



Das hier beschriebene Gerät ist eine prozessorgesteuerte Messbrücke Typ B905 der Firma Wayne Kerr, gebaut ca. 1984.

Mit ihr kann man Induktivitäten, Kapazitäten und Widerstände messen.

Das linke Display zeigt dabei die Werte der Kapazitäten oder Induktivitäten an, das rechte wahlweise den Parallelwiderstand, Serienwiderstand oder Leitwert eines Bauelementes sowie D/Q (Verlustfaktor oder dessen Kehrwert Q). Zudem kann der Pegel des Meßsignals als Effektivwert angezeigt werden, diesen kann man auch manuell einstellen. Mit dem Tastenblock rechts kann der Wert für die Anzahl von Mittelwerten eingegeben werden (bei instabilen Messdaten), zudem ist er zur Konfiguration eines optionalen Binning Moduls notwendig

Die Auflösung beträgt jeweils 5 Stellen.

Die wichtigsten Messbereiche (einschließlich der Extremwerte mit reduzierter Genauigkeit) betragen:

Kapazität: 0..100mF (Milifarad, nicht μF !), Auflösung max. 0.0001pF (!)
 Induktivität: 0..16kH, max. Auflösung 0,0001 μH
 Widerstand: 0..100M Ω

Als Messfrequenzen stehen 100Hz (oder je nach Land 120Hz), 1kHz, 10kHz und fx zur Auswahl. Die vierte Messfrequenz (fx) konnte kundenspezifisch zwischen 100Hz und 10kHz bestellt werden. Dazu musste sowohl die Firmware als auch die Hardware entsprechend angepasst werden. Wurde keine kundenspezifische Messfrequenz bestellt, dann wurde die B905 mit 400Hz als Standardwert für fx ausgeliefert, das ist auch bei meiner B905 so.

Ich möchte mit der Beschreibung nicht zu sehr ins Detail gehen, denn das steht alles im Manual, von den technischen Daten bis zur Schaltungsbeschreibung, ich muss das nicht alles wiederholen.

Es ist mir gelungen das Manual in Papierform zu besorgen, was die Reparatur sehr erleichtert hat.

Ich habe eine Kopie davon gemacht und diese auf <http://www.ko4bb.com/getsimple/index.php?id=manuals> hochgeladen. Im Suchfenster b905 eingeben, dann kommt einmal ein ROM Image für das Gerät (Stammt nicht von mir) und meine PDF Datei.

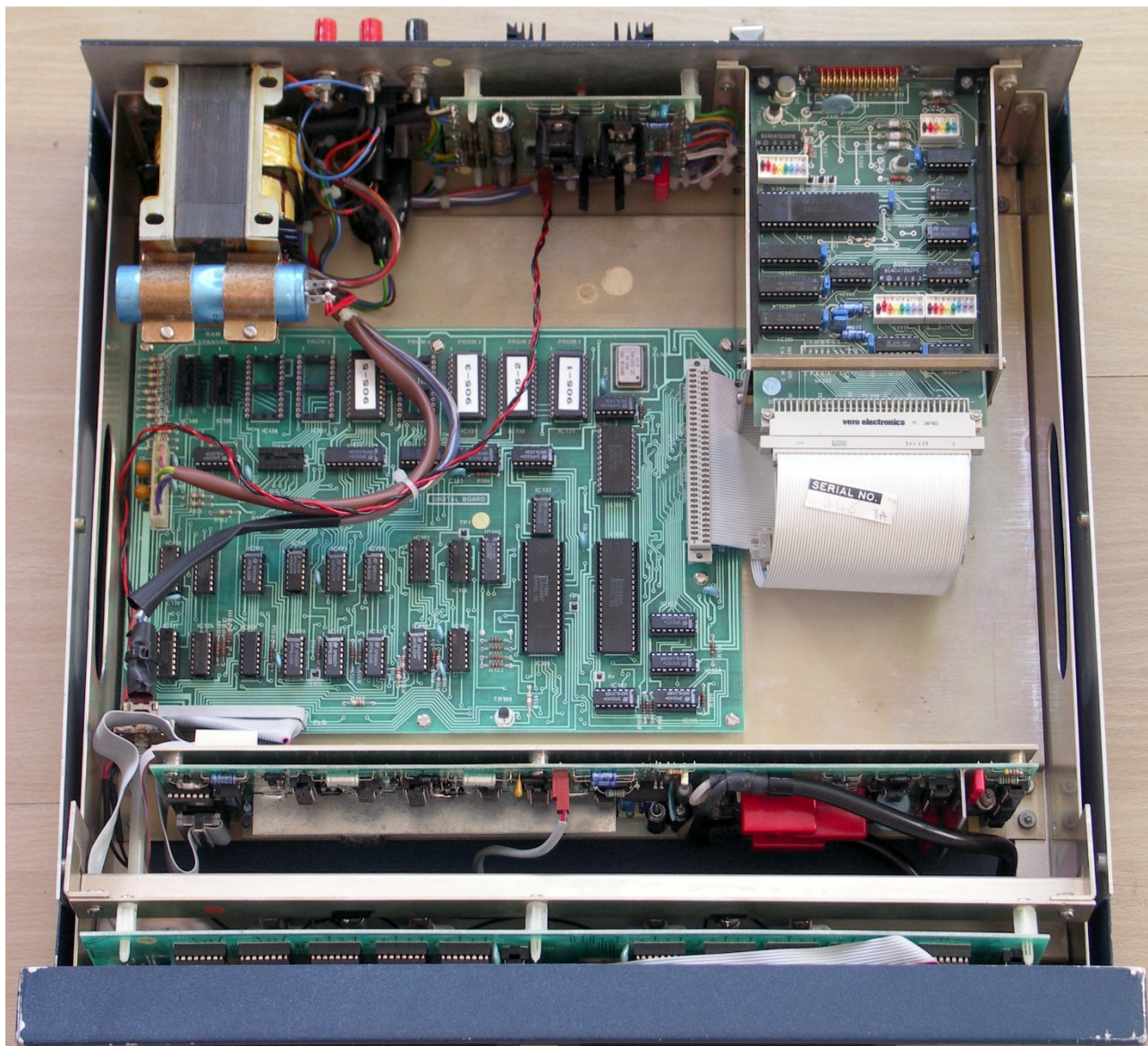
Wer sich also für das Gerät interessiert, dem sei diese Datei empfohlen, sie enthält sowohl das User als auch das Servicemanual, einschließlich den Schaltplänen und der Schaltungsbeschreibung.

Und noch eine Bitte: Solche Sites wie ko4bb.com (und andere) sind für Leute wie uns sehr wichtig. Die dort gesammelten ROM Images und Manuals haben mir schon mehrmals geholfen, ohne bestimmte ROM Images oder Manuals von dieser Site wären einige meiner Reparaturen nicht möglich gewesen.

Bitte unterstützt solche Sites! Nicht nur von dort runterladen, sondern auch mal was scannen und hochladen, wenn es das dort noch nicht gibt.

Ja, ich weiß, das kann stundenlange Arbeit sein. Aber solche wertvollen Websites können nur existieren, wenn man auch mal selbst seinen Beitrag leistet. Und der Betrieb solcher Sites mit großem Datendurchsatz kostet den Betreiber Geld. Also auch mal ab und an ein paar Dollar spenden.

Zuerst ein Blick ins Innere um zu sehen, wie das Gerät aufgebaut ist.



In der Mitte befindet sich das Digitalboard mit dem Prozessor, seinen Peripherie-Chips und einiges an TTL Logik. Die TTLs sind hauptsächlich für die Adress/Datenbusse zuständig, zudem ist damit die ein Teil der Schaltung zur Erzeugung der Messfrequenzen aufgebaut.

Oben sieht man die EPROMs mit der Firmware.

Es ist normal, dass nicht alle Sockel bestückt sind, die Bestückung hängt von der Geräteausstattung ab. Oben links sind zwei unbenutzte Steckplätze für RAM Bausteine, laut Schaltplan eine „future option“.

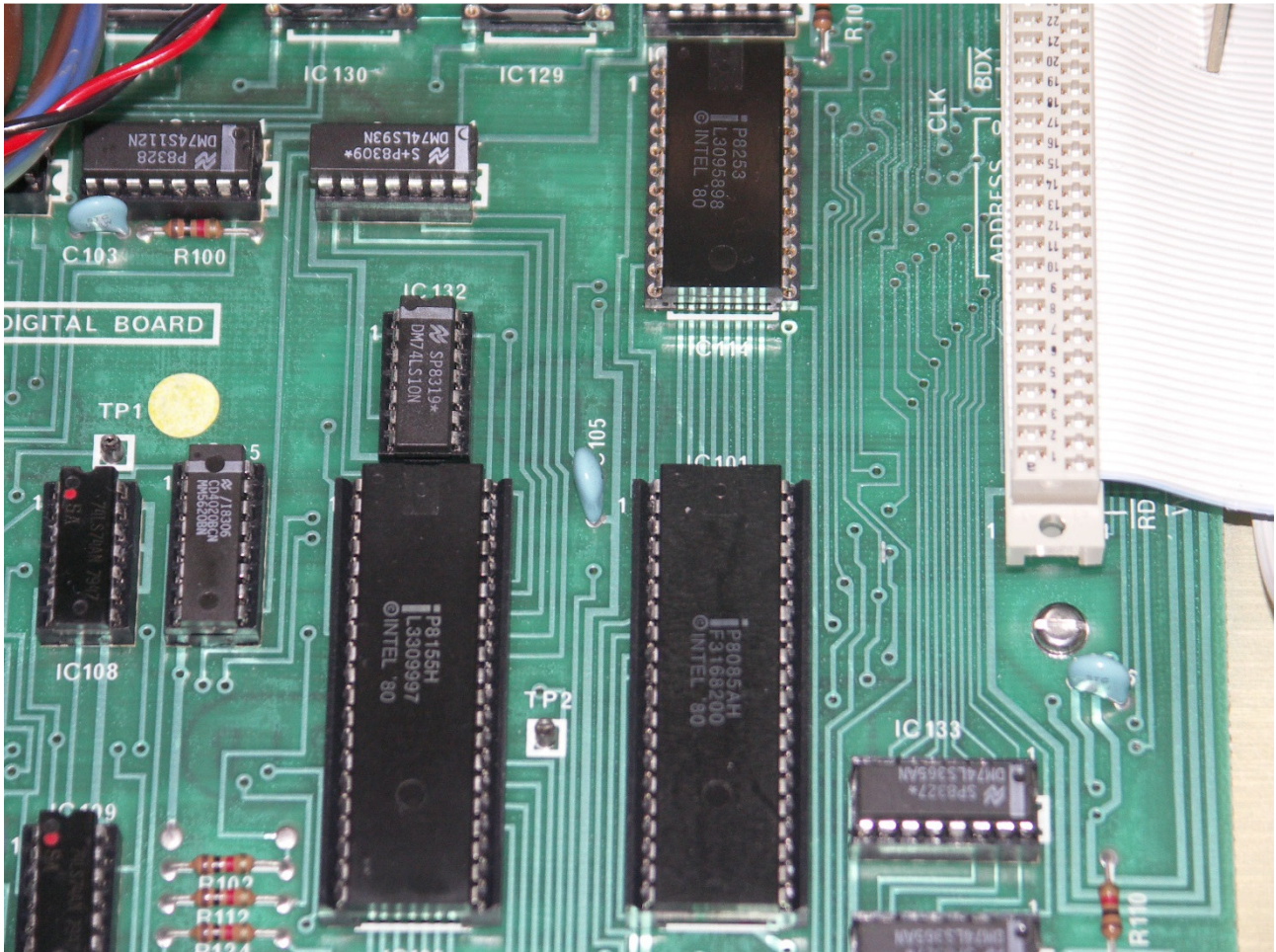
Als Prozessor wurde ein Intel 8085 eingesetzt.

Ein 8155 enthält den 256 Byte Arbeitsspeicher, einen Timer und drei 8 Bit I/O Ports.

Die Firmware muss sich mit diesen 256 Byte Ram im 8155 begnügen.

Zudem ist ein 8253 vorhanden, welcher 3 programmierbare Teiler enthält.

Das alles ist typische 80er Jahre Prozesortechnik, heute passt das alles zusammen in einen einzigen billigen Chip.



Vorne, hinter der Anzeigeplatine, ist das Analogboard vertikal eingebaut.

Hinten links befindet sich das Netzteil, hinten rechts die optionalen Zusatzmodule.

Bis zu drei verschiedene Module konnten gleichzeitig eingebaut werden.

Bei mir ist nur ein serielles Interface bestückt, über eine RS 232 Schnittstelle lässt sich das Gerät darüber fernbedienen und die Daten auslesen.

Für dieselbe Aufgabe gab es auch ein GPIB Modul.

Zudem ein Binnig Modul. Damit konnte man über 5V Ausgänge Sortiereinrichtungen ansteuern.

Das Modul konnte über die Fronttasten oder eine Schnittstelle so programmiert werden, dass es die vermessenen Bauteile nach den entsprechenden Vorgaben sortierte. War ein Bauelement z.B.

außerhalb einer Fertigungstoleranz, wurde der Ausgang für „in den Schrott befördern“ ausgelöst.

Oder es konnte nach Genauigkeitsklassen sortiert werden. Dieses Modul war hauptsächlich für Fertigungseinrichtungen gedacht.

Ein weiteres Modul konnte die Messwerte als Analogwerte ausgeben.

Für die Zusatzmodule müssen auch die passenden EPROMs bestückt werden.

Soweit die Übersicht, zurück zu meiner B905, bzw. zu dem Schrotthaufen, der bei mir ankam.

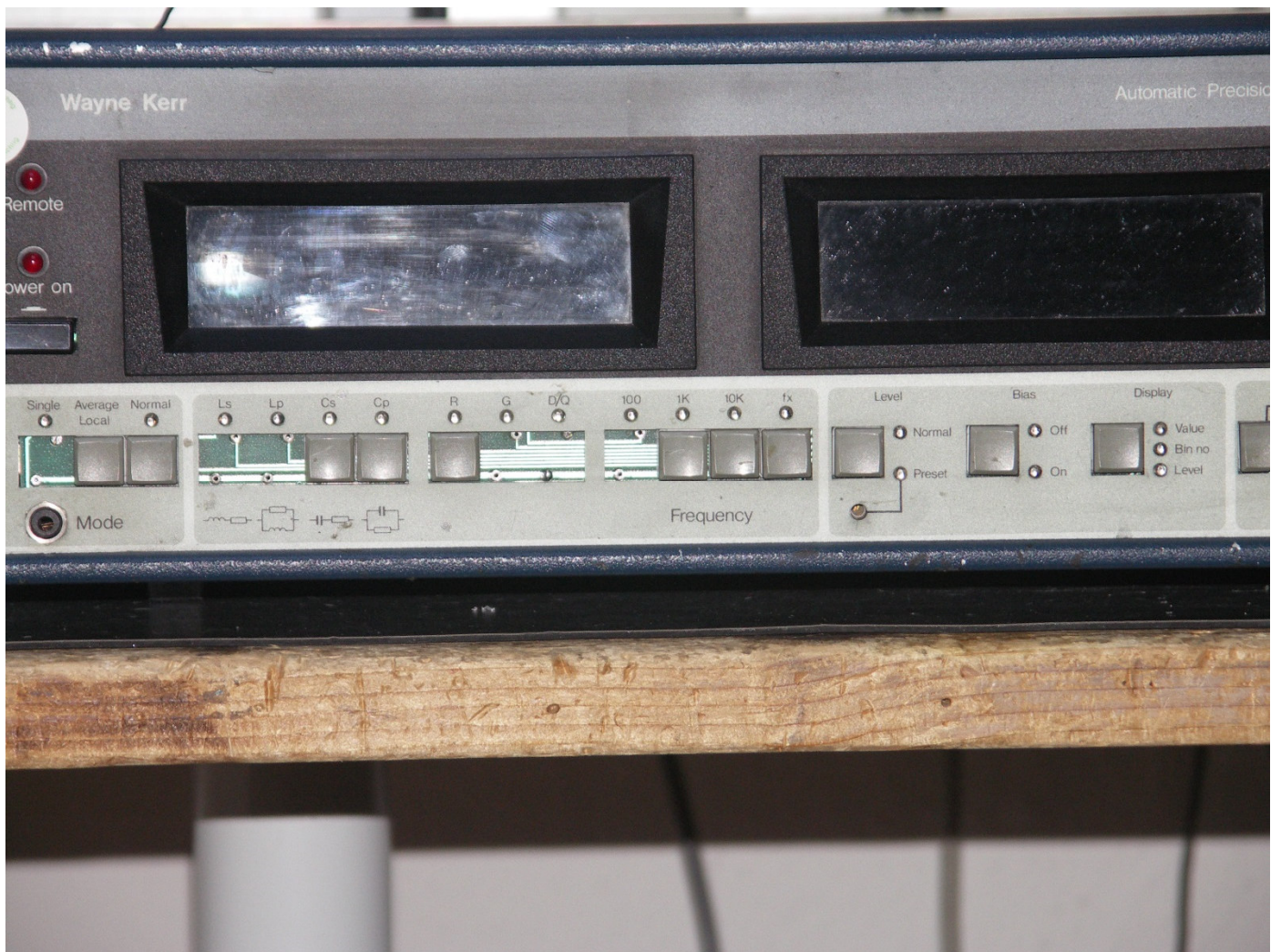


Sieht schlimm aus, das war mir allerdings bekannt und ging auch bereits aus der Auktionsbeschreibung hervor.

Die Bilder waren so abschreckend, dass ich die B905 recht günstig ersteigern konnte. Dass hier einiges an Investitionen notwendig war, ist mir von Anfang an klar gewesen. Das Gerät muss in feuchter und schmutziger Umgebung gelagert worden sein, vermutlich ein Schuppen, eine Garage oder der berühmte „Dachbodenfund“. Auf dem Gehäuse klebten noch Spritzer von Gips oder Zement, im Inneren waren deutliche Spuren von Kondenswasser zu sehen. Diese Lagerung hat mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Teil der Schäden am Gerät geführt, welche sich im Laufe der Reparatur zeigten.

Eine erste Bestandsaufnahme zeigte folgendes:

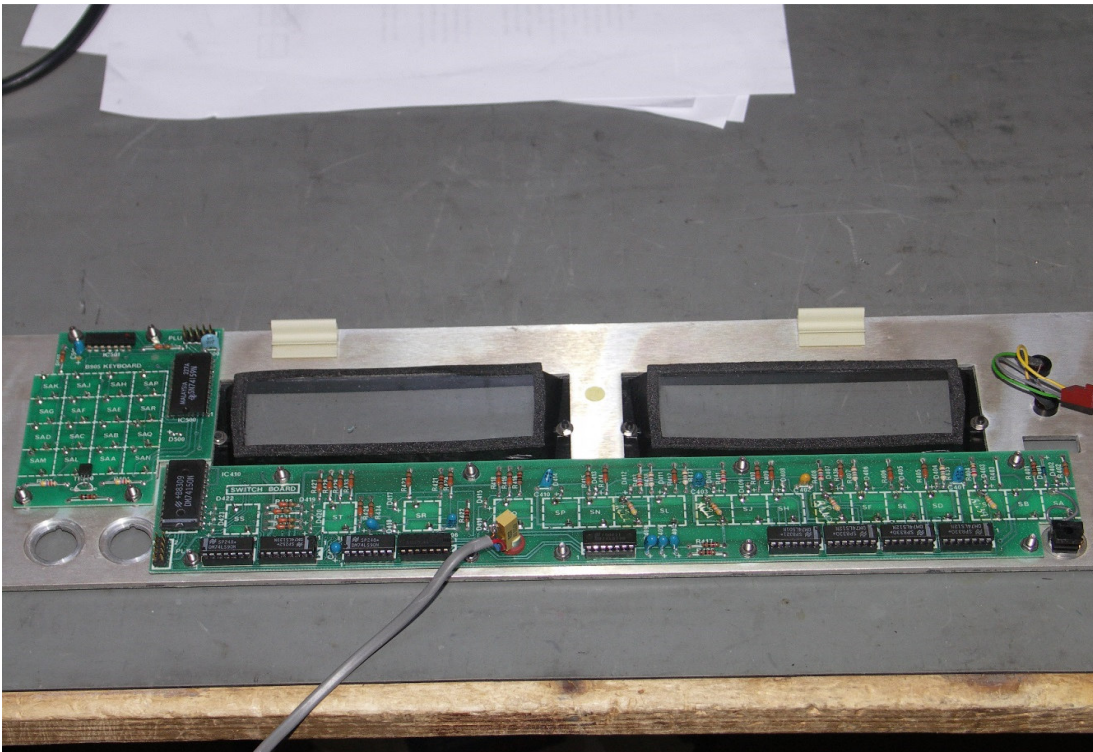
Die Tasten waren fast alle defekt oder sie fehlten zum Teil, weil sie vom Vorbesitzer ausgelötet wurden. Die noch vorhandenen Tasten hingen fest und waren völlig unbeweglich, weil die Federelemente gebrochen waren. Die Tastenkappen fehlten zum Teil, die noch vorhandenen waren völlig vergammelt.



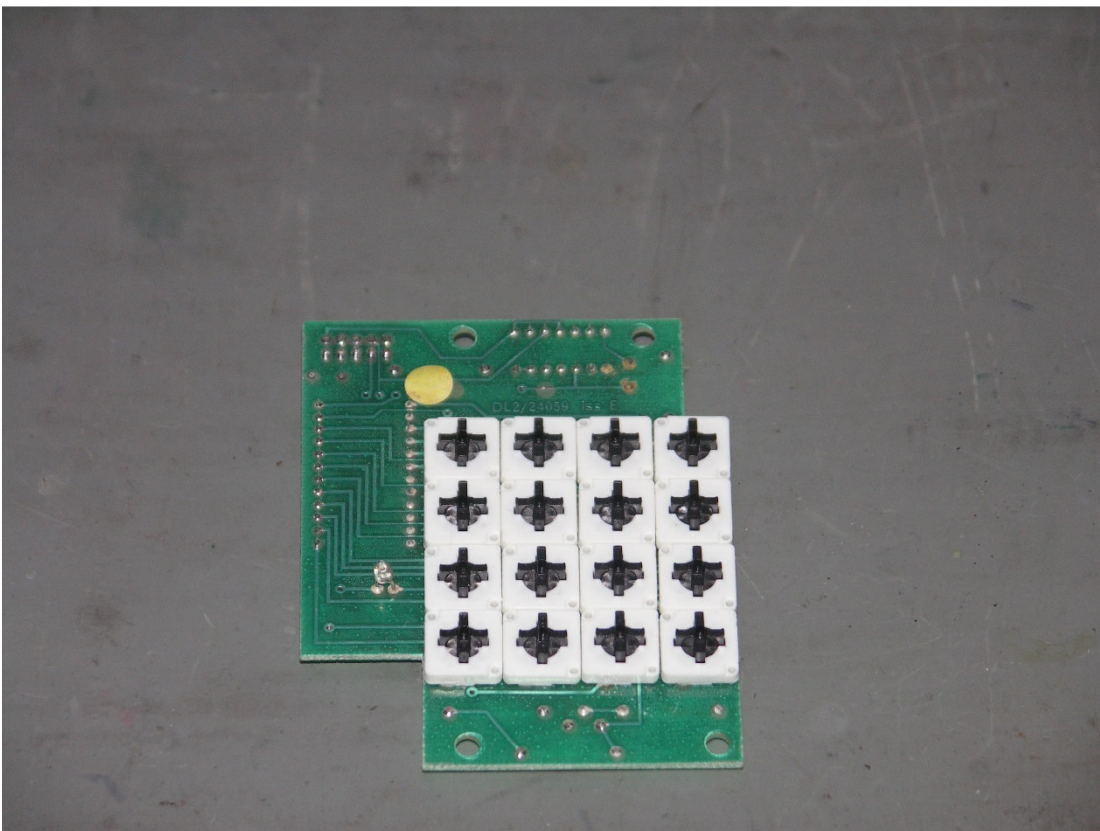
Die Hintergrundbeleuchtung für die LCD Anzeige fehlte auch, wie sich beim Zerlegen der Fronteinheit zeigte. Der Vorbesitzer hatte sie ausgebaut, keine Ahnung was er damit anfangen wollte. Da müssen insgesamt sechs Halter für sechs 2-Watt Lampen gewesen sein, irgendwas spezielles, welches auf den Metallrahmen hinter den LCDs festgeklemmt war. Jedenfalls gibt es keine Löcher für Schraubverbindungen, ich habe keine Ahnung, wie das ursprünglich ausgesehen hat.

Es fehlte alles komplett, die 12V Leitung für die Beleuchtung war einfach abgeschnitten. Was ich von Leuten halte, die so einen Scheiß machen, schreibe ich hier mal lieber nicht öffentlich. Bevor ich irgendwas mit dem Gerät anfangen konnte, musste das erst mal in Ordnung gebracht werden, denn das Gerät war so nicht bedienbar und die LCD Anzeigen nicht ablesbar.

Die Tasten waren ein echtes Problem, erst nach einiger Sucherei fand ich die Originalteile bei DigiKey. Ob die noch hergestellt werden oder ob das alte Restbestände waren, weiß ich nicht. Auch die Tastenkappen gab es dort, aber nur in hellweiß, die dunkleren, die auch original im Gerät verbaut sind, waren nicht lieferbar. Egal, es geht auch mit weißen Tasten
Nach Eintreffen der Ersatzteile wurden alle Tasten ersetzt.



Hier das ausgebaute Keyboard. Die Tastaturlogik ist mit TTL Logik realisiert, die CPU liest die Tasten nicht, wie heute üblich, selbst in einer Matrix aus, sondern überträgt in festen Intervallen die Daten aus den Registern der Tastaturlogik.



Der externe Tastenblock mit den neuen Tastern.

Nach der Reparatur der Tastaturboards war nun die Hintergrundbeleuchtung dran. Hier musste ich improvisieren, da wie schon erwähnt, die originalen Lampenfassungen fehlten. Hinter jede LCD Anzeige habe ich auf den Metallträger drei Fassungen für Miniaturlampen geklebt, diese insgesamt

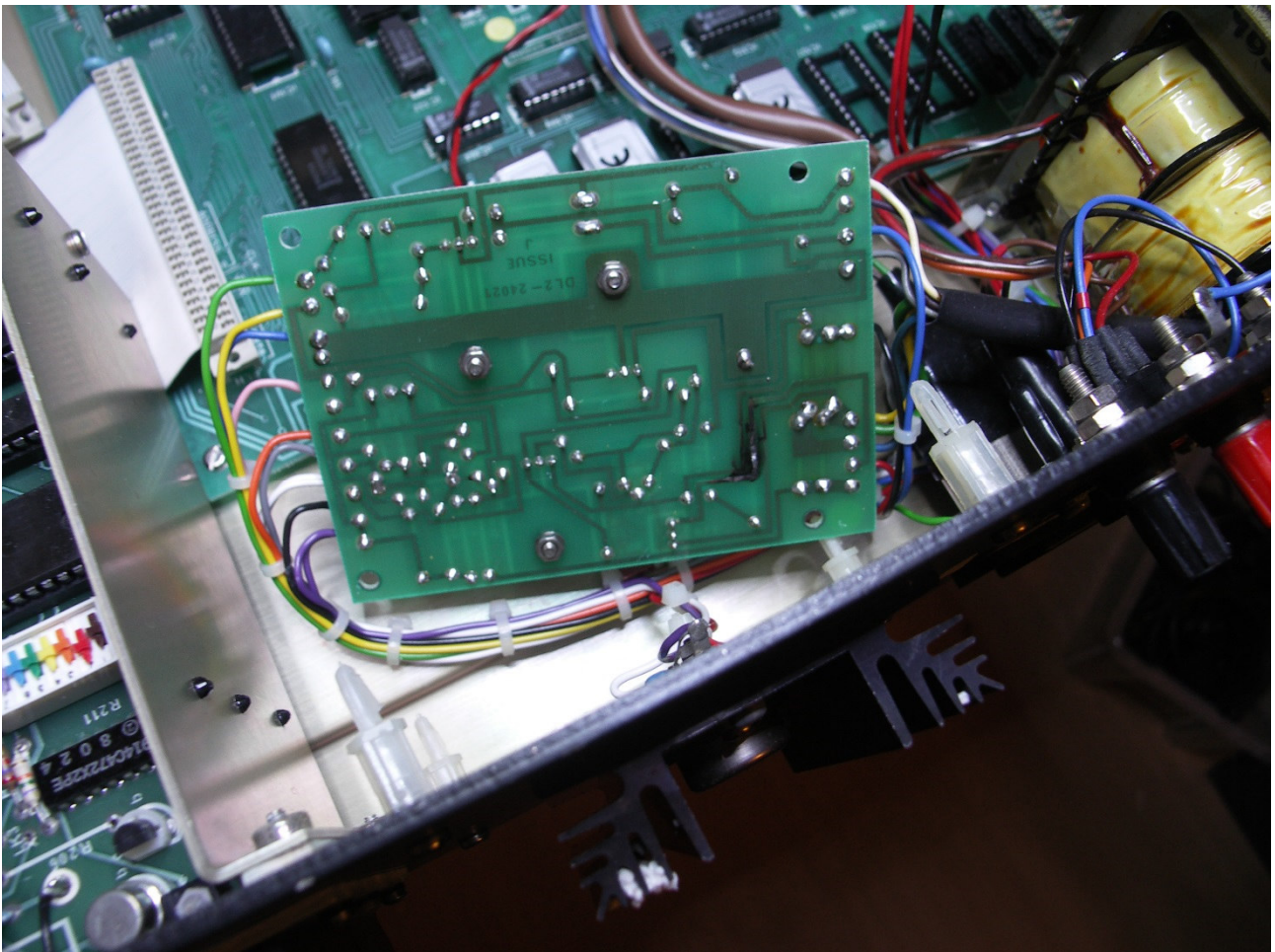
sechs Fassungen miteinander verdrahtet und mit dem abgeschnittenen Rest des 12 V Kabels verbunden, welches vom Netzteilmodul kommt.

In Jeder Fassung ist eine 2-Watt Glühlampe eingeschraubt. Ursprünglich hatte ich überlegt statt der altertümlichen Glühlampen LED Streifen als Hintergrundbeleuchtung zu nehmen, den Gedanken aber dann wieder verworfen. Das Gerät sollte wieder so weit wie möglich in seinen ursprünglichen Zustand gebracht werden, und da waren eben nun mal Glühlampen als LCD Beleuchtung vorgesehen, auch wenn das nicht mehr zeitgemäß ist.

Nach Abschluss der Arbeiten im Frontpanelbereich wurde die gesamte Fronteinheit, bestehend aus den Leiterplatten mit den Tasten und der zugehörigen Logik, dem LCD Board und der Frontplatte wieder zusammengebaut und das Gerät zum ersten Mal eingeschaltet.

Nun, die LEDs am Bedienpanel leuchteten zumindest schon mal. Betätigte man die Tasten, reagierten die LEDs darauf. Die Tastaturlogik funktionierte also. Allerdings war eine der LEDs so dunkel, dass man sie kaum noch erkennen konnte. Diese mussten ersetzt werden. Also wieder alles raus, die defekte 3mm LED ersetzt und alles wieder zusammenbauen. Danach war das Bedienpanel wieder voll funktionsfähig.

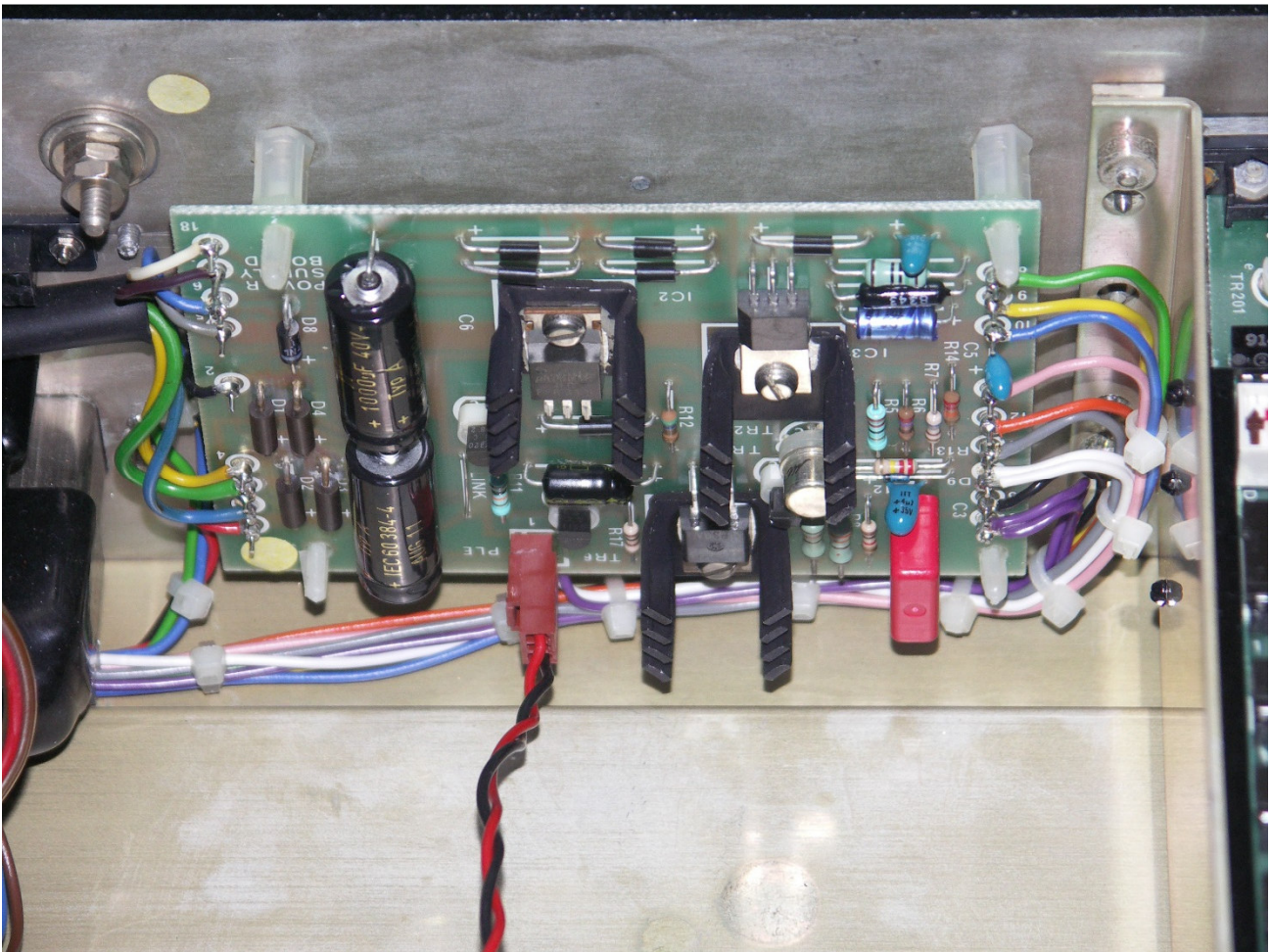
Was allerdings nicht funktionierte war meine tolle, selbst gebastelte Hintergrundbeleuchtung für die LCDs. Es zeigte sich, dass vom Netzteilmodul keine 12V Wechselspannung für die Beleuchtung geliefert wurde. Nach Ausbau des Netzteilmoduls war die Ursache sofort zu sehen.



Die abgeschnittene Leitung der Beleuchtung hatte beim Vorbesitzer einen Kurzschluss verursacht. Nein, ich schreibe jetzt nicht „Vollidiot“, solche Begriffe haben in einem technischen Bericht nichts zu suchen.

Die Leiterbahn wurde mit einem Drahtstück geflickt, bei der Gelegenheit habe ich auch gleich

vorbeugend alle axialen Philips Elkos durch neue ersetzt. Ich tausche diese über 30 Jahre alten Elkos grundsätzlich aus, wenn ich das Gerät ohnehin schon zerlegt habe.



Auf dem Board werden $\pm 15\text{ V}$ für den Analogteil erzeugt, zudem 5 V für den Digitalteil. Der Leistungsregler für das Digitalboard, ein LM323, sitzt auf einem Kühlkörper auf der Rückseite des Gerätes.

Zudem erzeugt das Board eine Bias Spannung von 2 V , welche das zu testende Bauelement mit einer DC Vorspannung versorgen kann. Dazu muss auf der Rückseite ein Verbindungsstecker gesteckt sein. Statt den internen 2 V kann auch eine wesentlich höhere externe Spannung über diese Buchsen angelegt werden. Der Stecker wird dann entfernt und eine externe Spannung angelegt. Die Schaltung hat eine Strombegrenzung, so dass ihr ein Kurzschluss nichts ausmacht.

Nach dieser Reparatur funktionierte nun auch die Hintergrundbeleuchtung.

Und was war nun zu sehen?
Nicht viel Erfreuliches.

Nach einigem Herumprobieren zeigte sich folgendes:

Man musste das Gerät mehrfach ein und ausschalten, bis es überhaupt mal startete.

Nur bei der Frequenz 100 Hz wurde etwas angezeigt. Steckte man einen 100 nF Kondensator an die Messeingänge, dann zeigte es Werte, die zwar in der Nähe von 100 nF lagen, aber sehr stark schwankten. Es stimmte nur die Größenordnung des Messwertes, die letzten Stellen der Anzeige waren völlig instabil, die Messungen somit vollkommen unbrauchbar.

Bei 1 kHz war nur noch sporadisch ein Messwert zu sehen, meist kam nur „Range Error“.

Bei 10kHz Messfrequenz meldete das Gerät grundsätzlich nur noch „Range Error.“
Je höher die Messfrequenz, desto schlechter wurde also das Verhalten.

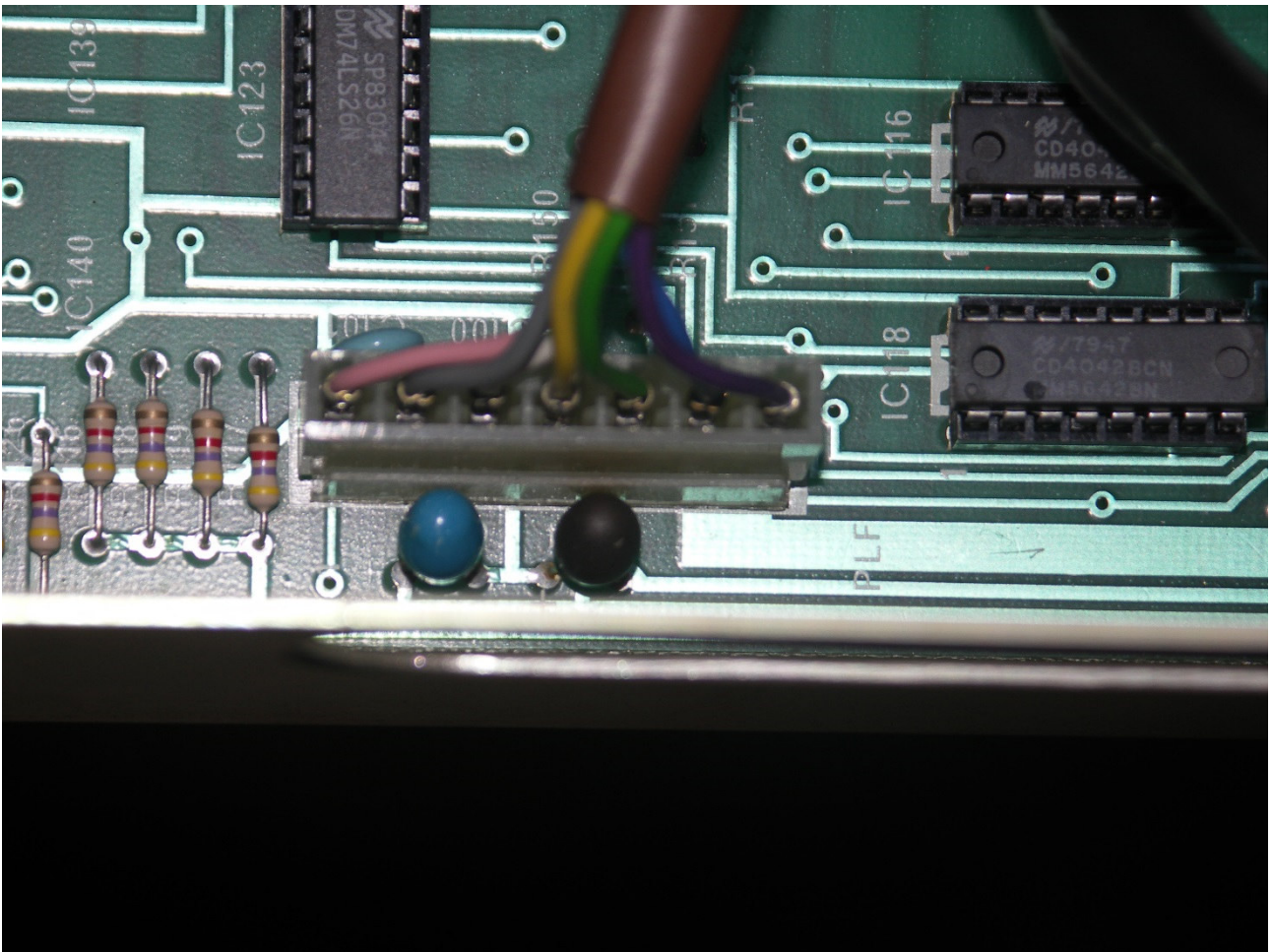
Bei den Tests zeigte sich noch ein weiteres Problem. Der Prozessor stürzte immer wieder ab, es waren dann nur noch wirre Zeichen auf den beiden „eingefrorenen“ LCD Displays zu sehen. Das war dasselbe Problem wie bei den Fehlstarts beim Einschalten, auch hier gab es nur wirre Zeichen auf den Displays.

Es zeichnete sich ab, dass hier mindestens zwei Probleme vorlagen, einen Zusammenhang konnte ich zwar nicht ausschließen, aber das war doch eher unwahrscheinlich.

Zuerst musste das Prozessorboard wieder zuverlässig laufen, um dann das „Range Error“ Problem zu suchen.

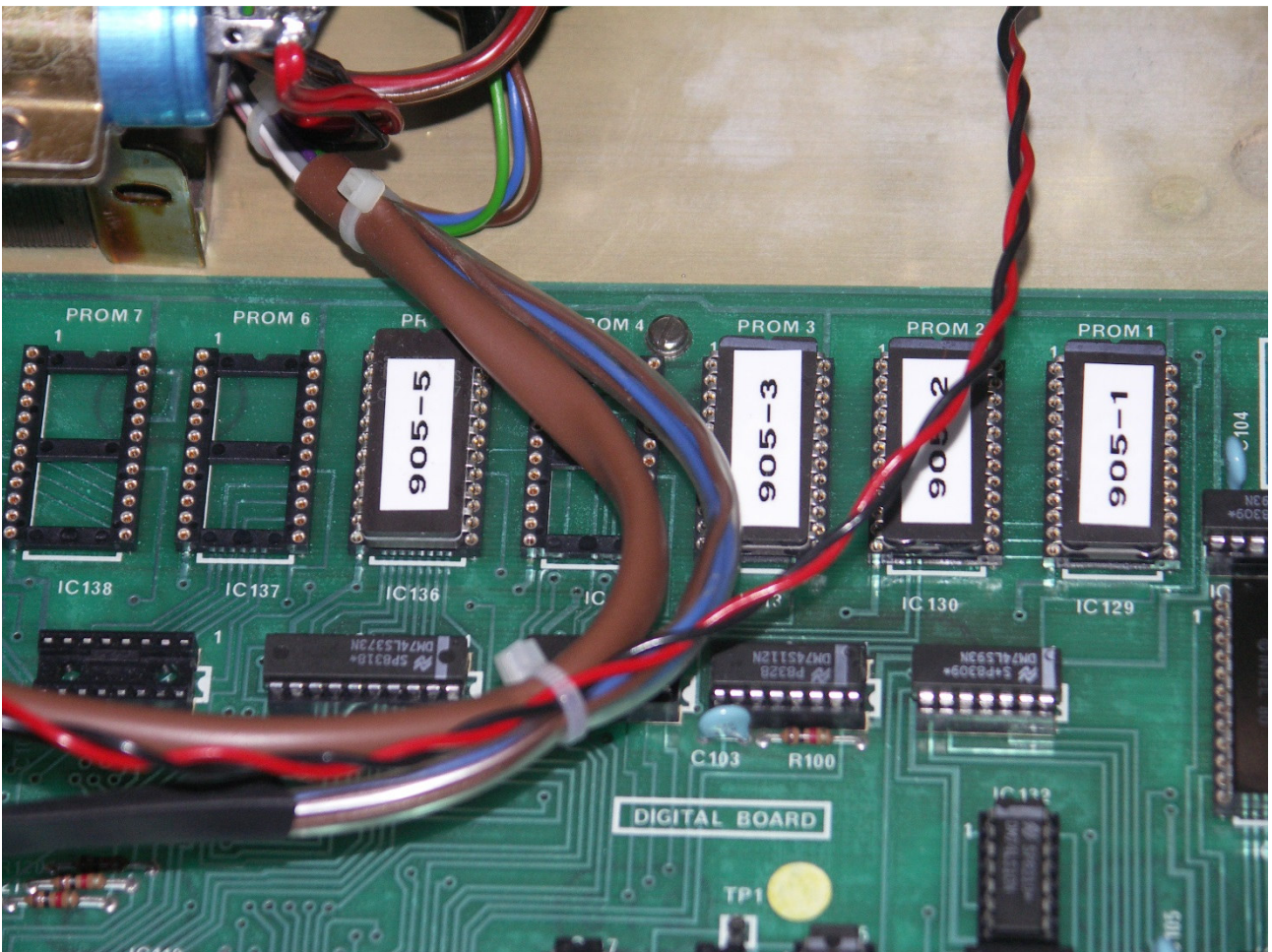
Es zeigte sich schnell, dass das Prozessorboard extrem erschütterungsempfindlich war. Bereits ein leichtes Antippen mit einem isolierten Werkzeug führte zum Absturz. Besonders im Bereich der EPROMS reagierte das Board sehr sensibel. Die geringste Berührung der EPROMS, egal von welchem, führten zum sofortigen Absturz des Prozessors. Das konnten eigentlich nur die Steckfassungen sein. Einige ICs konnte man mit sehr wenig Krafteinsatz aus den Sockeln ziehen. Das betraf die EPROMs und den Intel P8253, die alle in 24 poligen Fassungen steckten. Diese 24 poligen Fassungen waren der Bauform nach von einem anderen Hersteller als die restlichen Fassungen auf dem Board. Die anderen Chips steckten alle fest in den Sockeln. Korrosion war nicht zu sehen, weder an den Pins der Chips noch an den Sockeln. Aber anscheinend hatte die Federkraft dieser Sockelkontakte nachgelassen. Alle 24poligen Sockel wurden von mir durch hochwertige, gedrehte Fassungen ersetzt. Den ersten Gedanken, alle Fassungen zu ersetzen verwarf ich schnell wieder, das wäre wirklich ein immenser Aufwand gewesen. Schon der Ersatz dieser acht Sockel war recht viel Aufwand, trotz Entlötstation.

Bei der Gelegenheit wurde auch dieses Problem gleich mit beseitigt.



Einer der beiden Tantals hatte vermutlich schon vor längerer Zeit Selbstmord durch erhöhten Reststrom begangen, durch die daraus resultierende starke Erwärmung hatte er sich schwarz verfärbt. Absolut typisch für Tantals der 70er und 80er Jahre. Die beiden Tantals befinden sich in der +/- 15V Analogversorgung, ob sie mit dem Rang Error Problem zu tun hatten, war noch nicht klar. Sie wurden beide durch zuverlässige Tantals aus aktueller Produktion ersetzt. Der Aufwand für den Austausch der IC Sockel hatte sich gelohnt, das CPU Board lief nun stabil und war nicht mehr erschütterungsempfindlich. Das Range Error Problem war aber, wie erwartet, immer noch vorhanden, der defekte Tantalkondensator hatte damit offensichtlich nichts zu tun.

Ich habe noch die sich ablösenden Papierschilder auf den Eprom-Löschfenstern durch neue Etiketten aus dem Labeldrucker ersetzt.



Nicht wirklich schön, aber die früher üblichen Abdeckfolien aus Alu sind nicht mehr erhältlich.

So, wie geht es jetzt weiter?

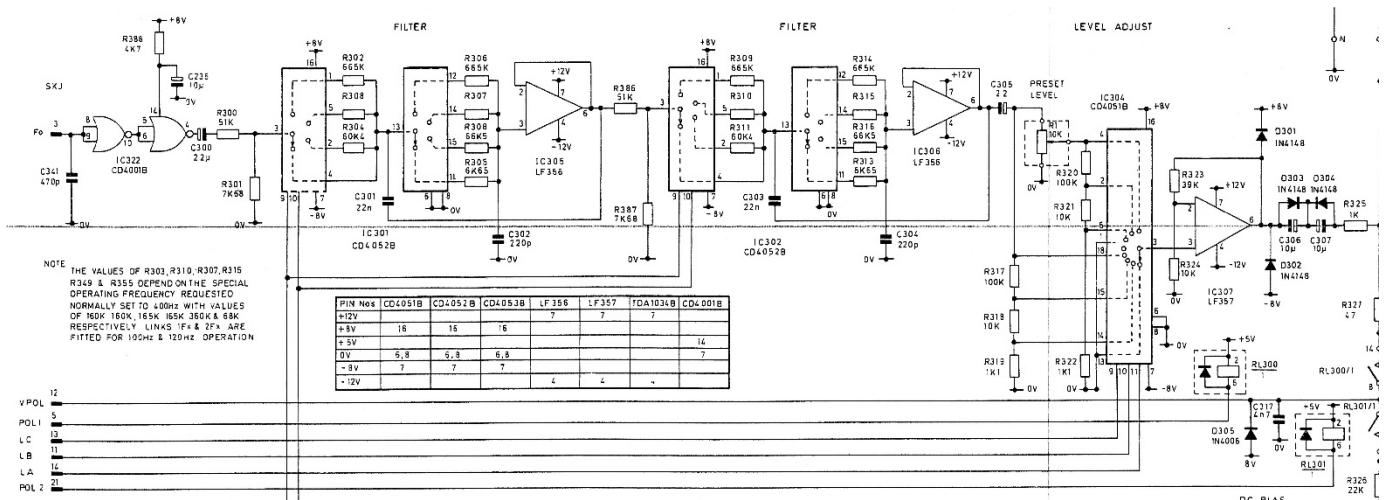
Jetzt haben wir erst mal eine stabile Basis, um das Gerät systematisch nach der Check-Liste des Manuals zu prüfen.

Der erste Test betrifft das Stimulus Signals. Das ist ein Sinussignal, welches am rechten Anschluss anliegt. Am unbelasteten Ausgang sollen laut Manual zwischen 11..17 Vss anstehen über alle Frequenzbereiche, gemessen gegen den inneren Pin der linken Eingangsbuchse.

Und hier war schon das Problem zu sehen.

Bei 100Hz lagen gerade mal 60..80mVss an, statt 11..17Vss. Bei 1 kHz waren es einige wenige verrauschte mVss, bei 10 kHz war kein reproduzierbares Signal mehr zu messen.

Schauen wir uns also die Schaltung für die Erzeugung des Sinus Testsignals an.



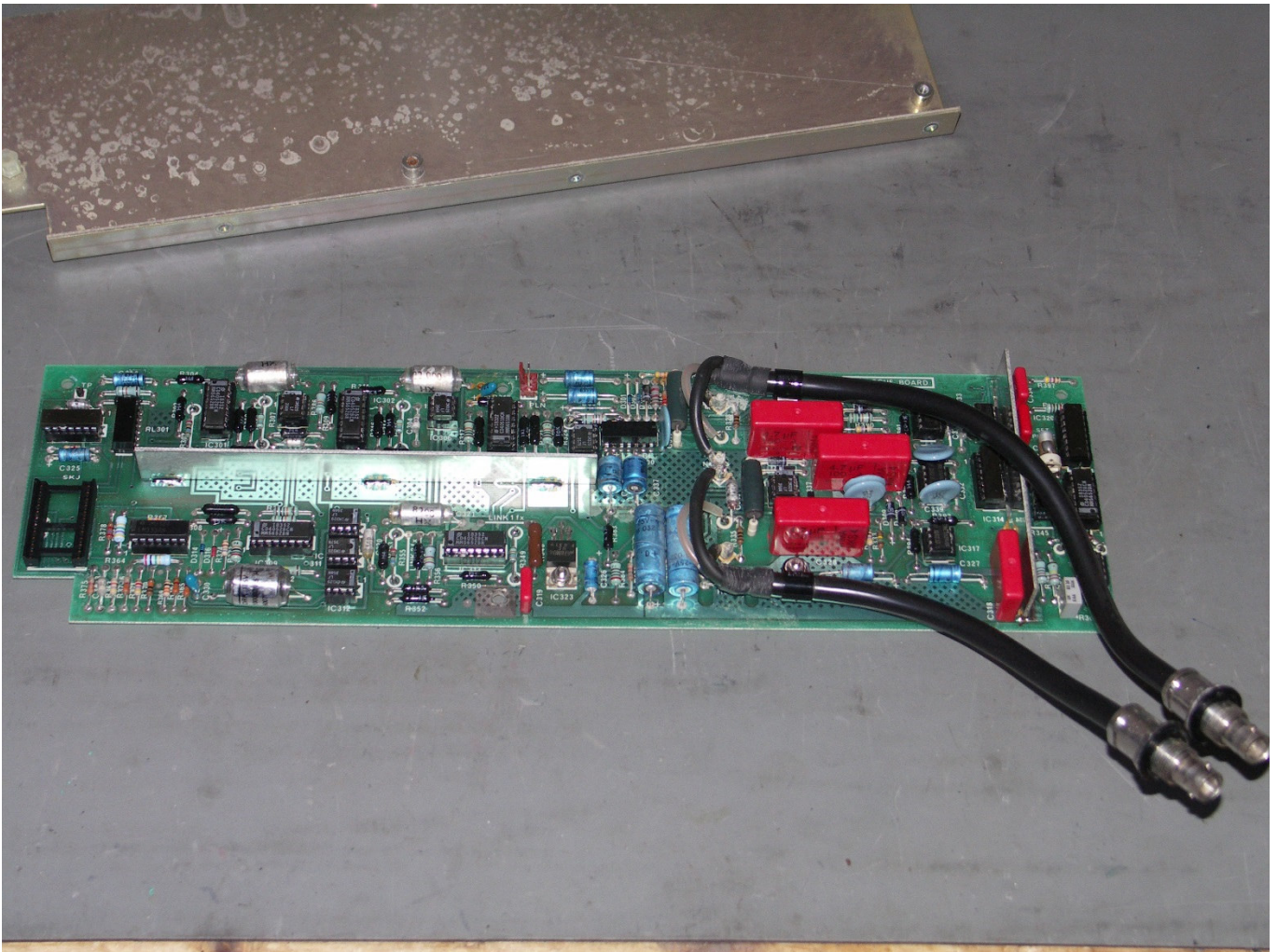
Die Stimulus Signale werden auf dem Digitalboard mittels vom Prozessor gesteuerter Frequenzteiler von der quartzgenauen Masterfrequenz von 32,64 MHz abgeleitet. Auf dem Analogboard kommen sie in Form von rechteckförmigen Signalen mit den entsprechenden Frequenzen 100Hz, 1kHz, 10kHz oder 400Hz bei IC322 an. C300 entfernt den DC Anteil. Danach geht es weiter auf zwei umschaltbare, hintereinandergeschaltete Sallen-Key Tiefpassfilter jeweils zweiter Ordnung. Diese Filter sorgen dafür, dass aus dem Rechteck ein sauberer Sinus wird, da alle Harmonischen außer der Grundwelle stark abgeschwächt werden.

Wer sich für die Theorie der Sallen-Key Filter interessiert, dem empfehle ich das Buch „Das Aktiv-Filter Kochbuch“ von Don Lancaster, in diesem Buch wird dieser Filtertyp sehr ausführlich beschrieben.

Wer es lieber mit mehr Mathematik und komplexen Übertragungsfunktionen haben möchte: Sie werden auch im Tietze / Schenk erwähnt, in der 14ten Auflage z.B. auf Seite 810.

Die Filterkomponenten sind bei der B905 so dimensioniert, dass die Kapazitäten bei allen Frequenzen dieselbe ist (C301, 302, 303, 304), Die Grenzfrequenzen werden mit den Widerständen geändert, welche über die beiden Anlogschalter IC301 / IC302 von der Gerätesoftware entsprechend der gewünschten Frequenz zugeschaltet werden. IC305 und IC306 sind die notwendigen Pufferverstärker sowohl für die filterinterne Mitkopplung (Bootstrap) als auch für die Ansteuerung der nächsten Stufe.

Danach geht es auf einen vom Prozessor gesteuerten Abschwächer (IC 304), mit dem die Firmware einen möglichst optimal an die Messbedingungen ausgelegten Pegel für das Stimulus Signal erzeugt. Am Ende kommt der Ausgangstreiber um IC 307.



Das Analogmodul musste zur Reparatur ausgebaut werden, die beiden Spezial BNC Stecker (dazu später mehr) an welche die Messleitungen angeschlossen werden, mussten dazu ebenfalls aus dem Gehäuse ausgebaut werden. Das Modul lag jetzt oben auf dem Gerät und war nur noch mit dem Digitalboard über eine Flachbandleitung verbunden. (Auf dem Bild sind oberhalb der ausgebauten Analogbaugruppe an dem Abschirmblech noch die Spuren der feuchten Lagerung erkennbar.)

Nun galt es herauszufinden, warum das Stimulus Signal viel zu klein war.

Eine Überprüfung der Versorgungsspannungen auf dem Analogboard zeigte keine Abweichungen zu den Angaben im Schaltbild

Erste Messung an IC306 Pin 6. Hier war das Signal schon viel zu klein bei 100Hz und verschwand komplett bei 10kHz. Der Abschwächer und der Ausgangstreiber schieden damit als Fehlerquelle aus.

Jetzt zur anderen Seite, dem Eingang. An Pin 4 IC322 lag ein einwandfreies Rechtecksignal bei allen Frequenzen an.

Weiter zu PIN 6 IC305.

Hier war das Problem bereits deutlich zu sehen. Das 100Hz Signal betrug nur ein paar 100mVss, mit zunehmender Frequenz wurde das Signal kleiner.

Nächste Messung an Pin 6 IC 306. Hier war das Signal nochmal deutlich kleiner, 10kHz waren nicht mehr messbar.

Somit gab es offensichtlich in beiden Filterstufen gleichzeitig einen massiven Pegelverlust. Die eigentliche Filterfunktion war aber grundsätzlich gegeben, am Ende kamen sinusförmige Signale heraus.

Wieso versagten gleich beide Stufen? Erster Gedanke: Die Ansteuerung der Anlogschalter für die frequenzbestimmenden Widerstände ist falsch.

Schöne Theorie, leider stimmten aber die vom Digitalboard gelieferten Bitmuster an den Pins 9 und 10 von IC301 / 302 exakte mit dem überein, was für die Auswahl der entsprechenden Frequenzen notwendig ist.

Hm, irgendwohin verschwanden die Signale, aber wo und warum? C301, 302, 303 und 304 sind hochwertige Styroflexkondensatoren. Diese Bauelemente sind für hohe Stabilität und Zuverlässigkeit bekannt und sind sehr selten defekt. Ich kann mich nicht daran erinnern, jemals einen defekten Styroflexkondensator ausgewechselt zu haben. Und dann müssten davon gleich mehrere defekt sein. Das habe ich erst mal als recht unwahrscheinlich ausgeschlossen.

Was also dann?

Die Analogschalter. Dass CMOS Analogschalter ausfallen ist keineswegs selten. Alle ICs stecken erfreulicherweise in Sockeln bei diesem Gerät, ein CD4052B zum testweisen Tausch war in den Ersatzteilverräten vorhanden. Analogschalter nacheinander probeweise ausgetauscht und...Problem immer noch unverändert vorhanden.

Weitere Möglichkeit, die man schnell überprüfen kann: Die Operationsverstärker IC305 / IC 306 könnten das Problem verursachen. Also beide mal schnell probeweise ausgetauscht, natürlich ebenfalls keine Änderung.

Ok, alles wieder zurück auf Start, alle original verbauten Halbleiter wieder einbauen, denn die waren ja in Ordnung.

Überlegung: Wenn ich im ersten Filter die beiden Kondensatoren C301 und C302 in der ersten Filterstufe einseitig ablöte, dann muss bei allen Filtereinstellungen am Pin 6 IC 305 ein Rechtecksignal anliegen, dessen Amplitude sich mit der Frequenz nicht wesentlich ändern darf. Zudem musste man jetzt, trotz aller gegenteiliger Erfahrung, ganz besonders die beiden Styroflexkondensatoren C302 und C304 als Fehlerquelle in Betracht ziehen, denn jetzt konnte eigentlich nur noch ein Feinschluss dieser Kondensatoren für das Problem verantwortlich sein. Also habe ich die beiden Styroflexkondensatoren vorsichtig einseitig abgelötet. Vorsichtig deshalb, weil diese Kondensatoren recht wärmeempfindlich sind.

Und tatsächlich, das Rechtecksignal kam nun mit hoher Amplitude am Pin 6 an, unabhängig von der Frequenzeinstellung.

Dasselbe Verhalten war auch bei der zweiten Stufe zu sehen.

Jetzt gab es keinen Zweifel mehr, das tatsächlich mehrere Styroflexkondensatoren defekt waren.

Mit einer anderen Messbrücke habe ich die 220pF Kondensatoren überprüft.

Die Kapazitäten wurden zu hoch angezeigt und der Wert für den Verlustfaktor war schlecht. Der dadurch resultierende (theoretische) parallele reelle Wirkwiderstand lag bei dem schlechtesten in der Größenordnung von unter 50 kOhm bei 10kHz.

Ich habe mir daraufhin nun alle Styroflexkondensatoren in dem Gerät angeschaut.

Dabei zeigte sich, dass Styroflexkondensatoren von zwei verschiedenen Herstellern verbaut sind. Die des Herstellers mit dem Branding „HX“ waren alle schlecht bis komplett unbrauchbar, die anderen waren unauffällig.

Bei den HX Typen waren insbesondere die mechanisch kleinen Bauformen mit kleinen Kapazitäten im Bereich 220 pF bis 1nF Schrott. Die größeren wie die 22nF Typen waren noch brauchbar, die Kapazitäten stimmten, der Verlustfaktor war dennoch erheblich schlechter als bei neuen Kondensatoren.

Im Eingangsbereich der B905 gibt ein weiteres 2-poliges Sallen Key Filter, auch das funktionierte nicht mehr wegen Feinschlüssen der Kondensatoren. Somit waren alle Filter im Gerät nicht funktionsfähig und verursachten massive Signalverluste. Dass das Gerät vollkommen

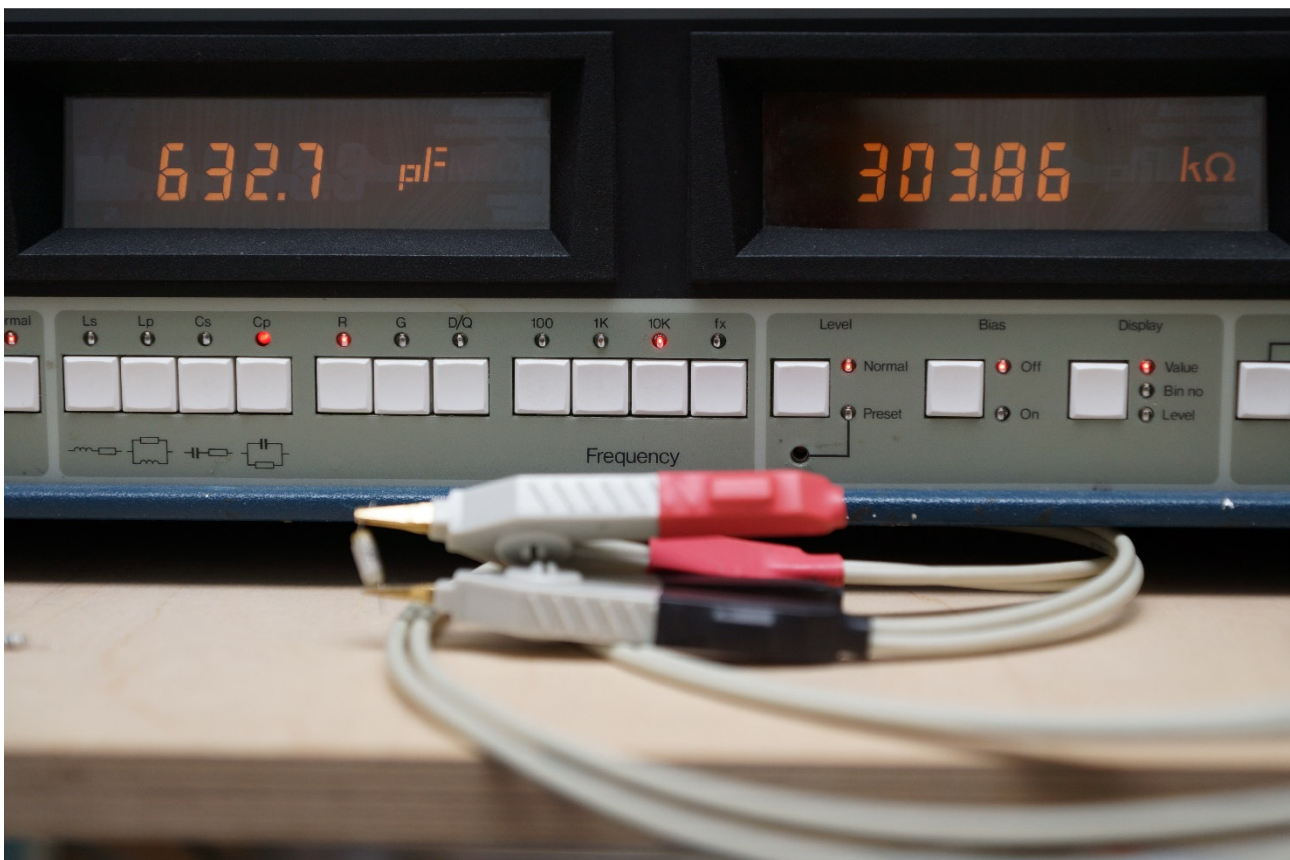
funktionsunfähig gewesen ist, war nun absolut nachvollziehbar.

Der unerwünschte Parallelwiderstand in den Kondensatoren, die auf GND Potential lagen, bildete mit den umschaltbaren Widerständen einen Spannungsteiler. Dadurch kam es zu einer Signalabschwächung. Zudem wurde dadurch auch das Bootstrap-Signal kleiner was dazu führte, dass das Filter über diesen Weg nicht nur frequenzabhängig den Pegel absenkte oberhalb der Eckfrequenz, sondern auch noch abhängig von den umschaltbaren Widerständen des Filters. Die gesamten Pegelverhältnisse innerhalb der Schaltung stimmten nicht mehr.

Hier ein paar Messungen an zwei HX Styroflexkondensatoren, nachträglich gemacht mit der reparierten B905.

Auf dem linken Display sieht man die Kapazität, rechts den Verlustfaktor, in der gewählten Betriebsart wird er als Parallelwiderstand dargestellt.

Als erstes ein 560pF Typ, alle Messungen erfolgten bei 10 kHz.



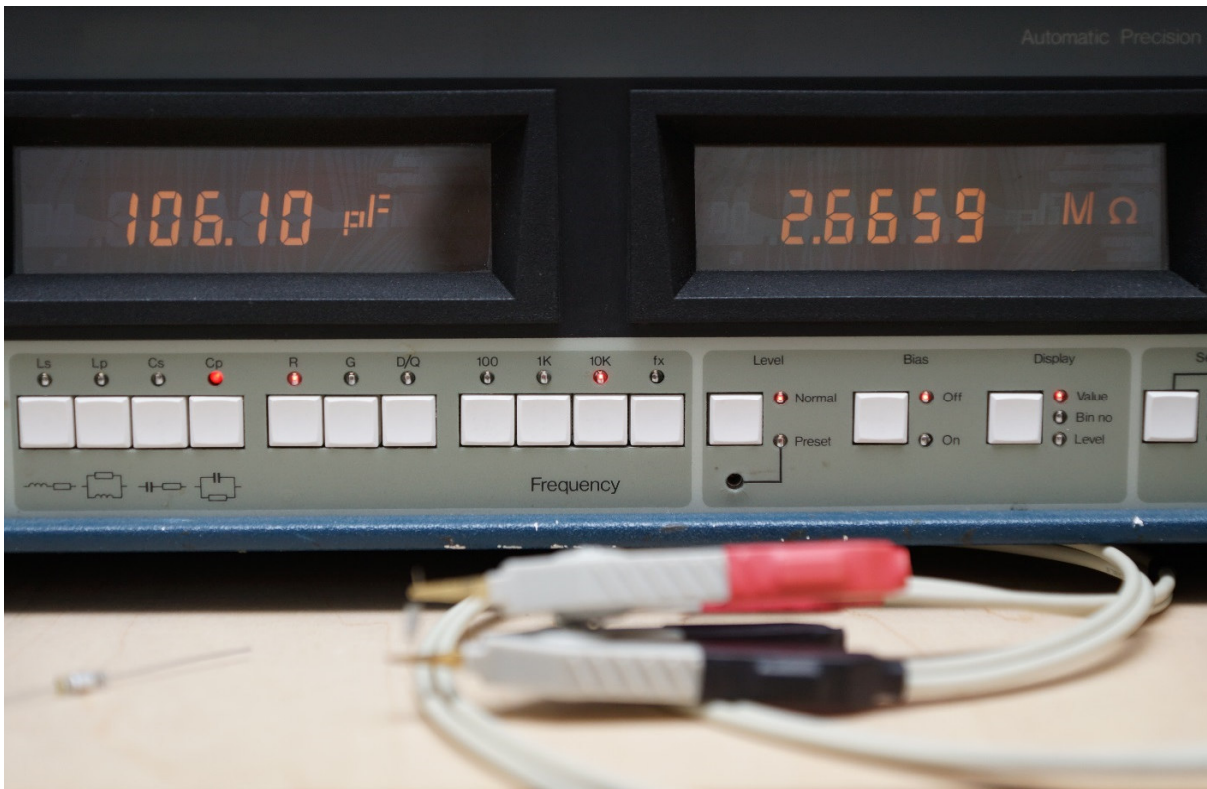
Man sieht hier zwei Probleme.

Erstens, dass der aus dem kapazitiven Blindwiderstand und dem reellen Anteil errechnete Parallelwiderstand den für einen 560 pF Kondensator schlechten Werte im Bereich von 300 kOhm hat.

Zweitens ist die gemessene Kapazität deutlich höher als der Sollwert und außerhalb der Toleranz.

Auch das kommt von dem schlechten Verlustfaktor, denn dadurch fließt ein höherer Strom durch den Kondensator, was zu einer zu groß angezeigten Kapazität führt. Wenn bei einem Folien oder Metall-Papier Kondensator ein deutlich zu hoher Kapazitätswert gemessen wird, dann ist dieser IMMER defekt und muss ausgetauscht werden.

Ein weiteres Beispiel mit einem der ausgetauschten 100pF Styroflexkondensatoren.



Der errechnete Parallelwiderstand von 2,7MΩ sieht doch viel besser aus als das oben, der scheint doch in Ordnung zu sein, oder?

Nein, denn ein Vergleich mit einem neuen, einwandfreien Kondensator zeigt sofort den drastischen Unterschied:



Der Verlustfaktor ist hier so klein, dass die B905 keinen Parallelwiderstand errechnen kann, das Display zeigt nichts an außer error, da der Widerstand außerhalb des Messbereichs (100M Ω !) liegt.

Ich habe nun alle Styroflexkondensatoren des Herstellers MX durch neue ersetzt. Das war gar nicht mal so einfach, da diese Bauteile mittlerweile selten werden. Einige Werte gab es noch bei Reichelt, die anderen habe ich bei einem polnischen eBay Händler gekauft, das waren Styroflexkondensatoren von einwandfreier Qualität aus osteuropäischer Produktion.

Wie man sieht, wurde mir meine lange Erfahrung in der Reparatur elektronischer Geräte hier mal zum Verhängnis. Denn es gibt Dinge, die schließt man eigentlich erst mal aus, da die Erfahrung gezeigt hat, dass der Ausfall bestimmter Bauteile sehr unwahrscheinlich ist. Aber unwahrscheinlich bedeutet eben nicht unmöglich.

Wie im Netzteil habe ich ebenfalls alle axialen Philips Elkos durch neue ersetzt, vor allem die kleinen Bauformen dieser Elkos hatten schlecht ESR Werte.

Nach dem Tausch der Styroflexkondensatoren zeigte sich, dass die B905 nun in einem sehr viel besseren Zustand war.

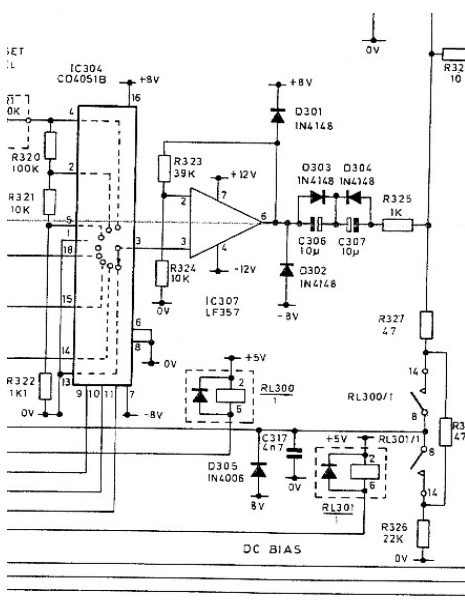
Der Pegel des Stimulussignals entsprach jetzt den Angaben im Servicemanual, es war in Form und Amplitude einwandfrei. Versuchsweise gemessene Kapazitäten und Induktivitäten aller möglichen Größen wurden einwandfrei und stabil gemessen, der Vergleich mit einem anderen Gerät zeigte eine sehr hohe Übereinstimmung.

Bei der abschließenden Überprüfung anhand der Checkliste im Manual zeigte sich allerdings noch ein Fehler, denn die Bias-Spannung ließ sich nicht zuschalten.

Die Spannung ließ sich mit der entsprechenden Taste aktivieren, die LED leuchtete. Es hätte jetzt bei aktivem Bias eine Gleichspannung von 2V zwischen den Innenpolen der beiden Messbuchsen anliegen müssen. Dem war aber nicht so, weder mit einem Multimeter noch mit einem Oszilloskop war eine DC Komponente zu sehen.

Die Verbindungsbrücke auf der Rückseite war gesteckt, die 2Volt waren an den Bias Buchsen auf der Rückseite des Gerätes auch vorhanden und an der Steckbrücke zu messen. Das Netzteil war also in Ordnung.

Im Schaltplan sieht man, dass die Biasspannung über die Relais RL300 und RL301 zugeführt wird. Einmal niederohmig über RL300 und einmal hochohmig über RL301. Es hängt vom Messbereich ab, welches der beiden Relais von der Firmware angesteuert wird.



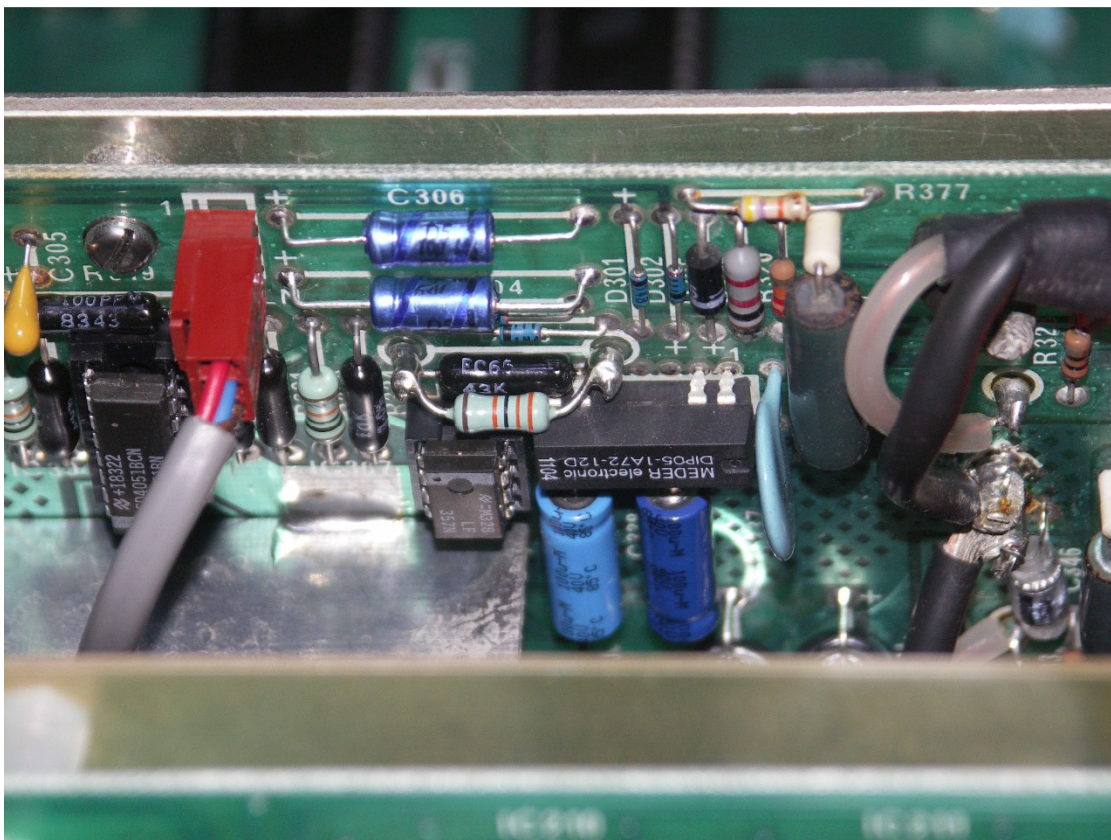
Bei den Relais handelt es sich um gekapselte 5V Reed Relais mit integrierter Freilaufdiode, sie werden direkt von TTL Treibern auf dem Digitalboard angesteuert.

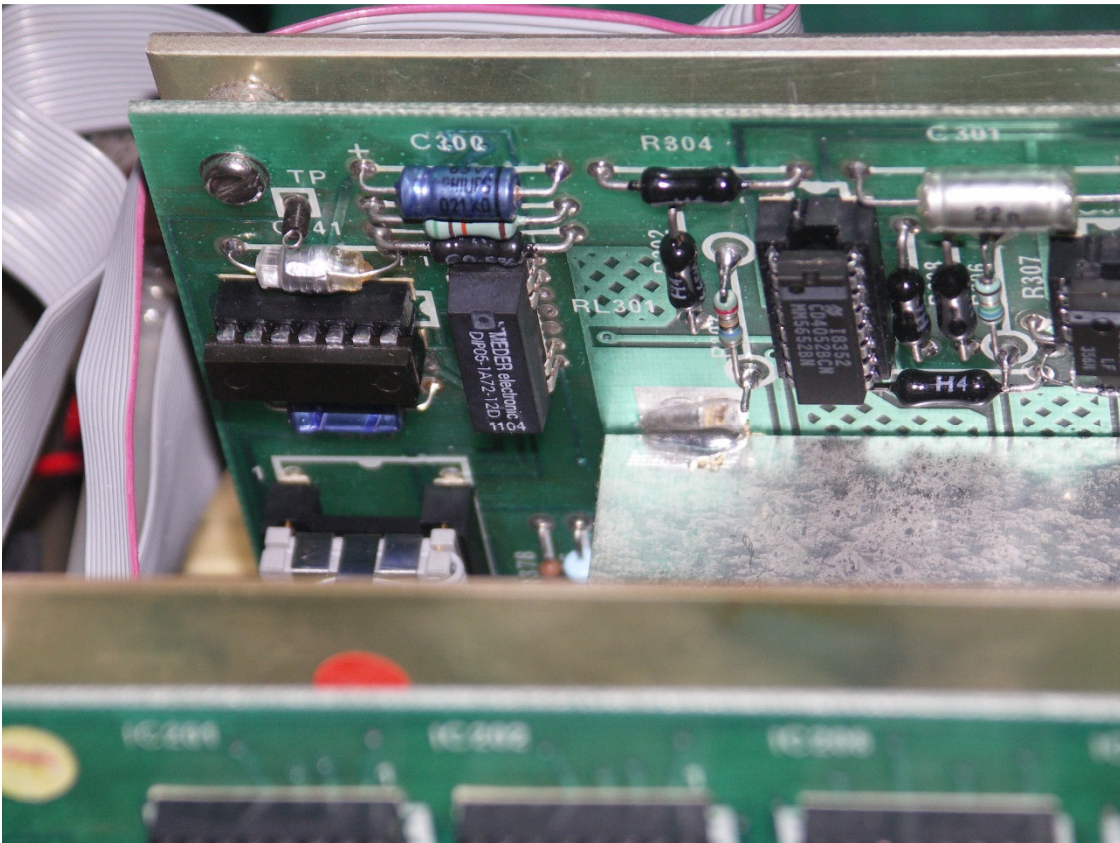
Ich habe nun zuerst die Bias-Spannung an beiden Relais (Pin 8) überprüft. Die war vorhanden, die Spannung kam also auf dem Analogboard an. Die 5 V an der Spulenwicklung (Pin 2) war ebenfalls an beiden Relais vorhanden. Schaltete man bei offenem Messeingang BIAS ein und aus, so bewegte sich die Spannung an Pin 6 Relais 300 zwischen ca. 0.5V und 5 V. Im eingeschalteten Zustand wurde Pin 6 also korrekt nach GND gelegt. Trotzdem war an Pin 14 keine Bias-Spannung zu messen. Hier konnte nur noch das Relais defekt sein, deshalb habe ich RL 300 ausgebaut. Es zeigte sich, dass die Relaisspule unterbrochen war. Mit dem Multimeter war in einer Richtung die Diodenfunktion der im Relais integrierten Freilaufdiode zu sehen, in der anderen Richtung war der Durchgang hochohmig.

Das ist recht ungewöhnlich, nach meinen Erfahrungen sind bei solchen Relais meist die Kontakte defekt. Entweder sie kleben zusammen oder sie haben keine Verbindung mehr. Ich habe nun auch Relais 301 im eingebauten Zustand überprüft, auch da war keine niederohmige Verbindung zwischen Pin 2 und 6 zu messen. Also ebenfalls ausgebaut und tatsächlich, genau derselbe Fehler, eine unterbrochene Relaisspule.

Einfach unglaublich, wieder waren alle Bauteile eines bestimmten Herstellers defekt. Die Relais sind aus britischer Produktion, Hersteller war die mir unbekannt Fa. Astralux dynamics ltd. Die Firma gibt es inzwischen wohl nicht mehr, zumindest nicht unter diesem Namen, die originalen Relais ebenfalls nicht. Zum Glück sind das aber Standardtypen.

Als Ersatz habe ich den kompatiblen und leicht erhältlichen Typ DIP05-1A72-12D des Herstellers Meder ausgewählt.





Nach dem Austausch der beiden Relais war nun auch die Biasspannung vorhanden, das Gerät war nun wieder vollkommen in Ordnung.

Aber es blieb noch ein letztes Problem, kein Defekt, sondern eine Designentscheidung von Wayne Kerr.

Es geht um die beiden Buchsen zum Anschluss der Messleitungen.

Die sehen auf den ersten Blick aus wie BNC Buchsen, man kann auch ohne Probleme BNC Stecker da draufstecken.

Sobald eine längere Messleitung an das Gerät angeschlossen ist, ist eine Vierpolmessung absolut unumgänglich, ansonsten kommt es durch die Leitung zu Messfehlern.

Vergleichbare Messbrücken von anderen Herstellern haben grundsätzlich 4 BNC Buchsen, zwei davon sind für die Senseleitung notwendig, um bei längeren Messleitungen die Kabeleinflüsse zu kompensieren.

Warum sind da bei der B905 nur zwei BNC Buchsen, wie soll damit eine Vierleitermessung möglich sein?

Die B905 hat ebenfalls 4 Eingänge, zwei Signal und zwei Senseleitungen, man sieht das nur nicht sofort, denn das sind keine Standard BNC Buchsen bei der B905, auch wenn sie auf den ersten Blick so aussehen, sondern ganz spezielle Triax Buchsen, welche ebenso exotische Triax Stecker für das Messkabel benötigen, die praktisch nicht beschaffbar sind.

Die Original Messkabel für die B905 waren damit ausgestattet, diese sind ebenfalls unbeschaffbar. Ich habe jedenfalls noch nie welche irgendwo angeboten gesehen.

Was ist ein denn nun eine Triax Buchse?

Diese Buchsen haben einen weiteren Kontakt zwischen dem Schirm außen und dem Stiftkontakt in der Mitte. Von dem zusätzlichen inneren Kontakt abgesehen ist dieser in der B905 eingesetzte Triax

Typ völlig kompatibel zu dem BNC Steckersystem, der zusätzliche Kontakt stört nicht bei Verwendung eines Standard BNC Steckers.

Und genau das macht ihn so exotisch. Es gibt sehr wohl Triax Buchsen und Stecker, die beschaffbar sind, aber diese passen alle nicht. Meistens haben sie drei Befestigungsnocken auf der Buchse statt zwei, wie bei den BNC Buchsen üblich. Und selbst wenn man einen für zwei Nocken kompatiblen Stecker für die Triaxbuchsen bekommt, passt weder der innere Pin (dieser ist wesentlich dünner als bei BNC) noch der zusätzliche Kontakt mechanisch zu diesen speziellen Buchsen in der B905. Es ist nahezu aussichtslos sich passende Stecker zu besorgen und dann damit eine Kelvin Messleitung entsprechend umzubauen. Ich habe das lange versucht und dann irgendwann entnervt aufgegeben.

Hier im Schaltplan sieht man den Aufbau dieser Buchsen sehr gut.

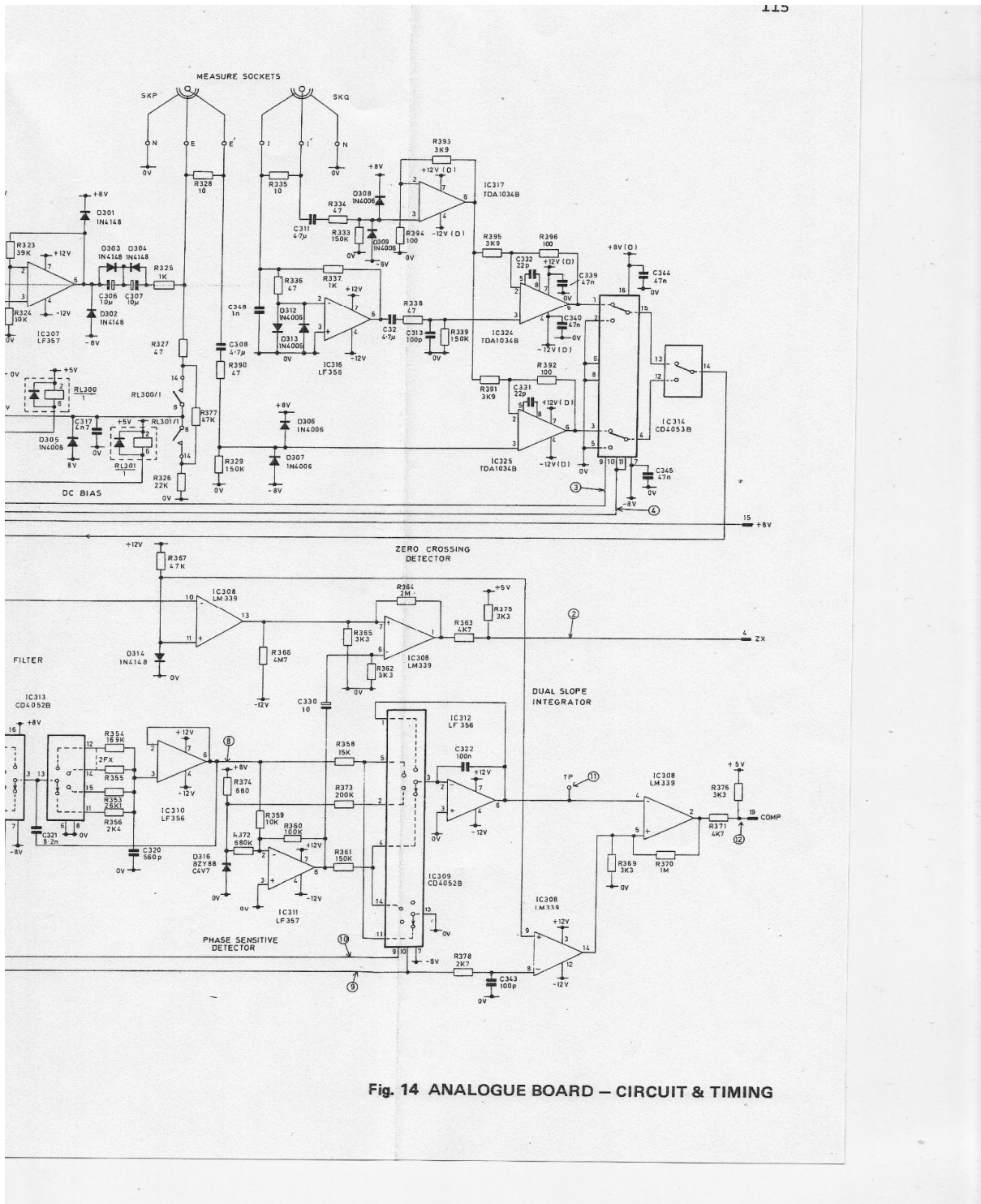


Fig. 14 ANALOGUE BOARD - CIRCUIT & TIMING

Weiter oben in den Bildern zu dem Analogboard sieht man auch die massiven Kabel, welches die Buchsen mit der Elektronik verbinden.

Das ist eine doppelt geschirmte Leitung. Der mittlere Schirm wird als Signalleitung genutzt.

Links im Schaltbild ist die Buchse mit dem Stimulussignal zu sehen. Das Signal kommt vom Ausgangsverstärker über R325 an den mittleren Steckverbinder E.

Von dort geht das Signal auf die Kelvinklemme des Messkabels. Der innere Anschluss E' ist ebenfalls mit der Kelvinklemme des Messkabels verbunden und führt die dort anliegende Spannung zurück an IC325. Über einen Multiplexer wird die tatsächlich an den Messklemmen anliegende Spannung zur Messschaltung geführt und somit der Spannungsabfall auf der Messleitung kompensiert. Wird keine lange Messleitung genutzt und das zu messende Objekt mit einer kurzen Verbindung direkt an die Buchse angeschlossen, kann man auf die Vierleitermessung verzichten, über R328 wird dann eine Verbindung zwischen den beiden Leitungen hergestellt. Bei der Vierleitermessung ist der Widerstand über die Kelvinmessleitungen kurzgeschlossen.

Rechts ist die Eingangsbuchse zu sehen.

Über den mittleren Anschluss (I) wird der Strom durch das zu testende Objekt gemessen. Realisiert wird das über mit IC316 und dem Präzisionswiderstand R337. An Pin 6 von IC316 steht eine dem Strom durch R337 proportionale Spannung an, welche über den Multiplexer ebenfalls der Messschaltung zugeführt wird. Der durch die Strommessung entstehende Spannungsabfall auf der Messleitung wird dadurch kompensiert, dass über die Leitung I' die Spannung direkt am Messobjekt abgenommen wird. Für den Widerstand R335 gilt dasselbe wie für R328, er wird nur benötigt, wenn keine Vierleitermessung gemacht wird und ist ansonsten durch die Kelvin Messleitung kurzgeschlossen.

Mit etwas Fantasie erkennt man im Bereich von IC324, 325 und 314 die eigentliche Brückenschaltung, welche durch das Messobjekt außer Balance gebracht wird. Anders als bei einer klassischen Brücke wird hier nicht auf 0 abgeglichen und dann die Werte abgelesen, sondern es werden die Abweichungen von 0 gemessen und ausgewertet. Nach der Brücke geht es weiter über einen Abschwächer, ein Filter und einen Verstärker zum A/D Wandler. Der A/D Wandler macht alle Messungen mehrfach mit verschiedenen Phasenlagen in Bezug auf das Stimulussignal. Somit liegen alle Strom und Spannungswerte der Brücke mit allen notwendigen Phasenlagen vor, der Prozessor berechnet daraus die komplexe Impedanz des Messobjektes und stellt sie als Induktivität oder Kapazität mit den Zugehörigen reellen Anteilen (Verlust und Isolationswiderstände) dar.

Zurück zu dem Problem mit den Triaxbuchsen.

Hier gibt es prinzipiell nur zwei Lösungen, um eine gewöhnliche Kelvin Messleitung anzuschließen, ein Umbau der B905 oder eine Adapterbox.

Wie schon oben geschrieben, passende Stecker oder die Originalkabel von Wayne Kerr sind nicht beschaffbar, ich habe noch nie Angebote davon gesehen. Auch bei privaten und kommerziellen Verkäufern dieser Messbrücke habe ich noch nie gesehen, dass die Kabel dabei waren.

Dass die B905 ohne die Spezialkabel nur eingeschränkt nutzbar ist (Messobjekt muss auf kürzeste Distanz direkt an den Buchsen angeschlossen werden, ansonsten ist der Messfehler so groß, dass die hohe Auflösung und Genauigkeit der B905 nutzlos ist), das wird immer gerne „vergessen“ zu erwähnen bei Angeboten für diese Geräte.

Es musste eine Lösung gefunden werden, um ein Standard 4-Leiter Kelvin Kabel mit 4 BNC Steckern anzuschließen.

Möglichkeit Nr. 1: Umbau der B905 auf vier Standard BNC Buchsen.

In dem Fall müssten die beiden Triax Buchsen durch 4 BNC Buchsen ersetzt werden. Hört sich erst mal einfach an, hat aber meiner Meinung nach einige erhebliche Probleme und Risiken.

1: Um Platz für vier BNC Buchsen zu schaffen, die zudem noch von der Gehäusemasse isoliert sein müssen, muss an der Frontplatte ein großer Durchbruch herausgefräst oder gesägt werden, dann muss eine Kunststoffplatte für die vier BNC Buchsen eingebaut werden. Das ist eine erhebliche mechanische Veränderung, die ich nicht machen wollte.

2: Es ist nur sehr wenig Platz für 4 Buchsen vorhanden, ein kleiner Teil der Frontplattenbeschriftung wären bei diesem Umbau beschädigt oder verdeckt worden.

3: Die interne Verkabelung hätte verändert werden müssen, da die doppelt geschirmte Verbindungsleitung nicht so ohne weiteres hätte weiter verwendet werden können.

4: Insgesamt bestand ein hohes Risiko die Frontplatte zu ruinieren, insbesondere mit meinen begrenzten Möglichkeiten für die Durchführung solcher Arbeiten.

5: Ich habe eine generelle Abneigung gegen größere Umbauten oder andere erhebliche Veränderungen an bestehenden Geräten.

Ich weiß, die Ansichten zu diesem Thema gehen weit auseinander. Manche sind da völlig schmerzfrei, ich bin das Gegenteil davon und immer bestrebt den Originalzustand eines Gerätes so weit wie möglich zu erhalten.

Somit war nach einigem Überlegen klar: Diese Lösung wollte ich nicht.

Möglichkeit Nr. 2 : Eine externe Adapterbox.

Hier mussten am Gerät selbst keinerlei Veränderungen durchgeführt werden, es war nur eine externe Adapterbox zu bauen, welche dann an den Triaxbuchsen befestigt wird.

Das war die Lösung, die ich bevorzugte und so sieht das jetzt in fertigem Zustand aus:



Eingebaut ist das Ganze in eine überall erhältliche Hammond Metallbox.

Nicht wirklich schön, aber es erfüllt seinen Zweck.

Die beiden BNC Gehäuse zur B905 hin stammen von Resten großer BNC Stecker mit langer Hülse.

Die Box wurde entsprechend gebohrt, so dass vorne vier BNC Buchsen eingebaut werden konnten, hinten die beiden BNC zur B905.

Dann erfolgten Verdrahtung und Zusammenbau.

Zwischen dem rechten und dem linken BNC Paar wurde eine Abschirmung aus Weißblech angebracht, verbunden mit der Gehäusemasse. Damit ist eine strikte elektrische Abschirmung der Ein und Ausgänge sichergestellt.

Mit flexiblen Leitungen wurden die Verbindungen zu den Triax-Buchsen hergestellt.

Die Sense BNC Buchsen wurden mit den mittleren Kontakten der Triax Buchsen verbunden. Dazu habe ich die mittleren Kontakte von zwei nicht passenden und deswegen nur als Teilespender verwendeten Triaxsteckern genommen, passend zusammengebogen, mit den entsprechenden Kabeln verlötet und auf die mittleren Kontakte aufgesteckt.

Von zwei gewöhnlichen BNC Steckern habe ich die Stifte für den Mittenkontakt entnommen, diese mit den entsprechenden Leitungen verlötet und dann in die Mittelkontakte der Triaxbuchsen gesteckt.

Am Ende wurden dann die beiden mit dem Gehäuse verschraubten BNC Stecker auf die B905 aufgesetzt und verriegelt.

Wenn alles stimmt, dann muss zwischen den beiden Buchsenpaaren jeweils der 10 Ohm Überbrückungswiderstand zu messen sein.

Vom Inneren Aufbau der Box gibt es leider keine Bilder, da ich das Ganze zum Fotografieren nicht wieder zerlegen wollte, es war genug Fummelei, das Ding auf die B905 zu bekommen.

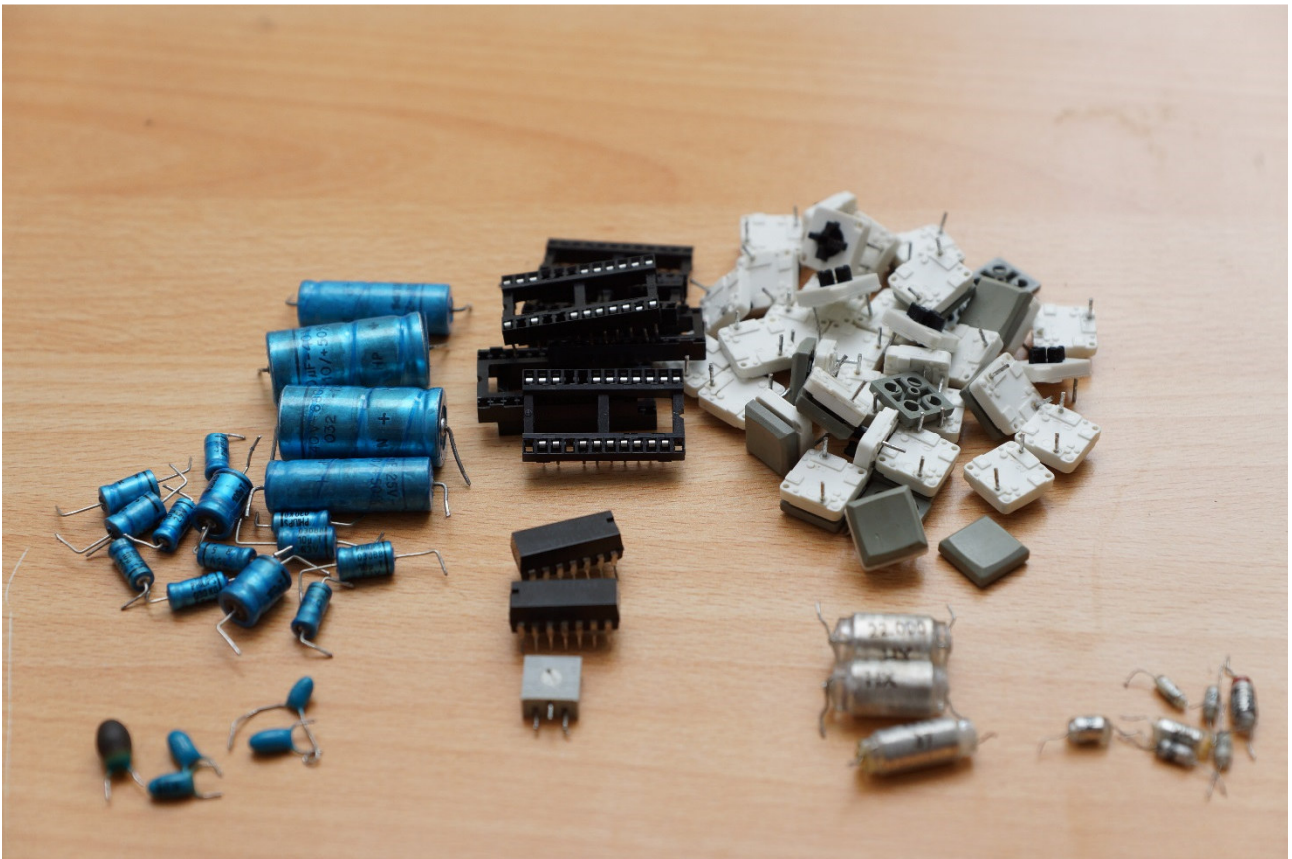
So, jetzt kann man endlich auch ein Standard Kelvin-Messkabel anschließen.

Das hier auf dem Bild oben ist ein billiges Exemplar, welches man bei diversen chinesischen eBay Händlern für ein paar Euro bekommt. Es erfüllt aber seinen Zweck.

Bei passender Gelegenheit werde ich es vielleicht mal durch etwas hochwertigeres ersetzen.

Und für den Fall, dass ich doch einmal ein Originalkabel von Wayne Kerr irgendwo finden sollte, ist innerhalb von Sekunden wieder der Originalzustand der B905 hergestellt.

Bei der Reparatur hat sich einiges an Schrott angesammelt..



Der Aufwand hat sich gelohnt, ich arbeite gerne mit diesem Gerät, die B905 ist ein gutes und genaues Messgerät.

Problematisch sind halt die Triaxbuchsen, wer sich dieses Gerät zulegen möchte, muss sich dessen bewusst sein.

Ich gehe zudem davon aus, dass auch bei anderen Geräten zumindest die Relais und die EPROM Sockel Schwachstellen sein könnten. Dasselbe gilt für die Philips Elkos. Aber das lässt sich alles problemlos ersetzen.

Als Ursache für die defekten Styroflexondensatoren in meinem Gerät vermute ich die falsche

Lagerung in einer ungeeigneten Umgebung, einen Fertigungsfehler des Herstellers kann ich aber selbstverständlich auch nicht 100% ausschließen.

Auch die Taster scheinen verschleißanfällig zu sein, dass bei fast allen Tastern in meinem Gerät die Federn gebrochen waren kann ich mir aber durch reinen Verschleiß nicht erklären, das ist wohl eher entweder eine Designschwäche dieses Typs oder ein Fertigungsfehler einer bestimmten Charge. Ich gehe mal davon aus, dass der Hersteller der Tasten 30 Jahre später dieses Problem beseitigt hat und die Verjüngungskur der B905 mit den oben gezeigten erneuerten Teilen dazu führt, dass sie wieder weitere Jahrzehnte problemlos funktionieren wird.