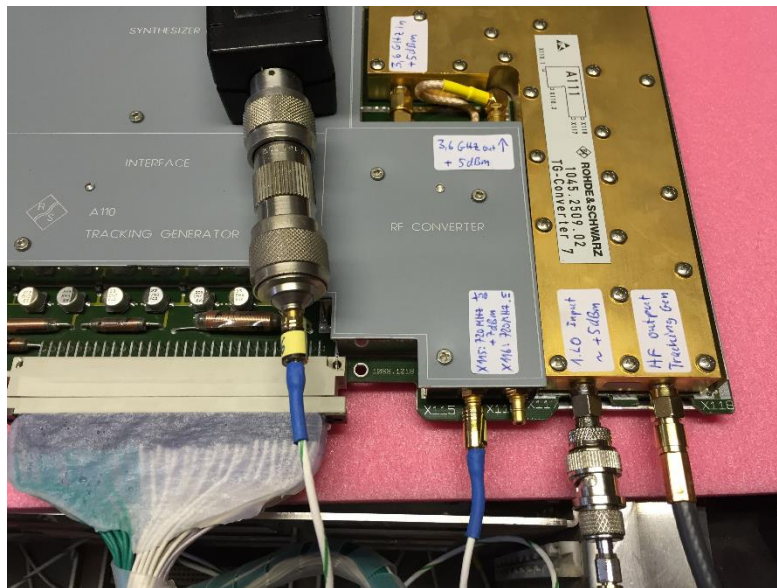


Abbildung 8: Prüfung der 720MHz

Wenn wir die 720MHz, die aus dem Grundgerät kommen, nicht auf den TG, sondern auf unsere HF-Pegelmesser und Frequenzzähler stecken, zeigen die uns das da an:



Abbildung 9: die 720MHz kommen also an....

Hier gibt es also nicht viel zu "holen". Ohne die genauen Spezifikationen zu kennen- das sieht für mich erstmal gut aus.

An X115 verlassen die 720MHz die Baugruppe aber auch wieder, weil sie im FSE noch an anderen Stellen gebraucht werden. Der Pegel, der X115 wieder verlässt, ist aber auch unauffällig.

Weiter im Text. Was sagt uns die 1.LO?

Fragen wir sie mal.



Abbildung 10: auch die 1.LO sieht gut aus

Auch das erscheint mir erstmal nicht unvernünftig. Wenn man bedenkt, dass ich zum Messen ein normales BNC-Kabel dazwischen hatte (was eigentlich nur aller-maximal bis 4GHz taugt), ist das für mich ein sinnvoller Pegel und die Frequenz von 8,041 4 GHz macht auch Sinn, wie wir gleich noch sehen werden.

Ich blättere in meinem Laborbuch und finde eine Eintragung vom 23.März 2016. Da hatte ich mich damals schon einmal mit dem TG beschäftigt und bin zu ähnlichen Ergebnissen gekommen:

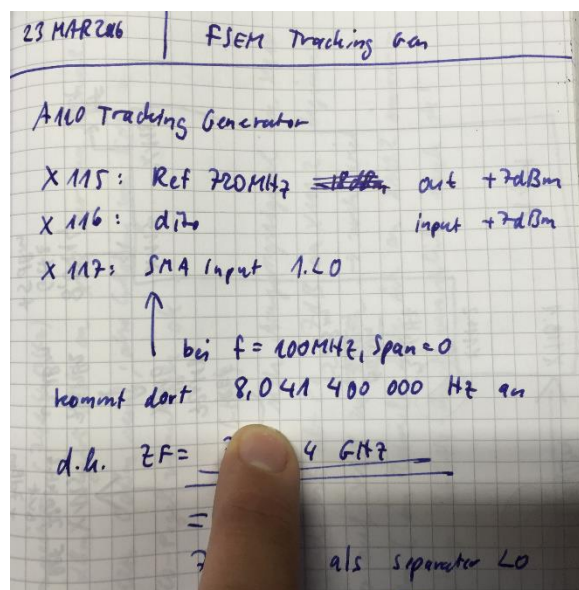


Abbildung 11: Notizen in meinem Laborbuch

Messen wir also weiter. Das nächste Signal ist das des TG-Synthesizers selbst. Das greife ich ab, indem ich den SMA-Verbinder an dem goldenen Klotz abschraube und stattdessen dieses Signal meiner "Yvonne" (=R&S FSEB30 Spektrumanalyzer) zu füttern gebe.

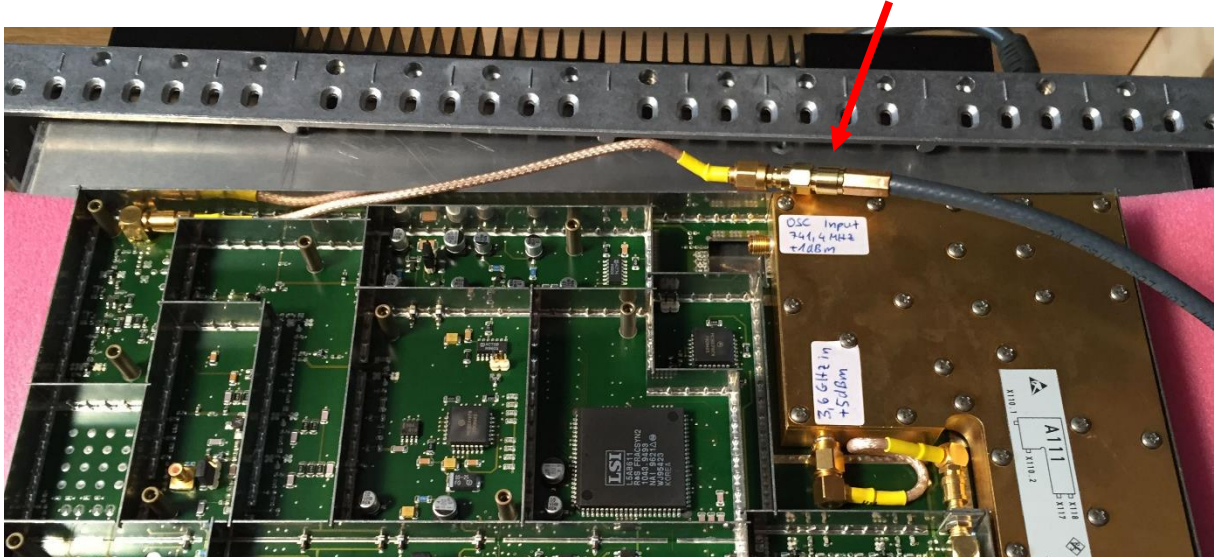


Abbildung 12: ich greife das Synthesizer-Signal ab

Hier sollten 741,4MHz zu messen sein.

Yvonne sagt das da:

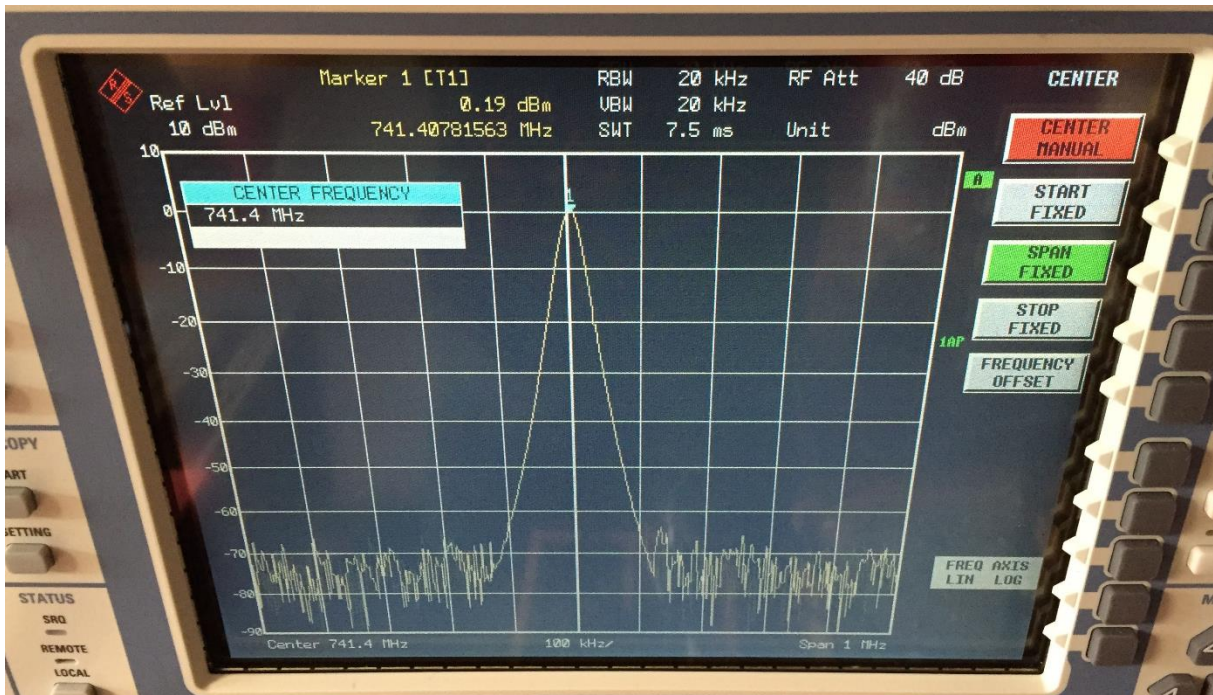


Abbildung 13: das sieht auch gut aus!

Nun will ich Euch gleich die reine Wahrheit sagen. Die Synthesizer-Frequenz wird durch eine ALC amplitudenstabilisiert und durch das Abstecken des Signals vom goldenen HF-Block habe ich damit den Regelkreis unterbrochen. Die ALC läuft somit auf maximaler Einstellung; d.h. sie gibt alles, was sie kann (weil sie meint, dem "fehlenden" Ausgangssignal entgegenregeln zu müssen)!

Regelkreise kann man eigentlich nur vernünftig messen, wenn man sie in einen definierten Status bringt; also z.B. IST- und SOLL-Wert vorgaukelt und ihr Verhalten beobachtet. Man kann sich aber auch in den Regelkreis "einklinken" und dann messen, auf welchen Regelpunkt hin sie ausgelegt ist. Genau das machen wir jetzt.

5 Untersuchung am "schlagenden Herzen"

Für diesen Test kommt mir meine neueste Anschaffung, ein HP11636B Power Divider, so richtig gelegen. Ein PowerDivider (Achtung, es gibt auch Power Splitter und nicht immer werden die Begriffe so sauber im Internet getrennt!) teilt die in ihn eingespeiste HF-Leistung auf zwei Arme auf. Wenn es ein hochwertiger Power Divider ist, macht er das ganz exakt!

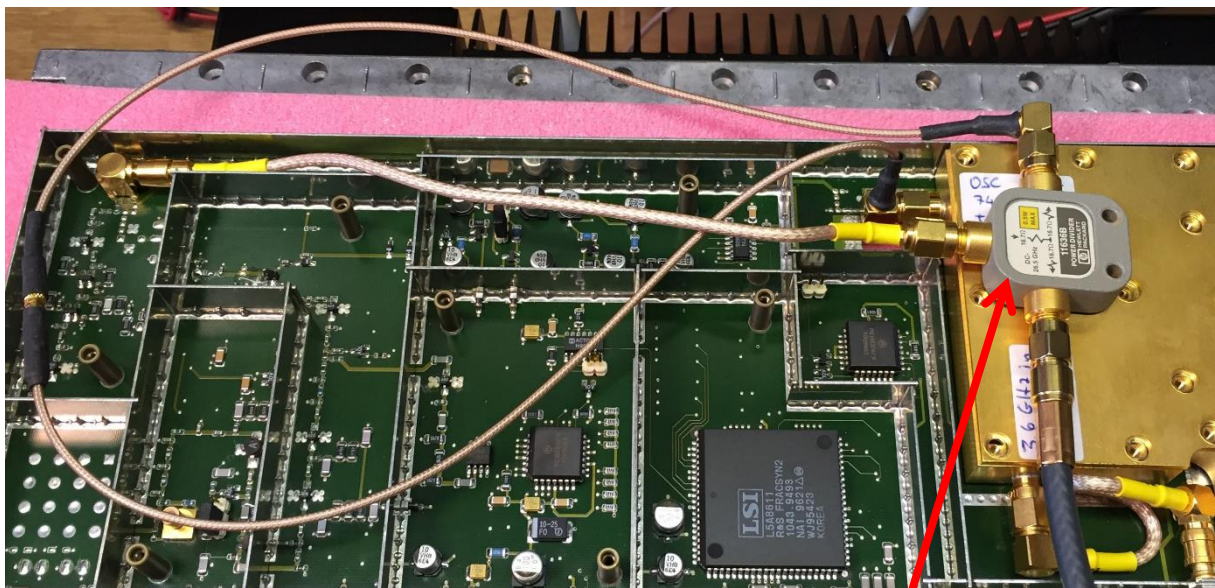


Abbildung 14: ALC-Regelkreis mit HP11636B

Mit einer fest definierten Dämpfung von 6dB in jedem seiner "Ärmchen" kann ich nun den HF-Pegel ganz akkurat messen, ohne dafür die ALC auftrennen zu müssen!

(Hinweis: natürlich könnte man alternativ auch einen 50 Ohm Durchgangs-Messkopf benutzen und so den HF-Pegel in der Leitung messen! In diesem Falle würden wir dieselben Messwerte erhalten. Die Durchgangsköpfe sind aber meist "nur" bis 2 oder 3GHz spezifiziert. Geht es höher, kann man eigentlich nur noch PowerDivider verwenden, so wie ich hier!)

Ich schleife den PowerDivider also in den Signalfluss ein, ein Signal-Ärmchen führt die HF-Leistung mit -6dB also in den goldenen Block, und das andere Signal-Ärmchen (auch -6dB) stecke ich auf den Spektrumanalyzer. Hier lese ich den Pegel ab:

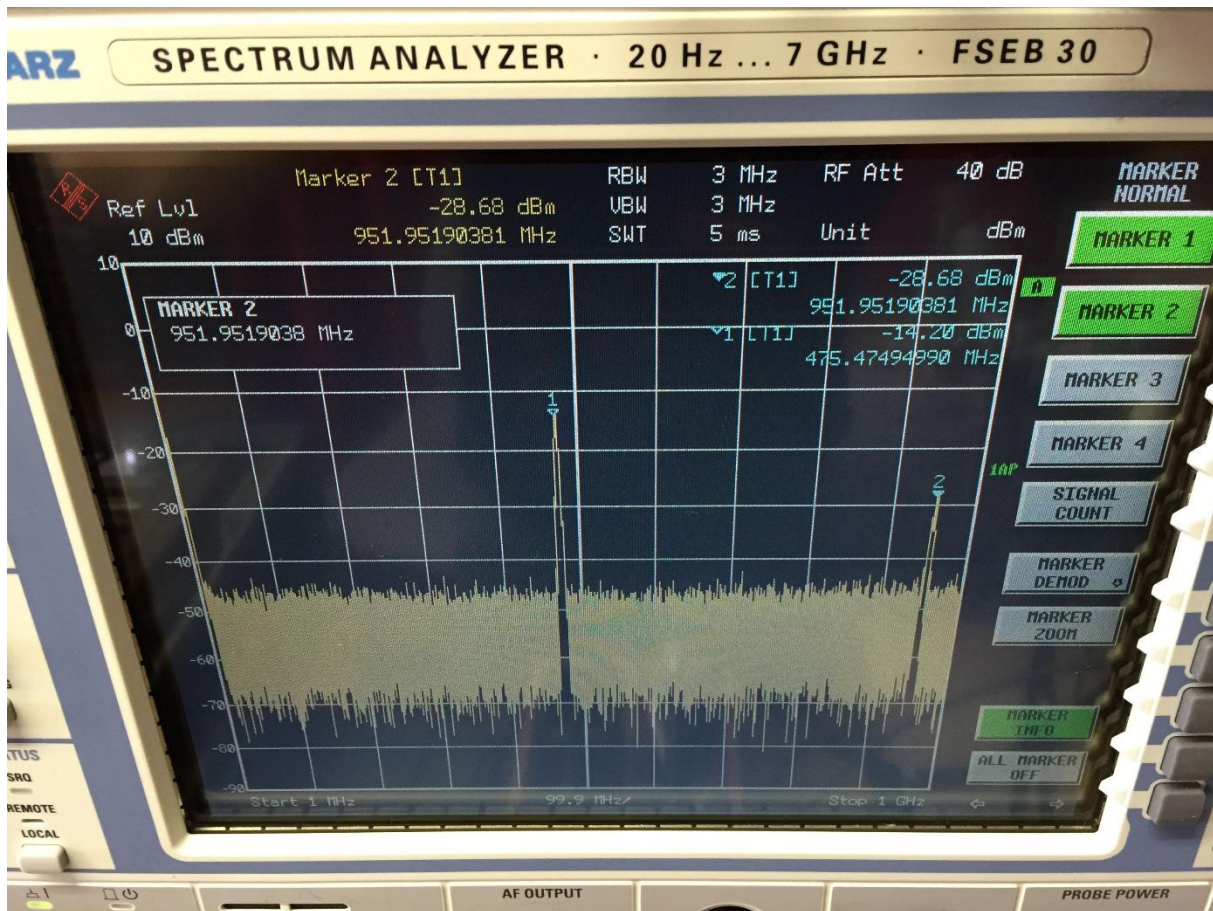


Abbildung 15: etwa -14dBm Pegel

Aha. Das Signal, das in den goldenen Block führt, hat also eine Frequenz von etwa 475MHz und einen Pegel von -14dBm. (Kümmern wir uns mal nicht um die 475MHz, die Erklärung dazu kommt in Kapitel 15!)

-14dBm? Nicht -20dBm (wegen der 6dB Dämpfung des HP11636)?

Nein!

Der Grund dafür ist einfach: die ALC! Da die HF-Messstelle in dem goldenen Block ist, erhält die durch meinen eingefügten Splitter im ersten Moment tatsächlich 6dB weniger Pegel. Den regelt sie allerdings nach kürzester Zeit wieder korrekt aus; kompensiert damit also die zusätzlichen 6dB Streckendämpfung. Und diese Kompensation wirkt natürlich nicht nur auf das eine Ärmchen des HP11636, sondern natürlich auch auf den zweiten Arm: auch hier werden die "verlorenen" 6dB durch das Aufregeln der ALC wieder kompensiert. Solange die ALC noch genügend Spielraum zum Ausgleichen hat, funktioniert das wunderbar!

Glaubt ihr nicht?

Ihr wollt einen Beweis?

Bitte!

Dazu trennen wir den Kreis auf und speisen dem goldenen Block eine definierte HF-Spannung aus dem Generator ein. In diesem Fall -14dBm:

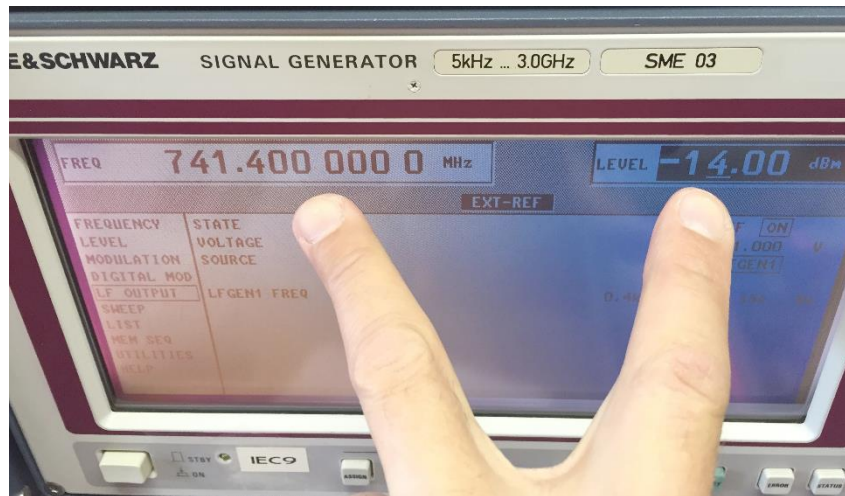


Abbildung 16: Einspeisen von 741,4MHz

Und da speise ich es ein:

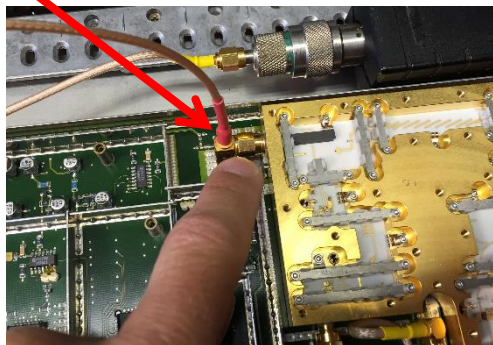


Abbildung 17: in den goldenen Block einspeisen

Messen tue ich, welchen Regelzustand die ALC daraufhin einnimmt:



Abbildung 18: Mess-Stelle

Also. Beim Einspeisen von -14dBm kommt das hier heraus:

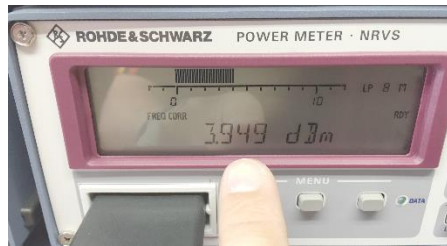


Abbildung 19: +4dBm am NRVS

Das sieht danach aus, dass die ALC den eingespeisten Pegel des Generators (-14dBm) für zu klein hält und damit die ALC volle Pulle aufreißt.

Also machen wir den Signalgeneratorpegel mal einen Tuck (=1dB;-) größer:



Abbildung 20: HF-Pegel um 1dB auf -13dBm erhöhen

Die ALC reagiert prompt...



Abbildung 21: ALC regelt "dicht"

....und regelt die HF so gut runter, wie sie kann (-49dBm), denn sie hält die eingespeisten -13dBm nun für "zu groß". Das verrät uns:

1. die ALC reagiert absolut korrekt auf das IST-Signal
2. das Soll-Signal ist zwischen -13dBm und -14dBm (genau das haben wir mit der Messung mit dem Speki und dem HP11636 ja auch schon gesehen)
3. der Dynamik-Regelbereich der ALC ist mindestens 53dB groß (+4dBm-(-49)dBm=53dB)

Fazit:

das Teil funktioniert einwandfrei und nun kennen wir auch die Regelgrößen. Die Frequenz (475MHz) wird vermutlich nicht stimmen, aber der Regelmechanismus für den Pegel scheint jedenfalls zu orgeln. Fein gemacht.

6 Signalfluss

Es gibt Dinge im Leben, die man wohl nicht ändern kann und die aktuelle Nicht-Verfügbarkeit der FSE-B10 Schaltungsunterlagen gehört im Moment für mich dazu. Aber ich werde deswegen den Kopf nicht hängen lassen, denn in selbigem steckt durchaus mehr als eine Gehirnzelle, deren Dienste ich nun in Anspruch nehmen werde und die mir sicherlich bei der Konstruktion des Tracking-Generator-Konzepts helfen kann.

Aus den bislang gemachten Messungen habe ich verstanden, dass ein 741,4MHz-Signal generiert werden muss, damit es in dem goldenen Block mit dem 1.LO, einer ZF und eben diesem 741,4MHz-Signal gemischt wird und am Ende mein 100MHz-Ausgangssignal erzeugt.

Es muss also einen Schaltungsteil geben, der genau diese 741,4MHz generiert. Und den gibt es: er heißt "Synthesizer" und ist netterweise auf dem Baugruppendeckel eingerahmt und beschriftet. Gucken wir uns also da mal um.

Quelle eines jeden Synthesizers ist sein VCO, der über eine Abstimmspannung in der Ausgangsfrequenz abgestimmt werden kann. Durch eine angeschlossene PLL müsste der also auf die 741,4MHz gezogen und dort auch gehalten werden. Diesen VCO suchen wir jetzt. Er müsste eine Art Spule, Leitung oder zumindest eine längere Leiterbahn besitzen, die als Induktivität wirkt. Und da sehe ich derzeit nur das da:

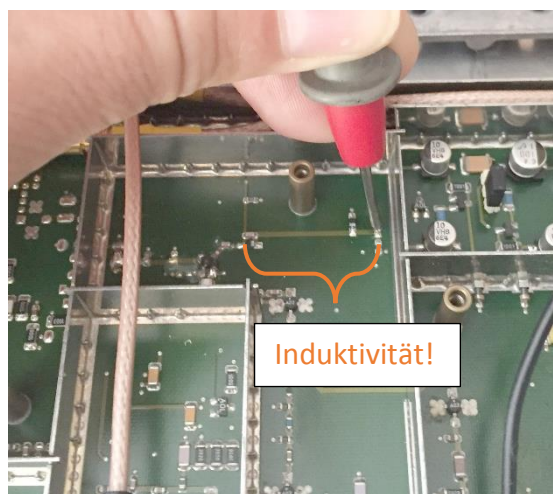


Abbildung 22: VCO

Von diesem VCO abgehend scheint das Signal durch eine Menge MMIC-Verstärker und Filter zu laufen, bevor es am Ende durch eine ALC (siehe Kapitel 5) auf den Wert von ca. -13dBm ausgeregelt wird, bevor es in den goldenen Metallblock eingeleitet wird. Zwischen drin läuft es über eine in der Platine befindliche SMB-Buchse, an der das VCO-Signal mit einem Pegel von ca. -12dBm zur Messung abgegriffen werden kann (Abbildung 23).

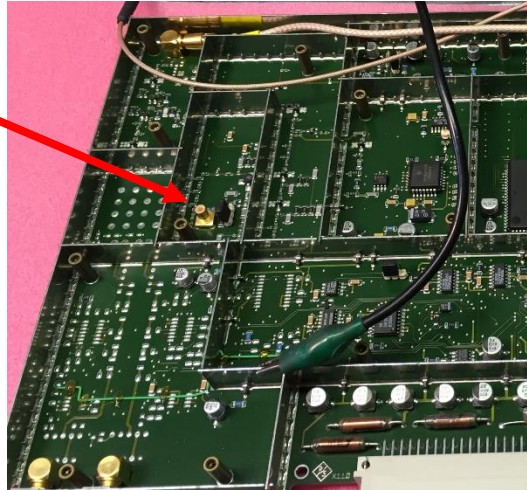


Abbildung 23: VCO-Signal Abgriff

Weil ich -wie gesagt- leider keine Dokumentation über diese Baugruppe habe, habe ich das getan, was ich immer in diesen Situationen tue:

ich mache ein Foto der Baugruppe, drucke es auf einen DIN-A4-Zettel aus und markiere mit kleinen Aufklebern verschiedene Punkte in der Signalkette. Ich wähle die Punkte so aus, wie mir das logisch erscheint; z.B. immer am Eingang und Ausgang einer Verstärkerstufe. Sobald ich das gemacht habe, schnappe ich mir meinen HF-Tastkopf und HF-Millivoltmeter und schnorchele damit den Signalfluss durch.

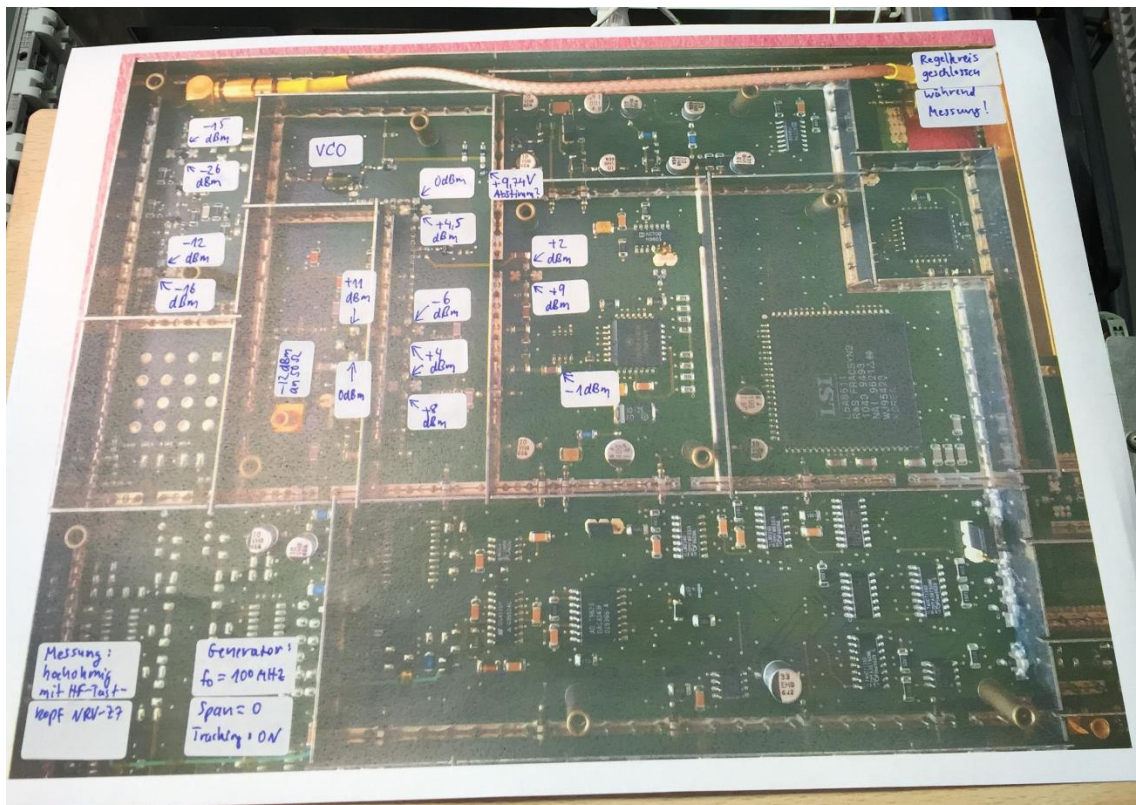


Abbildung 24: Signalflussanalyse mit Papier und Klebeschildchen

7 Es geht- und keiner weiß, warum

Ich habe Glück. Oder auch Pech, wie man es sieht. Denn: die Schaltung funktioniert auf einmal! Der VCO liefert saubere 741,4MHz und damit spuckt der TG auch die 100MHz/0dBm wie erwartet aus. Toll! Jetzt schnell die ganzen HF-Pegel auf der Signalkette messen, damit ich endlich mal Referenzwerte habe für einen 7GHz TG in funktionsbereitem Zustand!

Natürlich ist das nur als ein Daumenwert zu sehen, denn ich messe hier hochhohmig und alleine die Richtung des Tastkopfes zur Platine oder die Art, wie ich die Masseklemme ansetze, verändert die Messwerte teilweise um mehrere dB nach oben oder unten. Trotzdem: es ist ein erster Anhaltspunkt und besser als gar nichts, also wird das erstmal meine Grundlage sein.

8 Es geht wieder nicht- und auch diesmal weiß keiner, warum

Wenige Tage später tritt der Fehler wieder auf. Sofort zücke ich den HF-Tastkopf und prüfe nach, ob sich auf der Signalkette irgendwo etwas an Pegeln verändert hat. Das hat es- allerdings nur in ganz geringen Beträgen (von z.B. +/- 2dB), die jedoch auch durch die nun falsche (=da nicht gelockte) PLL-Frequenz erklärt werden können.

Ich stelle also fest: es scheint kein Problem der Signalkette zu sein, denn im Fehlerfall sind die gemessenen HF-Pegel entlang dieses Pfades nahezu unverändert zum "Gut-Fall". Es muss was anderes sein, was die Probleme macht! Es hilft nix, ich muss mir mehr Mühe geben, die Funktionsweise zu verstehen und daraus eine Fehlerfindungsstrategie abzuleiten. Also heißt die nächste Überschrift:

9 PLL-Konzept

Ich konzentriere mich mal auf die PLL. Zumindest so gut, wie ich es kann ohne Unterlagen. Doch weil ich inzwischen doch schon über einige (geringe, zugegeben) Erfahrung mit R&S-Technik verfüge, gelingt es mir doch, mich in die Schaltungsblöcke einigermaßen hineinzu-denken.

Fangen wir mit der Quelle an: dem VCO, also dem Oszillator. Diesen scheine ich relativ sicher im Layout erkennen zu können. Dieser VCO speist eine Signalkette, die durch eine Menge Verstärker, Filter, (eine Pegelregelung) geht und am Ende in den goldenen Block führt. Vorher jedoch wird ein wenig dieses Signals abgezweigt und der PLL zugeführt.

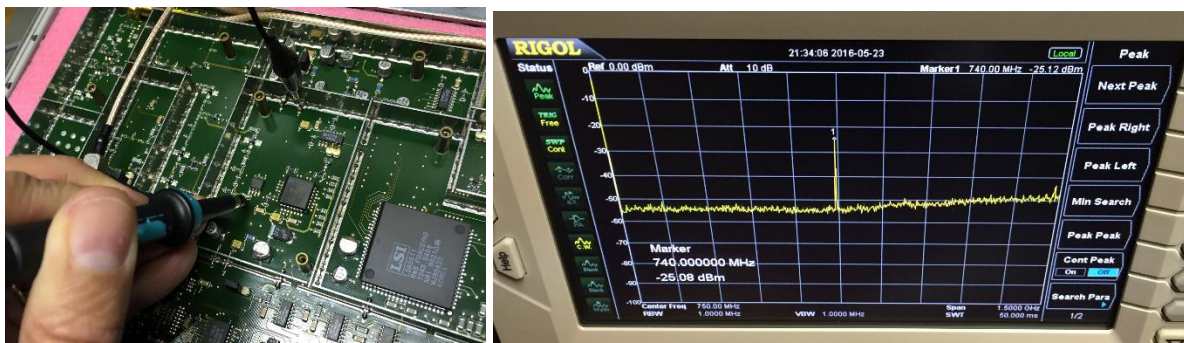


Abbildung 25: 741MHz-Signal am Eingang des Vorteiler-ICs...

Diese beginnt damit, dass man es einem Vorteiler zum Fraß vorwirft, der -nach Recherche des SMD-Codes auf dem Bauteil- ein UPB584 sein müsste und das VCO-Signal durch 2 teilt. Und das tut er, wie ich hier sehen kann:

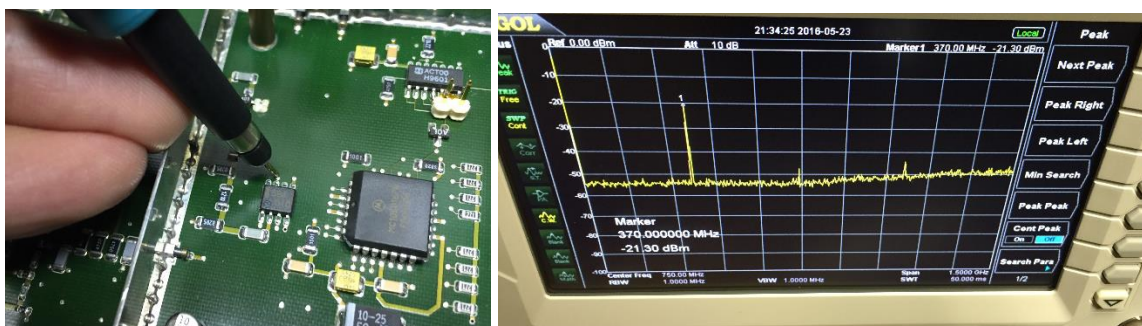


Abbildung 26: ...und am Ausgang genau 370MHz

Danach geht das durch 2 geteilte Signal an einen Binärzähler: einen MC10E016FN. Das ist ein 700MHz Counter, der durch "online"-Programmierung in Echtzeit(!) auch krumme Teilerfaktoren realisieren kann.

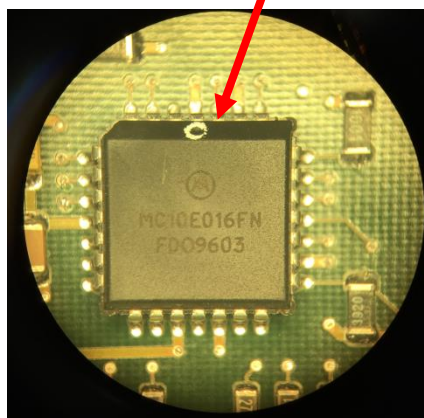


Abbildung 27: der MC10E016FN

Angesteuert wird das gute Teil von einem ASIC L5A 8611. Ein ASIC ist ein "Application Specific IC", also ein kundenspezifisch individuell angefertigter Schaltkreis. In diesem Falle trägt er den Namen von Rohde&Schwarz höchstpersönlich- will sagen: ist dort etwas defekt, wird die Luft sehr, sehr dünn. Alleine schon beim Auslöten, geschweige denn bei der Frage der Ersatzteilbeschaffung.

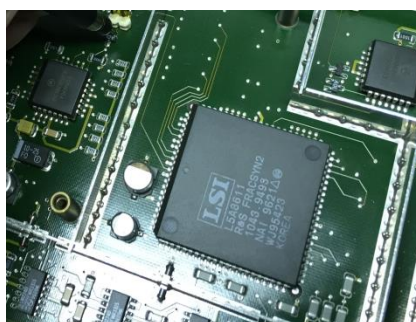


Abbildung 28: der ASIC

Ich darf schon einmal vorwegnehmen, dass der Counter durch den ASIC so angesteuert wird, dass sich am Ende ein exaktes 10,000 MHz-Signal ergibt, das dann mit einem 10MHz Referenzsignal (ebenfalls durch einen weiteren MC10E016FN erzeugt) verglichen wird. Sehr interessant, denn dazu muss der Counter durch exakt $74,14^*$ teilen. Wenn man Ein- und Ausgangssignal mit einem Frequenzzähler misst (selbst in nicht gelocktem Zustand) und nachrechnet, tut er das tatsächlich! Fragt mich nicht, wie genau man das macht, so einen krummen Teilerfaktor hinzukriegen, aber genau das ist ja auch ein Teil des Rohde & Schwarz- Know-Hows. Denn wenn es so einfach wäre, könnte es ja auch jeder ;-)

Ich vermute, dass sich dieser krumme Teilerfaktor nur realisieren lässt, indem man den Teilerfaktor zyklisch während der Teilung in Echtzeit auf einen anderen Wert hin- und her umschaltet. Meinetwegen für ein paar Taktzyklen durch 7414, und ein paar weitere nur noch 100. Oder 3707 und 50. Bestimmt hat R&S noch einen Teilerfaktor gefunden, der etwas "gleichmäßiger" ist, die benötigten 74,14 aber trotzdem noch sehr genau trifft.

Das Umschalten des Teilerfaktors des PLL-Teilers wäre auch eine Erklärung dafür, weshalb mein FMA Analyzer diesem 10MHz IST-Signal einen recht hohen Störhub bescheinigt. Für einen reinen Signalgenerator relativ tödlich, denn das erzeugt sehr hohe Störmodulation und Phasenrauschen. Für einen "einfachen" Tracking-Generator jedoch sicherlich unkritisch!

Dass der Counter genau so verwendet wird, kann ich nachweisen, indem ich an seinen digitalen Programmiereingängen (P0 bis P7) mal ein Oszilloskop ranhalte. Hier ist tatsächlich allerhand los: der ASIC tut super seinen Dienst und programmiert die dynamischen Teilerfaktoren ständig hin und her. Wenn man nun einen Logikanalyzer hätte (ich leider nicht), könnte man nun die Daten abhören und die verschiedenen, angelegten Teilerfaktoren re-engineerieren. So weit gehe ich jetzt erstmal nicht, aber grundsätzlich meine ich, jetzt was verstanden zu haben.

Sehr gut.

* eigentlich nur durch 37,07, weil der vorgeschaltete Vorteiler ja bereits schon fest durch 2 teilt!

10 Erstaunliche Effekte

Während ich also in diesem Schaltungsteil fröhlich herummesse und mit Tastspitzen und Messleitungen an allen möglichen Pins herumtippe, passiert plötzlich was: sobald ich mit der Multimeter-Messleitung an das Ausgangssignal des Counter-ICs MC10E016FN tippe (Pin19),

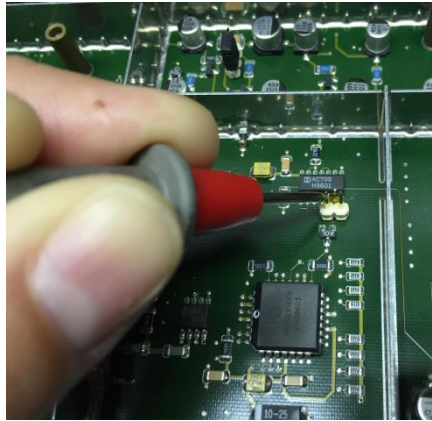


Abbildung 29: zum Aktivieren des Fehlers einfach nur hier drantippen....

rastet die PLL aus, die PLL-Abstimmspannung klettert auf fast 22Volt und infolge dessen springt der VCO auf eine Schwingfrequenz von über 1020MHz!

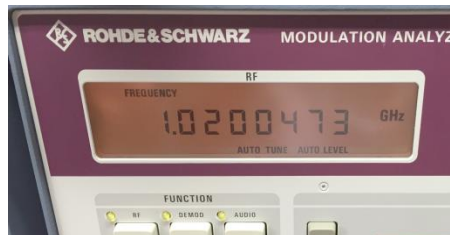


Abbildung 30: PLL am Anschlag

Die Sollfrequenz (10MHz) steht dabei aber weiterhin einwandfrei an, wie ich nachmessen kann.

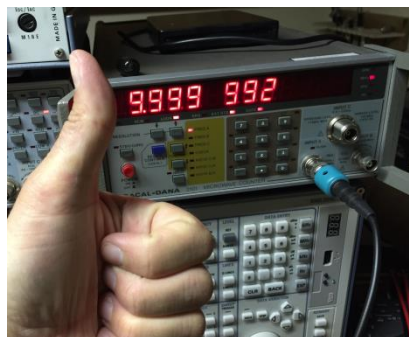


Abbildung 31: an der Soll-Frequenz liegt es aber nicht!

Der Vorteiler funktioniert in diesem Zustand aber noch und teilt brav durch 2:



Abbildung 32: selbst im Fehlerfall funktioniert der Vorteiler /2 noch!

Allerdings ist die Kommunikation zwischen ASIC und Counter zum Erliegen gekommen; d.h. während sonst durch 74,14 geteilt wird, wird nun nur noch durch 4 geteilt! (In: 1020,08MHz; out: 255,022MHz)!

Wenn wir bedenken, dass der Vorteiler nach wie vor fest durch 2 teilt, bedeutet das, dass der MC10E016FN Counter nun ebenfalls nur noch fest(!) durch 2 teilt und nicht mehr (dynamisch) durch 37,07!

Um so verrückter wird es nun, wenn ich mit derselben Tastspitze an Port6 (=Pin22) des Counter-ICs tippe:

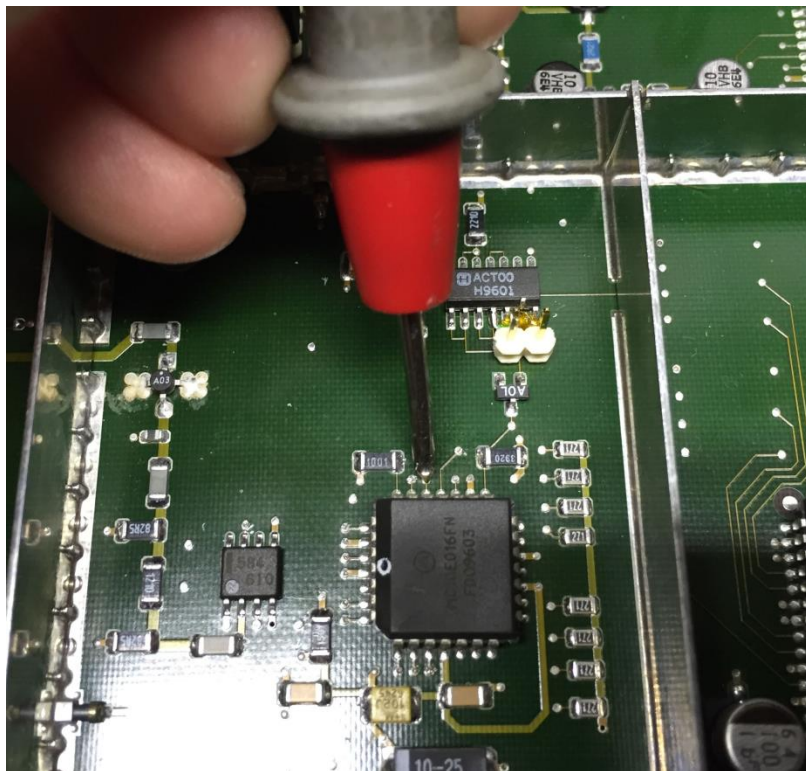


Abbildung 33: und zum Deaktivieren des Fehlers hier tippen!

Damit scheine ich den Fehler irgendwie "zurückzusetzen"; der Counter erhält wieder seine Teilfaktoren vom ASIC, teilt wieder richtig, die PLL rastet wieder ein und springt zurück auf 741,4MHz.

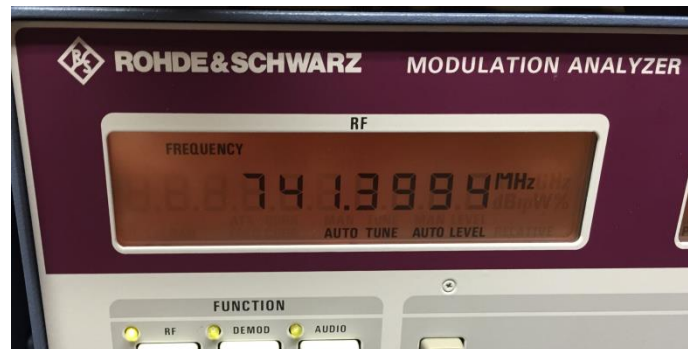


Abbildung 34: wieder alles gut!

Crazy!!

11 Systematik?

Das Verrückte dabei ist, dass ich mit dieser Prozedur den Fehler nun zuverlässig aktivieren und deaktivieren kann. Selbst, wenn die Messleitung in keinem Messgerät eingesteckt ist, also nur die reine Kabelkapazität der Messleitung wirken kann. Kurzes Tippen an den Counter-Ausgang: PLL rastet aus (und bleibt ausgerastet!). Kurzes Tippen an den Programmier-Port6 mit demselben Kabel: PLL rastet wieder ein. Wie soll ich bitte das denn verstehen??



Abbildung 35: ein einfaches Bananenkabel reicht aus, um die PLL zum Ausrasten zu kriegen!

Momentan habe ich keine Erklärung dafür. Die Betriebsspannungen sowie Logikpegel an diesem Baustein sind alle gemäß Datenblatt. Ich sehe auch selbst unter dem Mikroskop keine erkennbaren Brüche von SMD-Bauteilen, z.B. Pull-Up-Widerständen, oder sonstige kalte Lötstellen. Aus Verzweiflung entscheide ich mich für eine sehr "rude" Art:

ich wechsele einige Bauteile auf Verdacht!

Der Grund ist einfach: ich weiß, dass solche digitalen High-Performance-Chips manchmal sehr sensibel gegenüber ESD-Entladungen sind und daraufhin manchmal die lustigsten Fehlerbilder entstehen lassen. Meine Vermutung geht im Moment in Richtung "ESD-Vorschädigung", und sowas systematisch zu messen, ist -wenn überhaupt- nur sehr schwer möglich. Das Auslöten einiger Bauteile in unmittelbarer Umgebung dieses ICs dürfte einfacher sein.



Abbildung 36: auf Verdacht ausgelötet- scheint aber heile zu sein

12 Bauteiletausch

Ich platziere also ein paar Internet-Bestellungen und habe wenig später folgende Bauteile als Ersatz hier liegen:

- 74ACT00
- 74ACT74
- B5p (SMD Transistor)
- A0L (was eigentlich ein "A0" ist, der dritte Buchstabe scheint 'nen Seriencode zu sein; also eine HP2800 Schottky-Diode im SOT23-Gehäuse
- MC10E016FN

Nacheinander löte ich alles um. Die ausgelötete Diode und den Transistor erklärt mein Halbleitertesters bereits für heile, also mache ich mir kaum Hoffnung, hiermit durch den Tausch "zufällig" was repariert zu haben.



Abbildung 37: noch etwas provisorisch, aber es funktioniert: Heißluft SMD-Reworkstation

Für die Demontage der 74er-ICs setze ich meine neue SMD-Heißluftstation ein. Hier habe ich noch recht wenig Erfahrung im Umgang damit, aber es funktioniert doch recht gut. Mit etwa 300°C Temperatur lassen sich die Bauteile nach etwa 10 Sekunden sauber mit einer Pinzette aus den geschmolzenen Lötstellen herausheben. Mit einem selbstklebenden Aluminiumfolienband klebe ich umliegende Bauteile ab, um sie vor der Hitze zu schützen. Nach der Reinigung der Lötstelle (Weller Entlötkolben und Kontakt Chemie Leiterplattenreiniger) setze ich das neue Bauteil auf und löte es -Pin für Pin- mit meinem SMD-Lötkolben auf.

Bei dem dicken PLCC-IC war ich mir erst nicht sicher. Aber mit einer geeigneten Düse für den Heißluftkolben sowie etwas gesteigertem Luftstrom hat man das Teil nach spätestens 20..30s auch in der Hand. Eine unter das Bauteil geschobene Federgabel hilft dabei, dass das IC von alleine hochhüpft, sobald die Lötstellen geschmolzen sind.

Und das Ergebnis?

Naja. Die gute Nachricht: der Bauteiletausch hat funktioniert. Ich habe nichts kaputt gemacht.

Die schlechte: ich habe aber leider auch nichts heile gemacht!

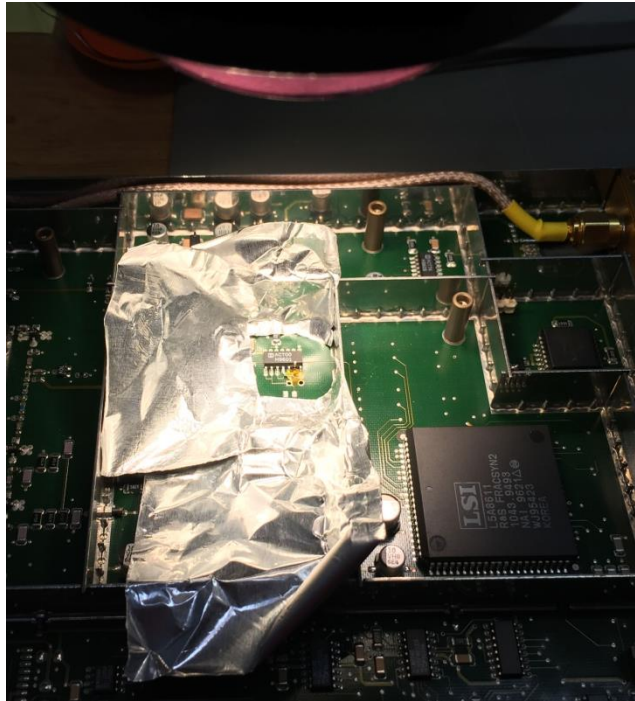


Abbildung 38: rundherum abgeklebt: gleich wird ausgelötet (ge"pustet")

Will sagen: die Schaltung verhält sich noch exakt so wie vor dem Bauteiletausch- der Provozieren des Ausrast-Fehlers durch meine Messstrippe gelingt noch genauso gut wie vorher. Trotzdem bringt uns auch das hier weiter, denn wir wissen nun, dass wir die gewechselten Bauteile getrost als Fehlerquelle ausschließen können.



Abbildung 39: sogar solche Maikäfer kriegt man damit raus

13 Gehirnschmalz

Was aber kann so ein Verhalten erklären?

Wenn eine PLL durch eine von außen eingespeiste Störung ausrastet, muss normalerweise das Regelprinzip dazu führen, dass sie von alleine wieder in ihre Ziellage zurückfindet. Hier scheint das nicht der Fall: obwohl der VCO im Fehlerfall bereits auf seiner maximalen Frequenz schwingt, ist das der PLL noch immer nicht "genug" und versucht durch Anlegen der maximal möglichen Steuerspannung von +22V an die VCO-Kapazitätsdioden, ihn noch weiter nach oben zu treiben.



Abbildung 40: Modus zum Aktivieren der Gehirnzellen

Erklären kann ich mir dieses Verhalten bei einer PLL nur, wenn sie beispielsweise das VCO-IST-Signal nicht erhält. In diesem Fall würde sie denken, der VCO würde auf einer unendlich kleinen Frequenz schwingen, was sie dann dazu treiben würde, den VCO mit aller Gewalt auf eine höhere Frequenz zu bringen.

Ich kombiniere: für den Fall, dass der VCO es irgendwie schafft, auf 1021MHz zu schwingen und der Counter nur noch durch 4 teilt, schickt dieser Teiler plötzlich nicht mehr ein Signal von 10MHz, sondern von 255MHz an die PLL! Das Datenblatt für einen 74ACT00 sagt, dass die Durchlaufzeit durch ein Gatter typisch 5ns beträgt. Das entspricht bereits einer maximalen Frequenz von 200MHz. Wenn wir nun noch die im Datenblatt ausgewiesenen Flankensteilheiten von $3\text{ns}+3\text{ns} = 6\text{ns}$ hinzuzählen, kämen wir bereits auf 11ns- entsprechend 90MHz. Ich weiß nicht, ob man das so rechnen darf, ich finde im Datenblatt leider keine maximal erlaubte Betriebsfrequenz. Doch meine überschlägige Rechnung zeigt bereits, dass bereits das erste, dem Counter nachfolgende IC mit einer solch hohen Eingangsfrequenz von 255MHz vermutlich stark überfordert wäre. Das Ausgangssignal könnte dem Eingang nicht mehr folgen- und möglicherweise der PLL (fälschlicherweise) signalisieren, dass es gar kein Eingangssignal gäbe. Demzufolge würde die dann die Abstimmungsspannung auf das Maximum hochreißen- genauso, wie wir es hier erleben!

Könnte also eine Erklärung sein, muss aber nicht. Falls ich aber Recht habe, könnte ich den Münchnern tatsächlich mal was am Zeug flicken, denn meiner Meinung nach darf man eine PLL-Schaltung niemals so konstruieren, dass es passieren kann, dass der VCO in einem Frequenzbereich schwingen kann, der den Funktionsbereich der PLL verlässt. Tut man das doch, so kann es passieren -wie hier vielleicht- dass eine Störung im Signal dazu führt, dass die PLL in diesen "verbotenen Bereich" springt und von dort auch nicht mehr zurückfindet!

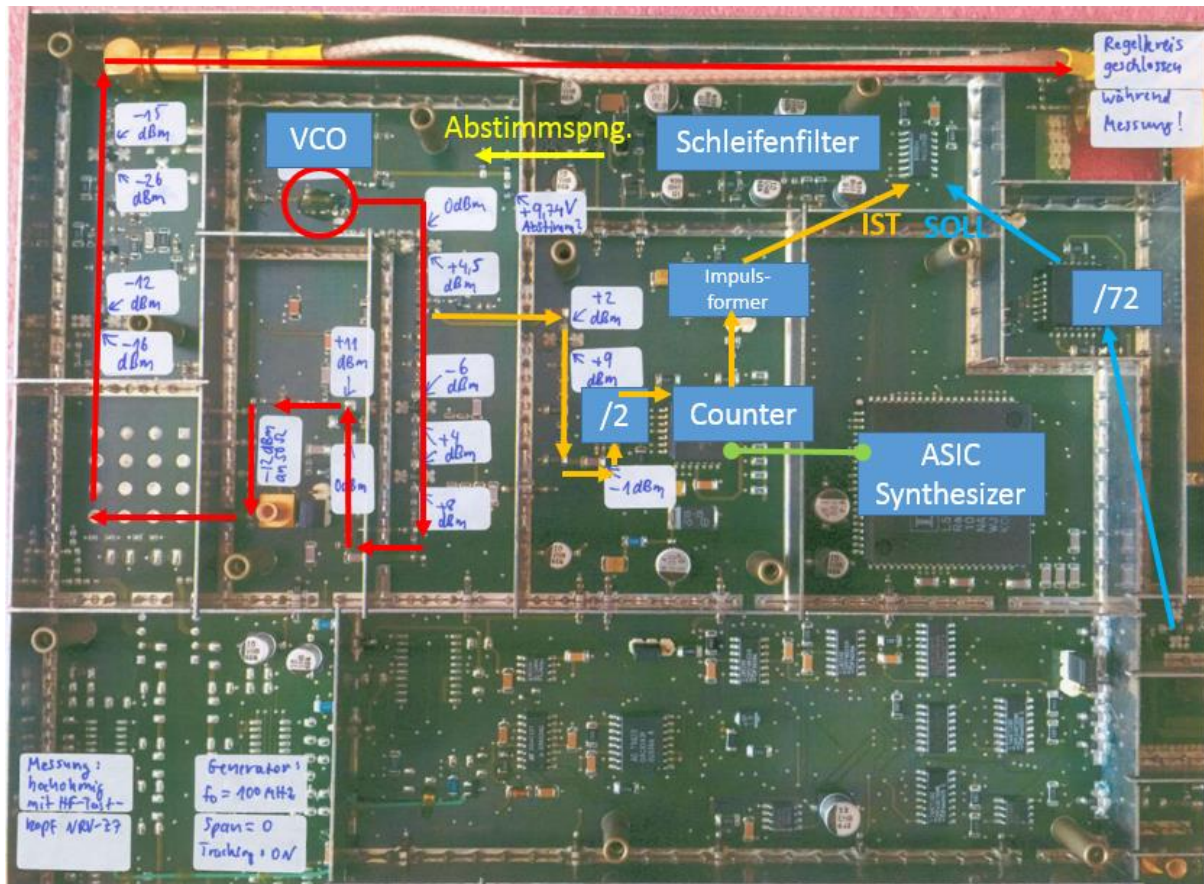


Abbildung 41: ein Teil der PLL enträtset

14 Gehirnschmalz II

Was also kann hier passieren?

In viel Kleinarbeit nehme ich mir mal das Schaltbild auf. So langsam sammle ich ein paar Schnipsel meines großen PLL-Puzzles auf. Das durch den Counter durch 37,07 geteilte VCO-Signal (=10MHz) wird auf ein 74ACT00 Gatter gegeben, das -nach näherem Hinsehen- eine Pufferstufe und ein Monoflop bilden. Wie meine Messungen beweisen, scheint das Monoflop die geteilten Impulse auf eine feste Impulsdauer von ca. 100ns zu verlängern.

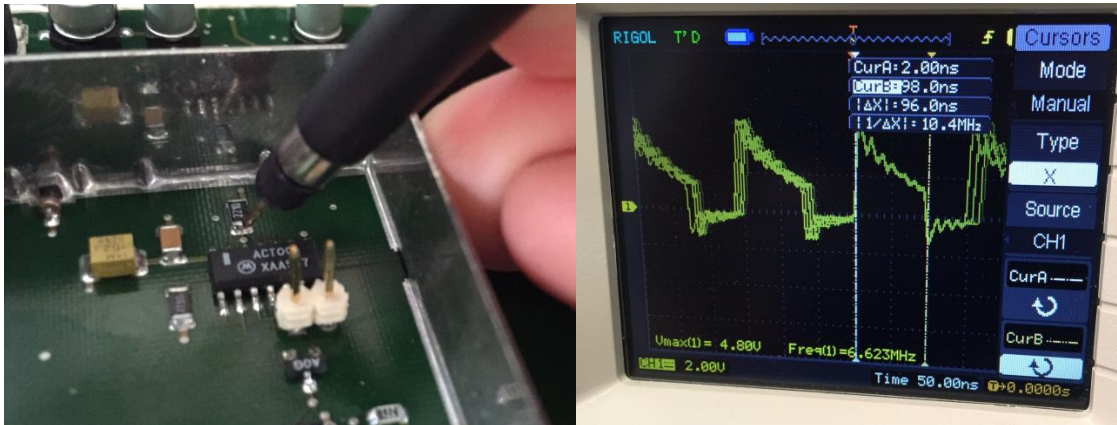


Abbildung 42: Messung am Ausgang des 74ACT00

Das so behandelte Signal wird auch abgegriffen und zum ASIC weitergeleitet! Aha!!

Folge Idee: VCO kriegt aus irgendeinem Grund eine Störung und schwingt zu hoch. Schwingung so hoch, dass 74ACT00 nicht mehr folgen kann. Dadurch bleibt Taktsignal an ASIC aus, ASIC bleibt daraufhin ebenso stehen. Dadurch keine Programmierung des Counters mehr => der teilt nur noch durch 2 => Schwingung jetzt so hoch, dass auch 74ACT00 nun nicht mehr folgen kann und kein Ausgangssignal mehr in Richtung ASIC liefert. Dieser denkt daraufhin, dass die PLL gar nicht mehr arbeitet und stellt auch das Ansteuern des Counters ein. Damit bleibt er auf Teilerfaktor 2 stehen!. => Es tritt ein stabiler (aber falscher) Zustand ein! Die PLL findet nicht mehr zurück in den normalen Betrieb!

Der Weg zurück:

das Tippen mit der Messspitze an Port6 des Counter-ICs führt vielleicht dazu, dass dieser kurzzeitig einen höheren Teilerfaktor "programmiert" kriegt als 2. Dadurch kommt VCO-Signal kurzzeitig wieder in einen Frequenzbereich der PLL, in dem der 74ACT00 arbeitet => er liefert wieder Taktsignal an den ASIC, woraufhin der dann wieder mit seiner Arbeit beginnt und den Counter korrekt ansteuert. Dieser teilt daraufhin dann wieder brav durch 37,07, wodurch die PLL dann wieder in den Fangbereich eintritt und einrastet!

Wenn ich damit recht hätte, müsste sich das doch beweisen lassen, indem wir den Takteingang zum ASIC hin untersuchen und gezielt mit einem Signalgenerator höhere Frequenzen einspeisen in die Teilerkette und mal schauen, ab wann die ICs nicht mehr richtig arbeiten und die Arbeit einstellen.

Jungs, wenn das wahr wäre, hätte ich damit -seit Jahren- tatsächlich mal wieder einen richtigen "Klinken" in einer R&S-Hardware gefunden. Zum letzten mal ist mir das gelungen beim Schaltnetzteil des SMFP2, also schon viele Jahre her!

15 Von einem Extrem ins Andere

Mann mann mann.

Jetzt guckt Euch diesen Mist an. Ich messe wieder am Ausgang des VCO:



Abbildung 43: nein, das sind nicht 741MHz, sondern nur 474MHz!!

Ich war gerade dabei, die Pulsbreiten des 74ACT00 Monoflops nochmal zu messen (siehe Abbildung 42), stecke meine Messspitze in den 7400 und schwupps- auf einmal ist der VCO bei 475MHz, die PLL-Abstimmspannung bei 1,4Volt und das Gerät natürlich unlocked.

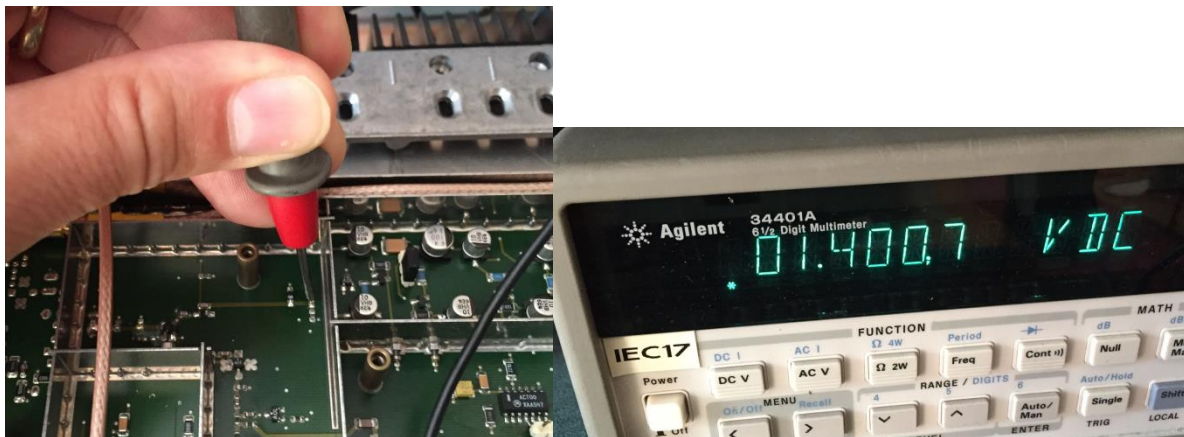


Abbildung 44: Messen der VCO-Abstimmspannung

Was ist denn DAS nun schon wieder?!????

Tja. Nun der umgekehrte Fall: diesmal fehlt der PLL die SOLL-Frequenz. Das ist ja wie im Bilderbuch bzw. Lehrbuch! Wo vorher die IST-Frequenz fehlte und die PLL an den positiven Anschlag drückte, fehlt nun stattdessen die SOLL-Frequenz und -folgerichtig!- klebt die PLL am anderen Ende. Sehr schön, dann kann ich gleich die Endfrequenzen und damit den VCO-Regelbereich herauskriegen (der ist wenigstens sehr schön "mittig" eingestellt, jeweils fast 80MHz Luft zu seinem Aussteuerbereich nach oben und nach unten!), aber so richtig glücklich macht mich das jetzt auch nicht.

Schon wieder was gestorben?

Ich messe nun am SOLL-Counter. Wieder ein MC10E016FN. Am Ausgang sieht man kein Signal. Am Eingang (Pin27) kann ich mit dem Oszi erstmal nichts sehen. Das aber liegt an meinem Oldschool Oszi (50MHz analog). Der Frequenzzähler nämlich sagt: doch, da liegen 720MHz an!

Oh! Da fällt mir was auf!

Jungs!

Table 10. AC CHARACTERISTICS $V_{CCX} = 5.0\text{ V}$; $V_{EE} = 0.0\text{ V}$ or $V_{CCX} = 0.0\text{ V}$; $V_{EE} = -5.0\text{ V}$ (Note 9)

Symbol	Characteristic	0°C			25°C			85°C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
f_{MAX}	Maximum Toggle Frequency		700		700			700			MHz
f_{COUNT}	Maximum Count Frequency	700	900		700	900		700	900		MHz
t_{PLH}, t_{PHL}	Propagation Delay to Output										ps
	CLK to Q	500	725	900	500	725	900	500	725	900	
	MR to Q	500	775	900	500	775	900	500	775	900	
	CLK to $\overline{TC}$	500	775	900	500	775	900	500	775	900	
	MR to $\overline{TC}$	500	775	900	500	775	900	500	775	900	

Abbildung 45: Auszug aus Datenblatt MC10E016FN

Bitte! Ihr Münchner seid Idole für mich, also macht doch nicht sowas!

Wenn das Datenblatt nur 700MHz garantiert, dann dürft ihr doch nicht 720MHz einspeisen! Also, ok. Alle anderen dürfen das, aber ihr doch nicht!!! Ihr baut doch sonst mit so viel Reserve!!! Arrgghhh!!

Nun gut, sei es drum. Ich kann nur inständig hoffen, dass man bei R&S deshalb auf speziell selektierte MC10E016FN zurückgegriffen hat, bei denen die Funktion mit 720MHz noch garantiert ist.

Damit die PLL funktioniert, muss sie ein 10MHz SOLL-Signal angeboten bekommen, so viel weiß ich ja schon. Das bedeutet, dass dieser Zähler durch 72 teilen muss ($720\text{MHz} / 72 = 10\text{MHz}$).

Laut Datenblatt muss man dann rechnen:
 $256 - 72 = 184$

In binärer Schreibweise wäre das:

Port	Gewichtung Wert dezimal	Wert 184 in Binär	Pin am IC	Messwert an den Pins des ICs
P7 (MSB)	128	1	23	H
P6	64	0	22	L
P5	32	1	21	H
P4	16	1	7	H
P3	8	1	6	H
P2	4	0	5	L
P1	2	0	4	L
P0	1	0	3	L

Ha! Passt! Alle "High" und "Low" an den Pins passen zum Wert "184".

Die Beschaltung wurde also wirklich so ausgelegt, dass das Teil fest durch 72 teilen soll. Gut, das scheint ich verstanden zu haben.

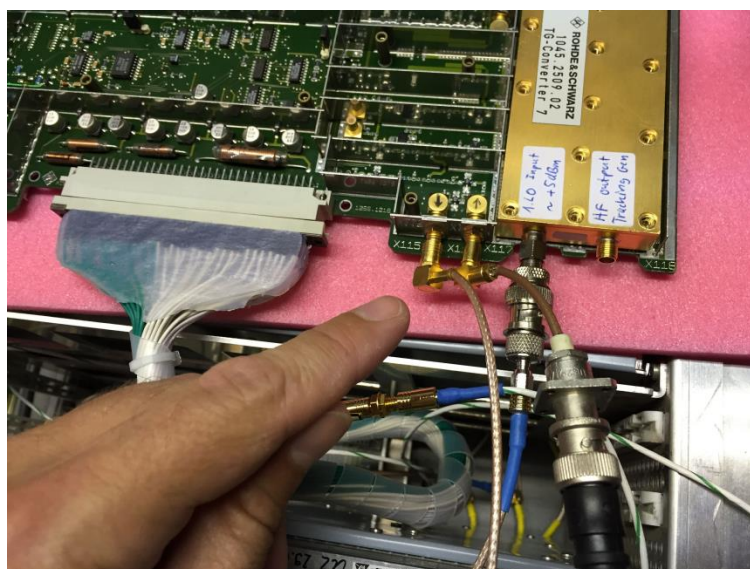


Abbildung 46: hier wird die 720MHz Referenzfrequenz in die Baugruppe eingespeist- und auch gleich wieder ausgekoppelt

Das hochohmige HF-Voltmeter meint, es längen etwa -3dBm am Clock-Eingang des ICs an. Aber reicht das? Ich habe leider kein Oszi, mit dem ich die High/Low Spannungspegel bei 720MHz messen und mit dem Datenblatt vergleichen kann. Der Speki hilft mir hier leider auch nicht mehr wirklich weiter. Ich weiß nur: am anderen IC liegen +5dBm mit demselben hochohmigen Messkopf und dem R&S NRVS an, damit es läuft. Das sind immerhin 8dB mehr! Liegt es vielleicht da dran, dass da nix mehr rauskommt? Zu wenig Eingangspegel?

Ansonsten scheint das IC nicht besonders angesteuert zu werden; d.h. seine Funktion ist durch das Layout fest vorgegeben ("Teiler durch 72") und das Layout habe ich ja nicht verändert durch mein Messen. Also kein kompliziertes Laden von "krummen" Teilerfaktoren durch den ASIC.

Ist es "einfach so" gestorben?
Das kann ich ja schon wieder kaum glauben.

16 Teil-Lösung

Nach einigem hin- und herüberlegen entschieße ich mich dazu, der "zu-wenig-Pegel"-Option den Vorzug zu geben. Ich vermute (und werde damit richtig liegen!), dass das Teiler-IC selbst heile ist, aber nur zu wenig HF-Pegel angeboten bekommt.

Ich zücke also erneut den URV5-Z7 HF-Tastkopf und messe (hochohmig) die verschiedenen HF-Pegel in der 720MHz Referenzfrequenz Signalkette.

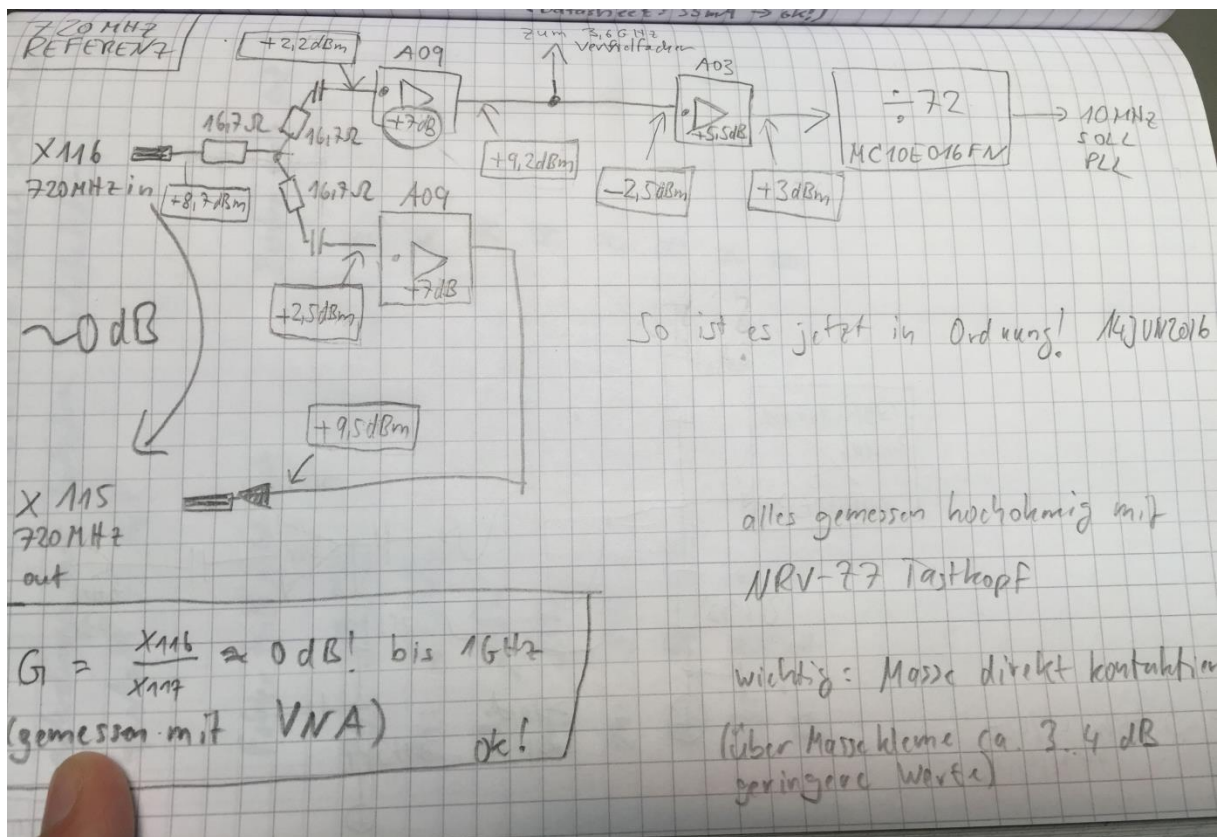


Abbildung 47: selbst aufgenommenes Blockschaltbild der 720MHz-Umgebung

Eingespeist wird sie durch X116 mit einem Pegel von etwa +8,7dBm. Es folgt eine mir recht gut bekannte Power-Divider-Schaltung, die aus einem Stern von drei 16,7Ohm-Widerständen besteht. Dieser teilt das Signal gleichmäßig auf seine beiden Zweige auf, so dass an seinen Ausgängen etwa +2,2dBm und +2,5dBm anliegen und die nachfolgenden Signalketten (jeweils ein MMIC des Typs "A09") ansteuern.

Und hier habe ich bereits die erste Auffälligkeit. Während der eine Signalzweig mit dem A09 eine Verstärkung von etwa 6dB macht (also das 720MHz-Referenzsignal mit etwa +10dBm wieder dem FSEM an X115 zur Verfügung stellt), erlebe ich auf dem anderen Signalzweig eine "Verstärkung" von -5dB (minus!)*. Und das ist ausgerechnet der Signalzweig, der zur PLL Soll-Frequenz führt! Aha!

Nach kurzer Analyse der Schaltung fällt mir eigentlich kein Grund mehr ein, weshalb der eine A09 eine Verstärkung von minus 5dB machen darf, während der andere plus 6dB schafft. Mir wird also klar: das Teil muss raus und durch ein neues ersetzt werden.

* im Bild oben sind Werte des bereits reparierten Systems mit A09 angegeben! (+7dB Verstärkung statt -5dB)

17 A09 und A03

Es beginnt wieder die Suche, was genau ein "A09" und ein "A03" eigentlich ist. Dank Internet komme ich darauf, dass "A09" ein MMIC des Typs MSA0986 ist und der A03 ein MSA0385 sein muss. Beide kann ich im Internet erstehen und schon wenige Tage später habe ich sie im Briefkasten.

Weil MMICs im Betrieb meist ziemlich heiß werden, habe ich beschlossen, gleich beide Teile zu erneuern. Meine SMD-Reworkstation leistet wieder tolle Dienste beim Auslöten. Nach kurzer Zeit sind die beiden MMICs gewechselt und ich erhalte folgende Werte an den Ein- und Ausgängen (siehe Abbildung 47).

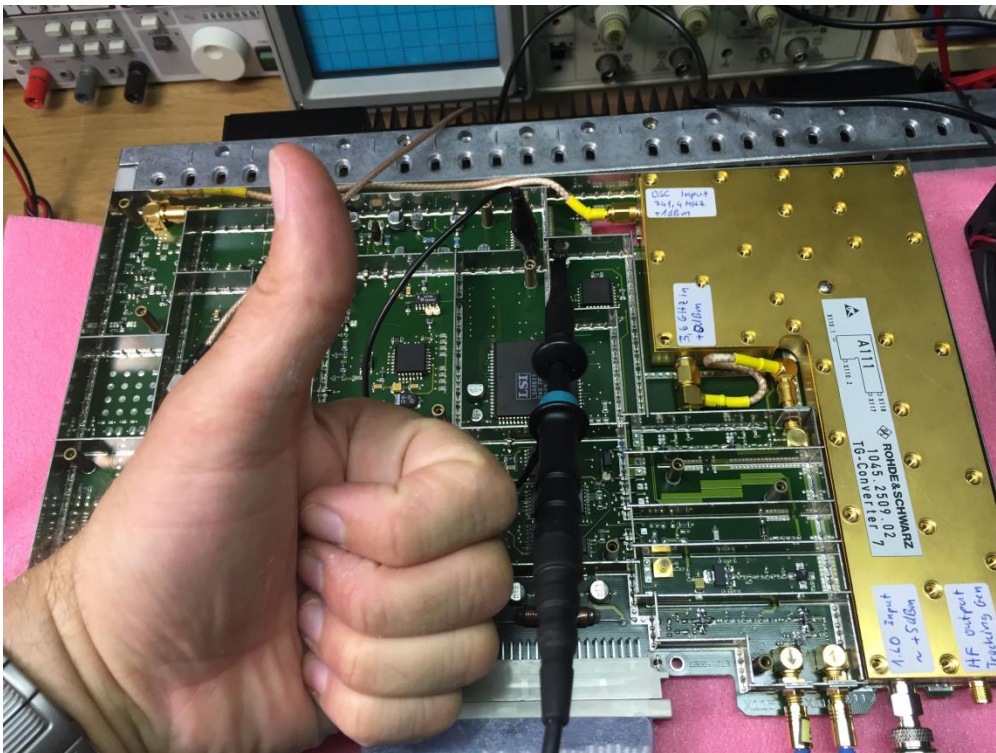


Abbildung 48: jetzt geht die Referenzfrequenzzeugung wieder! (Bild zeigt die Messung der 10MHz SOLL-Frequenz am Testpunkt mit Oszi-Tastkopf)

Jawoll, das sieht schonmal viiiiel besser aus. Und damit liefert die PLL prompt sofort wieder ein SOLL-Signal, als sei nie was gewesen. Weshalb das Teil ausgerechnet beim Klimpern mit meinem Tastkopf in genau diesem Moment ausgefallen ist- keine Ahnung. Aber nachweisbar ist: der A09 war hin, denn jetzt erlebe ich ebenfalls eine Verstärkung von +7dB (statt vorher minus 5dB) und das dürfte sogar auch die 3,6GHz-Erzeugung positiv beeinflusst haben. Vielleicht war aber der A09 auch schon vorher defekt und hat nur jetzt gerade mal den Fehler gezeigt.

Wir werden es nie erfahren, aber wichtiger ist, dass wir diesen Fehler erstmal gefunden und repariert haben. Trotzdem: es bleibt das Phänomen mit der ein- und ausrastenden PLL.

18 Und wie weiter?

Erstmal sacken lassen. Wie viele meiner Projekte, gibt es Phasen, da habe ich erstmal andere Dinge zu tun, die tatsächlich **noch** wichtiger sind und der FSEM muss erstmal ruhen.



Abbildung 49: manchmal gibt es wirklich **noch wichtigere Dinge im Leben. Zum Beispiel, dem 4Jährigen Nachwuchs auf einer Vereinswanderung durch den schönen Salzgitteraner Wald das Biertrinken beizubringen* ;-)**

(*Bevor mir jetzt zahlreiche aufgebrachte Mütter und Väter schreiben: der Kleine hat natürlich keinen Tropfen Alkohol getrunken und nur in die leeren Flaschen reingepustet und sich darüber gefreut, dass sie dann Töne machen. Die Shaun-das-Schaf-Kekstüte unten links im Bild ist aber tatsächlich seine eigene ;-)

Aber zurück zum TG. Eine kleine Pause hilft manchmal dabei, seine Gedanken zu ordnen, neue Kraft zu schöpfen und nochmal Anlauf zu nehmen. Oder einige aufgegebene Reparaturpfade neu zu überdenken und wieder aufzunehmen oder mit anderen Messmitteln präziser zu bewerten. Nicht zuletzt hilft mir auch das Schreiben dieses Berichts, meine Gedanken zu sammeln und mir über einige Dinge -mit dem notwendigen Abstand- nochmal klar zu werden.

Es ist nun Mitte August 2016; angefangen hat dieses Projekt im Mai 2016. Nach den letzten Wochen schöpferischer Pause werde ich das Projekt nun nochmal neu anstarten. Beginnen werde ich damit, die gewonnen Erkenntnisse alle nochmal neu zu bestätigen. Und zwar:

1. Das Fehlerbild kann man mit dem Tippen einer leeren Messleitung an zwei verschiedenen Messpunkte ein- bzw. ausschalten.

2. Die PLL IST-Frequenz sieht am Messpunkt hinter dem Teiler-IC so aus:

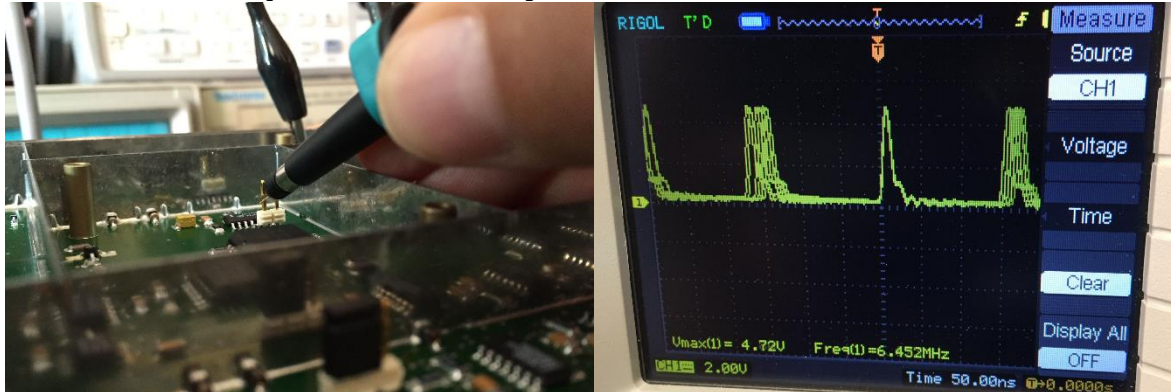


Abbildung 50: Messung IST-Frequenz

3. Die PLL SOLL-Frequenz sieht hinter dem anderen Teiler-IC so aus:

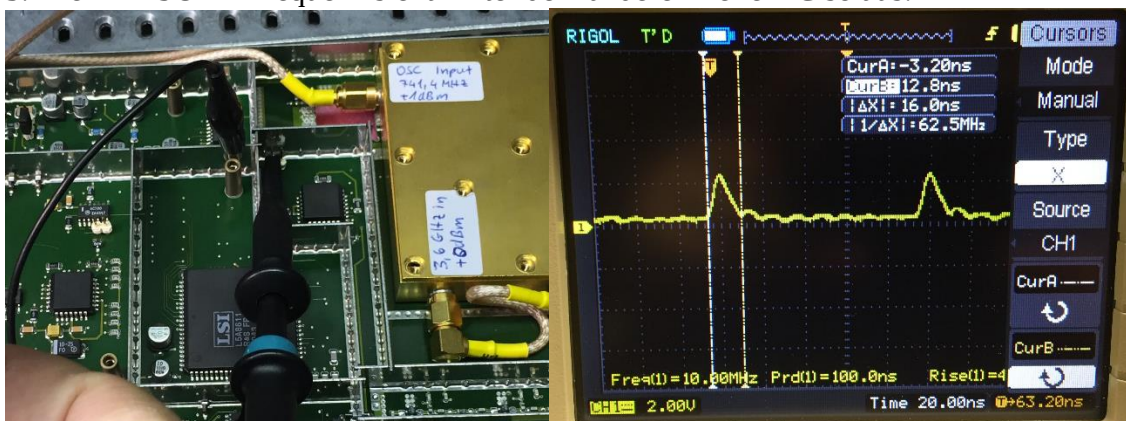


Abbildung 51: Messung SOLL-Frequenz

Tja, so weit so gut. Nach alledem bin ich aber noch immer ratlos, was ich nun sonst noch tun kann ohne Schaltbild und ohne einen weiteren Hinweis. Es bleibt eine letzte Idee:

Rolf!

Rolf kennt ihr schon aus meinen früheren Berichten; ein Ausnahmesportler und ebenso -Bastler, der tatsächlich auch über hervorragende Messgeräte verfügt und der mir damals mit dem Ausleihen seiner einen Semi-Rigidleitung absolut aus der Patsche geholfen hat. Rolf baut für mich regelmäßig seine Geräte auseinander, schickt mir ganze Baugruppen zu und ich analysiere dann. Gäbe es für Messgeräte Medaillen oder wäre es olympische Disziplin, hätte Rolf definitiv die Goldmedaille in der Kategorie "Sportsgeist" verdient. Denn wer sonst schraubt erst aufwändig seine Messgeräte auseinander, nur um sie dann in Einzelteilen quer durch Deutschland zu verschicken, nur damit ich mit meinen Messgerätereparaturen hier weiterkomme!

Wahrscheinlich gibt es nur eine Handvoll Bastler weltweit, die so verrückt sind, aber Rolf ist eben so einer. Ohne auch nur mit der Wimper zu zucken, baut er seinen 7GHz-Trackinggenerator (es ist ein FSE-B11; also 7GHz mit IQ-Modulator) aus seinem FSEB30 aus, steckt sie - exzellent verpackt, wie immer - in einen Karton und schickt sie mir einfach zu. Einfach so. Damit ich meine Tests machen kann. Und Humor hat er auch noch:



Abbildung 52: Spaßvogel!

Unglaublich!!!

19 Vergleichstest

Und nun wird es spannend.

Ich baue Rolf's TG-Baugruppe ein, tippe mit der Messspitze an denselben Testpunkt wie bei mir, und.....

Zack!

...das Teil rastet ebenfalls aus! Ich glaube es nicht!

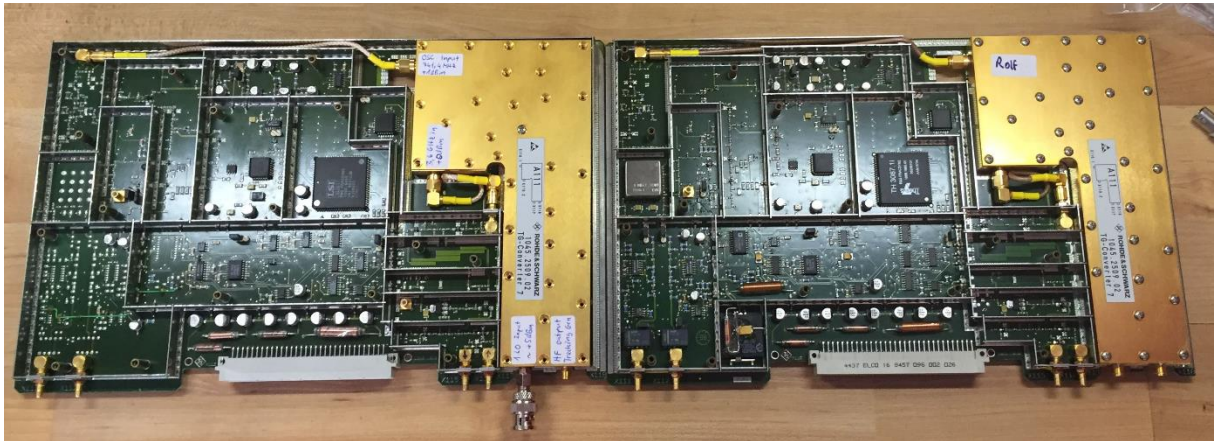


Abbildung 53: doppeltest Lottchen: meine und Rolfs Baugruppe

Nachdem ich mich erstmal gesetzt hatte, habe ich die Baugruppe ausgiebig (optisch) mit meiner verglichen und auch fotografiert. Aber besondere Unterschiede zu meiner konnte ich -zu- mindest in den interessierenden Schaltungsteilen- nicht feststellen. Auch die Pulsbreiten von SOLL- und IST-Frequenzen sind identisch zu meiner Baugruppe.

Ich weiß nicht weiter.

Und immer, wenn ich nicht weiter weiß, gibt es da ein paar Kollegen in München, die da schon innerlich zusammenzucken. Richtig: ich wende mich direkt an den Hersteller und frage einfach nach.

20 Customer Service

Wie so oft, bin ich sowas von dankbar, dass man diese Jungs (und Mädels) glücklicherweise noch nicht wegrationalisiert oder durch eine Computer-Telefonhotline ersetzt hat! Hier kann man noch echte Menschen (meist sogar Bayern ;-)) anrufen, mit denen man auch echt sprechen kann. Und bei uns norddeutschen Flachköpfen bemüht man sich sogar noch um eine möglichst "nördlicher Breitengradkompatible" Aussprache. Was will man mehr!

Und in der Tat nimmt man mein Thema in München tatsächlich ernst! Bereits wenige Stunden nach meiner Kontaktaufnahme hat man Entwickler und Servicemitarbeiter für die FSE Spektrumanalyzerserie ausfindig gemacht und meine Mitschriften und Bilder analysiert.

Tatsächlich war R&S die von mir gemachte Beobachtung bislang nicht bekannt und auch sie gehen davon aus, dass die digitale Teilerschaltung durch mein Antippen mit der Messleitung irgendwie aus dem Tritt kommt. Nur: bis zum heutigen Tag gab es damit nie Probleme oder irgendwelche Fehlerschwerpunkte. Sogar alle vorhandenen Reworks (bei R&S heißen die "Service Circular") hat man durchgesehen- nix für den Tracking Generator dabei!

Man entschuldigt sich sogar, dass man heute -etwa zehn Jahre nach Produktionsstopp der FSE's- leider auch keine gründlicheren Nachforschungen mehr anstellen könne. Einzig eine Vermutung, dass Alterungseffekte möglicherweise die von mir beobachteten Effekte auslösen könnten, könne man vielleicht noch mutmaßen.

Am Ende habe ich irgendwie das Gefühl, dass der Customer Service mit seiner Rückmeldung selber nicht so richtig zufrieden ist. Trotzdem nehme ich für mich ein positives Fazit mit:

1. Meine Beobachtung hat im Feld zu keinem Fehlerschwerpunkt geführt

Damit ist es unwahrscheinlich, dass mich dieses Problem in der Praxis ärgern wird.

2. Es gibt keine Rework-Anleitung für den TG

Bedeutet: nix versäumt, es gibt nichts, das ich noch dringend irgendwo einlöten müsste

3. Vermutlich kein Fehler!

Da mein Problem an beiden Baugruppen identisch auftritt, und Rolf niemals Probleme mit einem ausrastenden TG hatte (obwohl sein TG von dem Messleitungs-Tipp-Phänomen betroffen ist!), wächst in mir das Vertrauen, dass auch ich keinen Stress mit diesem Verhalten kriegen werde.

21 Klare Worte

Ich will mal ganz klar sagen:

so wirklich "toll" ist das alles natürlich nicht. Ich habe eine Baugruppe, die ich durch bloßes Antippen mit einer Messleitung "abschießen" kann. Der Hersteller kennt das Phänomen nicht und dementsprechend gibt es auch keine Maßnahme dafür. Ich habe keinen Beweis, dass das Problem nicht auch im normalen Alltag auftreten kann, wenn es sich schon so empfindlich gegenüber den paar pF einer Messleitung zeigt.

Trotzdem:

Alleine die Tatsache, dass man meine Anfrage beim Hersteller tatsächlich ernsthaft bearbeitet und analysiert, finde ich schon umwerfend. Versucht das mal bei Eurem Fernseher oder Internet-Provider, wenn die TV-Box mal wieder abgestürzt ist. Auch wenn ich nun erstmal keine "Lösung" habe, bin ich trotzdem weitergekommen, denn:

mit dem Wissen, wirklich alles versucht zu haben, lasse ich es hiermit nun gut sein!

Wie jetzt- einfach aufhören?

Ja! Denn wenn der Hersteller selbst in diesem Punkt noch nicht einmal weiterkommt, was bitte soll ich denn dann noch auf eigene Faust erreichen?

Mit dem Wissen, keinen Rework-Index versäumt zu haben und einer zweiten TG-Baugruppe, die sich identisch zu meiner verhält, schraube ich meine FSE-B10 schließlich zu und mache ein aufgeklärtes Gesicht. Man muss auch wissen, wann es zu Ende ist und ich denke, hier ist es so weit. Ich habe immerhin einen Fehler gefunden (in der 720MHz Referenz) und wenn ich mich recht erinnere, blieb mein FSEM damals auf den Funk.TAG in Kassel auch richtig "stehen". Das deutet sowieso mehr auf ein Problem mit der Referenzfrequenz hin denn auf ein Problem mit einer ausgerasteten PLL.

Egal- ich stecke also den TG wieder ins den FSEM und messe einen ziemlich glatten Pegelsweep von -35dBm.

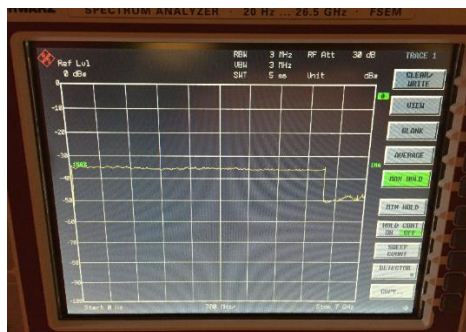


Abbildung 54: Alles gut...oder nicht?

Wie jetzt.....-35dBm???

So ein Mist!

Und das eröffnet uns das nächste Kapitel!

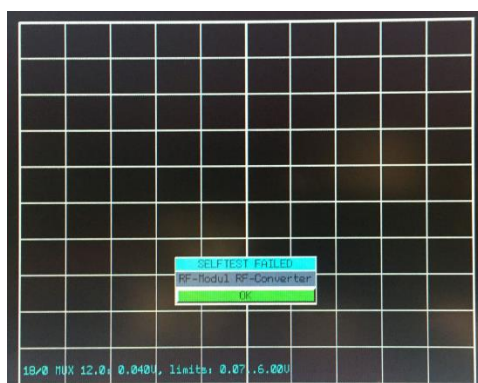


Abbildung 55: Verflixt!!!

22 Aaargh



Abbildung 56: Verkackungssirene II, Landert MSL-3 mit 4kW Nennleistung

Foto: M. Widera

Es ist wieder soweit. Ein Fall für eine neue Verkackungssirene. Hier das Modell "MSL-3", das bei Matthias tatsächlich privat zu Hause im Garten steht. Böse Zungen behaupten, Mutti würde sie öfter mal eben kurz anreißen, um zum Kaffee und Plätzchen zu rufen. Bei einem Schalldruck von 117dB(A) in 4 Metern Abstand, bezweifle ich das jedoch. Es sei denn, man will die freiwillige Feuerwehr zum Plätzchen-Essen einladen.

Aber kommen wir zum Thema zurück:

"Arrgh"- Es gibt wohl kaum ein treffenderes Wort. Kaum hat man eine Sache heil gemacht, kracht es bei der nächsten. Offensichtlich wird ein vorsichtig in den FSEM eingespeistes Signal von 100MHz-Signal mit -30dBm....

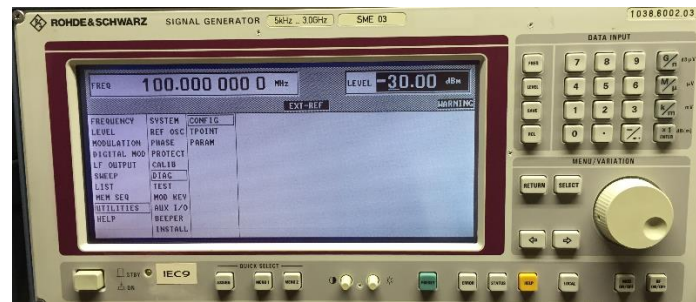


Abbildung 57: 100MHz, -30dBm

...nur mit -65dBm zurückgemessen!

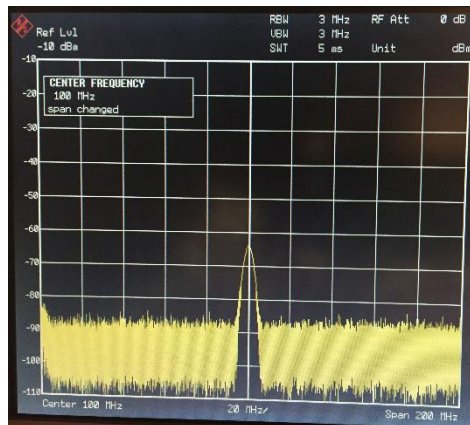


Abbildung 58: nicht so prall...

Irgendwo bleibt da also was auf der Strecke. Und zwar etwas 35dB, also keine Kleinigkeit! Gucken wir uns mal das Blockschaltbild des FSEM-Eingangs an:

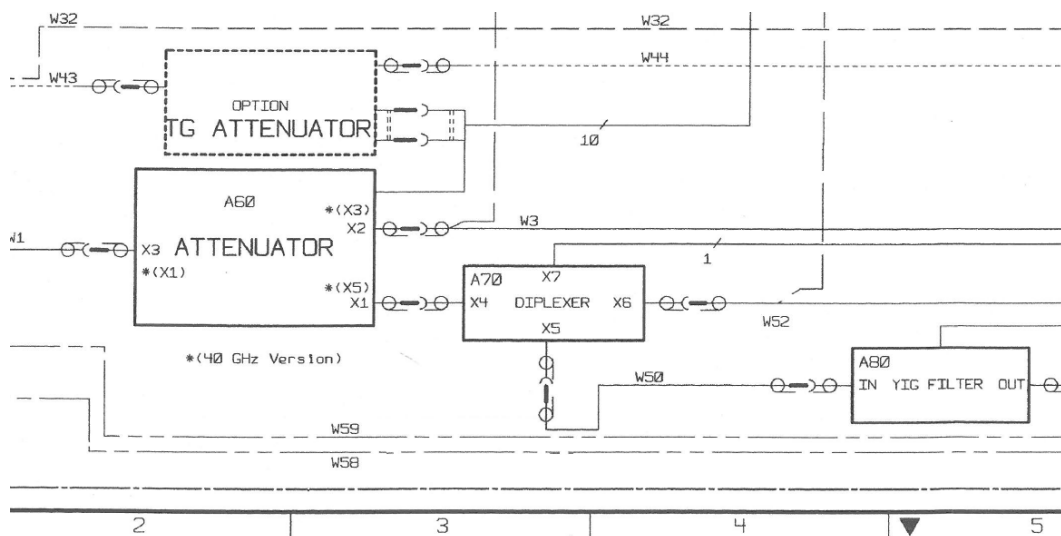


Abbildung 59: Auszug aus FSEM Blockschaltbild

23 Abschwächertest (Attenuator A60)

Auf der Suche nach den verlorenen 35dB beginne ich meine Suche ganz vorn: beim FSEM Eingangsabschwächer! Ich hetze meinen Rohde&Schwarz ZVC Network Analyzer auf das gute Stück und verwende meine guten Gore-Kabel. Einspeisen tue ich das Signal direkt in die Frontbuchse des FSEM; zurückmessen tue ich es am Ausgang der Eichleitung (X3, siehe Abbildung 59). Mittels Eintippen der gewünschten Attenuator-Werte in den FSEM ("Input"-Menü) klickere ich nach und nach alle Stellungen durch.

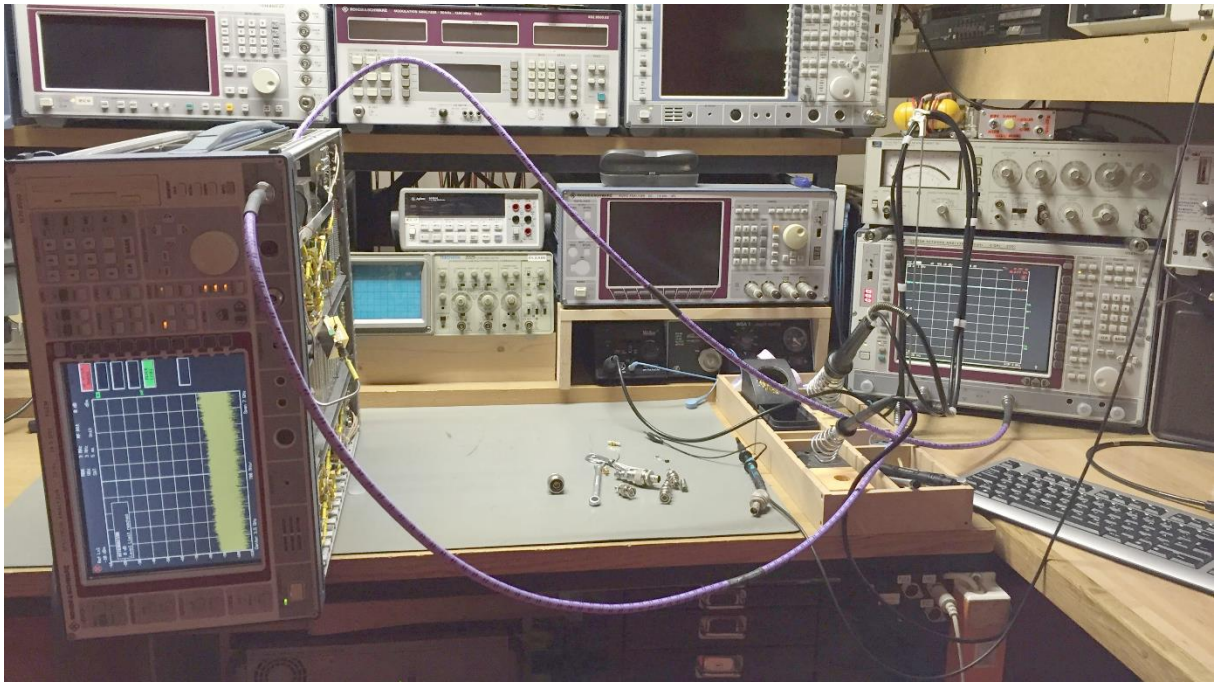


Abbildung 60: Messaufbau zur Prüfung des Attenuators am FSEM

Das Ergebnis ist ein (zumindest bis 8GHz) aalglatter Frequenzgang, wie ich ihn bislang bei Abschwächen nur selten messen konnte. Man merkt sofort, dass dieser Abschwächer bis 26,5GHz funktionieren soll, denn selbst bei meiner maximalen Messfrequenz von 8GHz ist nicht die geringste Welligkeit zu sehen.

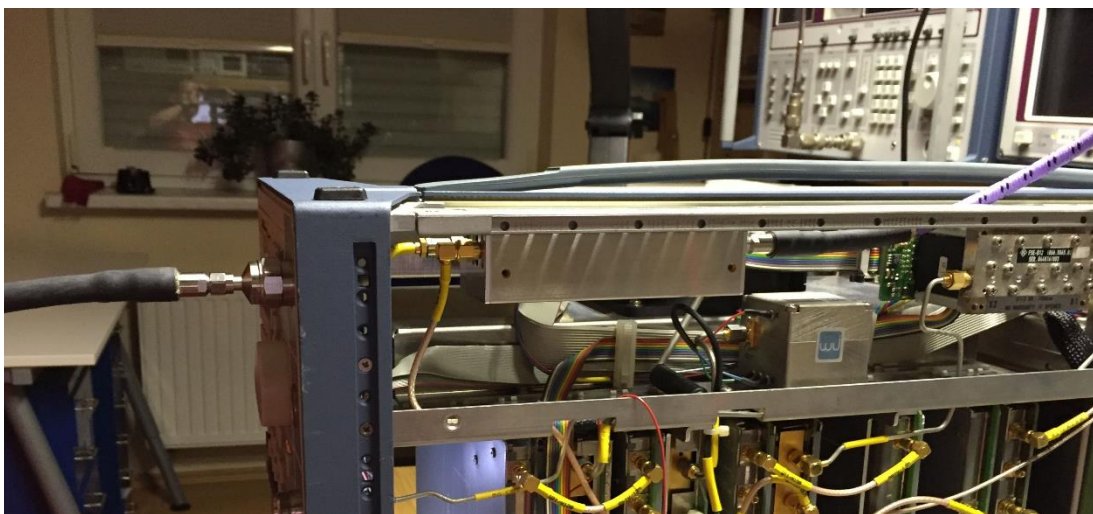


Abbildung 61: Kontaktierung

Durchgangsdämpfung des FSEM-Abschwächers in den Stellungen von 0..70dB

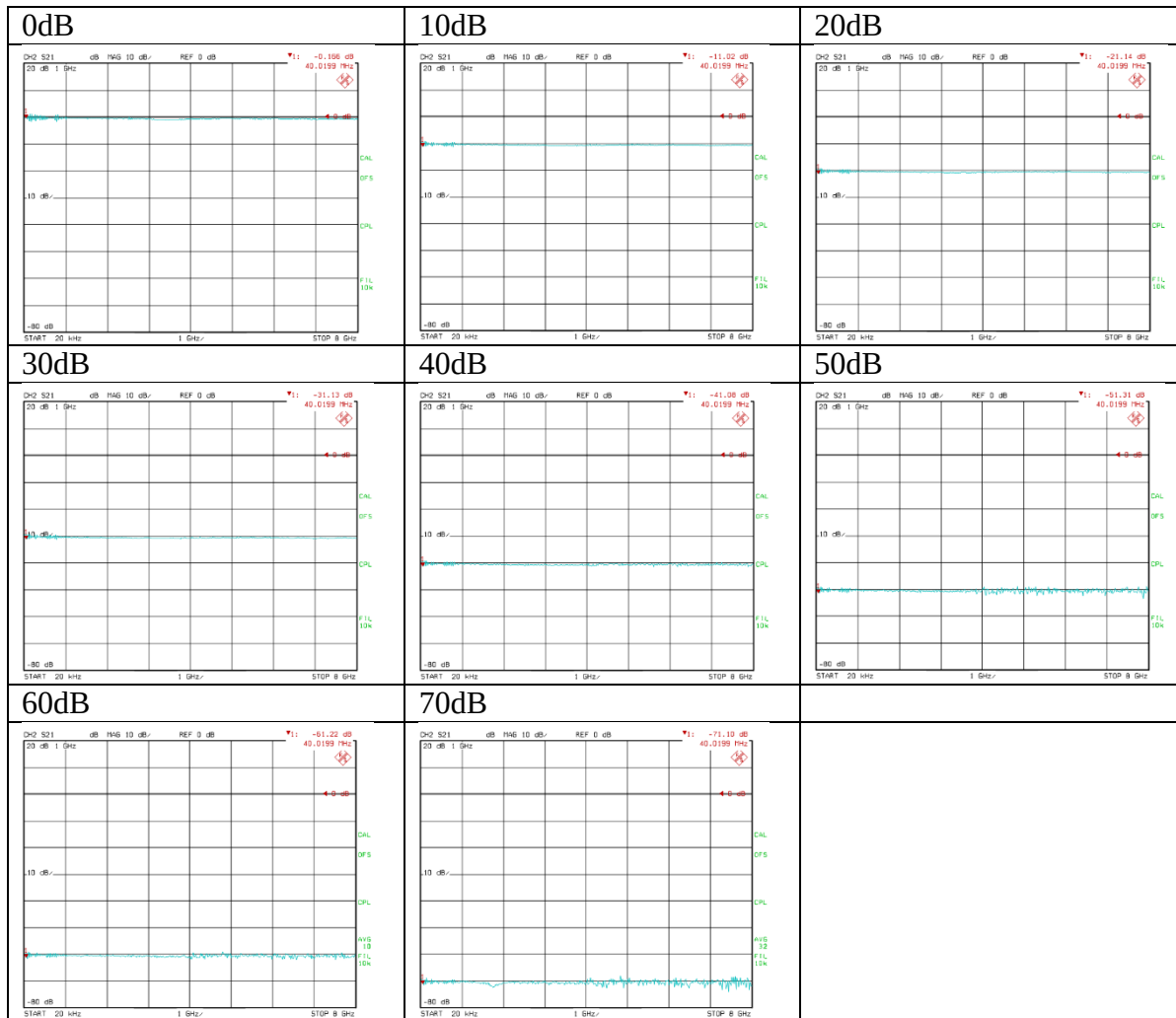


Abbildung 62: S21 Frequenzgänge des Abschwächers

Hier ist also nichts zu holen. Alles super.

24 Diplexer A70

Es folgt der Check des Diplexers. Nach Abbildung 59 folgt er direkt dem Abschwächer. Mit nur wenigen Handgriffen kann man ihn ausbauen und direkt durchmessen.

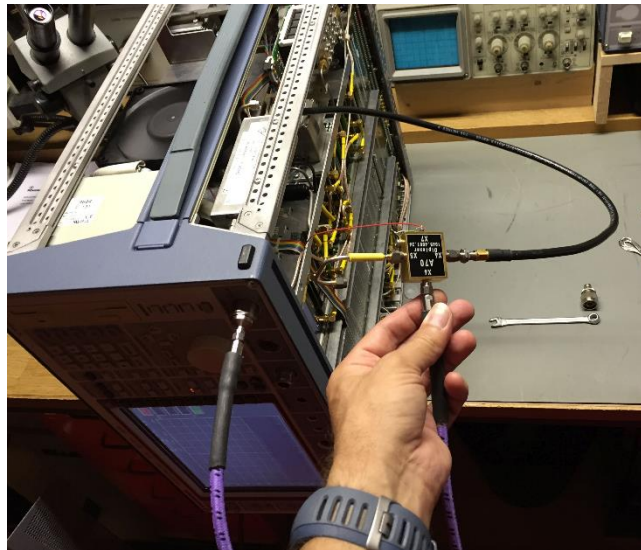


Abbildung 63: Messung des Diplexers

Der Durchgang von X4 nach X6 sieht so aus:

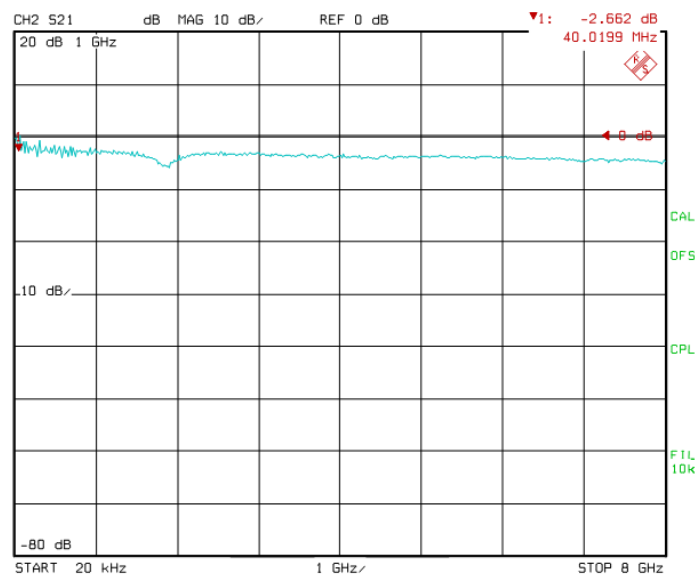


Abbildung 64: S21 des Diplexers von X4 nach X6

Bis auf die kleine Delle (die aber vom Kalibrieren und dem Kabel kommt) haben wir bis 8GHz eine ziemlich konstante Dämpfung von etwa 3dB. Das klingt gut und plausibel, denn an X6 kommt das HF-Signal heraus, das direkt vom 7GHz-Frontend empfangen werden soll.

Es scheint mir bald so, als ob auch hier kein Problem bestünde: mit teilweise noch nichtmal 3dB Durchgangsdämpfung erklärt es nicht, weshalb ich ein vorsichtig mit -30dBm eingespeistes Signal mit nur -65dBm angezeigt wird. Wir suchen einen Fehler, der in der Auswirkung mehr als 10x so stark ist wie diese knappen 3dB.

Nur als ergänzende Info: so sieht der Frequenzgang von X4 nach X5 aus (also der Pfad >7GHz):

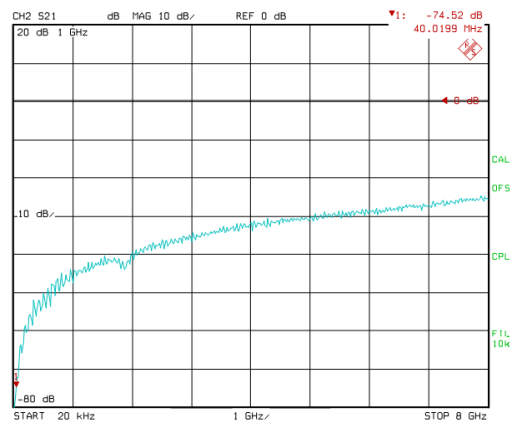


Abbildung 65: S21 des Diplexers von X4 nach X5

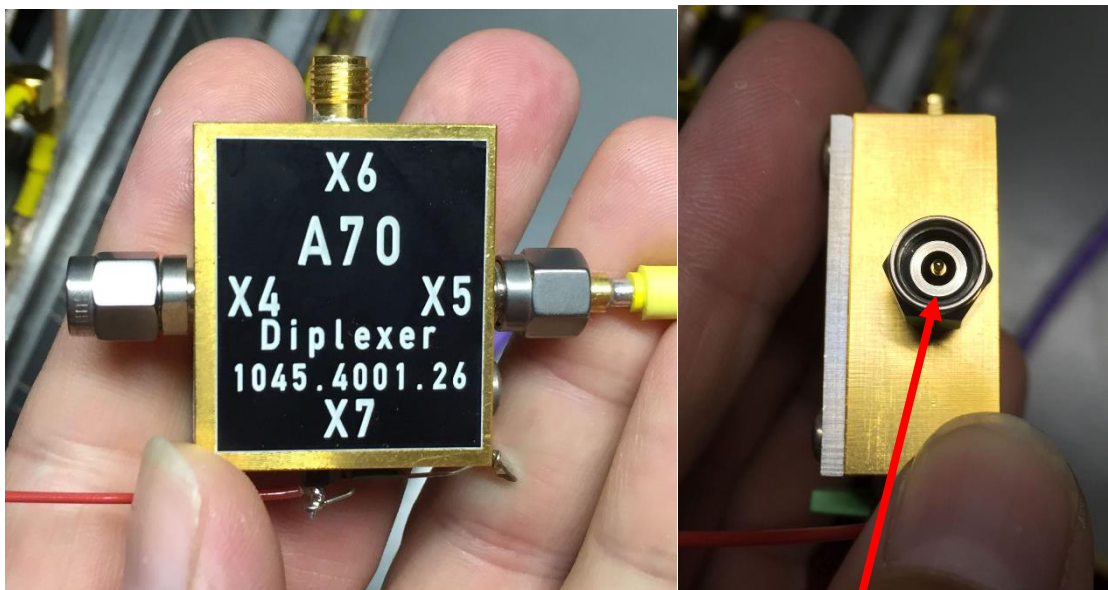


Abbildung 66: geiles Ding: 2,92mm-Anschlüsse!

25 Double-Check

Um ganz sicher zu gehen, messe ich die Strecke mit einem 100MHz-Signal @-30dBm nochmal separat nach. Eingespeist ist die HF-Eingangsbuchse des Spekis, messe ich am Ausgang des Diplexers: -31,62dBm. Also 1,6dB Streckendämpfung, das passt auch zum Sweep mit dem Netzwerkanalyzer.



Abbildung 67: Messung mit NRV-Z5 und NRVS

26 HF direkt in A130

Nun speise ich dasselbe Signal (100MHz@-30dBm) direkt in die HF-Buchse der Baugruppe "RF Unit" ein. Es wird angezeigt als etwa -65dBm! Aha! Der Fehler liegt also definitiv HINTER Abschwächer und Diplexer.

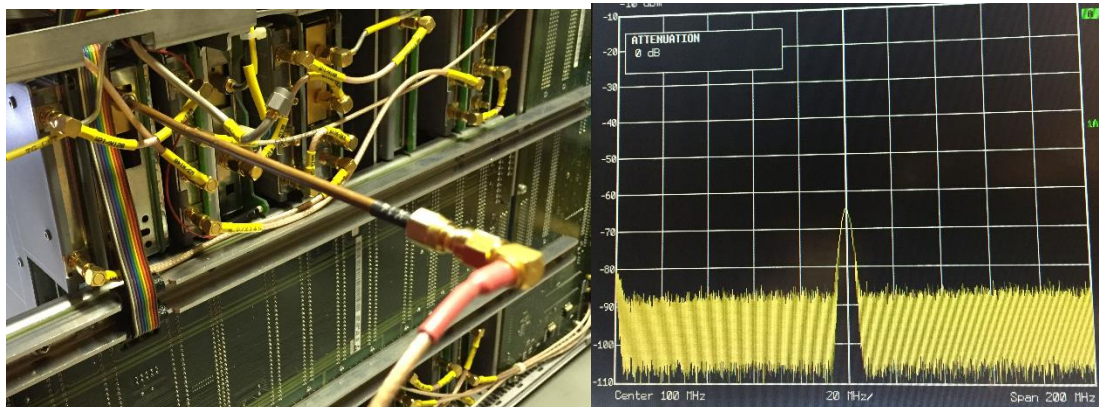


Abbildung 68: 100MHz direkt in das HF-Modul

Als Gegenkontrolle schalte ich den FSEM mal um und lasse seine eigene Signalquelle messen. Das kann man im SETUP-Menü, nachdem man dann auf SERVICE drückt. Bei einem heilen Analyzer misst man dann einen 120MHz-Träger mit exakt -40dBm. Bei mir messe ich zwar auch 120MHz, aber etwa -75dBm. Also auch hier: etwa 35dB Signalverlust.

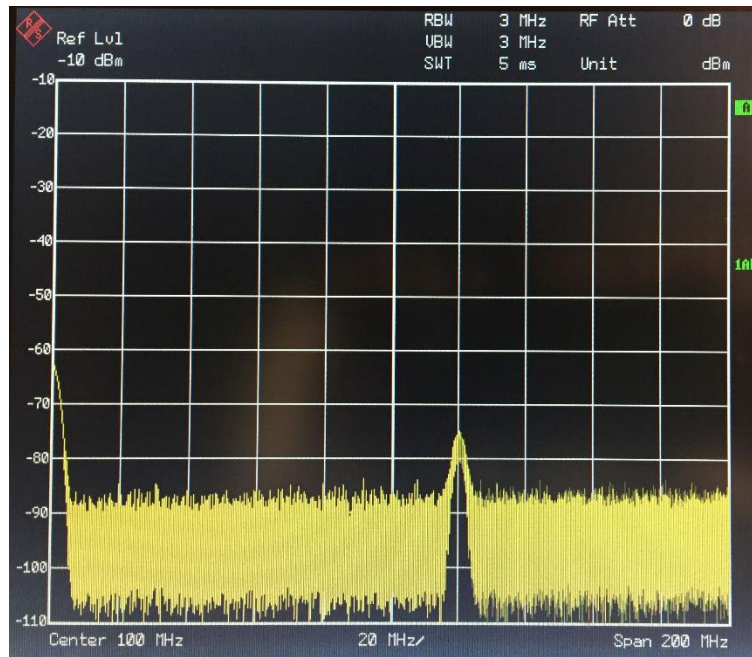


Abbildung 69: auch mit dem internen FSEM Signalgenerator -oh Wunder- dasselbe Ergebnis

Nun, das sind mir alles Beweise genug, um die Baugruppe A130 (RF Unit) probenhalber gegen eine Ersatzbaugruppe zu wechseln. Wohl dem, der eine hat. :-) Grins

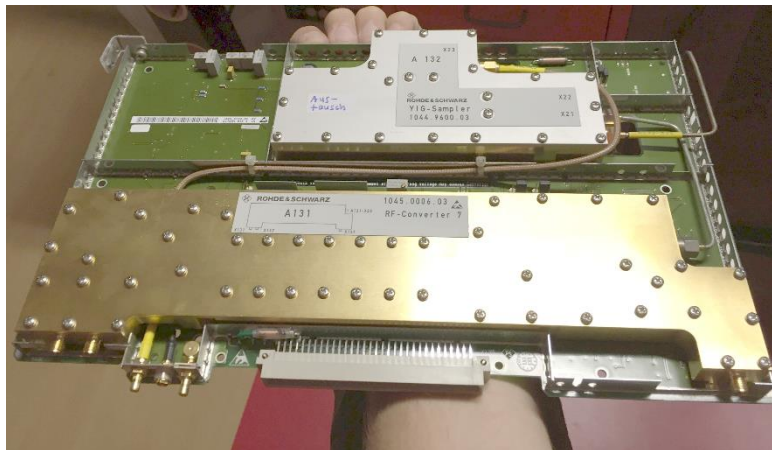


Abbildung 70: Austauschbaugruppe A130

Und erlebe eine Überraschung: dieselben Werte! Keine Änderung des Fehlers!

Das hätte ich nicht erwartet.

27 Wie weiter?

Ich stecke die offensichtlich heile A130 also wieder zurück. Was ist denn mit dem Ausgangs-signal der RF-Unit? Bei einem heilen Gerät liefert sie eine ZF von 741,4MHz und bei -40dBm Pegel einen Vollausschlag am oberen Displayrand im Diagramm des Analyzers.

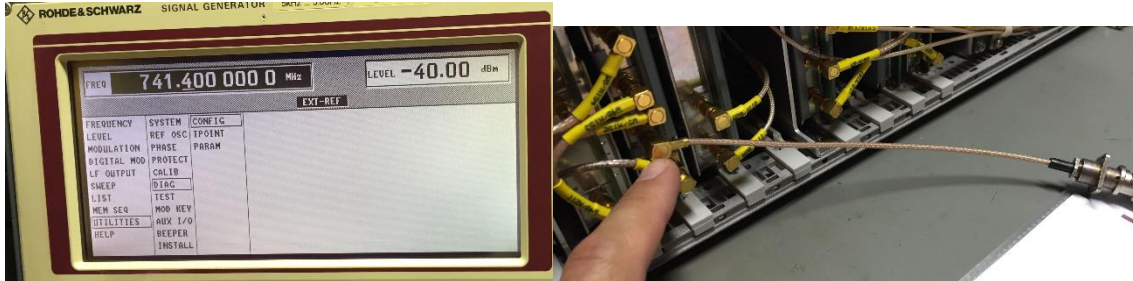


Abbildung 71: 741,4MHz da einspeisen...

Und das tut sie! Was sichtbar wird, ist die Amplituden-Frequenzgangskorrektur, die Diplexer und Mischerdämpfungen ausgleicht. Aber auch die sieht mir im normalen Bereich aus. Na, aber wenn hier fast alles "ok" zu sein scheint, was ist denn dann überhaupt kaputt?

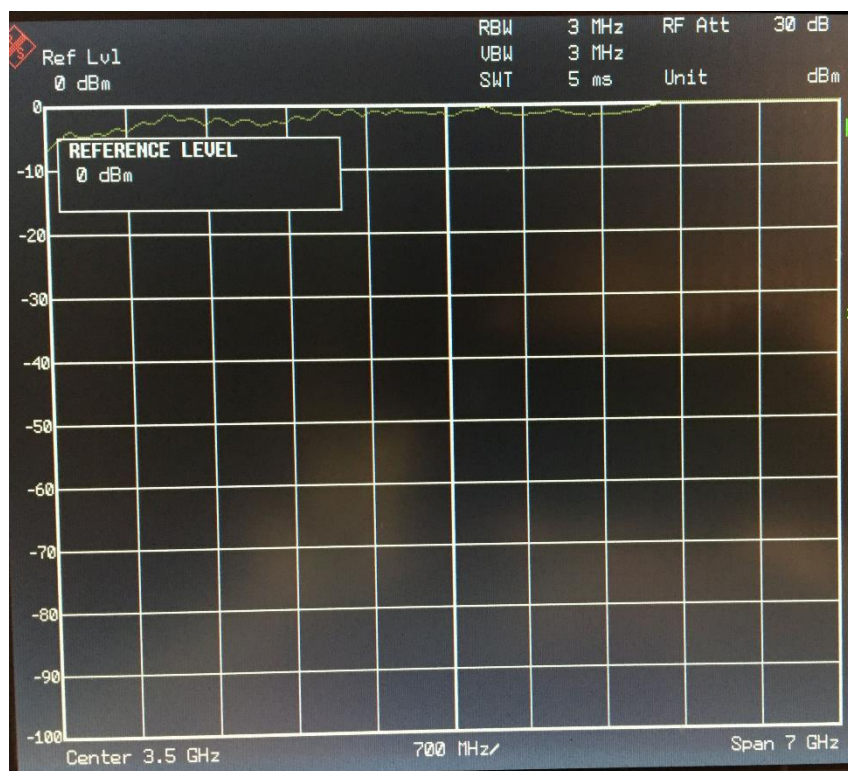


Abbildung 72:und man sieht ein schönes ZF-Signal

28 die 2.LO

Damit die RF Unit (die ja nachweislich heile ist, wie mein Tausch mit der Reservebaugruppe bewiesen hat) allerdings wirklich richtig arbeiten kann, braucht sie korrekte Eingangssignale aus dem Grundgerät. Also werde ich hier weitersuchen. Eines dieser Signale ist die 2.LO. Das ist ein sehr starkes 3,6GHz Festfrequenz-Signal, das für den ersten Mischer gebraucht wird.

Gucken wir mal hier. Frequenz?

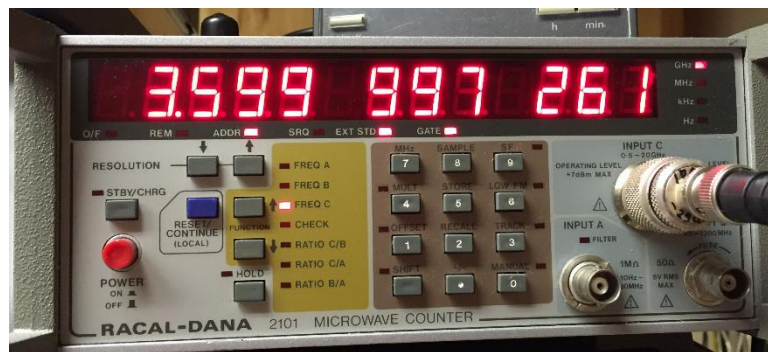


Abbildung 73: Frequenz der 2.LO

Stimmt.

Pegel? NRV-Z5 Messkopf drauf und am treuen NRVS abgelesen.



Abbildung 74: Pegel der 2.LO

Was? Kleiner als +1dBm? Das ist verdächtig! Hier sollte doch viel mehr Pegel anliegen! Sogar in meiner Bastelunterlage hatte ich mir bei einer früheren Messung deutlich mehr HF-Pegel reingeschrieben.



Abbildung 75: also hier stimmt was nicht...

Aber was soll's, generieren wir das benötigte 3,6GHz-Signal einfach mal extern mit einem Signalgenerator und warten, was passiert. Kaputt machen können wir hier auch mit einem kräftigen Signalgenerator nichts, denn das Service Manual behauptet, dass an dieser Schnittstelle $>+18\text{dBm}$ anliegen müssten. Also können wir Gas geben!

Trotzdem beginnen wir vorsichtig.
+8dBm:

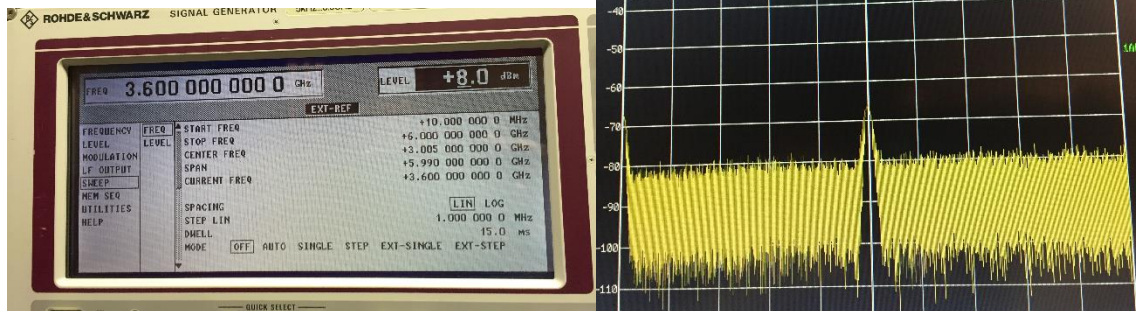


Abbildung 76: erstmal +8dBm...

Der 120MHz-Peak des internen CAL-Generators steht müde auf -65dBm.

+9dBm:

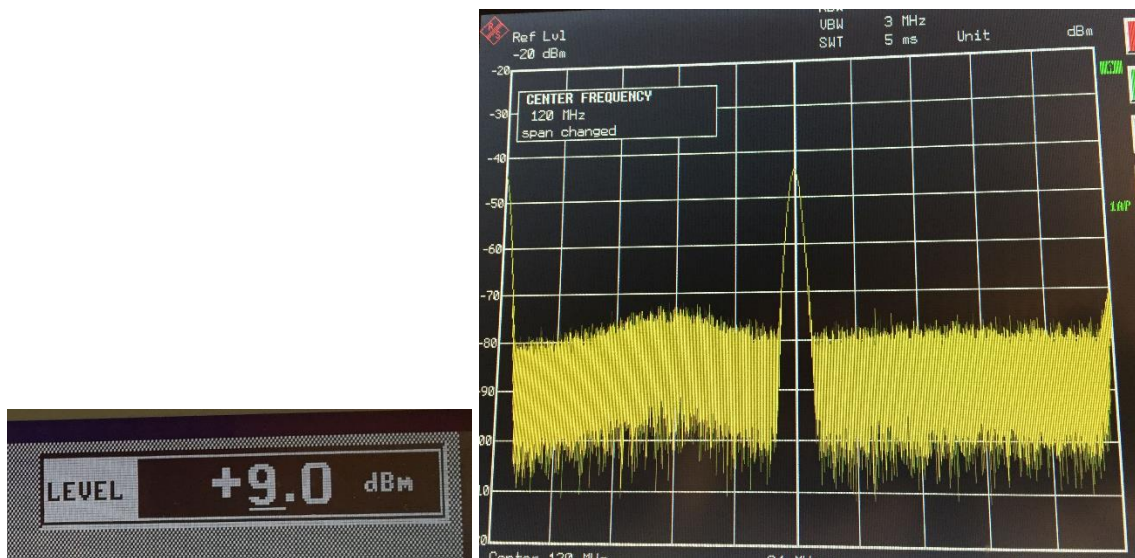


Abbildung 77: dann mutige +9dBm...

Oh! Es tut sich was: der Peak steigt auf -45dBm!

+10dBm:

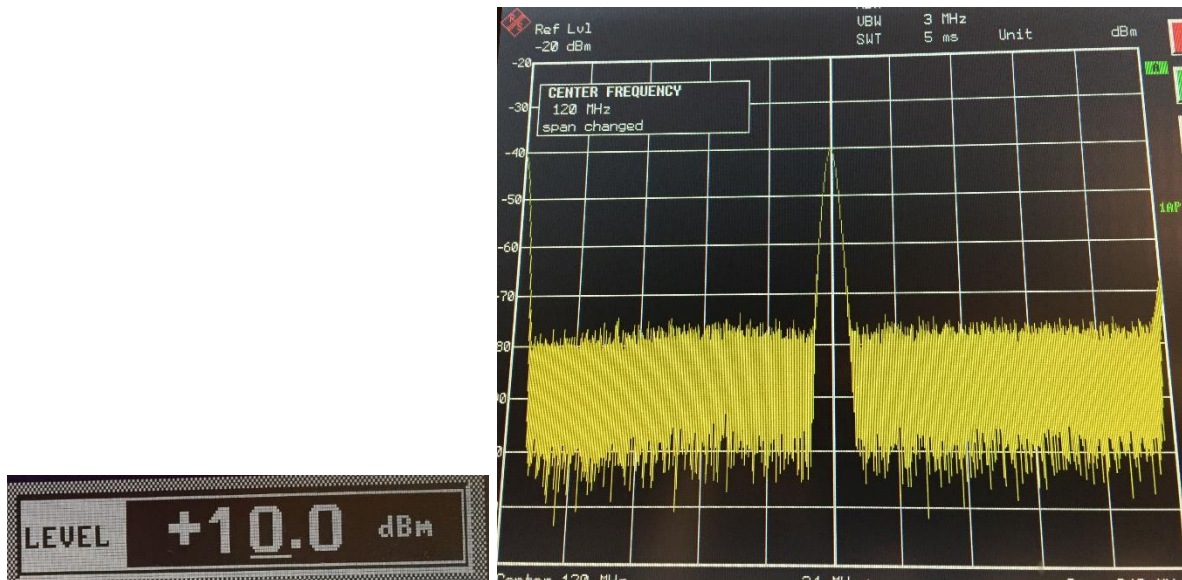


Abbildung 78: Oh! +10dBm...

Der Peak des CAL-Generators steht akkurat auf -40dBm! Also da, wo er hingehört!

Damit ist es klar: aus irgendeinem Grund liefert der "2nd IF Converter" nicht mehr genügend 2.LO-Pegel an die RF-Unit, wodurch diese dann nicht mehr korrekt empfangen kann!

Liegt das daran, dass der 2nd IF Converter wiederum selbst nicht korrekt an gesteuert wird oder liegt der Fehler auf auf ihm selbst?



Abbildung 79: Wir sind auf der Spur!

Das zu klären, wird nun die Aufgabe sein.

29 Der 2nd IF Converter

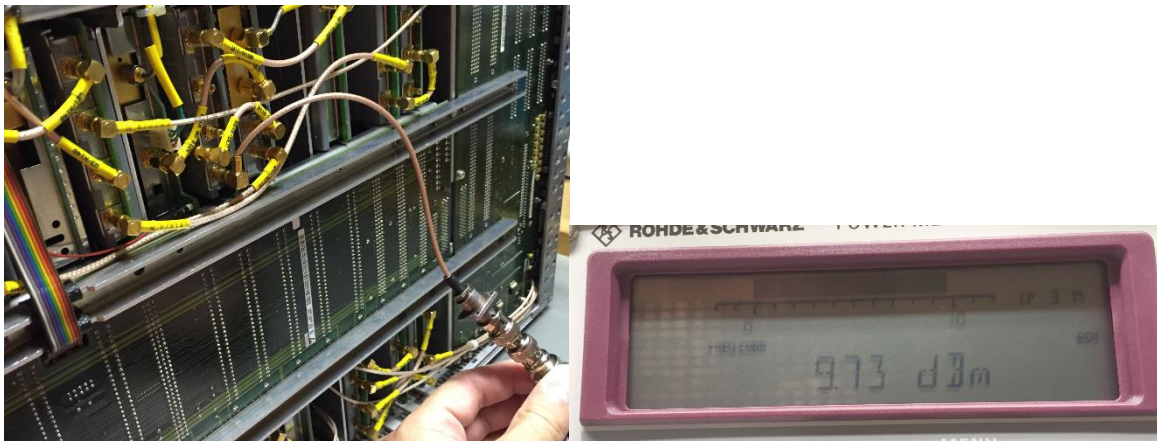
Außer der Betriebsspannung braucht der 2nd IF Converter eigentlich nur dieses eine Signal, um zu funktionieren:

- X154: 120MHz-Referenz Input (Soll: +8dBm)

Sobald der das erhält, sollte er liefern:

- X151: 3,6GHz 2nd LO, >+18dBm
- X155: 720MHz Referenz Output, +8dBm

Also prüfen wir zuerst, ob der 720MHz Referenztakt von dem Problem betroffen ist:



Nö, ist er nicht. Mit fast +10dBm liegt über gut über den Anforderungen.

Normalerweise müsste man ja nun auch die 120MHz prüfen, aber ich finde in meinen Aufzeichnungen keinen Hinweis mehr, dass ich das wirklich gemacht hatte. Macht auch nichts, da lag der Fehler nämlich gar nicht.

Wir werden gleich zwei defekte MMICs in der 3,6GHz-LO-Aufbereitung finden, die hin und wieder (wie gemein!) aussetzen.

Aber weiter.

30 Schraub' auf!

Mach ich glatt!

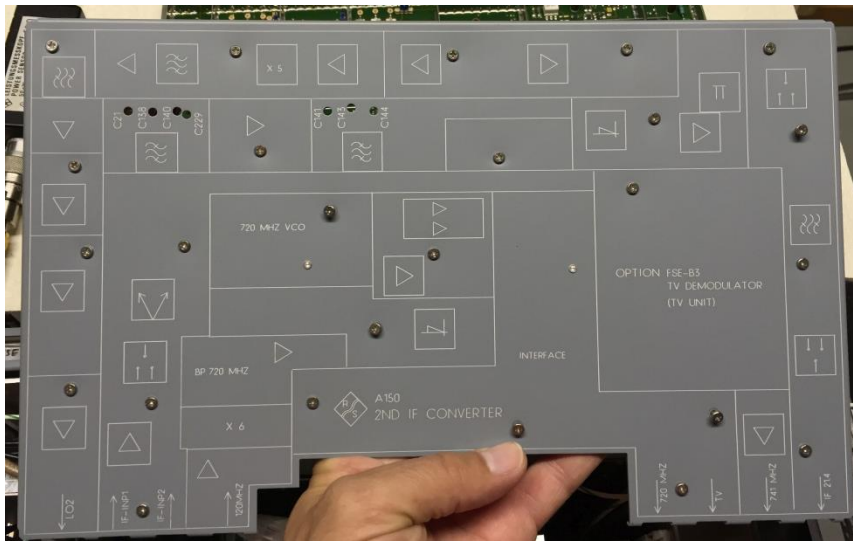


Abbildung 80: die 2nd IF Unit A150

Und so sieht der Kleine "nackt" aus:

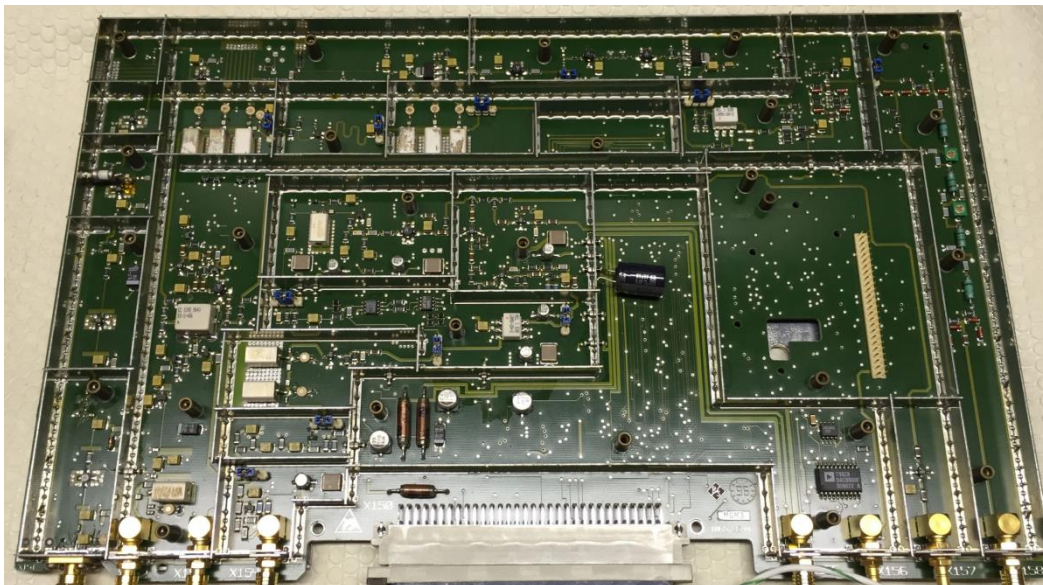


Abbildung 81: aufgeschraubt

Man braucht sage und schreibe 5 SMB Verlängerungskabel, um das Teil abgesetzt in Betrieb nehmen zu können.

Ich schraube also alle Verbindungen an und krame zwei NRVS raus (ich hab's ja).



Abbildung 82: Messaufbau für 2nd LO

Mit dem einen Monitore ich den zu geringen Ausgangspegel (Port X151) und an dem anderen habe ich meinen hochohmigen 1GHz-Tastkopf angeklemmt, damit ich innerhalb der Schaltung herumessen kann. Ich bin gerade so weit, dass ich zwei MMICs als "verdächtig" identifiziere, da passiert das da:



Abbildung 83: Peng!

A150 liefert wieder ein 2.LO-Signal! Und das mit $>+16\text{dBm}$ gar nicht mal so schlecht! Ich bin überzeugt, wenn ich das Teil nun einfach wieder zusammenbauen würde, der FSEM wieder ordnungsgemäß arbeiten würde.

Aber glücklicherweise hatte ich mir ja schon gemerkt, welche Messpunkte mir im Fehlerfall irgendwie "komisch" vorkamen. Und da sich der Fehler trotz Bemühungen nicht mehr so einfach reproduzieren ließ, ging ich nun auf Nummer sicher und tauschte beide Bauteile einfach aus.

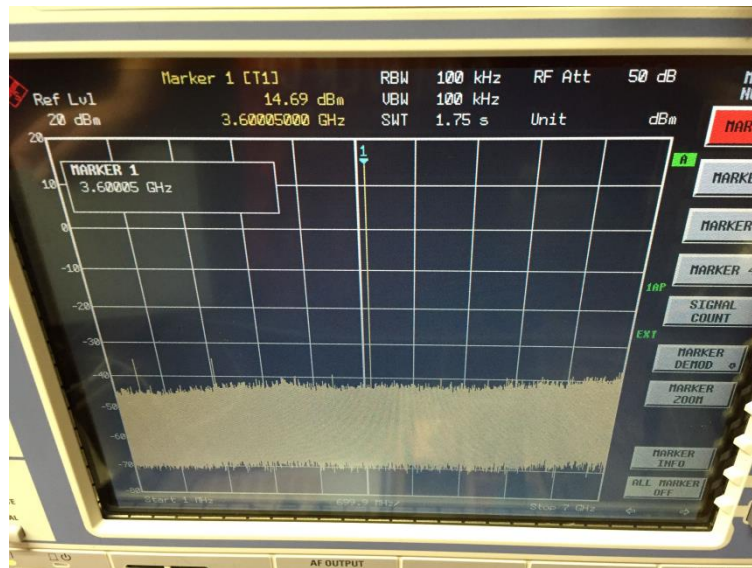


Abbildung 84: auf einmal: 2nd LO wieder da!

Das hier sind die beiden verdächtigen MMICs:

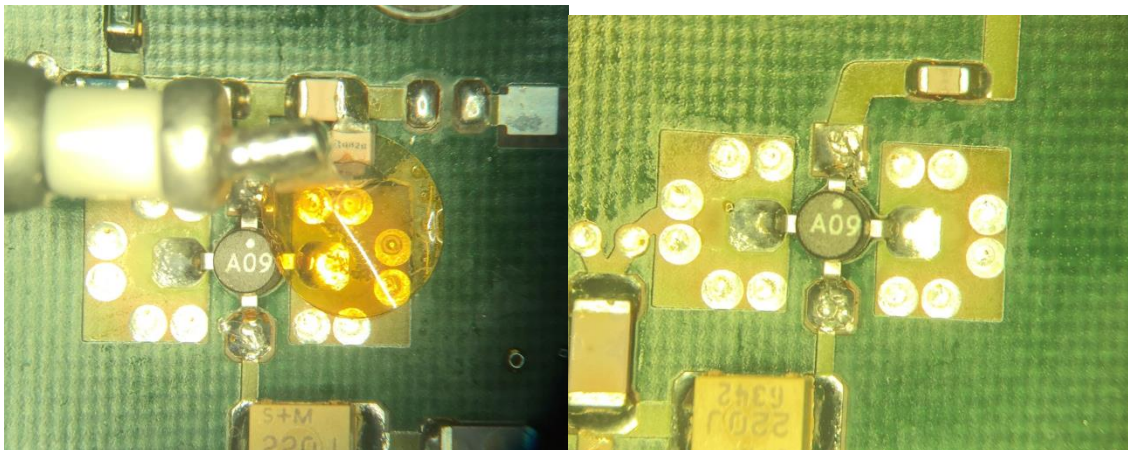


Abbildung 85: verdächtige A09 MMICs

Aus Aufnahmen mit der Thermografiekamera weiß ich, dass MMICs normalerweise immer stark beansprucht werden. Es wäre ja auch nicht der erste defekte, den ich gefunden hätte. Also raus damit.



Abbildung 86: MMICs auslöten

Und nun kommt die Überraschung. Nachdem ich wieder alles zusammengebaut habe, messe ich das hier am Ausgang X151:

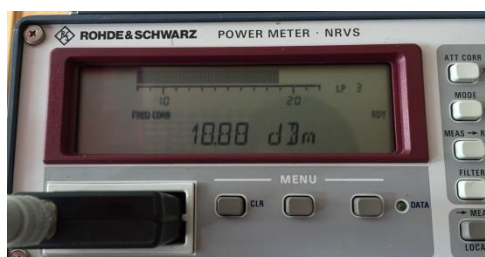


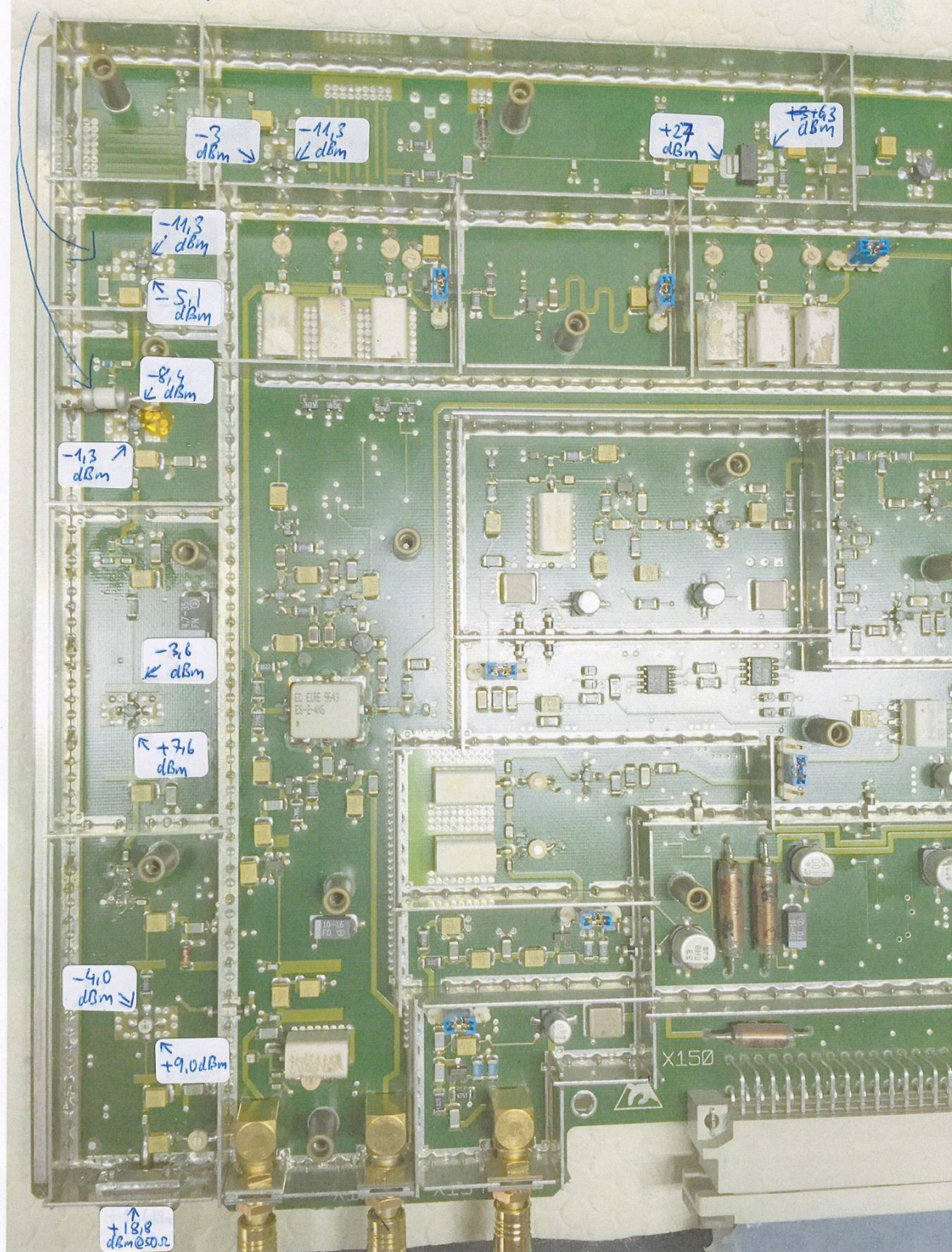
Abbildung 87: satte 2dB mehr!

Das Auswechseln gegen "frische" Bauteile scheint was gebracht zu haben. Mit fast 2dB mehr Pegel als vorher wird nun sogar die Forderung aus dem Manual (" $> +18\text{dBm}$ ") erfüllt. Außerdem ist die 8 in China eine Glückszahl und viel mehr Achten kann man sich ja wohl kaum wünschen (außer $+88,88\text{dBm}$, aber das wären etwa 773tausend Watt und ist sicher nen Tuck zu viel für den 2.Mischer).

In diesem Zustand nehme ich nochmal alle HF-Pegel entlang der 3,6GHz-Erzeugung auf. Wichtig: alle Pegel wurden mit einem hochohmigen 1GHz Tastkopf für das NRVS gemessen, der also fast 4x so hoch betrieben wird, wie er eigentlich spezifiziert ist. Die Werte sind dementsprechend mit etwas Vorsicht zu genießen!

Für vergleichende Messungen unter denselben Umständen haben sie mir aber schon manchmal geholfen, daher drucke ich sie hier trotzdem ab:

mit neuen A09! (etwa 2dB mehr Output)



alle Werte hochohmig mit 16kHz-Tastkopf u. NRFS gemessen! → nur relative
Baugruppe 2nd IF aus RFS FSEM aber Freq-Corr = 3,66kHz Anhaltspunkte

Abbildung 88: Pegelplan der 2nd IF-Baugruppe

31 Sieg!

Tja, und auf diese Weise kriegen wir es doch noch- das obligatorische Siegerfoto!

Man kann nicht behaupten, dass die Reparatur diesmal besonders leicht war. Zuerst einen ausrastenden Tracking-Generator, bei dem sich sogar der Hersteller meine Messungen nicht klären kann, dann noch eine zeitweise aussetzende 2.LO-Aufbereitung, der man auch nicht über den Weg trauen kann.

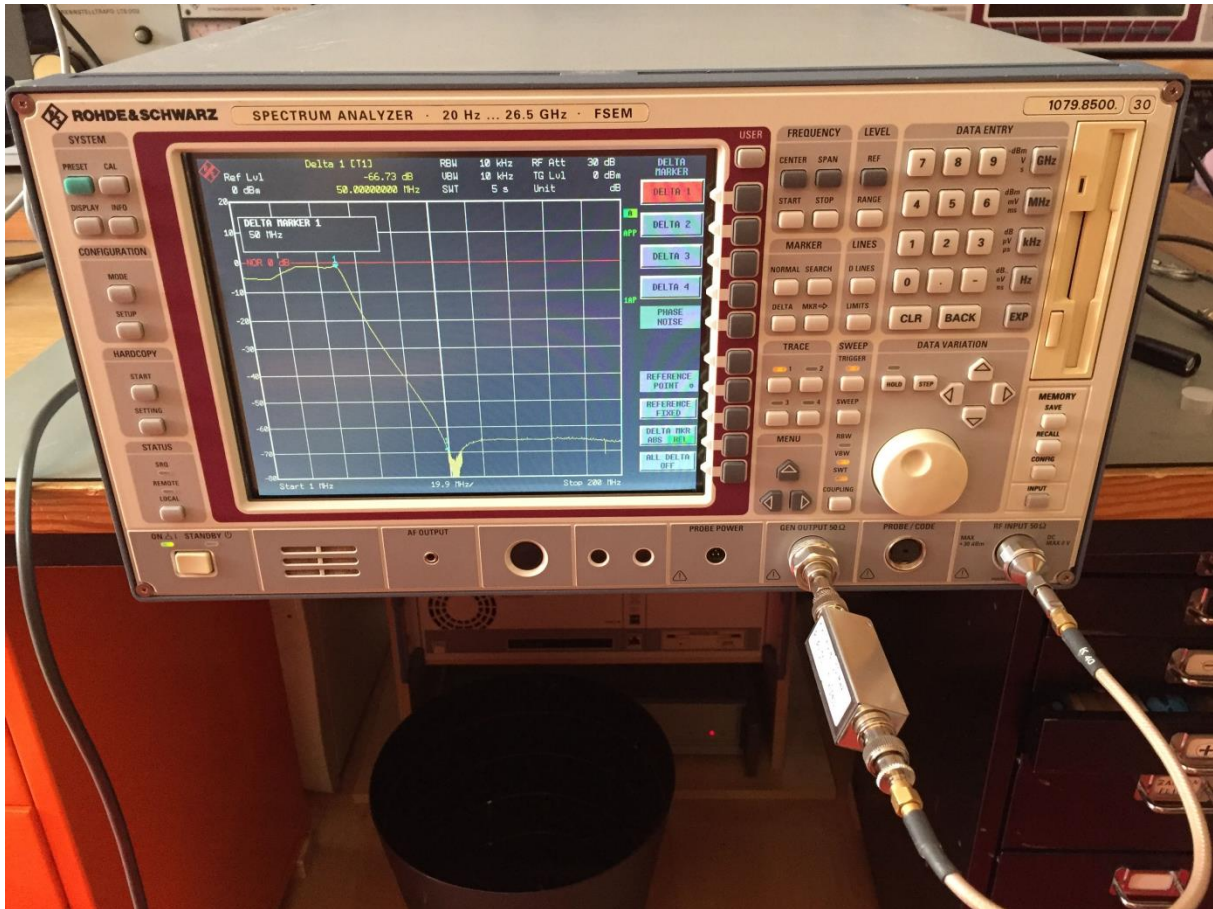


Abbildung 89: Siegerfoto

Alles in allem jedoch bin ich guter Hoffnung, dass der FSEM den nächsten Funktag in besserer Verfassung überstehen wird. MMICs sind eben thermisch sehr beanspruchte Bauteile und es wird sicher nicht der letzte defekte in meinem Bastlerleben gewesen sein.

32 Ausklang

So, liebe Leute, es ist geschafft. Der FSEM ist repariert und der Fehler am TG vielleicht(!) gefunden. Ich hoffe es jedenfalls.

Was noch fehlt, ist das schöne Abschlussbild dieses Berichts. Ich habe mich für was Winterliches entschieden, weil ich oft Fragen kriege, ob wir hier in Deutschland auch manchmal Schnee haben.

Oh, ja! Haben wir! ;-)



Abbildung 90: Abschlussbild

Es zeigt Lauffreund Bernd im Hildesheimer Wald auf dem Weg zum Aussichtsturm.

Grüße an alle Messgerätenerds,
Marc Michalzik im September 2016

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 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.
2016, Marc Michalzik