

Klarheit kriege ich nur dadurch, wenn ich die Ausgangsfrequenz (und ggfs. den Pegel) des L3-3 über einen längeren Zeitraum messe. Das wird nun das nächste sein, was ich mache.

## 14.1 Tongenerator (1,4kHz Mess-Oszillator)

Um den Tongenerator des L3 hinsichtlich seiner Frequenzstabilität zu vermessen, braucht man einen Frequenzzähler. Ich benutze dazu meinen Racal-Dana 1992. Das ist ein schönes Teil, klein und schnuckelig, als Gebrauchtteil nicht allzu teuer, eine relativ gute Zeitbasis und dank seines Konzepts kann er auch bei nur 1s Torzeit noch mehrere Nachkommastellen Auflösung messen. Das ist insbesondere in unserem vorliegenden Fall bei NF-Frequenzen sehr hilfreich. Zusätzlich besitzt der 1992 eine IEC-Bus Schnittstelle. Also wie geschaffen für meinen Zweck, denn:



Abbildung 36: Messaufbau Langzeitmessung Oszillatorstabilität

Das Protokollieren mache ich per IEC-Bus mit einem Interface und Computerprogramm. Das ständige Mitschreiben der Messwerte wäre mir einfach zu doof. Am Ende der Messung soll herauskommen, um wieviel Hz der Oszillator des L3-3 denn nun so durchschnittlich wandert. Die Bewertung (gut/schlecht) würde ich dann ganz dilettantisch per "Augenmaß" machen; wohl wissend, dass es hier richtig professionelle Auswertemethoden (z.B. Allan-Deviation) gibt, die bestimmte Zeitfenster betrachten und dieses Fenster wie eine Wanderdüne durch die Messreihen schieben- auf der Suche nach dem größten Abweichungs-Intervall. Sowas mache ich hier nicht, denn bleiben wir auf dem Teppich: es geht hier um ein altes Röhrenprüfgerät für Hobbyzwecke und nicht um einen Marsroboter. Ein einfacher Blick auf die ermittelte Frequenzkurve und ein wenig gesunder Menschenverstand sollen uns hier genügen.

Es geht los, die Messung beginnt:

Kurz nach dem Einschalten hat der L3 natürlich die schlechteste Stabilität. Der Generator ändert innerhalb weniger Minuten seine Schwingfrequenz um einige Hertz. Erst nach etwa einer Stunde zeigt sich so etwas wie eine Abflachung seiner Drift. Richtig erstaunlich wird es aber erst nach einer Laufzeit von etwa 10 Stunden. Hier sieht man, dass die Schwingfrequenz noch immer kontinuierlich steigt! Selbst nach 12,5 Stunden scheint sich also noch immer kein wirklich stabiler Endzustand eingestellt zu haben. Ich lasse das Teil weiter laufen, damit ich am Ende einen Schrieb über etwa 24h Laufzeit habe. Für die Praxis ist diese lange Messung sicher unsinnig, denn so lange lässt wohl niemand ein Gerät warmlaufen,

nur um mal eben eine Röhre zu messen. Hier geht es jedoch um die Aufdeckung eines technischen Sachverhalts, dafür muss man eben schon mal etwas Geduld haben.



Abbildung 37: Oszillatorstabilität L3-3 über 82751 Sekunden (~23h)

in Y: Ausgangsfrequenz [Hz]; in X: Zeit in [s]; pro Sekunde ein Messwert

## 14.2 Zwischenbetrachtung

Die Stabilitätsbetrachtung mache ich ja u.a. aus dem Grund, um die Ursache herauszufinden, warum man die Steilheitsmessung beim L3-3 so oft naheichen muss. Die Vermessung des selektiven Verstärkers hat uns bereits gezeigt, dass hier sehr scharf gefiltert wird. Wandert der Mess-Oszillator also nur um wenige Hertz, könnte er damit sofort aus der Filterkurve herauslaufen und so einen ungewollten Pegelabfall produzieren (was einen dann wieder zum Nach-Eichen zwingt). Meine erste Untersuchung bewies, dass bereits eine Abweichung um nur 4 Hz bereits einen Amplitudenabfall von etwa 2% erzeugen wird! Die Anforderung an den Mess-Oszillator bezüglich Frequenzkonstanz ist also schon nicht ganz "ohne", wenn man stets innerhalb dieses Fensters bleiben will!

Hinzu kommt bei dieser Betrachtung, dass nicht nur die Drift des Mess-Oszillators berücksichtigt werden muss, sondern der Bandpass im selektiven Voltmeter selbst natürlich auch eine Temperaturdrift besitzt. Im schlimmsten Fall ist die sogar gegenläufig zu der des Mess-Oszillators, damit addieren sich sogar die Instabilitäten von Oszillator und Voltmeter. Ich werde also die Driftkurve des Bandpasses (also wie sich der Peak über die Zeit verschiebt) ebenfalls ermitteln müssen. Wie ich das genau mache, weiß ich noch nicht. Aber vermutlich wird mir nichts anderes übrig bleiben, als mir die Stoppuhr zu stellen und in bestimmten Zeitintervallen die Resonanzfrequenz händisch nachzumessen und dann zu notieren. (Ein Computerprogramm will ich dafür nicht extra schreiben, das wäre mir zu aufwändig.) Ein paar Messwerte sollten dafür ausreichen, um eine Tendenz zu erkennen.

## 14.3 Weiter im Text

Insgesamt mache ich drei Messungen. Die erste zeigt mir eine erste Tendenz, ist aber von drei nicht erklärbaren Peaks überlagert. Ich schalte am Laptop den Virens Scanner aus und aktiviere am Frequenzzähler zusätzlich ein Tiefpassfilter. Nun sind die mysteriösen Peaks weg, wie ich an der zweiten Probemessung erkenne. Nachdem ich nun endlich ein lauffähiges Setup habe, lasse ich den L3 abkühlen und starte dann schließlich die dritte, finale Messung. Sie läuft jetzt problemlos knapp 24 Stunden im Dauerbetrieb und ist in Abbildung 37 zu sehen.

Innerhalb der ersten Stunde nach dem Einschalten sinkt die Oszillatorfrequenz um etwa 5Hz/Stunde. Danach geht die Kurve in eine kontinuierliche Steigung über; d.h. bis zum Messungsende nach 24 Stunden steigt sie wieder mit etwa 0,1Hz/Stunde an. Und selbst nach 24 Stunden sieht man noch keinen stationären Endwert, auf den sich der Oszillator einzuschließen scheint! Bei einem ordentlich laufenden OSC hätte ich erwartet, dass sich nach einer kurzen Aufheizphase (z.B. 1 Stunde) ein Mittelwert einstellt, um den herum der Oszillator nun ständig hin und her schwankt. Leider macht mein L3 das nicht und das ist eigenartig. Ich bin froh, dass ich im Endeffekt diese Messung gemacht habe und möglicherweise hier einem Problem auf die Schliche gekommen bin, auch wenn ich gerne zugeben muss, dass Jac von Anfang eine Vorahnung hatte und mich erst in diese Richtung geschubst hat. Auch ein Röhrenoszillator müsste doch letztendlich auf eine mittlere Resonanzfrequenz konvergieren- und das in einer Zeit, die sehr viel kürzer sein muss als 24 Stunden. Oder nicht?

Jac vermutet defekte bzw. leckstrombehaftete Kondensatoren im Oszillator als mögliche Fehlerquelle. Ich tue gut daran, seine von großer Erfahrung geprägten Hinweise ernst zu nehmen und in diese Richtung zu forschen. Auch aus meiner Restaurationserfahrung weiß ich, dass Kondensatoren im Laufe der Zeit durch Aufnahme von Feuchtigkeit gerne mal ihren Wert vergrößern oder Widerstände hochohmiger werden, daher klingt sein Hinweis in meinen Ohren sehr vernünftig.

## 14.4 Audio-Leiterplatte ausbauen

Nicht zuletzt auch deshalb, weil ich Ausgangssignal des L3-Tongenerators auch ein leichtes Clippen der negativen Sinusspitzen sehe, entscheide ich mich zu einem Rework der kompletten Audio-Leiterplatte (Tongenerator,  $\mu$ A-Voltmeter und selektives NF-Voltmeter). Dazu muss ich sie erst von dem dicken Kabelbaum ablöten, mit dem sie im L3 verbunden ist. Ich beschrifte alle einzelnen Kabel mit Nummern-Klebeschildchen, damit ich sie später wieder eindeutig zuordnen kann. Das Lötzinn ist ziemlich schwer aufzuschmelzen. Nicht nur das werksseitig aufgebraute Coating (=Schutzlack) macht das Entlöten schwer, sondern auch die im Laufe der Jahre tlw. heftig oxidierten Lötstellen erschweren die Zinnannahme. Hier kann man nur mit Geduld, viel frischem Lot und ständigem Reiben der Lötspitze versuchen, die Oxidschicht aufzukratzen und die benötigte Wärme in die Lötstelle einzuleiten.

Danach reinige ich jedes Lötauge mit Flutsche und Kontakt60 Reiniger auf Wattestäbchen. So werden auch Flussmittelreste und die restlichen Oxidschichten gut entfernt. Es ist aber ein Haufen Arbeit, der sich am Ende aber hoffentlich lohnen wird.

## 14.5 Kondensatoren-Tausch

Ich beginne mit meinen Restaurationsarbeiten mit den Kondensatoren in der Umgebung der Röhre VL15- also dem Oszillator. Hier gibt es 10nF und 22nF-Kondensatoren. Ich baue die beiden 10nF aus und messe mehr als 14nF sowie 470Ohm ESR. Das ist viel. Laut Toleranzangabe (10nF +/- 10%) sogar eindeutig \*zu viel\*, also raus damit. Ich löte jeweils einen 10nF Styroflex-Kondensator ein, die für ihre hohe Frequenzkonstanz bekannt sind. Diese haben auch tatsächlich 9,8nF und einen ESR von nur 73Ohm. Das klingt schonmal besser!

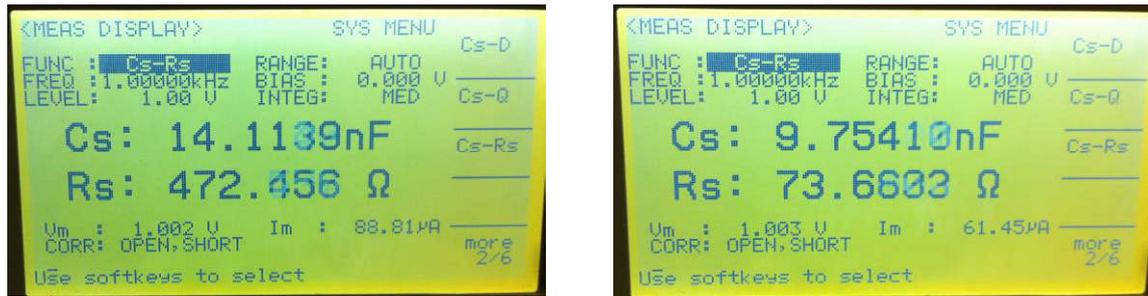


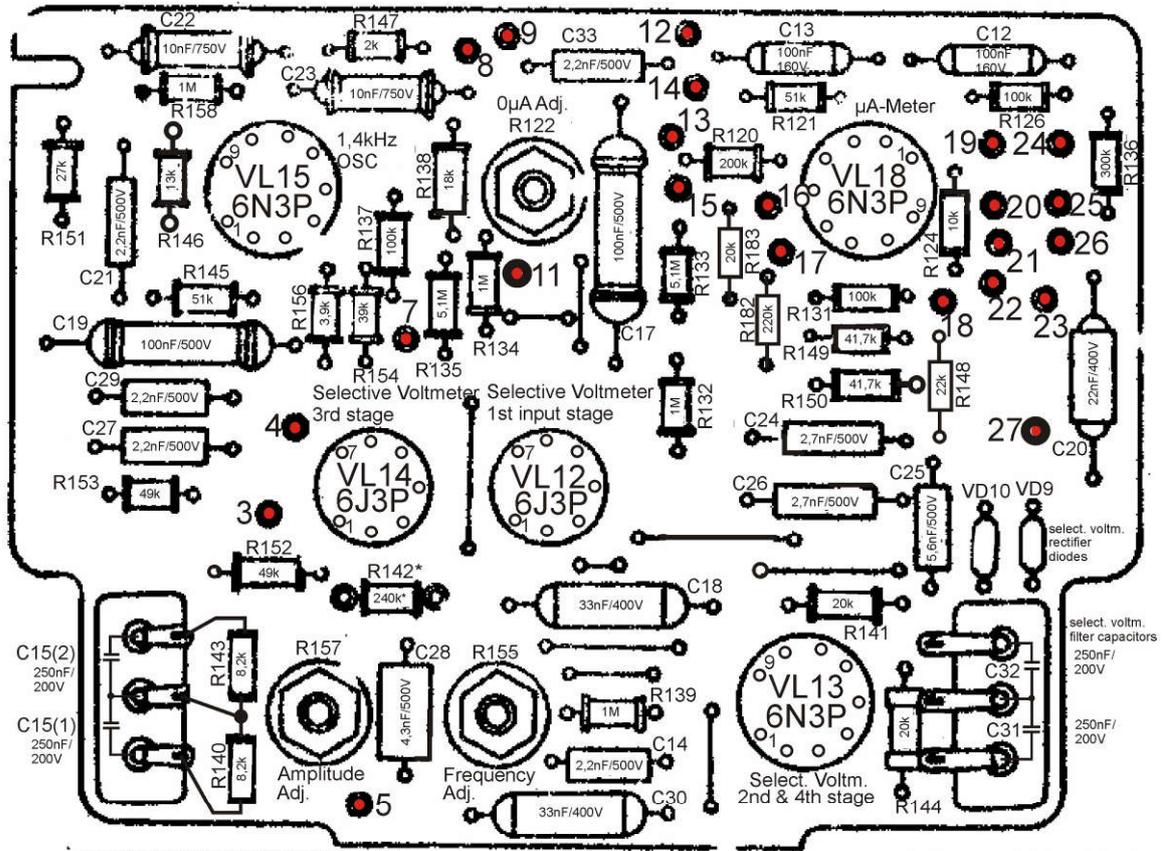
Abbildung 38: links: alter Kondensator; rechts: neuer Kondensator

Nun bastele ich mich Stück für Stück durch die Leiterplatte durch. Den 100nF-Kondensator, der die Schirmgitterspannung einer Röhre filtern soll, erhöhe ich locker-flockig auf 220nF. Heutzutage sind die Bauteile einfach kleiner und leistungsfähiger und an dieser Stelle kann "ein Pfund mehr" sicher nicht schaden.

Zwischendurch schimpfe ich dann wieder über die meiner Meinung nach schlechten (deutschen) Unterlagen des L3, denn auf dem Bauteile-Lageplan der Audio-Leiterplatte sind die Namen der Bauteile kaum zu erkennen. Und im Schaltplan fehlen (natürlich!) die Schnittstellen zum Kabelbaum. Auch deckt sich der Bauteileplan mal wieder nicht 100%ig mit meiner Version der Leiterplatte. Das macht es alles nicht einfacher!

Glücklicherweise stehen die Bauteilbezeichnungen aber auf der Leiterplatte selber- allerdings geschickterweise UNTER den Bauteilen, so dass man sie erst lesen kann, wenn man das Bauteil bereits ausgelötet hat. Auf Basis des alten, nicht mehr lesbaren Bestückungsbildes im L3-Manual mache ich mir einen Scan, lösche das Gekruckel mit einem Zeichenprogramm raus und ergänze es mit den Bauteilenamen, die ich nach und von der Platine ablese. Wieder ein Haufen Arbeit, aber es lohnt sich. Nachdem ich auch die Schnittstellen zum Kabelbaum identifiziert und in den Schaltplan übertragen habe, verstehe ich auch so langsam, was sich die Entwickler gedacht haben müssen.

Für alle die, die sich ebenfalls über die schlechten Unterlagen ärgern, hier meine Version des Bauteile-Lageplans.



\* according to partslist, actual value used in this PCB: 300k

L3-3 tube tester, Audio PCB. Re-draw by M.Michalzik MAY2012. V1.0  
Errors possible, no "warranty", no commercial use.

Abbildung 39: Audio-PCB, von mir neu beschriftet

Nicht perfekt, aber besser als das hier:

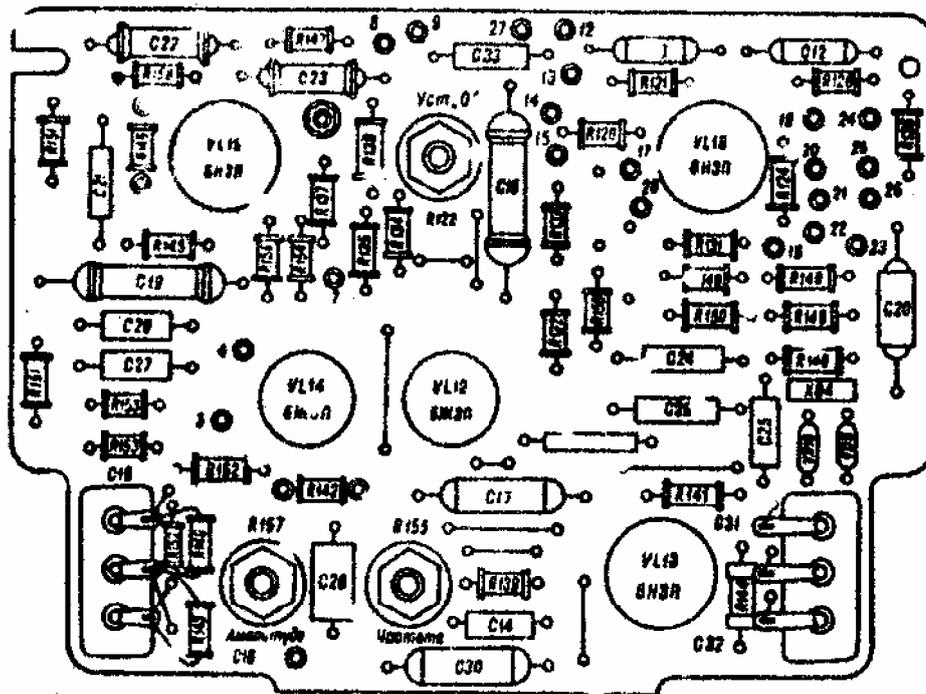


Abbildung 40: Audio-PCB, so sah es vorher aus...

## 14.6 Neuer Anlauf

Die Audio-PCB ist fertig bearbeitet- wenn auch mit einer kleinen Unterbrechung durch unseren erstgebohrnen Sohn, der es am Ende eiliger hatte als es seinen Eltern eigentlich recht war. Da verwundert es nicht, dass das Elektronikbasteln nun erst einmal etwas zurück stehen muss. Sogar Jac gibt unverdrossen zu, dass es im Leben tatsächlich auch Dinge gibt, die \*noch\* wichtiger sind als Röhren. Wow!

Jedenfalls schaffe ich es trotzdem, die Audio-PCB abzuschließen- wenn auch nun in kleineren Häppchen. Die Potis habe ich alle gereinigt, die Röhrenfassungen mit Klebeschildchen beschriftet und die allermeisten Widerstände gewechselt. Nur die ganz "schiefen" 0,2%-Typen habe ich -nach vorheriger Kontrolle- drin gelassen, ebenso die MICA-Kondensatoren, von denen tatsächlich ohne Ausnahme alle noch 100% heile waren.



Abbildung 41: Audio-PCB fertig aufgearbeitet und eingebaut

Beim Anschließen an den Kabelbaum fielen mir leider ein paar von den mühsam beschrifteten Klebeschildchen ab, aber ein Blick in den Schaltplan und ein Durchgangspiepser schafften hier relativ schnell wieder Klarheit. Ein erstes Einschalten und kurzes Warmlaufen zeigt mir, dass die Verzerrungen des L3-internen 1,4kHz-Generators nun sehr viel geringer geworden sind! Sehr erfreulich, ich messe irgendwas um die 2% Klirrfaktor. Und auch die 450mVeff Ausgangsspannung sind durch die Poti-Reinigung und anschließender Konservierung (mit techn. Vaseline) nun deutlich präziser einstellbar. THD%

