Abgleich OSC1 und OSC 2 beim CMS52

1 Worum geht's?

Um eine ausgerastete PLL vermutlich.

Typischerweise einmal im Jahr checke ich alle meine Geräte kurz durch. Tage vorher wird das Rubidiumnormal angeheizt, damit ich aus meinen Messgeräten durch einen korrekten Nachgleich auch die größtmögliche Genauigkeit herauskitzeln kann. Allen Umweltbewussten unter Euch, die nun Angst haben, dass hier unnötig CO_2 erzeugt werden könnte indem hier Messgeräte tagelang im Dauerlauf „unnütz“ Strom verbrauchen, sei gesagt: wir sind Betreiber einer 11,4kW Photovoltaik-Anlage, die etwa doppelt so viel Strom erzeugt, wie wir im ganzen Jahr überhaupt (inklusive Messgeräte) verbrauchen können. Wir messen also echt CO_2-neutral – und daher mit absolut reinem Gewissen :-)

Genug der Vorrede, während dieser Kalibrierorgie kramte ich auch meinen CMS52 wieder aus dem Regal hervor und ließ ihn erst einmal einen halben Tag einlaufen. Just nachdem ich den Referenzgenerator mit dem Frequenznormal vergleichen wollte, schnuckelte mich der CMS herzallerliebst an: "RF Synth deviation cal. error", präsentierte er mir auf einmal durch sein schickes Grafikdisplay. Es scheint also irgendwas in der Frequenzaufbereitung mau zu sein, denn es kommt auch nix mehr raus aus dem guten Teil. Na so ein Mist aber auch.

2 Erste Idee...

Wenn einem ein CMS eine solche Botschaft schickt, sollte man genau zuhören, was denn der lustige Geselle gemeint haben könnte. Eine "RF Synth deviation cal. error" klingt für mich erst einmal nach dem Hochfrequenzgenerator. Stimmt, im Moment kommt auch kein sinnvoller Pegel aus dem CMS heraus, wie ich ja bereits feststellte.

Gut. Erstes Wort der Botschaft verstanden. Nächstes: "Deviation". Heißt normalerweise "Abweichung", kann aber auch FM-Hub heißen (Frequency modulation deviation). Genaues weiß man im Moment nicht.

Jetzt kommt's aber: "cal. error". Aha! Kalibrieren! Das ist gut, da kenne ich mich einigermaßen mit aus. Und ein Fehler ist auch dabei- super! :-)

Gucken wir doch mal in das Selbsttest-Menü des CMS. Dort gibt es auch tatsächlich einen Knopf mit der Aufschrift "Synth CAL". Das klingt gut. Also gleich draufdrücken!

Nochmal "Aha"!

Der Test soll angeblich ca. 40s dauern. Er scheitert aber schon nach kurzer Zeit mit einer Fehlermeldung. Wir sind also offensichtlich auf der richtigen Spur. Leider weiß ich nicht, was genau der Test eigentlich macht. Also Bedienermanual aufgeschlagen und gehofft, dass da was drin steht. Tut es auch! Diese Routine dient der FM-Hubkorrektur, sagt das Manual. Vermutlich wird damit also eine sich ändernde Steilheit (=Abstimmungsfreudigkeit ;-) der Oszillatoren über deren gesamten Arbeitsbereich hinweg ausgeglichen.

Zum Verständnis, was das ist, ein Beispiel:
Angenommen, ich will ein 500MHz HF-Signal mit genau 10kHz FM-Hub erzeugen. Der OSC1 schwingt dafür bei exakt 500MHz. Um hier diese 10kHz FM-Hub zu erzeugen, brauchen wir -mal angenommen- genau 100mVss Modulationsspannung.

Stellt man denselben Oszillator nun aber auf 750MHz Schwingfrequenz und speist ihm dieselbe 100mVss Tonspannung ein, würde man erwarten, dass er nun wieder genau 10kHz FM-Hub erzeugt. Das tut er aber in der Regel nicht, sondern er erzeugt hier vielleicht etwas weniger FM-Hub (sagen wir mal z.B. 9,6kHz). Der Grund dafür ist, dass seine "Steilheit" nicht konstant über seinen gesamten Frequenzbereich ist- er lässt sich nicht überall gleich gut mit den angelegten 100mVss modulieren. Bei 500MHz ist die Abstimmsteilheit also mit Sicherheit eine andere als bei 750MHz. Um das auszugleichen, macht der CMS vermutlich eine Kompensationsmessung, damit er weiß, wieviel Modulationsspannung er bei welcher Frequenz an den Oszillator anlegen muss, um den gewünschten Hub zu erzeugen.

Das Resultat dieser vollautomatischen Kalibrierroutine ist vermutlich eine interne Liste von Korrekturfaktoren, die bei der Eingabe des gewünschten Modulationshubs vom CMS automatisch berücksichtigt werden. Natürlich könnte man das auch manuell machen, jedoch ist der CMS so nett und nimmt uns das Umrechnen anhand seiner Kalibrierkurven bereits unbemerkt im Hintergrund ab.

Warum sich die Steilheit eines Oszillators ändert, liegt z.B. auch an der nicht-linearen Kennlinie der verwendeten Kapazitätsdiode, die für das Modulieren verwendet wird.

3 SYNTH CAL

Schlägt man das Manual auf, so lernt man daraus, dass der CMS uns genau 4 Eckwerte dieser Kalibrierliste auswirft, wenn wir die "SYNTH CAL"-Routine starten:

min- und max-Wert für OSC1

und

min- und max-Wert für OSC2.

Leider weiß ich bis heute nicht ganz, wie genau die Werte definiert sind. Im Handbuch steht nur, dass die Zahlen zwischen 5 und 254 liegen sollen. Klingt für mich nach 8bit eines AD-Wandlers, aber das ist nur eine Mutmaßung.

Doch auch ohne die Detailkenntnis über die genaue Funktion dieser Kalibrierroutine können wir daraus etwas lernen. Und zwar genau dann, wenn man die Kalibrierwerte eines weiteren CMS-Geräts kennt. Damit kann man vergleichen- und man kann außerdem die Routine mehrmals durchführen und sich die Werte über die Zeit aufschreiben. So erkennt man, ob die von der Kalibrierung ermittelten Werte irgendwann "weglaufen" (z.B. durch Erwärmung).

Glücklicherweise hat mein Kumpel im Kalibrierlabor wieder gerade einen CMS zur Überprüfung auf dem Tisch. Weil das Gerät eh erst warmlaufen muss, bevor daran gearbeitet werden kann, ist es kein Problem, in dieser Zeit zwischendrin einige Male die Synthesizer-Kalibrierroutine aufzurufen und die erhaltenen Werte kurz zu notieren.

Dasselbe mache ich mit meinem eigenen CMS und tippe sowohl meine Messwerte als auch die von dem CMS im Kalibrierlabor in eine schöne Excel-Tabelle.

Es kommt das hier heraus:

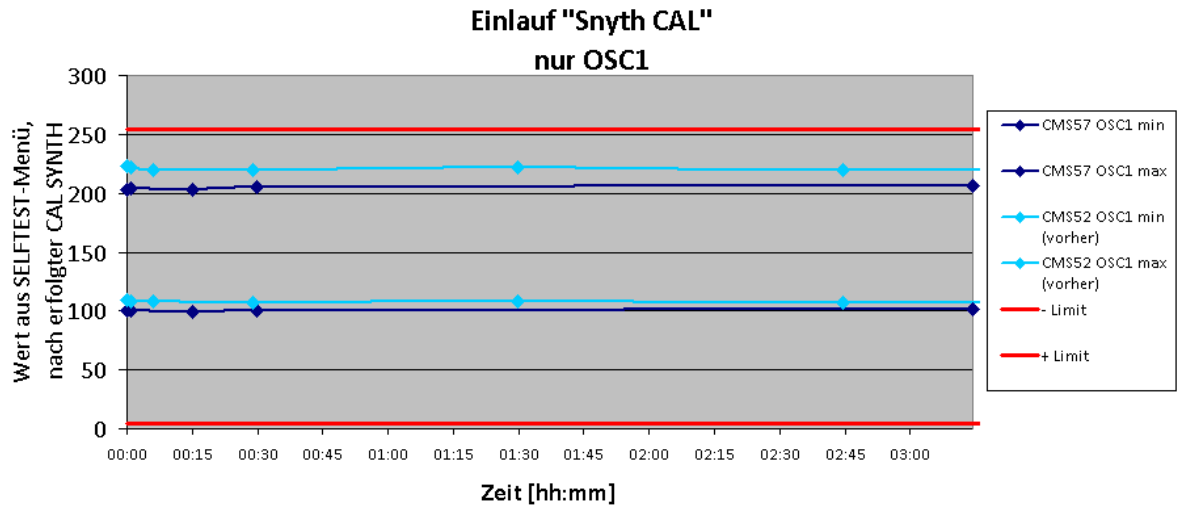


Abbildung 1: Einlauf OSC1

Sowie

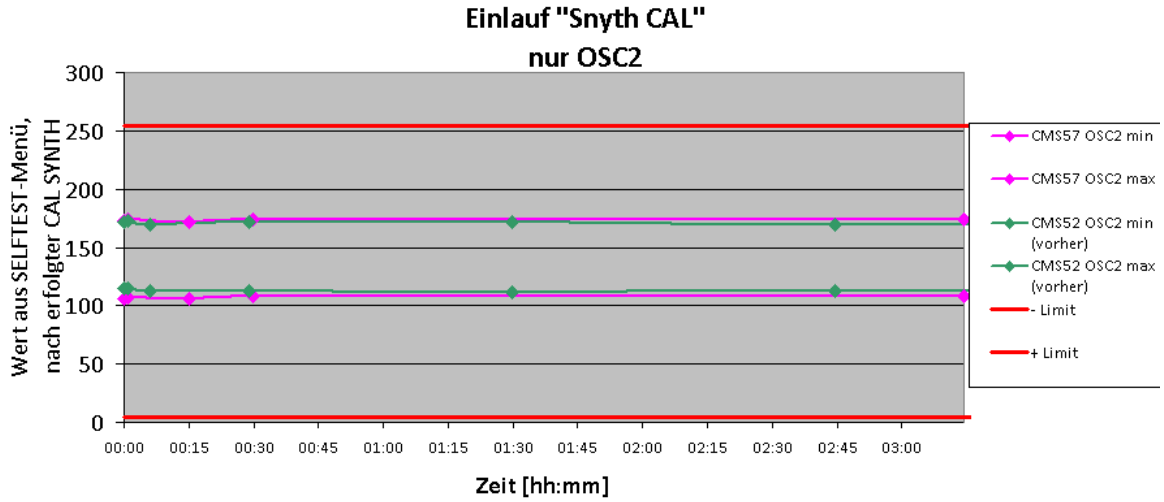


Abbildung 2: Einlauf OSC2

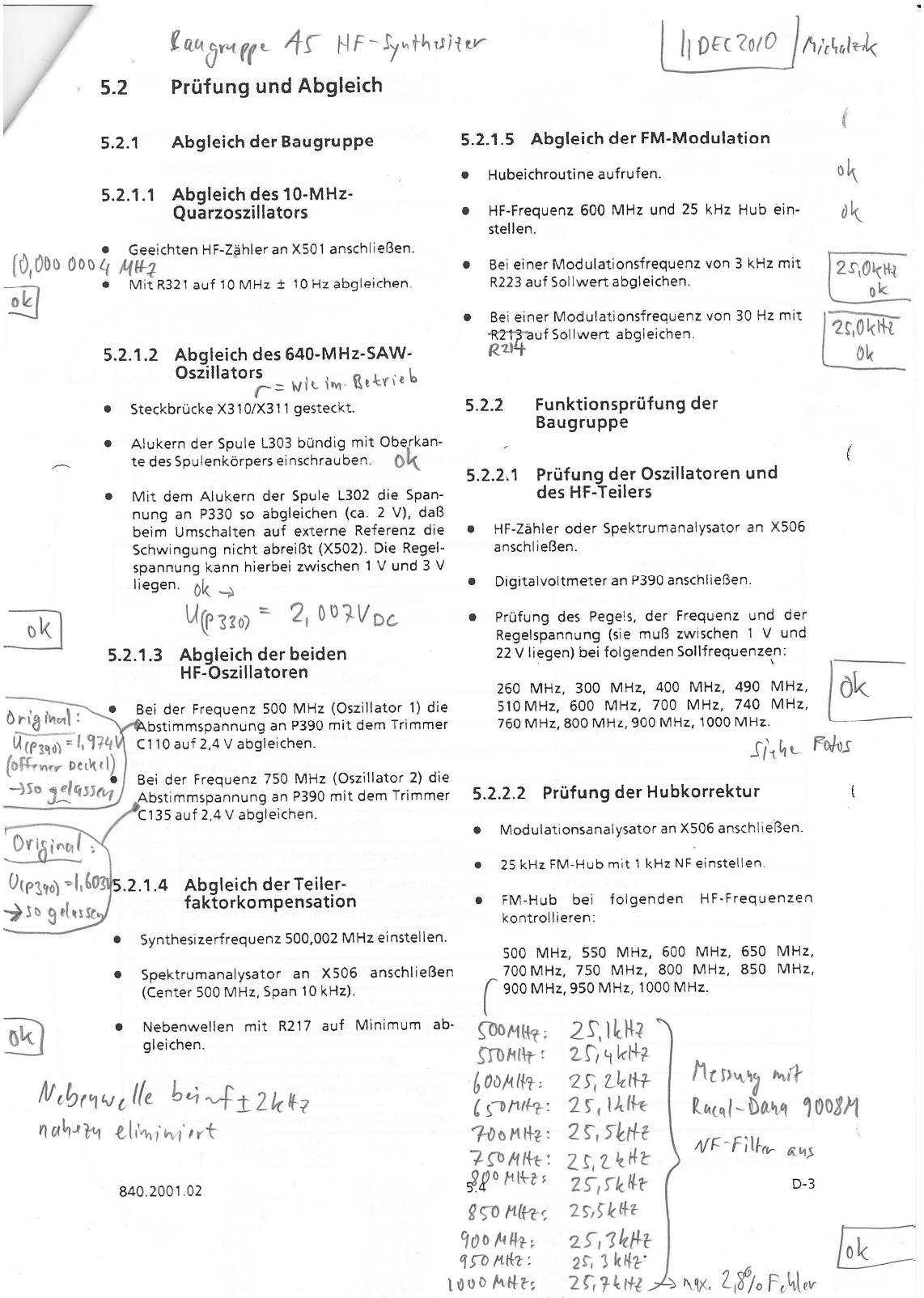
Wir erkennen: leider nicht viel Aufregendes.
Beide Geräte arbeiten sowohl mit OSC1 als auch mit OSC2 ziemlich mittig im Toleranzbereich. Die Erwärmung -zumindest über die betrachetete Zeit von 3 h- zeigt keinen nennenswerten Einfluss auf die Abgleichwerte.

Man könnte meinen, dass der max-Wert bei OSC1 meines "CMS52 (vorher)" etwas hoch liegt, aber noch immer weit im Limit und es gibt keinerlei Anzeichen dafür, dass sich bei Erwärmung daran irgendetwas ändert. Völlig unauffällig also.

Hinweis: wer jetzt genau gelesen hat, sieht das Wörtlichen "vorher" im Text. Ha! Na klar, natürlich gibt es auch ein "hinterher" ;-). Aber dazu erst später , erst will ich dem wahren Problem auf den Grund gehen. Dazu muss ich offensichtlich einen anderen Weg gehen, denn das Thema mit der Eigenkalibrierung sehe ich vorerst als "ausgeschöpft" an.

4 Abgleich der Hauptoszillatoren

Als neuer Ansatz wühlte ich meinen damals verfassten Reparaturbericht heraus und forschte in den Abgleichnotizen, die ich mir damals gemacht hatte:



Baugruppe A5 HF-Synthesizer

11 DEC 2010 Michalzik

5.2 Prüfung und Abgleich

5.2.1 Abgleich der Baugruppe

5.2.1.1 Abgleich des 10-MHz-Quarzoszillators

- Geeichten HF-Zähler an X501 anschließen.
- Mit R321 auf 10 MHz ± 10 Hz abgleichen.

10,000 0004 MHz
ok

5.2.1.2 Abgleich des 640-MHz-SAW-Oszillators

= wie im Betrieb

- Steckbrücke X310/X311 gesteckt.
- Alukern der Spule L303 bündig mit Oberkante des Spulenkörpers einschrauben. ok
- Mit dem Alukern der Spule L302 die Spannung an P330 so abgleichen (ca. 2 V), daß beim Umschalten auf externe Referenz die Schwingung nicht abreißt (X502). Die Regelspannung kann hierbei zwischen 1 V und 3 V liegen. ok →

$U_{(P330)} = 2{,}007\,V_{DC}$

ok

5.2.1.3 Abgleich der beiden HF-Oszillatoren

- Bei der Frequenz 500 MHz (Oszillator 1) die Abstimmspannung an P390 mit dem Trimmer C110 auf 2,4 V abgleichen.
- Bei der Frequenz 750 MHz (Oszillator 2) die Abstimmspannung an P390 mit dem Trimmer C135 auf 2,4 V abgleichen.

Original:
$U_{(P390)} = 1{,}974\,V$
(offener Deckel)
→ so gelassen

Original:
$U_{(P390)} = 1{,}603\,V$
→ so gelassen

5.2.1.4 Abgleich der Teilerfaktorkompensation

- Synthesizerfrequenz 500,002 MHz einstellen.
- Spektrumanalysator an X506 anschließen (Center 500 MHz, Span 10 kHz).
- Nebenwellen mit R217 auf Minimum abgleichen.

ok

Nebenwelle bei f ± 2 kHz
nahezu eliminiert

840.2001.02

5.4 D-3

5.2.1.5 Abgleich der FM-Modulation

- Hubeichroutine aufrufen. ok
- HF-Frequenz 600 MHz und 25 kHz Hub einstellen. ok
- Bei einer Modulationsfrequenz von 3 kHz mit R223 auf Sollwert abgleichen. 25,0 kHz ok
- Bei einer Modulationsfrequenz von 30 Hz mit ~~R213~~ R214 auf Sollwert abgleichen. 25,0 kHz ok

5.2.2 Funktionsprüfung der Baugruppe

5.2.2.1 Prüfung der Oszillatoren und des HF-Teilers

- HF-Zähler oder Spektrumanalysator an X506 anschließen.
- Digitalvoltmeter an P390 anschließen.
- Prüfung des Pegels, der Frequenz und der Regelspannung (sie muß zwischen 1 V und 22 V liegen) bei folgenden Sollfrequenzen:

  260 MHz, 300 MHz, 400 MHz, 490 MHz, 510 MHz, 600 MHz, 700 MHz, 740 MHz, 760 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1000 MHz.

ok

Siehe Fotos

5.2.2.2 Prüfung der Hubkorrektur

- Modulationsanalysator an X506 anschließen.
- 25 kHz FM-Hub mit 1 kHz NF einstellen.
- FM-Hub bei folgenden HF-Frequenzen kontrollieren:

  500 MHz, 550 MHz, 600 MHz, 650 MHz, 700 MHz, 750 MHz, 800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 950 MHz, 1000 MHz.

500 MHz: 25,1 kHz
550 MHz: 25,4 kHz
600 MHz: 25,2 kHz
650 MHz: 25,1 kHz
700 MHz: 25,5 kHz
750 MHz: 25,2 kHz
800 MHz: 25,5 kHz
850 MHz: 25,5 kHz
900 MHz: 25,3 kHz
950 MHz: 25,3 kHz
1000 MHz: 25,7 kHz → max. 2,8 % Fehler

Messung mit Racal-Dana 9008M
NF-Filter aus

ok

Abbildung 3: Abgleichnotizen

Ich bleibe meiner Annahme vorerst treu, dass die CMS-Fehlermeldung durch eine nicht eingerastete PLL ausgelöst worden sein muss (das würde gut zu der -im Fehlerfall- abgebrochenen SYNTH CAL-Routine passen).

Aber warum rasten PLLs manchmal nicht? Möglich wäre z.B., dass der VCO im Laufe der Jahre etwas gealtert ist, er damit ein ganz klein wenig seine elektrischen Werte verändert hat und als Folge davon sich sein beabsichtigter Abstimmbereich etwas verschoben hat. Die Abstimmspannung reicht dann an diesen Bandgrenzen nicht mehr ganz aus, den VCO da hinzu“schieben“, wo er eigentlich schwingen soll. Die Medizin gegen einen solchen Alterungseffekt heißt: "Neuabgleich", bei dem der Schwingkreis des VCOs so nachjustiert wird, dass sich bei einer bestimmten Frequenz eine bestimmte PLL-Regelspannung ergibt.

Wenn das beim Menschen nur auch immer so einfach ginge mit der Alterung... ;-)

Diese Idee will ich nun weiter verfolgen. Ich halte in meinen Reparaturnotizen also nach dem Punkt Ausschau, wo ich genau diese VCOs abgeglichen hatte. Und ich werde auch sofort fündig. Aber….

Nanu, was ist denn das für eine Nachlässigkeit? Unter Punkt 5.2.1.3 (siehe Abbildung 3) sehe ich meine eigene Notiz "1,974V- so gelassen"...hmm....obwohl laut Manual doch auf 2,4V eingestellt werden sollte. Gemeint ist die Abstimmspannung bei einer bestimmten Oszillatorfrequenz-nämlich 500MHz für den OSC1 und 750MHz für den OSC2.

Warum ich die beiden Schnuckelchen damals nicht auf den Sollwert drehte, kann ich heute nicht mehr nachvollziehen. Womöglich, weil ich vermutete, dass der Gehäusedeckel beim Aufschrauben einen Einfluss auf die Oszillatoren hat und sich dabei die korrekte Spannung von ca. 2,4V einstellt? Egal wie es auch sei- ich werde mich an das Thema ranmachen müssen. Ein guter Grund also, das Teil wieder auseinander zu nehmen.

P 390

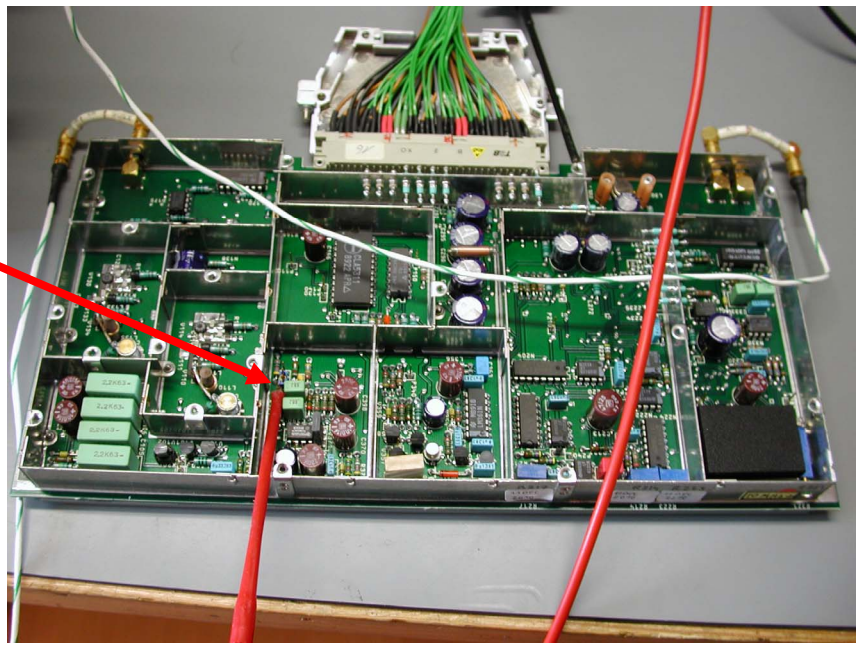


Abbildung 4: HF-Synthesizer, mit Prüfspitze an Punkt P390

Nach der Demontage der Baugruppe "HF Synthesizer" schließe ich diese über mein selbstgebasteltes Verlängerungskabel wieder an, so dass ich an ihr im Betrieb herummessen kann.

Wichtig ist hier insbesondere der Pin P390, an dem man die aktuelle PLL-Abstimmspannung messen kann. Etwas unglücklich ist allerdings, dass besagter Pin P390 nur bei geöffnetem Gehäusedeckel zugänglich ist. Man kann den Deckel zwar wieder halb drauflegen, während man die Messpitze des Multimeters an P390 angeklemmt hat, doch man kann den Deckel nicht zuschrauben- was aber nötig wäre, um den krorekt eingeschwungenen Zustand nachzubilden. Ich kann also nun nur hoffen, dass die R&S-Entwickler das bei ihrer Abgleichanleitung bei der Angabe des Zielwerts (2,4V) bereits bedacht haben.

Nun lasse ich den CMS einige Zeit so laufen, damit die Baugruppe temperaturmäßig in einen eingeschwungenen Zustand kommt. Dann stelle ich die gewünschten Abgleichfrequenzen ein (500, 750 und 1000MHz HF) und gleiche durch Drehen mit einem stabilen Schraubendreher die beiden Kondensatoren für OSC1 (500..750MHz) und OSC2 (750..1000MHz) so in ihrem Abstimmbereich ab, dass die PLL-Spannung für die vom Manual vorgegebene Prüffrequenz bei ziemlich genauen 2,4V zum Liegen kommt.

Das gelingt mir sogar!

Abbildung 5: Abgleich OSC1

So, nun fühle ich mich etwas sicherer- auch wenn mir das Reproduzieren des Problems (Ausrasten der PLL) selbst nach einem 24h-Dauerlauf nicht mehr gelungen war!

Achja- einen Einfluss hat der Deckel tatsächlich: wenn man ihn auf die geöffnete Baugruppe einfach nur drauflegt, verkleinert sich die PLL-Abstimmspannung von OSC1 um immerhin bis zu ca. 30mV.

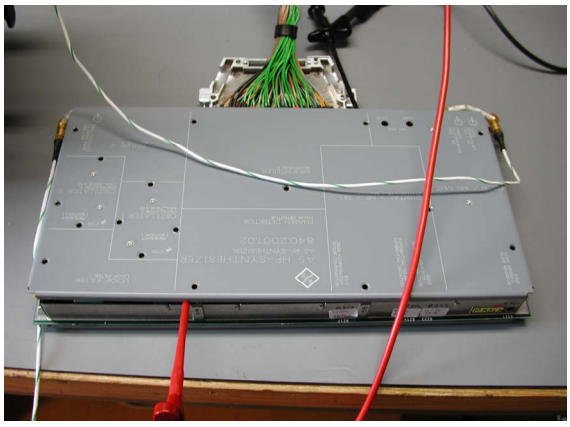


Abbildung 6: Deckel aufgelegt (OSC1)

Bei OSC2 ist das ähnlich. Vorher eingestellt...

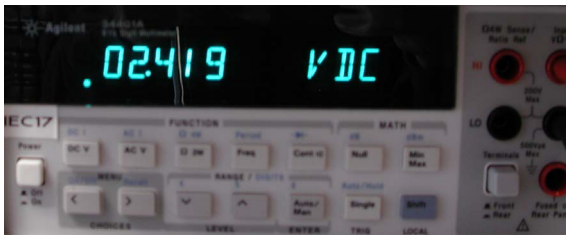


Abbildung 7: Abgleich OSC2

dann Deckel draufgelegt.....

Abbildung 8: Deckel aufgelegt (OSC2)

... und die Abstimmspannung sinkt um etwa 100mV.

Um die Situation wieder auf die Spitze zu treiben, entführe ich den guten alten Haarfön aus dem Badezimmer und lege los. Natürlich nur auf Stufe 1, denn ich will die Baugruppe nur auf eine etwas erhöhte Betriebstemperatur bringen- und nicht abbrennen!

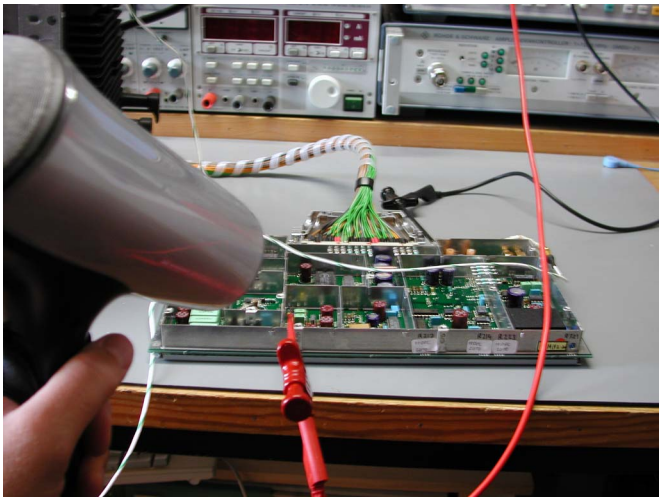


Abbildung 9: frisch geföhnt...

Ein paar angenehm surrende Minuten im warmen Luftstrom später: VCOs schwingen beide vorbildlich, die Abstimmspannung hat sich nur ganz wenig durch die zugeführte Temperatur geändert (noch nicht einmal 100mV).

Abbildung 10: "hochgeföhnte" Abstimmspannung an P390

Nun habe ich ein ganz gutes Gewissen, was die Abstimmspannungen des CMS angeht. Lassen wir uns aber noch vorher einen Blick auf die Hubkorrekturwerte werfen, bevor wir das Gerät wieder zuschrauben.

5 SYNTH CAL vorher/nachher

Nun löse ich die Andeutung von vorhin auf: wie hat sich der Nachgleich der beiden VCOs auf die Hubkorrekturwerte ausgewirkt?

Betrachten wir uns erst den OSC1. Im Vorher-Nachhher-Verlgeich sehen wir, dass sich der max-Wert durch den erfolgten VCO-Abgleich tatsächlich noch etwas weiter an den Rand des +Limits geschoben hat. Vorher lagen die Werte so um die 220dezimal, nun bei etwa 230dezimal.

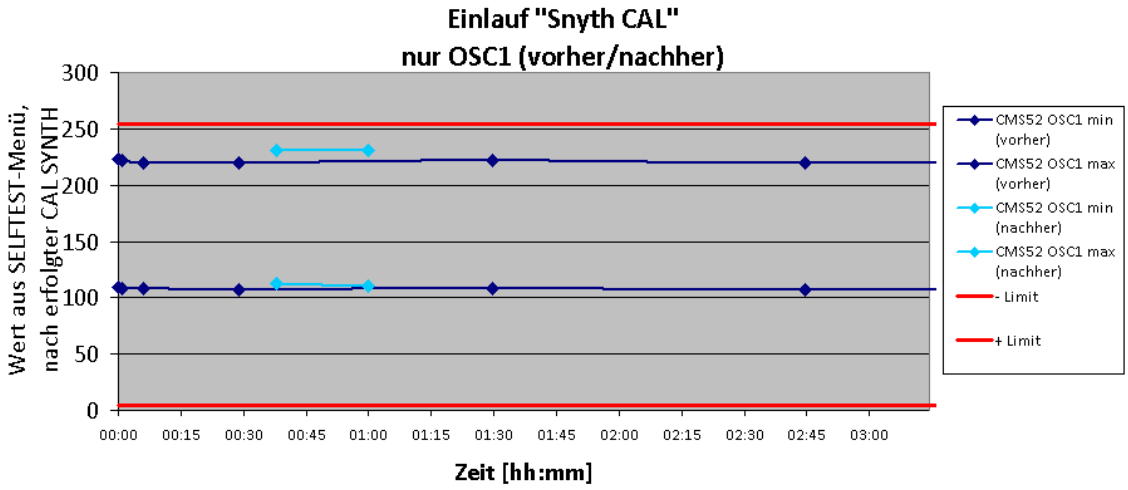


Abbildung 11: OSC1-Abgleich nachher (CMS52 nachher vs CMS52 vorher)

Da ändert auch eine andere Darstellung (Vergleich zum CMS57 als Referenz) nicht viel: der OSC1 liegt in seinen min- und max-Werten ein wenig am "Rand" des zulässigen Wertebereichs.

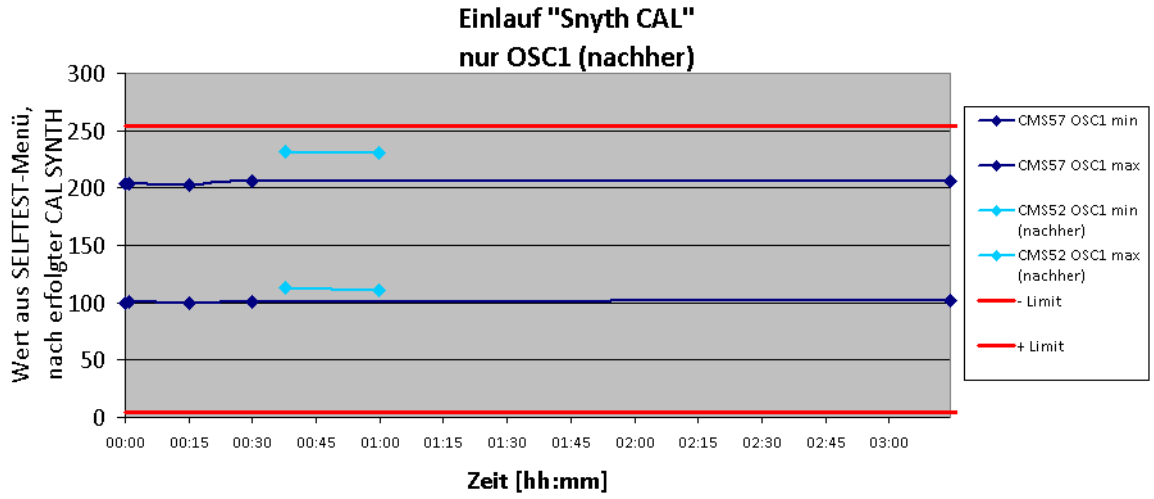


Abbildung 12: OSC1-Abgleich nachher (CMS52 nachher vs CMS57)

Beim OSC2 sieht es etwas hübscher aus. Auch hier hat sich der max-Wert zwar im Wertebereich nach oben hin verschoben, doch hier sieht alles noch "mittiger" aus.

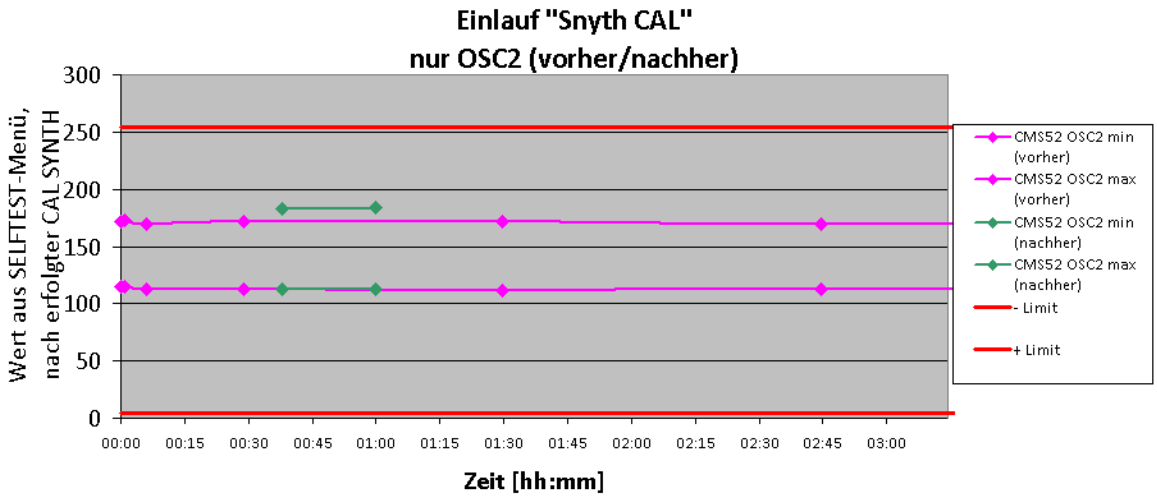


Abbildung 13: OSC2-Abgleich nachher (CMS52 nachher vs CMS52 vorher)

Ebenso beim Vergleich mit dem CMS57 aus dem Kalibrierlabor. Alles gut.

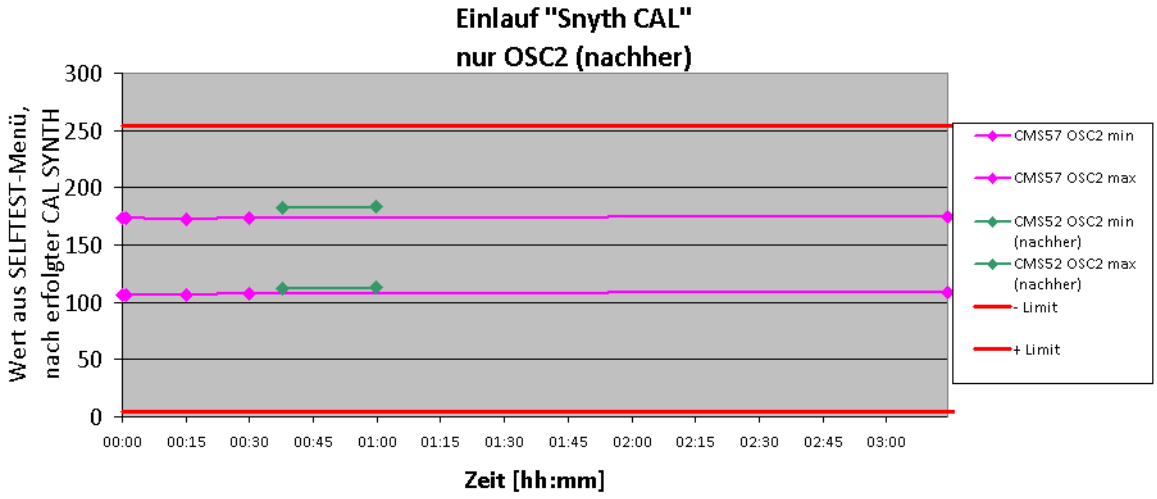


Abbildung 14: OSC2-Abgleich nachher (CMS52 nachher vs CMS57)

6 Habe fertig

Hiermit schließe ich den VCO-Abgleich beim CMS52. Viel mehr gibt es ja auch nicht abzugleichen oder einzustellen- der modernen Technik sei Dank. Obwohl ich zugeben muss, dass einem die "guten, alten Schaltungen" meistens mehr Spielraum bei einer Reparatur geben. Beim CMS funktioniert entweder alles super- oder gar nicht. Rein digital eben.

Ich habe mich dafür entschieden, dass ich lieber auf der "alles super"-Seite stehen will...

... und schraube den CMS wieder zusammen. :-)

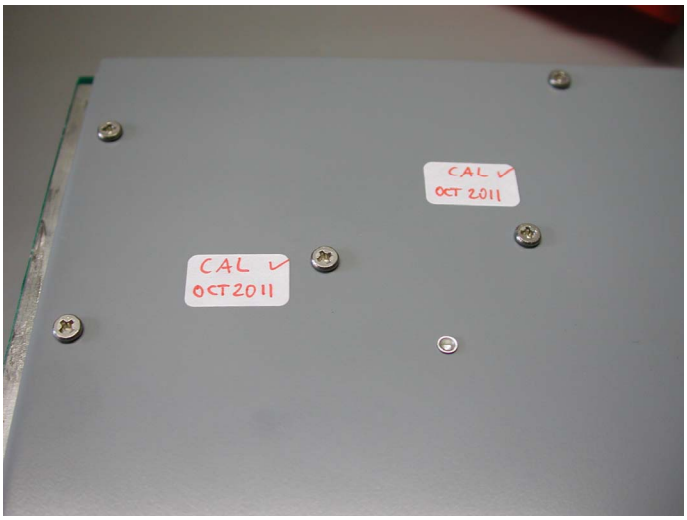


Abbildung 15: Abgleichelemente für OSC1 und OSC2 "ver-aufklebert"

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, lasse Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. Alle Rechte vorbehalten.
OCT2011, Marc Michalzik