

Reparaturbericht digitales Speicher-Oszilloskop Philips PM3311

(Erster Teil einer fast unendlichen (Reparatur-) Geschichte, am Ende wird alles gut?)

Zu aller erst ein wichtiger Hinweis und eine **WARNUNG!**

Dies ist ein Reparaturbericht und keine Reparaturanleitung. Jeder Fehler ist individuell und bedarf einer ggf. anderen Herangehensweise. Ein Oszilloskop zu reparieren ist keine Aufgabe für einen Einsteiger. In dem Gerät befinden sich lebensgefährlich hohe Spannungen. Die entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen sind strikt einzuhalten (z.B. VDE-Vorschriften). Ich übernehme keine Haftung für irgendwelche Sach- oder Personenschäden die im Zusammenhang mit diesem Bericht gebracht werden. Führt jemand eine Reparatur (Maßnahme), in Anlehnung zu diesem Bericht durch, so tut diese Person es aus eigener Entscheidung und damit auf eigene Gefahr hin!

Copyright Hinweis:

Texte und Bilder unterliegen dem Copyright. Die Verwendung derer für private nicht kommerzielle Zwecke sowie Lehrveranstaltungen ist erlaubt. Auszüge von Block-, Schaltplänen oder Markennamen (Bezeichnungen) unterliegen den entsprechenden Recht(en) der Rechteinhaber.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Bestandsaufnahme Philips PM3311	3
3 Fehlereingrenzung X-Amplifier A20-Unit.....	4
4 Funktionsanalyse ASIC OQ0017	9
5 Reengineering der inneren Struktur ASIC OQ0017	10
6 Steckbrett-Nachbau der ASIC-Schaltung OQ0017 und Inbetriebnahme.....	12
7 Nachbau des ASICs OQ0017 mittels diskreter Bauteile auf Platine	14
7.1 Konzeptidee:	14
7.2 Erstellung des Schaltplans:	14
7.3 Erstellung des Layouts:	15
8 Reparatur A20 Unit X-Amplifier durch 1:1 Austausch OQ0017	16
9 Ein Fehler kommt selten alleine, „humpeln beim Einschalten“ A4 CPU-Unit	16
9.1 Fehlersuche und -behebung „humpeln beim Einschalten“ A4 CPU-Unit.....	17
10 Fehlereingrenzung und -behebung A15-DC-Power Unit	18
11 Prophylaktischer Tausch Rifa-X1-Kondensator A16 SMPS-Unit.....	21
12 Entwicklung des Extenderadapters und dessen Aufbau.....	22
13 Fehlereingrenzung und -behebung A12 Time-Base Unit	23
14 Vorläufige Zusammenfassung des Reparaturberichts	24
15 Aussicht bezüglich dem Ende des Reparaturberichtes	25

1 Einleitung

Nachdem ich auf dieser Internetseite (www.amplifier.cd) viele interessante Reparaturberichte gefunden und durchgelesen habe (auch als erfahrener Reparatteur lernt man immer noch gerne etwas dazu, und wenn es spannend geschrieben ist, bleibt man auch am Text hängen), habe ich mir vorgenommen, die nächste Reparatur mit der Digitalkamera zu dokumentieren. In der Vergangenheit habe ich schon viele Hifi-Geräte und in der letzten Zeit auch einige Messgeräte wieder instand gesetzt, aber eine Dokumentation aus zeitlichen Gründen nicht durchgeführt. Wie in einigen Beiträgen schon von den Reparaturen berichtet, es macht einfach Freude Geräte wieder zum „Laufen“ zu bringen und damit ihrer sicheren Verschrottung zuvor zu kommen. Ist auch einfach zu schade, aber in unserer Wegwerfgesellschaft leider schon völlig normal!

Auf einer Online-Plattform habe ich schon längere Zeit nach einem Digitaloszilloskop Ausschau gehalten. In der Anfangszeit der digitalen Scops war es mit der Speichertiefe und den Sampleraten noch weit Weg von dem, was heute mit Gigasample, Millionen Speicherpunkten und Glitschdetec-tion „state-of-the-art“ ist. Die Analogwandler waren in den 80ern einfach zu langsam bzw. die CPUs hatten nicht die notwendigen Verarbeitungsgeschwindigkeiten und Speicherplatz war sündhaft teuer. Heute sind die DigiScops teilweise billiger als ihre analogen Artgenossen, denn dort steckt das Geld noch in der Röhre und den Vertikalverstärkern, weil diese die Bandbreite bestimmen.

Durch Zufall bin ich auf eine Auktion eines Philips PM 3310 gestoßen. Nach einer Internetrecherche war dann aber das Schwestermodell mit höherer Samplerate das „must have“. Es wurden dann einige funktionierende PM3311 versteigert, der Preis war aber für mich zu hoch und es sollte ja noch ein Reparaturbericht dabei herauspringen, man braucht ja neue Herausforderungen. Nach einiger Zeit wurde ein Philips PM3311 mit Defekt angeboten, und nach der Beschreibung bzw. den eingestellten Bildern sollte es sich um ein defekt im Bereich der XY-Röhrenansteuerung handeln. Ich erhielt den Zuschlag und bat den Verkäufer und gute Verpackung, damit das gute Stück den Transport auch einigermaßen heile übersteht. In der Zwischenzeit machte ich mich auf die Suche nach dem Service-Manual, und wurde fündig.

2 Bestandsaufnahme Philips PM3311

Gut verpackt erreicht mich das PM3311. Nach vorsichtigem Auspacken war die Bestandsaufnahme angesagt, um den Ausgangszustand genau in Betracht zuziehen. Der obere Deckel ist mit vier Schraub-Schnellverschlüssen verriegelt, somit schnell abnehmbar (gleiches gilt für die Bodenabdeckung). Deckel ab und als erstes fielen mir die trockenen Reste von ausgelaufenen Speicherehaltungs-Batterien ins Auge. Es gab auch erste korrodierende Veränderungen am Chassis und das da schon mal jemand herum geputzt hatte.

Ok, weiter erst mal über die Date-Codes der IC's das evtl. Baujahr ermitteln, ob es eines der ersten ist oder schon die einen oder anderen Verbesserungen (Modifikationen) besitzt. Die meisten Date-Codes waren zwischen 8312 (d.h. Jahr 83 und Produktionswoche 12) und 8443 gelegen, also muß das gute Scop vermutlich Ende 1984 bzw. Anfang 1985 gebaut worden zu sein (Später fand ich auf dem BurrBrown ADC den Date-Code 8504). Dann interessiert natürlich wie viele Betriebsstunden das Gerät auf dem Buckel hat. Der letzte Aufkleber des elektrischen Prüfungstermins war 1990 und das Gerät praktisch staubfrei. Wenige Staubablagerungen an der Hochspannungskaskade und im Netzteil. Unter Berücksichtigung, dass das Oszilloskop in einer Hochschule verwendet wurde und dort die Labore eher staubfrei sind, ist es schwer eine Abschätzung zum Betriebszeitraum zu machen. Über das Spiel der Schalter und Regler kann man dann ggf. doch noch eine Information heraus destillieren. Ja es gibt noch einen Indikator der mir später erst aufgefallen ist. Die blaue Filterscheibe ist bei meinem Gerät noch in keiner Weise ausgebleicht, gegenüber einem PM3240, das mir ein Kollege zwischenzeitlich geschenkt hatte, ist mir das im Nachhinein aufgefallen.

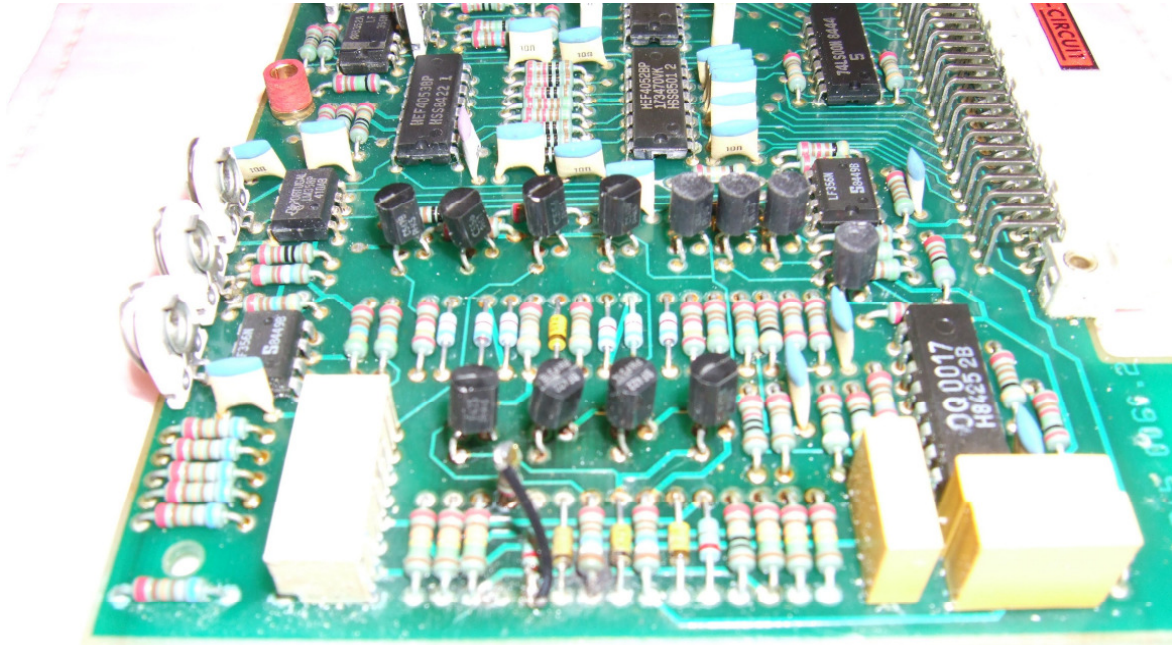
Hier noch ein wichtiger Hinweis für die an Philips-Meßtechnik (Geräten) interessierten.

Bei frühen Geräten (Ende 1970er Anfang 1980er) wird noch ein grau-blauer „Philips-Schriftzug“ verwendet, später stellte Philips dann auf weiße Schrift auf schwarzem Grund mit darüber angeordnetem orangen Strich um, bis dann die Vereinigung mit Fluke zu Fluke-Philips erfolgte.

Um es kurz zu machen, am Ende der Begutachtung ergab sich folgendes Bild.

- Ausgelaufene Batterien für den Speicherehalt
- Y-Ablenkung Kanal 1 mechanisch mit Spiel, scheinbar gelöste Verschraubungen
- Reparaturversuch durch Kabelmodifikation auf dem Plug-In A20 d.h. Dot-Join Schaltung und X-/Y-Ablenkverstärker
- Zwei der sechs Schrauben der Rückwand fehlten, ggf. Reparaturversuch am Netzteil.
- Schwarze Netzteilabdeckung mit eingravierten „oben“ und „unten“
- Alle notwendigen Plug-Ins vorhanden, d.h. das Gerät ist komplett.
- Gerät riecht nicht nach verschmorte Elektronik.

Also erst mal die Abdeckungen von Netzteil abschrauben und den Stand der DC-Platine A15 in Augenschein nehmen. Durch die enge Bauform war keine vollständige Sicht auf die Platine möglich. Soweit ersichtlich keine Beschädigungen erkennbar. Somit konzentriere ich mich auf den A20 Plug-In, der sich nach einigen Hin und Her dann doch leicht Ausstecken ließ und den vollständigen Fehlerumfang preisgab. Aufgrund des ausgelaufenen Elektrolytes der alten Batterien war es zu einem Kurzschluß zwischen zwei Leiterbahnen gekommen, was ein kleines Brandloch in der oberen Lage der Epoxidplatine hinterließ. Der Vorbesitzer hat daher richtiger Weise das betroffene Bauteil einseitig hoch genommen, und das Lötauge mittels Trennen der zugehörigen Leiterbahn elektrisch isoliert und die Schaltung mittels Fädeldraht wieder vervollständigt. Verkohltes FR4 ist leitfähig und bei +125 bzw. -125V in der Schaltung wird dort immer ein Leckstrom fließen.



Reparaturversuch des Vorbesitzers mittels Leiterbahnunterbrechung und Fädeldraht auf A20

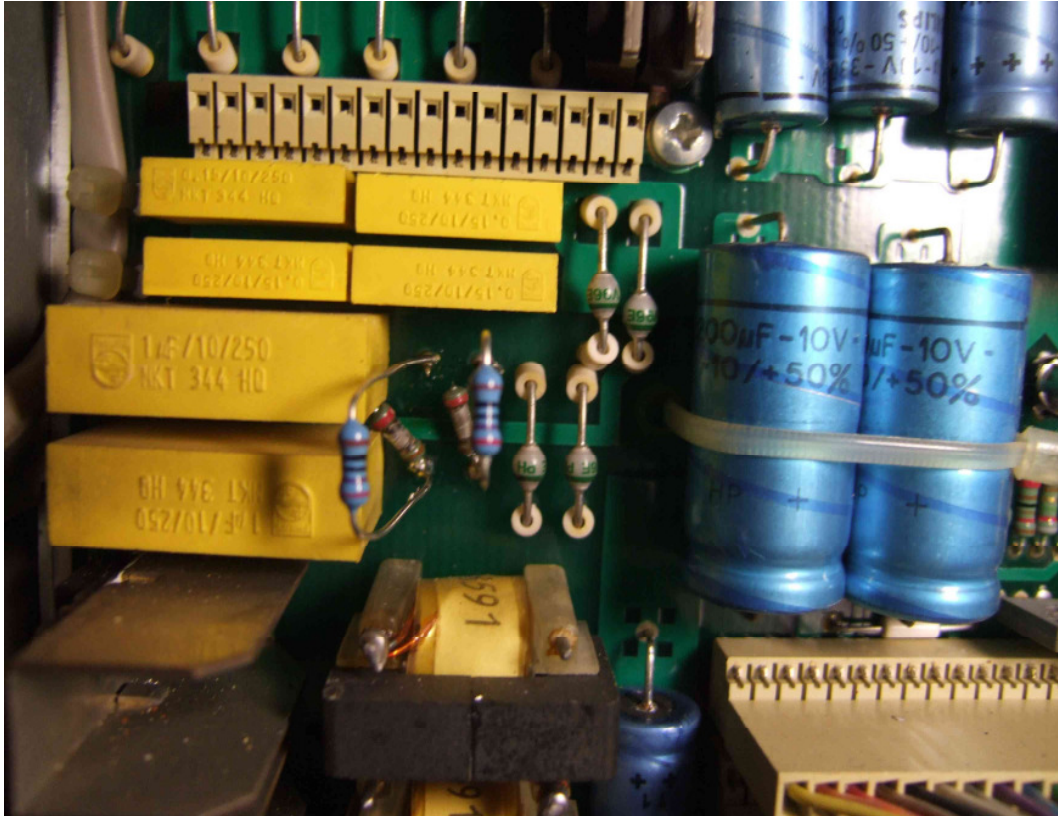
3 Fehlereingrenzung X-Amplifier A20-Unit

Erst einmal den Bestückungs- und Schalplan der A20 Plug-In zu rate ziehen um den Zweig des Kurzschlusses nach skizzieren zu können. Als Ergebnis ist die -125V durch den Überschlag in einen Schaltungsteil eingedrungen, der sonst durch eine in Sperrrichtung liegende Diode V2014 davon geschützt ist. Dadurch gab es einen über mehrere Bauteile (Zenerdioden V2018, BE-Dioden V2016) hinweg geschlossenen niederohmigen Stromkreis mit allen erdenklichen Folgen. Also Schaltplan und Bestückplan der DC-Netzteil zu rate ziehen. Die +/-125V werden je durch eine Vervielfacherschaltung erzeugt die je eine Siebschaltung mittels RC-Kombination besitzt. Somit wurde der Strom durch zwei in Reihe liegende Widerstände begrenzt, aber bei 250V Potentialdifferenz fließt schon einiges an Strom. Also noch mal einen genaueren Blick auf die DC-Platine und siehe da, zwei schwarz verfärbte 1/4W Metallfilm-Widerstände zeigten sich.

Bevor die A20 Pug-In wieder in den Slot geschoben wurde, stelle ich noch eine Brandstelle auf der -125V Leiterbahn unter einem Widerstand fest. Alle Transistoren des X-Verstärkers zeigten plausible Werte an den BE- und BC-Dioden sowie keinen Schluß zwischen Kollektor und Emitter. Somit hatten diese Bauteile den hohen Strom wohl überlebt, aber was ist mit D2023, ein scheinbar kundenspezifisches IC, mit der Bezeichnung OQ0017. Die zwei ggf. Betroffenen Pins wurden mit dem Ohmmeter gemessen und bei negativer Polung wurden zwei Diodenstrecken beim Diodentest ermittelt. Bei positiver Polung zeigte mein DMM einen OL (Over Load) an, für mich in erster Linie plausible Werte, also hoffen, das D2023 nicht gestorben ist.

Unter den bekannten Umständen wurde der erste Einschaltversuch unternommen und die das DMM an -125V bzw. später +125V angeschlossen. Einschalten, ein kurzes leise in der Frequenz hoch laufender Ton des Schaltnetzteil (fsw ca. 20Khz) der dann aus dem Hörbereich ging und ein deutlich aus dem Erwartungsbereich liegender Meßwert von -20V, (-125V) bzw. -19V (+125V) sowie der unfokussierte Kathodenstrahl auf dem Phosphor der Bildröhre. Alles genau so, wie es vom Verkäufer in den Bildern der Artikelbeschreibung dargestellt wurde.

Auf der DC-Platine wurden die zwei verdächtigen Widerstände nach Ausbau des Schaltnetzteil mit 66Ohm (R1543) beim -125V und OL (>40Meg) (R1542) beim +125V Netz gemessen. Die Impedanz zwischen Ausgangsseite +/-125V gegeneinander mit einem Wert im oberen Kilo-Ohmbereich bestimmt, d.h. kein direkter Kurzschluß zueinander erkennbar. Da für den Ausbau der DC-Platine das rückwärtige Gerät zerlegt werden muß, wurden behelfsmäßig zwei 270Ohm Widerstände über die mittels Seitenschneider durchtrennen Zuleitungen der alten Widerstände gelötet.



Vorläufige Reparatur der defekten Längswiderstände in den +/-125V Leitung auf Unit A15

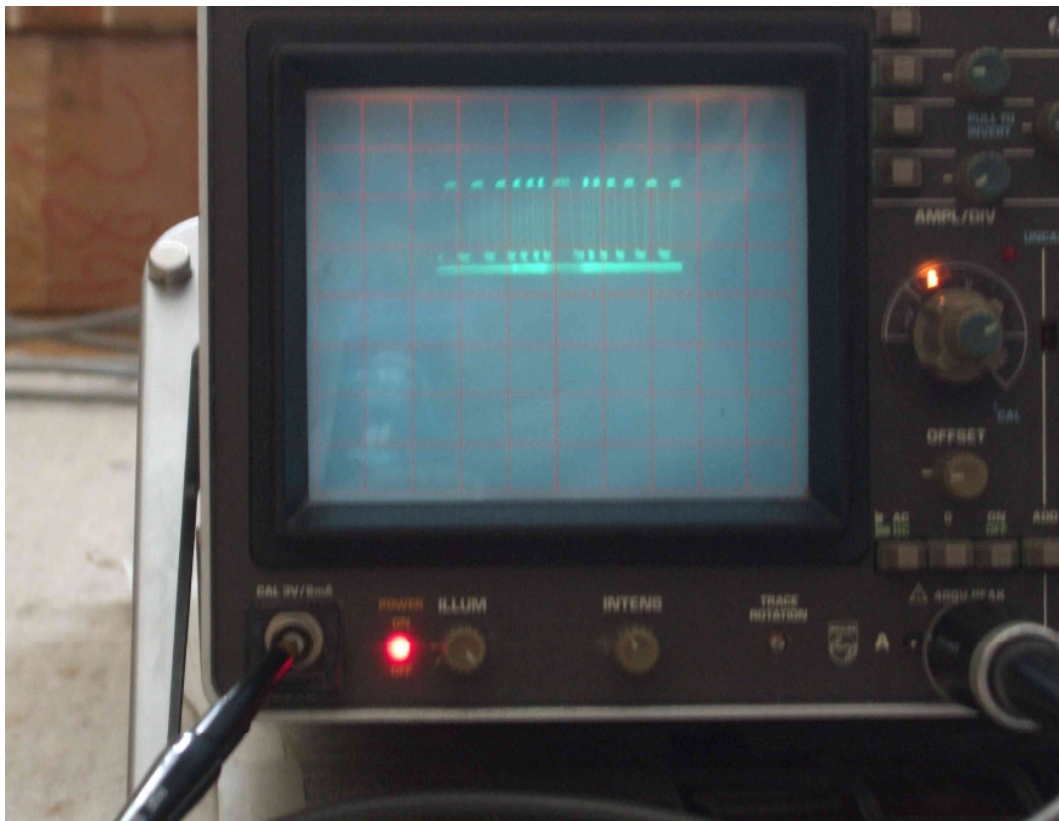
Die Dioden der Spannungsvervielfacher-Schaltung mittels Diodentest und deren Verschaltung für gut befunden. Ein weiterer Einschaltversuch zeigten dann +/-20V auf den +/-125V, was viel zu niedrig ist. Der helle Fleck auf der Oszilloskop-Röhre war verschwunden. Erst mal keine Idee warum die Spannungen deutlich zu niedrig sind, und aus der Erfahrung heraus muß man erst mal Abstand gewinnen und darüber nachdenken. Kurz noch den Spannungsverlust über die Filterwiderstände (270Ohm) mit 2,3V d.h. ca. 8,3mA gemessen. Nach meinem Gefühl ein bisschen hoch, aber erst mal Deckel drauf setzen und was anderes machen.



Strahldarstellung am linken Röhrenrand, Steller X-Pos und X-Gainx2,5 im Rechtsanschlag

Die Prüfung des Stellbereiches auf dem XPOS Signal ergab mit -12 bis +12V keine Auffälligkeiten. Somit konnte ein Fehler am Potentiometer ausgeschlossen werden. Die sich stetig vergrößernde X-Ablenkung hat ihre Ursache wohl in einer Temperaturdrift der Schaltung bei Rechtsanschlag des X-GAIN-Stellers, d.h. 2,5 fache Vergrößerung (Dehnung) der Zeitablenkung.

Der verschiebbare DC-Offset auf dem Signal der X1 Ablenkendstufe bewog mich dazu, die Transistoren V2007, V2016 (beide Diodentest gut) sowie die 10V Zenerdioden V2026 und V2018) zu tauschen. Danach ergab sich ein Strahl in der Mitte der Bildröhre. V2016 zeigte bei genauere Funktionsprüfung ab 40V einen verfrühten Kollektor-Emitterdurchbruch. Durch die Steller XPOS und XMAG konnte der Strahl von der linken bis zur rechten Seite der Röhre verschoben werden. Die max. Länge füllte aber nur gut fünf der zehn Einheiten des Bildschirms aus. Leider stand nur ein Tastkopf zum Messen zur Verfügung somit konnte die Differenzspannung zwischen den Ablenkplatten X1 und X2 nicht auf Linearität gemessen werden. Mit Hilfe eines zweiten Scops prüfte ich den Rechteckgenerator des defekten digitalen Scops auf Funktion, die gegeben war. Danach führte ich das Testsignal auf den ersten Y-Kanal der gegenwärtig nur rudimentär seine Funktionsweise über die Strahverschiebung in Y-Richtung bewiesen hatte. Es stellte sich ein Rechtecksignal dar, das teilweise gestaucht und gedehnt war. Somit arbeitet die X-Ablenkung gegenwärtig noch nichtlinear. Aber welches Bauelement kann so einen Fehler verursachen? Ist da noch ein anderes Bauteil defekt. Die Sägezahnspannung an XOUT ist ja für gut befunden worden.



Nichtlineare Darstellung des CAL-Signals nach Tausch V2007, V2016

Also wieder den Deckel aufsetzen und Abstand gewinnen, dann kommen bestimmt wieder neue Ideen, wie man den Fehler weiter eingrenzen kann.

Nach Tagen der Abstinenz juckte es wieder in den Fingern und ich nahm mich meinem Patienten wieder an. Die Tatsache, dass sich eine X-Ablenkung nur unter der Bedingung X-Pos.-Poti im Links-/Rechtsanschlag und variable X-Gain 1.. 2,5 in Stellung x2,5 stehen mußten, zeugte von einem zu geringen Verstärkungsfaktor in der X-Ablenkung. Dies könnte von einem defekten Kondensator C2029 herrühren, der die Basen von V2016, V2023 wechsellspannungsmäßig an Masse legt und somit eine Verstärkung beider Stufen zulässt. Die Hauptaufgabe beider Transistoren ist, die Trennung der IC-Pin's 12 und 13 des OQ0017 von der Hochspannungsseite. Die CE-Strecken übernehmen diese „Isolierungsaufgabe“. Der Kondensator C2029 zeigte keine Auffälligkeiten, zur Sicherheit schaltete ich noch einen 47nF Kerko parallel, dies führte aber nicht zu einer Besserung. Im Nachhinein auch logisch, der Fehler hätte sich auf die beiden Zweige der Differenzausgangsstufe ausgewirkt. Hier ist aber nur die X1-Plattenendstufe vom fehlendem Gain und der Nichtlinearität betroffen. Spannungsmessung mit dem Oszilloskop an R2104 und R2106 zeigten einen Sägezahnverlauf bzw. bei X-POS-Änderung eine DC-Offsetänderung. Somit funktionieren die Eingangsstufen an Pin 3 bzw. Pin 6 d.h. der in D2023 enthaltene Differenzverstärker. Somit muß irgendwo im IC ein unerwünschter Leckstrom fließen der ggf. die Nichtlinearität verursacht.

Eventuell hat das ASIC D2023 (OQ0017) wohl oder übel doch einen Beschädigung beim Überschlag abbekommen und die innere Schaltung am Ausgangspin 12 funktioniert nicht mehr einwandfrei?

Also erst mal eine Internetrecherche durchführen um zu sehen ob es eine Möglichkeit gibt an ein Ersatzexemplar zu kommen. Das Ergebnis war eher ernüchternd. Das IC wurde von vielen Firmen die sich auf abgekündigte alte Bauelementen spezialisiert hatten zum Kauf angeboten. Aber keine Informationen bezüglich der Funktion oder des inneren Aufbaus waren auffindbar. Aber aus der Erfahrung muß ich sagen, das Internet kennt die gewünschte Antwort. Ich habe leider noch nicht die richtigen Suchbegriffe in die Eingabemaske der Suchmaschinen eingegeben. Manchmal muß man die Reihenfolge ändern um die gewünschte Antwort von den Suchmaschinen ausgespuckt zu bekommen.

Also kommt Zeit kommt Rat, gelegentlich mal wieder nach „OQ0017“ suchen und in der Zwischenzeit sich Gedanken zu der Funktion des OQ0017 machen

4 Funktionsanalyse ASIC OQ0017

Welche Funktion übernimmt der Schaltkreis OQ0017?

- Verarbeitung der Sägezahnablenkspannung für die Ablenkungsfunktion in X-Richtung
- Verschiebung der Position des Strahls nach links und rechts
- Dehnung der 10 Div langen X-Ablenkung (Strahllänge) auf 25 Div (variable X-Gain $\times 1 \dots \times 2,5$)

Die ersten beiden Funktionen der Ablenkung und Verschiebung werden durch die elektrische Addition des Sägezahnsignals vom XDAC und dem DC-Signal XPOS erreicht. Die dritte Funktion der einstellbaren Verstärkung durch XMAG entspricht einem spannungsabhängigen Verstärkungsfaktor, der mittels analoger Multiplikation realisierbar ist. Somit enthält D2023 eine Differenzeingangsstufe (wie beim OPV) und einen analogen Multiplikator. Nur wie sieht ein analoger Multiplikation in Transistortechnik aus. Hier Vorab die Auflösung, ist in allen Mischer-ICs z.B. S 042P, NE612 usw. enthalten und hört auf dem Namen Gilbertzelle (von einem Tektronix Ing. erfunden).

Da hilft nur die Durchsicht meiner „Funkschau-Sammlung“ mit über 20-Jahrgängen ab den 1980er Jahren. Speziell der Part „Funkschau-Arbeitsblätter“ der auch komplizierte Sachverhalte verständlich erklärt, ist es Wert die Funkschau-Hefte aufzuheben. Ich wurde in der Ausgabe 14/1983 Seite 42ff fündig. Dort wird in dem Beitrag „Schaltungen für die Grundrechenarten (Teil 3)“ genau das Thema mathematisch und praktisch besprochen.

Die in dem Bericht beschriebenen Schaltungen, zeigten eine starke Übereinstimmung mit der Ausenbeschaltung des D2023. Ein einfacher Analogmultiplizierer kann mit 6 Transistoren aufgebaut werden, wobei man drei Differenzverstärker (Transistor-Paare) benötigt. R2122 dient als Rx und die Widerstände R2079, R2081 fungieren als R1. Aber der Hacken ist, daß auf dem ASIC alle Transistoren die gleichen Prozessparameter besitzen und dazu noch thermisch gut gekoppelt sind.

Ich erinnerte mich an die Reparatur eines Philips HF-Signalgenerators PM5326, wo der Oszillator (Wienbrückenschaltung) für die AM Modulation nicht mehr funktionierte. Die Schaltung wurde durch ein Transistor-Array CA3086 realisiert. Dort sind fünf Transistoren, davon ein Differenzpärchen, integriert. Der Vorbesitzer des PM5326 hatte kein glückliches Reparaturhändchen, dafür hat er sich aber getraut den HF-Generator als voll funktionsfähig anzubieten. Das der Drehkondensator für den VFO verharzt war und einen Plattenschluß hatte war ihm wohl vollständig entgangen. Ganz geschweige davon, das beim Reparaturversuch der Draht der Erregerwicklung eines Reedrelais sowie dessen Glaskörper beschädigt wurden.

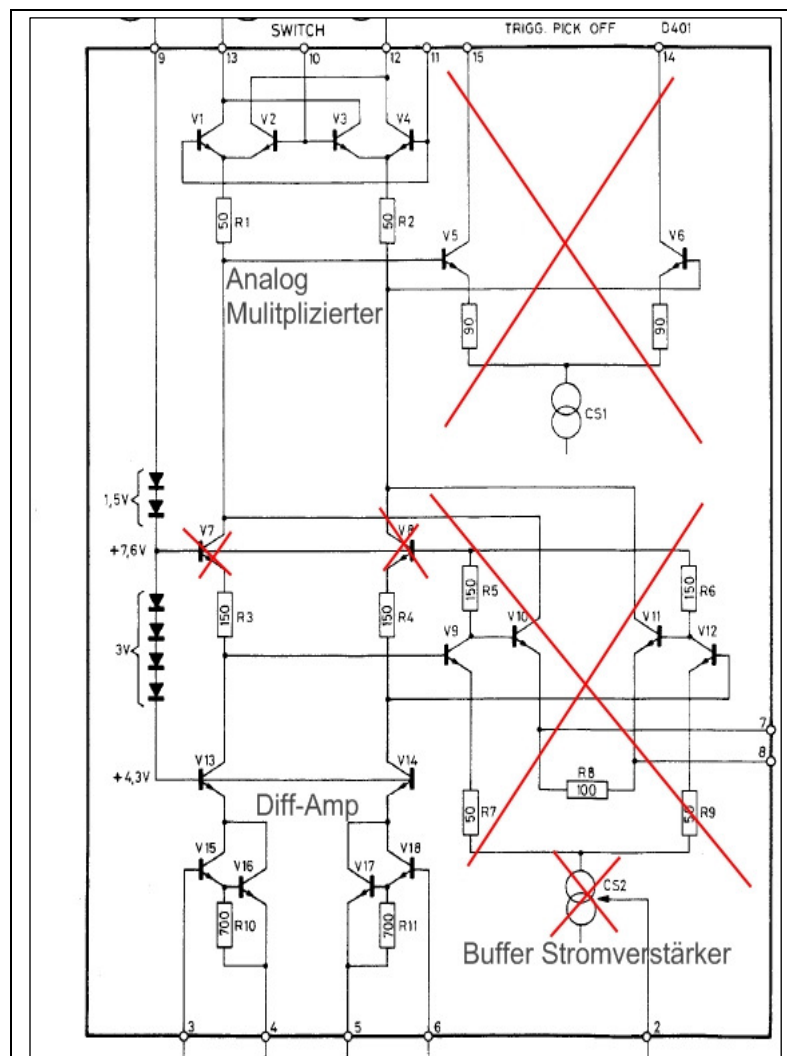
Ende der 1990er Jahre wurde bei der Umstellung der Datenbuchsammlung (ca. 40 Regalmeter), auf elektronische Medien bei meinem damaligen Arbeitgeber, eine große Menge Altpapier frei. Einige für mich wichtige Datenbuchexemplare konnte ich vor dem Reißwolf retten und somit eine mittlere Datenbuchsammlung aufbauen. Darunter die HARRIS Datenbücher wo die Vielzahl der von Harris entwickelten TR-Arrays mit Applikationsschaltungen beschrieben werden. In Internetforen erhielt ich weitere Informationen, dass dieses Array vielfach von asiatischen Hersteller geklont werden, und meistens keine originalen Silizium-Dies bzw. schlecht gepaarte Transistoren enthalten. Somit sollte die Beschaffung von qualitativ hochwertiger TR-Arrays sich wohl schwieriger gestalten als gedacht. Durch Zufall fand ich in der „Bucht“ einen Verkäufer der Transistor-Arrays von Siemens & Halske mit Datecodes aus dem Jahr 1986 anbot. Nach meinen Erfahrung ist das stimmig, ab Ende der 80er Jahre wurden die Bauelemente nur noch mit SIEMENS gelabelt. Es wurden unterschiedliche Typen angeboten und nach Datenbuchstudium viel die Wahl auf dem TCA971 dessen Differenzpärchen nicht mit dem Substrat verbunden ist (über eine in Sperrrichtung angelegte Wannens-/Bodydiode isoliert), was in dieser Schaltungstopologie benötigt wird. Im oberen Zweig an den Pins 12 und 13 befinden sich zwei speziell verschaltete Differenzpärchen, die die Funktion des analogen Multiplizierers übernehmen sollen. Diese Pärchen sind hinsichtlich Beta und Ube enger spezifiziert. Die Differenzeingangsstufe kann dann noch über die verbleibenden Transistoren realisiert werden.

5 Reengineering der inneren Struktur ASIC OQ0017

Wie die genauere innere Beschaltung der Transistoren im OQ0017 umgesetzt ist, war mir lange Zeit nicht bekannt, bis ich durch Zufall die richtigen Suchwörter in die Suchmaschine tippte. Auf einem polnischen Elektronikforum wurde vom OQ0017 gesprochen und das dieses IC in einem anderen Philips Oszilloskop als Y-Verstärker verwendet wurde. In dem gefundenem Service-Manual wurde die Innenbeschaltung prinzipiell dargestellt. Bis weit in die 1980er Jahren war es eigentlich normal, daß in den Datenbüchern (DB) die Innenbeschaltung der ICs auf Transistorebene dargestellt wurde. Hier einen herzlichen Dank an die Philips-Entwickler, daß in den Serviceunterlagen neben den Schaltplänen auch die Funktionalität und die dahinter stehenden Konzepte genauer beschrieben werden. Damit ergeben sich neue Möglichkeiten die Funktion des OQ0017 nachzubilden bzw. einen Ersatz zu beschaffen.

Als neue Option ergab sich nun die Ersteigerung eines Philips PM3207 Oszilloskops, dieses als Teilesponder zu verwenden und damit das PM3311 wieder gängig zu machen. So etwas tut mir eigentlich in der Seele weh, etwas funktionales zu zerstören, aber manchmal geht es wohl nicht anders. Die einzige Ausnahme die ich persönlich in diesem Fall zulasse ist, mit Hilfe eines einfacheren Gerätes ein höherwertiges Instand zusetzen, alles andere macht auch keinen Sinn. Das Glück stand scheinbar auf meiner Seite als ein defektes Scop in der „Bucht“ angeboten wurde. Aber der erzielte Preis war „Out of Range“. So wurden mehrere Scops teilweise defekt bzw. funktional versteigert, aber alles im Preisbereich dessen, was ich für meinen PM3311 hingeblättert hatte. Ein weiterer Zufall ergab sich beim durchsehen des PM3311 Service-Manuals (SM). Die in den beiden Vertikalverstärkern verwendeten OQ0043 besitzen die gleich innere Funktionalität und das gleiche Pinout (mit 60MHz höher spezifiziert). Also könnte ich einen der zwei Y-Kanäle opfern um damit den X-Verstärker zu richten, es blieb nur beim Gedankenspiel.

Also entschied ich mich die Grundfunktion des OQ0017 mit TCA971 ICs zu realisieren. Dazu analysierte ich die Prinzipschaltung die noch weitere Funktionen bereitstellt. Den Schaltungsteil für die Triggereinheit (i. d. Abb. ob. re.) konnte ich isolieren, somit fielen schon mal mehrere Transistoren weg, da ich diese Funktion nicht benötige. Das gleiche für den Bufferverstärker der durch einen parallelen Zweig einen Stromverstärkungsfaktor von $(I_q + n \cdot I_q)$ realisiert. Der max. Strom I_q wird durch die externen Stromquellen an Pins 4 und 5 eingestellt. Um in den Linien nach Pin 12 und 13 mehr Strom sinken zu können als I_q ist der parallele Zweig (V9 – V12) sowie der Trennverstärker aus V7, V8 notwendig. Aus der Beschaltung der entsprechenden Konfigurationspins schloss ich, dass diese Stromverstärkungsfunktion im X-Amplifiere deaktiviert ist. Somit fallen auch diese Transistoren in der Prinzipschaltung weg. Der aus V7 und V8 realisierte Trennverstärker wird somit auch nicht mehr benötigt. Damit blieben nur noch der doppelte Differenzverstärker (V1 -V4) an Pin 12 & 13. sowie die differentielle Eingangsstufe (V15 – V18) an den Pins 3 & 6. Aus dem Prinzipschaltplan war auch ersichtlich, dass die differentielle Eingangsstufe mit Darlingtonstufen ausgestattet ist. Der zweite Trennverstärker aus (V13 + V14) bleibt erhalten, damit die Uce der Differenzeingangsstufe und dessen Verlustleistung minimiert wird. Dies bringt Vorteile bei der thermischen Drift der Arbeitspunkte der Eingangstransistoren. Des Weiteren werden die in dem Prinzipschaltplan genannten Widerstandswerte übernommen.



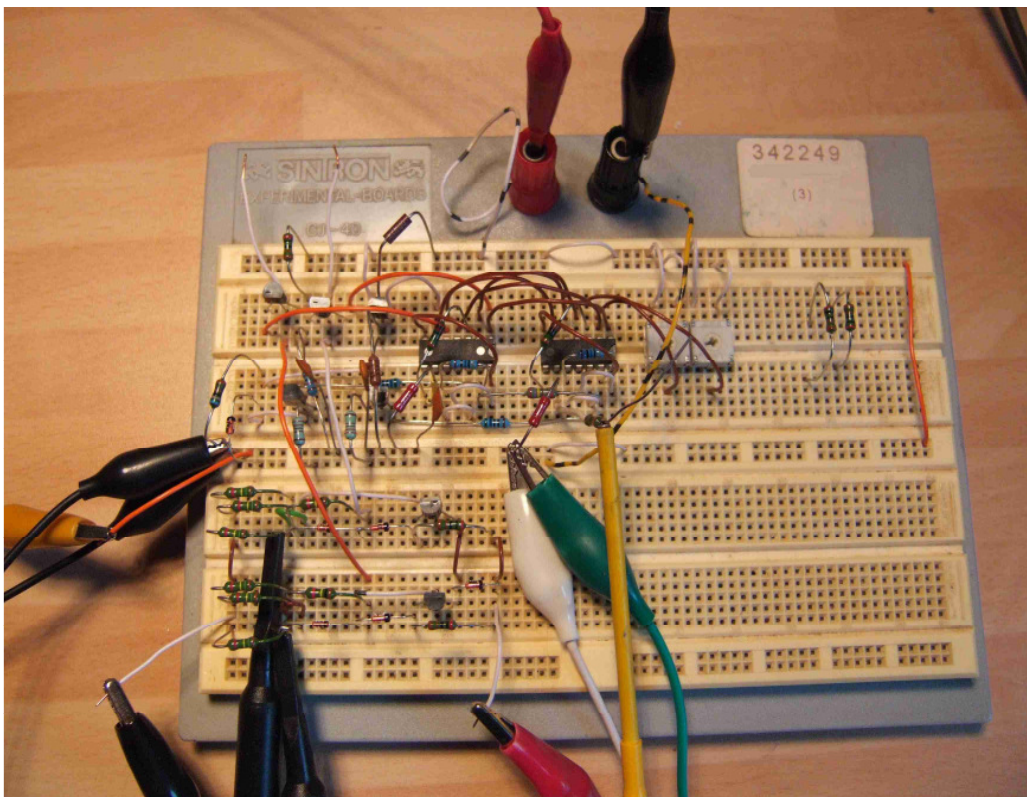
Innenbeschaltung des OQ0017 dargestellt im Service Manual des PM3207; © Philips

Somit läßt sich das ASIC OQ0017 durch 10 NPN-Transistoren, d.h. zwei TCA971 mit je fünf Transistoren realisieren!

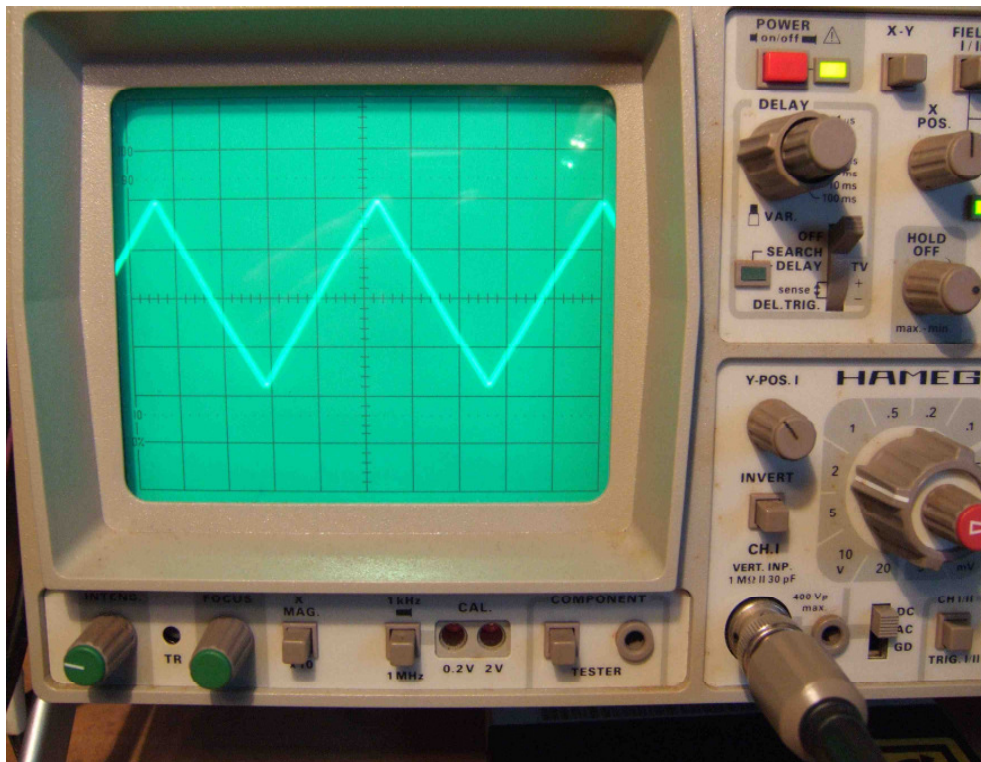
6 Steckbrett-Nachbau der ASIC-Schaltung OQ0017 und Inbetriebnahme

Die Schaltung wurde auf einem Steckbrett Stück für Stück aufgebaut und in Betrieb genommen. Dazu wurde als Vereinfachung die Schaltung des Hochspannungsteils mit den Transistoren BF422 und BF423 durch Arbeitswiderstände ersetzt. Die Funktion der Differenzeingangsstufe ist voll gegeben. Der Verstärkungsfaktor des analogen Multiplikators kann durch eine Gleichspannung an Pin 10 und 11 eingestellt werden. Wie es sich gehört kommt es bei einer negativen Differenzspannung U10_11 (zwischen Pin10, 11) zu einem Phasensprung um 180°, was einer Multiplikation mit einem negativen Wert bzw. „Zahl“ entspricht. Bei positiver U10_11 ist die Phasenlage zwischen Ein- und Ausgang gleich. Danach wurde der Hochspannungsteil mit den BF422 und BF423 Transistoren nach gebaut. Da ich nur eine Röhrennetzteil von 70 bis 400V besitze wurde die +/-125V aus einer Kaskade von zwei Netztransformatoren 230V/6V und 8V/230V (sekundär Rücken an Rücken) realisiert. Die Gleichrichtung durch Vollweggleichrichtung mit Mittelpunktschaltung d.h. zwei Ladekondensatoren realisiert. Um eine niedrige Brummspannung zu erhalten wurde noch eine RC Filterung (Siebelkos) nachgeschaltet. In der originalen Vervielfacherschaltung wird durch die hohe Taktfrequenz des Schaltnetzteils (ca. 20 .. 50Khz) schon bei kleinen Siebkondensatoren von 1uF eine hoher Siebfaktor erreicht. Bei 50Hz ist ein deutlich größerer Kondensator ($T = R \cdot C$) dafür notwendig.

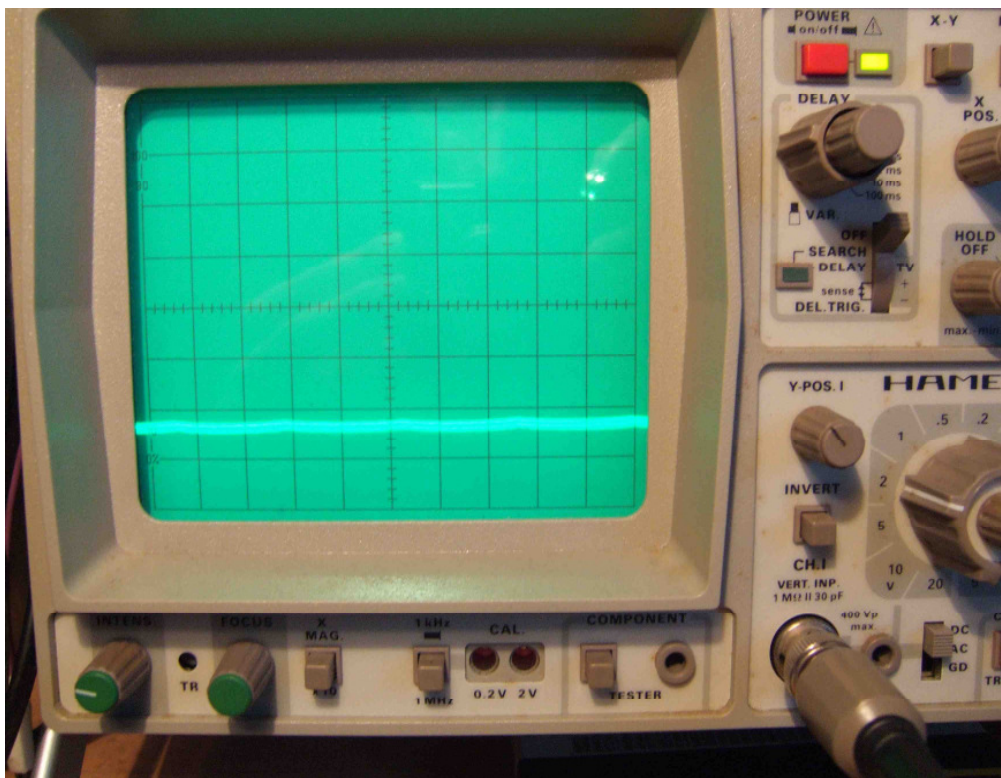
Ich war überrascht, das nach Verbindung der HV-Transistorstufen mit den OQ0017-Nachbau, sich sofort eine Funktion zeigte. Die Ansteuerung der Differenzstufe mit einem erdbezogenem Dreiecksignal zeigte sehr gute Linearität (linear steigende bzw. fallende Kurvenform des Dreiecksignals), was sich besonders bei der Darstellung des Summensignals zwischen den Ausgängen an X1 und X2 zeigt. Wie im Oszilloskopbild ersichtlich heben sich die Signale an X1 und X2 sehr gut auf, was an der geringen auf dem Oszilloskop dargestellten Differenzspannung ersichtlich ist. Damit haben die beiden TCA971 ICs, die aus dem gleichen Los stammen, einen sehr guten Gleichlauf bei den elektrischen Daten der Transistoren.



Oben OQ0017-Nachbau aus zwei TCA971, unten zwei Hochspannungs-Verstärkerstufen



Differenzsignal CH1-CH2 der beiden HV-Ausgangsstufen Y 20V/Div durch 10:1 Tastkopf



Summsignal CH1 + Ch2 zur Bewertung der Linearität der Differenz-HV-Stufen

Je besser sich das Summsignal auslöscht, desto besser ist der Gleichlauf der gesamten Signalkette, bestehend aus Differenzeingangsstufe, Analogmultiplizierer und den zwei Hochspannungsstufen zueinander. Der ermittelte Frequenzgang auf dem Steckbrett betrug $> 100\text{kHz}$.

7 Nachbau des ASICs OQ0017 mittels diskreter Bauteile auf Platine

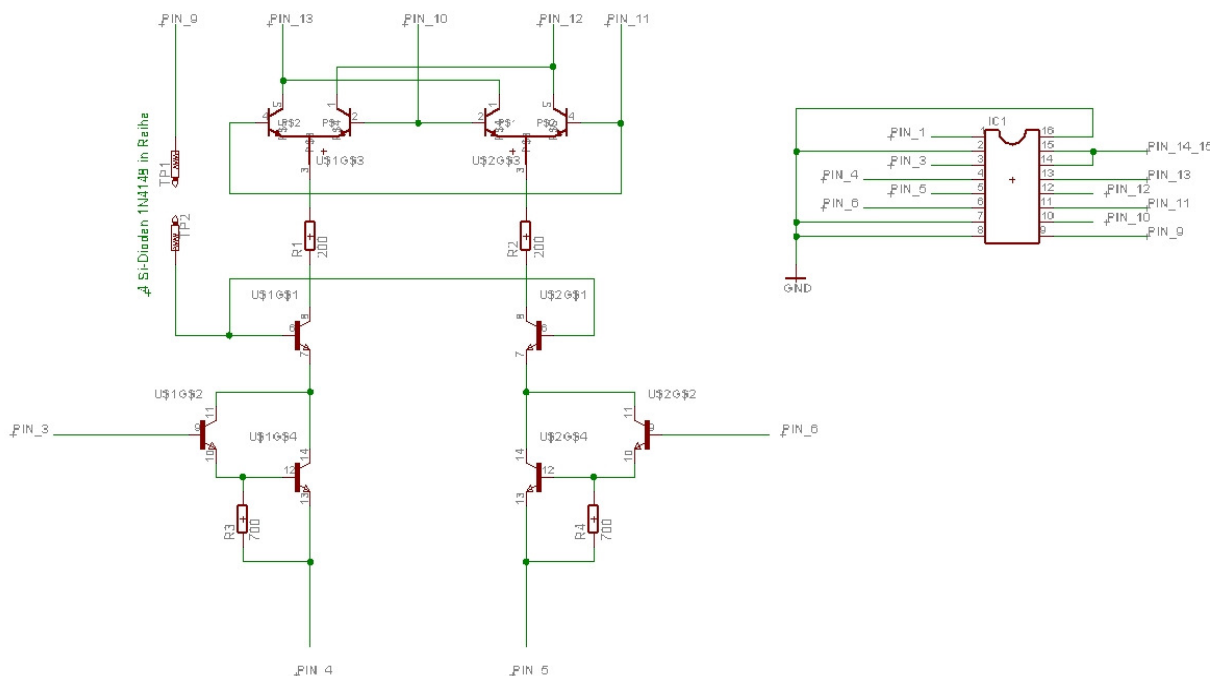
7.1 Konzeptidee:

Nachdem der Aufbau und der Funktionsnachweis innerhalb eines Wochenendes geklappt hatte, ging es jetzt daran die Steckbrettversion in eine einbaufähige Version umzusetzen. Schon bei der Erarbeitung des diskreten OQ0017 hatte ich die Idee ein Adapterboard zu erstellen, dass via einem DIL-Steckkontakt auf der Einschubkarte anstelle des originalen Bausteins kontaktiert wird. Dazu gibt es sog. DIL-Steckadapter die die Kontaktierung übernehmen. Ich fühle mich gerade zeitlich in die 1980er bzw. 1990er zurückversetzt als man damit z.B. beim Amiga Computer das BIOS (hieß dort glaube ich Kickstart) umschaltbar machen konnte.

7.2 Erstellung des Schaltplans:

Da die Transistor-Array nicht in der Bauteil-/Layoutbibliothek existent waren, mußte ich noch schnell das Symbol und das Bauteil anlegen. Glücklicherweise hatte ich noch die Anleitung vom Layoutprogramm! Macht man halt nicht alle Tage.. und schon ist die Routine weg!

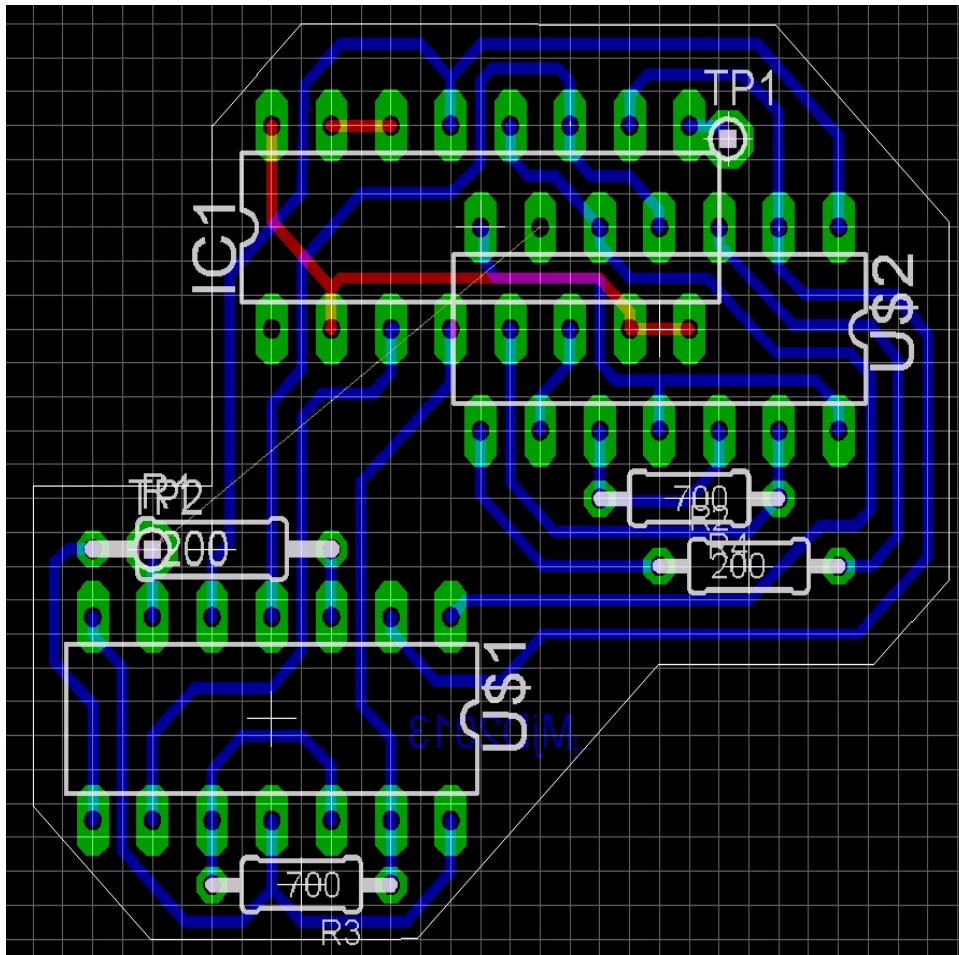
Um die im ASIC durch die Reihenschaltung der Dioden realisierte Arbeitspunkteinstellung bzw. Temperaturkompensation variabel ausführen zu können, hatte ich folgende Idee. Da keine PN-Übergänge in den Tr-Array mehr zur Verfügung stehen soll die Arbeitspunkteinstellung (AP) und Temperaturkompensation durch externe, auf die beiden TC971 ICs aufgeklebte, Si-Dioden (z.B. 1N4148) erfolgen. Dazu werden jeweils zwei Dioden auf den Körper der integrierten Schaltung aufgeklebt und besitzen somit eine thermische (eher mige) Kopplung. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit durch hinzufügen von weiteren Dioden den Arbeitspunkt noch anzupassen.



Schaltplan diskreter OQ0017 aus zwei TCA971 d.h. 10 NPN-Transistoren

7.3 Erstellung des Layouts:

Nach langem knobeln ist es mir fast geglückt auf der kleinen einseitigen Platine alle Signale zu Routen. Die rot dargestellten Toplagen-Leiterbahnen sind nicht notwendig, da diese über den DIL-Steckadapter auf dem originalen Einschub hergestellt werden. D.h. bei der Inbetriebnahme muß man entsprechend darauf achten, dass diese Verbindungen z.B. auf einem IC-Sockel oder dergleichen schon hergestellt werden, sonst funktioniert das Ganze nicht richtig. Das fehlende Signal von IC2 Pin 6 nach IC1 Pin 6 ist mittels Schaltdraht zu realisieren. Zwischen TP1 und TP2 sind die Dioden für die Arbeitspunkt (AP) und Temperaturkompensation wie im letzten Abschnitt beschrieben zu verdrahten.



Layout diskreter OQ0017 aus zwei TCA971 mit je 5 NPN-Transistoren

Nachdem das Layout schon auf Folie für das Belichten der Platine ausgedruckt war und ich mich schon innerlich auf das Bestücken und Löten gefreut hatte, erhielt ich unerwartet und zu einem guten Preis den Zuschlag auf ein defektes PM3207, das in der „Bucht“ angeboten wurde. Somit war alles für die Katz! Nein in keinem Fall, ich habe eine Menge beim Analysieren des OQ0017 und zum erarbeiten einer diskreten Lösung gelernt, was ich auch in Zukunft in der Praxis gut einsetzen kann. Für diejenigen die auch ein defektes PM3311 mit Fehler im X-Amplifier haben, können diese Erkenntnisse bestimmt hilfreich sein, oder!

8 Reparatur A20 Unit X-Amplifier durch 1:1 Austausch OQ0017

Das PM3207 erreichte mich gut verpackt und beim öffnen des Paketes wurde der tatsächliche Zustand erst ersichtlich. Die Frontplatte war eingerissen und es fehlten auch Teile, die beim Aufprall auf den Boden (Hypothese) heraus gebrochen waren. Mittels zweier Schrauben konnten das aus zwei Gehäusehälften bestehende Gehäuse geöffnet werden. Mein Blick fiel in Richtung des vorderen Bereichs der Hauptplatine und ich entdeckte zwei unversehrte als Y-Eingangsstufen fungierende OQ0017 Schaltkreise. Das Auslöten stellte kein Problem dar und ich konnte meine kostbare Beute erfolgreich aus dem Schlachtgerät entnehmen.

Um das D2023 auf dem X-Amplifier-Einschub tauschen zu können mußte ich noch temporär zwei Folienkondensatoren in dessen Nähe auslöten, damit ich das defekte IC besser auslöten und aus der Platine entfernen konnte. Das ausgelötete Ersatzteil, aus dem PM3207, konnte schnell in den A20-Einschub eingesetzt und verlötet werden. Ich war gespannt, ob der so reparierte Einschub nun endlich fehlerfrei seine Dienst aufnehmen würde. Ersten kommt es anders und zweitens als man denkt.

9 Ein Fehler kommt selten alleine, „humpeln beim Einschalten“ A4 CPU-Unit

Da hatte ich schon gedacht, damit habe ich das PM3311 repariert, aber wie so oft kommt es im Leben anders als man denkt.

Der X-Amplifier war repariert, da gab es beim einschalten ein neues Problem. Das Oszilloskop hatte ja zwischenzeitlich ein paar Monate gestanden, und beim Einschalten machte das Geräten den Power-On-Self Test (POST) wie gewohnt, in dem die LEDs wie im SM beschrieben der Reihe nach aufleuchteten (CRC der EPROMs usw.). Doch mein PM3311 ging nach erfolgreichen POST nicht wie gewünscht in den Betriebsmodus über, sondern wiederholte den POST wie in einer Endlosschleife. Durch Unterbrechen mittels Power ON-OFF-ON konnte ich das Scop doch noch dazu bewegen in den normalen Betriebsmodus zu gehen und siehe da, vollständige X-Ablenkung über mehr als 10DIV. Warum, na klar der Variable x2.5 war noch nicht zurück in der CAL-Stellung. Kalibratorsignal angelegt und kein gestauchtes bzw. gedehntes Rechtecksignal mehr auf dem CRT-Schirm! Wunderbar, aber da machte es nach einer mittleren Zeit ein leise Pitch Geräusch aus der Hochspannungsschaltung, der Kathodenstrahl machte eine kurze Bewegung nach unten aus dem Bildschirm heraus (durch die Nachleuchtdauer der CRT als negativen Nadelimpuls sichtbar). Mal kurz die Nase über den offenen Hochspannungsteil halten und Riechprobe nehmen (nur unter Einhaltung eines Sicherheitsabstandes), wo das Geräusch herkam. Hört sich, nein riecht nach Elektronik. Ja ja so ist das halt mit fast 30 Jahre alter Meßtechnik, irgendwann häufen sich die Fehler, weil die Verschleißphase begonnen hat. Bzw. wenn Elektronik zu lange ohne betrieben zu werden herumsteht, dann häufen sich gefühlt die Fehler. War so bei meinem Wavetek Signalgenerator, tot gestanden beim Einschalten verreckt, Regeltransistor der negativen Versorgungsspannung des Final-Amplifiers defekt. Oder mein von einer ostdeutschen Fachhochschule geschenkter Prätronik Signalgenerator, tot gestanden beim Einschalten die HF-Ausgangsstufe verreckt und noch nicht wieder geflickt.

Scheinbar will dieser Reparaturbericht einfach nicht enden wollen. Jetzt sind es schon viele Seiten geworden, ich halte mich jetzt kurz, ob da was daraus wird?

9.1 Fehlersuche und -behebung „humpeln beim Einschalten“ A4 CPU-Unit

Ich hatte schon so eine Ahnung, entweder die Programmierung der EPROMs ist so schlecht geworden, das beim Auslesen Bit-Kipper entstehen (gleich der gedankliche Widerspruch, CRC Test wird ja fehlerfrei durchlaufen) oder irgendwo ist ein Tantaler der einen Leckstrom besitzt oder kurzzeitig niederohmig wird. Also erst mal sicherstellen, dass die Bits im EPROMs nicht kippeln. Fluchs mit dem alten EPROMMER von taskit die EPROMs mehrfach auslesen und schauen ob sich die CRC des Chips ändert. Halt sprach der CPU-Einschub nicht mit mir, er harkte beim Ausziehversuch, keine Chance. Ein gelber 0,1uF 100V Philips MKT Kondensator C434 hing an dem Schalter für die Eingangsempfindlichkeit fest. Aber Philips mußte die A4-Unit ja irgendwann und irgendwie auch mal hinein bekommen haben. Am Kondensator waren Reibspuren vom „Kampf“ mit dem Wahlschalter für die Y-Ablenkung zu sehen. Führungshalter aus Kunststoff an der Aussenseite der Gerätes ausbauen, damit man die CPU-Karte, nachdem sie sich aus der Steckverbindung gelöst hat, schräg gestellt elegant an dem Schalter vorbei nach hinten geführt und entnommen werden kann. Ich hatte keine Lust alle Einschubkarten auszubauen, glücklicherweise ist der Einschubplatz hinter der CPU-Karte nicht belegt, sonst hätte die Taktik nicht funktioniert.

Ausbau der Karte und erst mal bestaunen was da für ein Herz im PM3311 schlägt. Wow ein Intel 8085 mit 5Mhz Taktfrequenz aus der grauen Vorzeit der Computertechnik. Das erinnert mich an die Videospiele mit Klötzchengrafik, war das nicht Atari gewesen, die in den 70er und 80er Jahren damit viel Geld verdient haben?

Zurück zum Thema „humpeln“ beim Einschalten. Die drei EPROMS mit DateCode (DC) von 1984 zeigten keine Auffälligkeiten hinsichtlich Bit-Kipper, gottlob. Es handelt sich ja noch um die Version mit 21V Programmierspannung (VPP), da werden die Elektronen noch durch ein dickes Gateoxid getunnelt und bleiben somit eine lange Zeit brav auf dem Floatinggate sitzen. Der alte taskit kann auch noch die erste Generation von EPROMS mit VPP 21 bzw. 25V brennen, nur meiner machte zwischendurch mal halt, und dann gab es eine Fehlermeldung, CHIP-CRC stimmt mit File-CRC nicht überein. Mal wieder was neues, es hört auch einfach nicht auf, ich brauche mal einen neuen! Ist jetzt ein HILO ALL07A, der hat sich gleich mit einem abbrennendem Tantaler vorgestellt. Irgendwie ziehen die Fehler mich magisch an, oder bilde ich mir das nur einfach ein? Also erst mal den Fehler beim Taskit einkreisen. Er macht nur beim brennen von FEh einen Fehler und programmiert dann 0Eh. Was wurde zwischenzeitlich geändert?

Der PC wurde ausgetauscht da die Batterie vom BIOS-RAM (RTC) nach 15 Jahren leer war (BIOS-Fehler) bzw. es fehlen ein paar Millivolts die das SRAM zum funktionieren braucht. Aber das Netz hat eine Antwort auf meine Frage, bohre an zwei vorgegebenen Stellen zwei Löcher in den RTC-Speicherbaustein und adaptiere eine externe Lithium-Batterie daran. Wunderbar, vielen Dank für die gute Reparaturanleitung und ein Lob an die Leute von Chaintech, die haben noch einen Sockel für den RTC-Baustein spendiert, scheinbar war noch Geld dafür übrig. Nun läuft alles wieder wunderbar beim Taskit, er ist halt sehr empfindlich, was die parallele Schnittstelle angeht. Um es kurz zu machen, ein Trio an EPROMS gebrannt, und Folien auf die Quarzfenster geklebt. Ich nehme die blaue Abdeckfolie der fotobeschichteten Platinen dafür oder alternativ selbstklebende Alufolie wie Philips es gemacht hat.

Als zweites sind die Tantaler als mögliche Fehlerursache dran. Die im PM3311 verbauten Tantaler sind orange und von Philips selbst hergestellt worden. Ich denke da gab es auch Vorgaben aus dem Hause Philips, die selbst produzierten Bauteile zu verwenden. Nach dem Studium des Schaltplans der CPU-Karte, fiel mir der Tantaler C433 in einer RC-Beschaltung mit dem Monoflop-IC D424 für die Watchdog-/Resetschaltung auf, hier könnte der Fehler stecken. Mein portables Hand- LCR Meter zeigte bei der Kapazitätsmessung mit 8,6uF anstelle von 6,8uF eine deutliche Abweichung auf. Als Vergleichskondensator zeigte C432 mit 6,8uF den richtigen Wert an. Somit zeigt C433 schon mal ein mögliches Fehlerpotenzial an. Die Widerstandsmessung im ausgebauten Zustand mit dem DMM stoppte beim C433 bei einem Wert von 3,4Mohm, wohingegen C432 ein OL dem DMM entlockte, Bingo! Aber 6,8uF sind in meiner Bastelkiste nicht vorhanden, kann man ja auch aus einer Parallelschaltung von 4u7 + 2u2 realisieren. Ich tausche alle drei orangen Tan-

taler die sich auf dem CPU-Modul befinden aus. Damit beim Einbau C434 nicht wieder zum Hindernis wird, ersetze ich ihn gegen einen Wima 0,1uF 50V Folientype in der kleineren Bauform, die schon als Bestückungsoption auf der PCB vorhanden ist. Rückeinbau der Kunststoff-Führungsschiene, die die Einsteckkarten in die richtige Lage bringen, bevor sie in den Steckkontakt einrasten.

Gespannt bereite ich alles für den Einschaltversuch vor, und sieh da der POST der CPU-Karte wird fehlerfrei durchgeführt und ein leises klicken eines Reedrelais kündigt mir an, dass das Gerät bereitwillig in den Funktionsmodul übergegangen ist.

10 Fehlereingrenzung und -behebung A15-DC-Power Unit

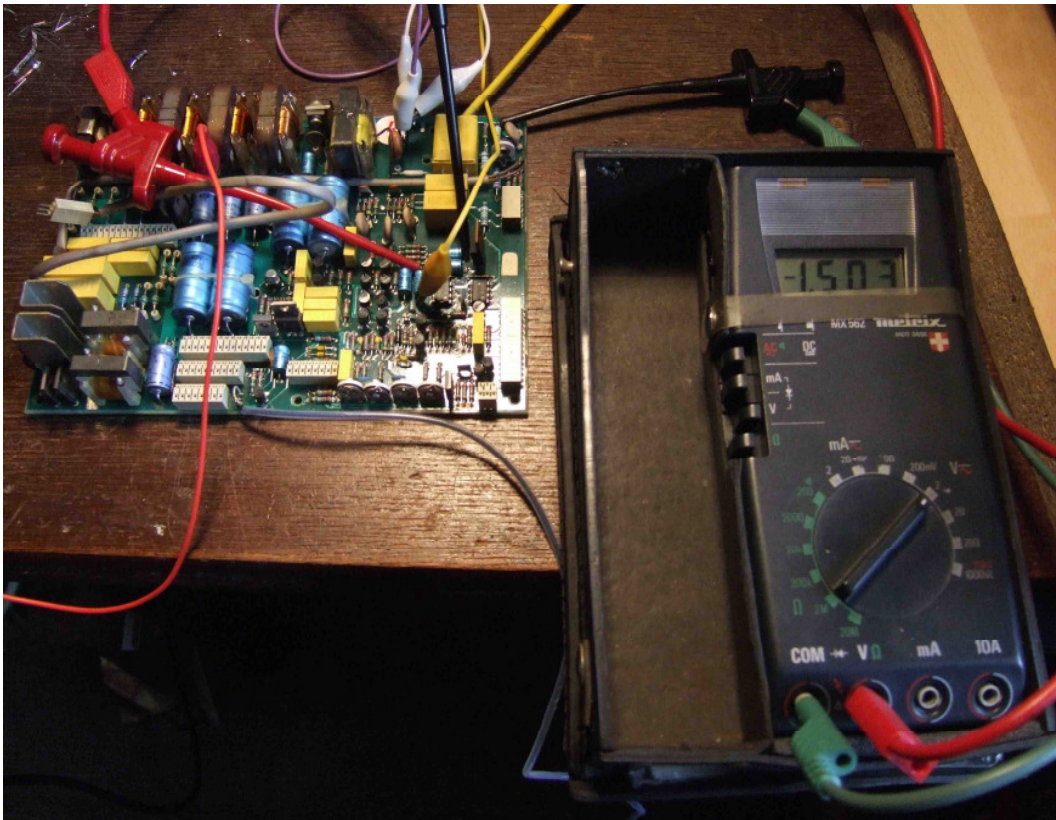
Nachdem der Fehler „humpeln“ im POST erfolgreich beseitigt wurde, zeigte sich nach kürzerem Betrieb der nächste Fehler. Der Strahl auf der CRT ist nicht mehr fokussiert und die Helligkeit kann ich auch nicht mehr einstellen. Langsam vernimmt meine Nase wieder den „Elektronikgeruch“ aus dem Netzteilbereich also fix ausschalten und sich den Schaden genauer ansehen. Ich entferne die Rückwand, an dem das Schaltnetzteil (SMPS) befestigt ist und schaue mir die SMPS- und die Netzteilplatine (A15-Einschub) an, ob da irgendwo Zeichen eines verschmorten Bauteils sichtbar sind. Nein es sind keine Anhaltspunkte ersichtlich. Ich betreibe das Gerät mit dem offen nach hinten geklappten SMPS um besser mit der „Nase“ herausfinden zu können auf welcher Platine der Fehler sich versteckt. Kurzes Einschalten, ein leises Geräusch und Geruch kommt vom Netzteil (Unit A15) aus Richtung Hochspannungserzeugung. Da ich das Netzteil (A15-Karte) wegen den behelfsmäßig eingelöteten Serienwiderständen in der +/-125V Versorgungsleitung sowieso richten muß, baue ich diese Unit aus. Da man schlecht an die Befestigungsschrauben der Platine kommt, baue ich den hinteren Halterahmen des Oszilloskops aus. Dafür benötigt man einen guten PH2 Schraubendreher bzw. Kreuz-Bit, sonst beschädigt man die sehr fest sitzenden Befestigungsschrauben zum Chassis des PM3311. Dann bekommt man diese nicht auf bzw. das ganze später nicht mehr richtig zusammen. Damit keine Hochspannung mehr auf den HV-Kondensatoren liegen kann, wurde der Eingang der Hochspannungskaskade über einen 1Mohm Fokussierwiderstand (3,5KV Spannungsfestigkeit) lange entladen.

Nach einer Ewigkeit liegt das A15 Board in meinen Händen. Zuerst prüfe ich die Halbleiter mittels Diodentest. Bei den Transistoren prüfe ich neben dem BE- und BC- PN-Übergang (Flußrichtung ca. 680-700mV und Sperrrichtung >> 700mV bzw. OL) auch noch die Funktion ob der Transistor bei BE-Diode in Flußrichtung und zusätzlicher Verbindung der Basis-Kollektorstrecke der Transistor sich selber über die dann leitfähig werdende CE-Strecke die BE-Spannung abschnürt (ca. 600 ..650mV, Ergebnis muß immer kleiner als die vorher gemessene BE-Diodenspannung (Uf) sein). Alle Halbleiter stellen sich als funktional heraus außer die Diode V1546 die für den Verpolschutz der Pufferbatterie dient (hochohmig in beiden Richtungen) sowie die Hochspannungsgleichrichterdiode die über einen 1000:1 Spannungsteiler die Regelschleife für die erste Beschleunigungsspannung (hier -1500V) schließt. Damit die X- bzw- Y-Endstufen nicht auf hohem Spannungsniveau arbeiten müssen, wird die Kathode bzw. die Heizungsanschlüsse F1, F2 auf negatives Potential gelegt! Die V1546 eine SI Diode BAW62 wurde gegen eine 1N4148 ersetzt, wie man diese Verpolungsschutzdiode so beschädigt ist mir ein Rätsel. Bei der V1502 einer BY409-A HV-Diode hatte ich noch eine Erinnerung im Kopf, das die Uf von HV-Dioden mehrere Volt betragen kann. Die Prüfspannung des DMM beträgt aber nur 2,4V somit ist das Prüfergebnis nicht eindeutig. Über einen hochohmigen Widerstand speiste ich einen Strom von 500µA durch die Diode und es stellte sich eine Uf von 7V heraus! Auch die Sperrfunktion war einwandfrei gegeben (Achtung beim Testen von HV-Dioden sollte man immer mit sehr kleinem Teststrom arbeiten, da viele Typen nur Dauerströme im unteren Milliamperebereich vertragen, die Diode sollte ja nicht beim Test beschädigt werden! Laut Valvo-Datenbuch befindet sich im Gehäuse ein Stack aus mehreren Halbleiter-Übergängen (gleiche Sperrschichtkapazitäten, gleichmäßige Aufteilung der Sperrspannung; If_av 2,5mA, Uf 35V @If_peak 100mA!), daher die hohe Durchlaßspannung. Mit diesem Testergebnis war ich sehr zufrieden, da sollte die Regelschleife des Booster aufgrund einer defekten HV-Dioden

unterbrochen worden sein, hätte sich die Hochspannung bis zum Durchschlag vom Treibertransistor V1501 bzw. des Hochspannungstrafos aufgeschaukelt. Als nächstes ersetzte ich die beiden 100Ohm Serienwiderstände R1542 bzw. R1543 in den +/-125V Zuleitungen. Ich hatte nur 120Ohm vorrätig, da der Laststrom ja sehr gering ist, hat der größere Widerstandswert keinen Einfluß auf die Funktion (provisorisch waren ja 270Ohm Widerstände eingebaut!). Ich reinigte den Hochspannungsbereich der Platine noch von Staub und Flußmittel (Philips hat ja keine einzige der Platinen nach dem Löten im PM3311 gewaschen!).

Da ich so keinen Fehler bei den Hochspannungskondensatoren und anderen passiven Bauteilen finden konnte, entschloss ich mich die Boosterschaltung extern in Betrieb zu nehmen, sowie später die Funktion der Auto-Fokusschaltung zu testen.

Um eine externe Inbetriebnahme des Boosters zu realisieren benötigt man die +/-12V für den OPV D1503 sowie 40V für die Spannungsversorgung der Schaltstufe. Die +12V (-12V) wurde an C1513 (C1512) bzw. +40V an C1508 eingespeist. Um keinen Durchschlag zu provozieren wurde zuerst die +/-12V angelegt und danach langsam die 40V hochgefahren. Schon bei 15V stellte sich an dem Testpunkt X1502 des 1000:1 Spannungsteilers eine Spannung von -0.3..0,4V d.h. -300 bis -400V ein. Ein schönes Ergebnis, der Booster funktioniert und ab 36V wurden -1,503V (d.h. -1503V) erreicht, die auch bis 45V ohne Änderung stabil anliegen. Die Regelung des Boosters funktioniert also einwandfrei. Auch im Lastfall mit 1MOhm an C1506 gegen Masse wurde bei 40V eine stabile Ausgangsspannung von -1503V (-1500V laut SM) erzeugt, und das nach 30Jahren!!

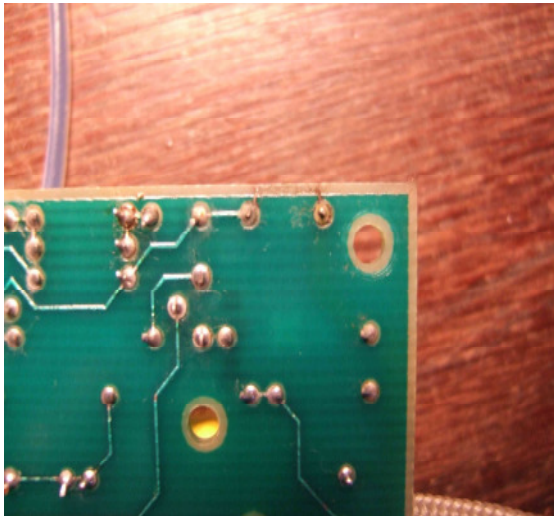


Externe Booster-Inbetriebnahme, DMM -1,503V d.h. -1503V Ausgangsspannung

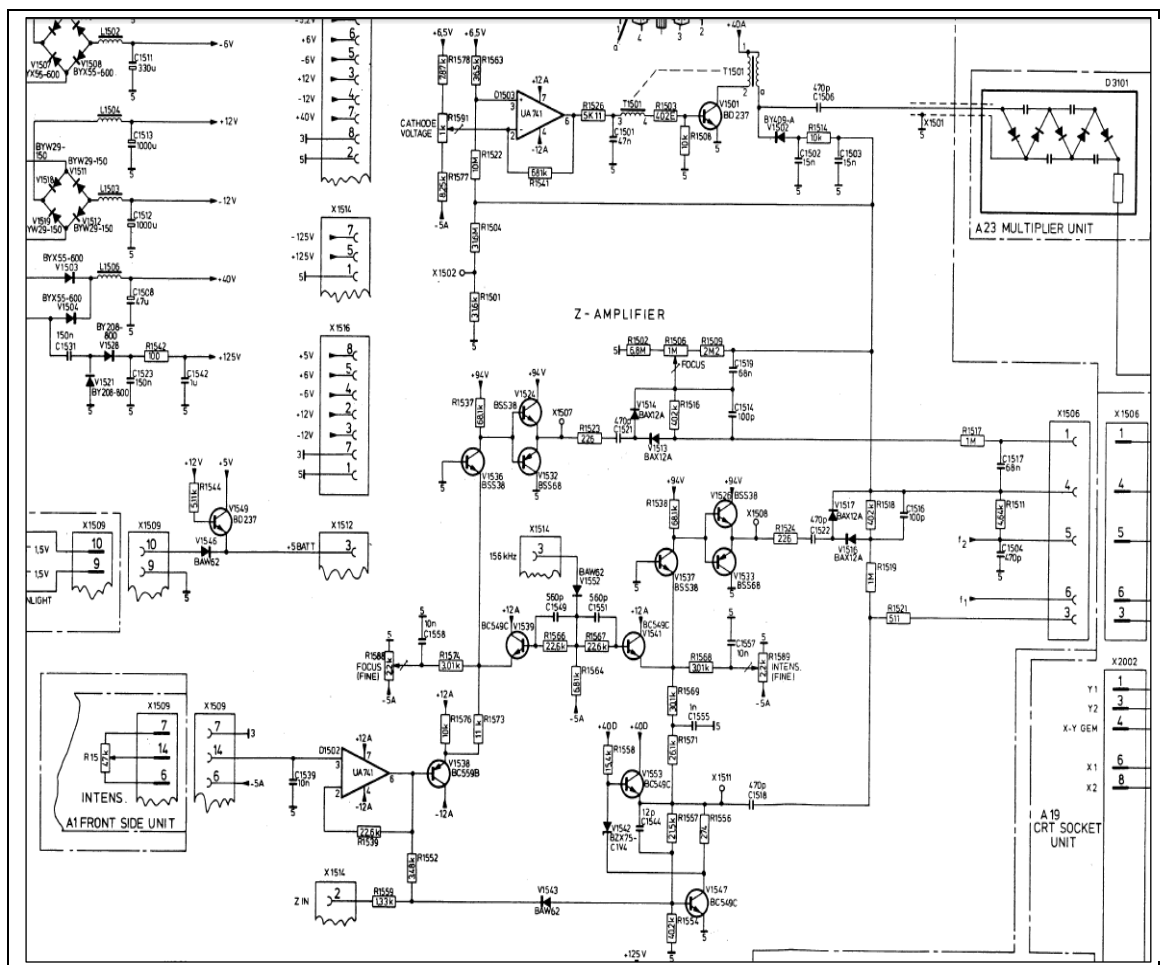
Aber der Fehlerfall stellte sich nicht ein, kein Surren oder Elektronikgeruch, war die Fehlerursache zwischenzeitlich verschwunden?

Nein, ich hatte die Platine ja im HV-Bereich gereinigt, und damit die Fehlerursache beseitigt. Am Kondensator C1504, der über hochohmige Widerstände sicherstellt, dass die beiden Heizfadenanschlüsse F1, F2 sicher auf -1500V Potential liegen, ist am Rand platziert. Dort waren unter der Lupe die Wege des elektrischen Stroms über das FR4 Material (Schmauchspur) nach Masse sichtbar. Hier hilft nur Ausfräsen bzw. Auskratzen des verbrannten FR4 Materials. Die Schmauchspur

hatte über die Jahre schon eine Tiefe von 0,5mm in die Platine gebrannt. Danach habe ich den Bereich mit einem kriechstromfesten Acrylharzlack mit einem CTI von 600 (z.B. Plastik 70) neu versiegelt.



Links (Bildmitte) herausgefräste Schmauchspur an C1504, rechts mit Lack versiegelter Bereich

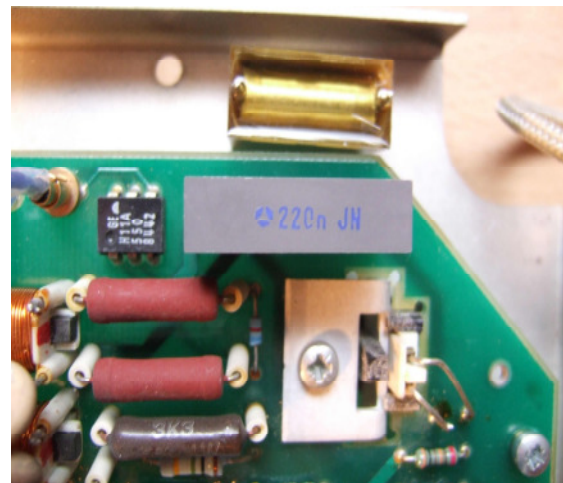
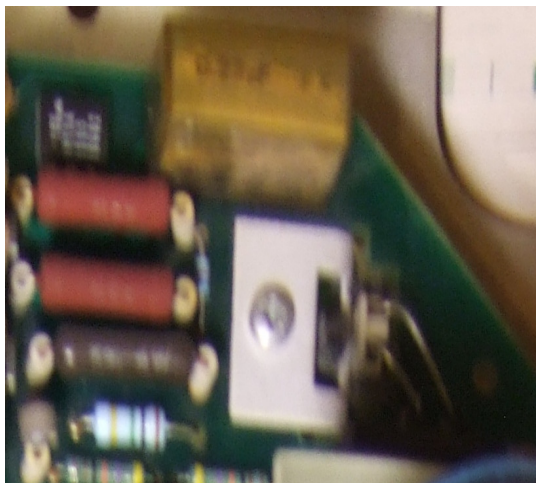


A15 Schaltungsauszug: oben mittig Booster, Bildmitte automatische Focus- und Helligkeitssteuerung an der CRT; © Philips

Um die Auto-Fokusschaltung testen zu können, wurde das fehlende Poti R15 (X1509) durch eine externe Beschaltung ersetzt, sowie die notwendige 156kHz Schaltfrequenz für die Booststrap-Schaltung durch einen externen Rechteckgenerator der Schaltung an (X1514) zur Verfügung gestellt. Die noch fehlende Spannung von 96V wurde an R1572 (Z-Diodenseite) angelegt. An den Testpunkten X1507/8 stelle sich in Abhängigkeit der Potistellung (R15) ein Rechtecksignal mit unterschiedlicher Amplitude ein. Die 2KV HV-Kerkos C1521/22 isolieren die PushPull-Stufen bestehend aus den BSS38/BSS68 Transistoren DC-mäßig gegen die -1500V, ermöglichen aber das Laden von C1514 bzw. C1516 über die Gleichrichterioden V1513/14 bzw. V1516/17. Dadurch wird ein Variieren der zuständigen Spannung für die Fokussier- bzw. Helligkeitssteuerung an der CRT erreicht. Schlau gemacht, somit stellt sich die Fokusspannung bei Änderung der Helligkeit im richtigen Maß automatisch nach und der Strahl erscheint bei niedrigerer bis hoher Helligkeit immer scharf auf dem Phosphor-Bildschirm. Somit ist die volle Funktionalität der A15 Baugruppe jetzt gegeben, und dem Rückeinbau der Platine steht nichts mehr im Wege.

11 Prophylaktischer Tausch Rifa-X1-Kondensator A16 SMPS-Unit

Da auf dem SMPS Board A16 der Eingangskondensator von RIFA mit 220nF (X1 Type) schon Risse im Gehäuse zeigte, wurde dieser gegen eine neue X1 Variante ersetzt. Ich hatte extra im SM geschaut und ausgemessen welches Rastermaß (RM) der Kondensator benötigt und einen mit RM22,5 bestellt, aber dieser passte nicht in den Lochabstand des alten. RIFA hat die X1 Kondensatoren mit einem RM20.5 gebaut (Bestellbar beim „blauen“ C). Da die Leiterbahn noch seitlich neben dem Kondensator weiter verläuft, habe ich im Abstand von 2mm ein 1mm Loch durch die Leiterbahn und Platine gebohrt um das gewünschte RM von 22,5mm zu erhalten. Damit die Durchkontaktierung, die durch einen Anschlußpin des alten Kondensators realisiert wurde, auch in Zukunft sicher gegeben ist, habe ich die offene Bohrung mit einem Drahtstück versehen und dieses eingelötet. Meine Empfehlung ist, X1- gegen X2-Kondensator mit 275V~ zu ersetzen.



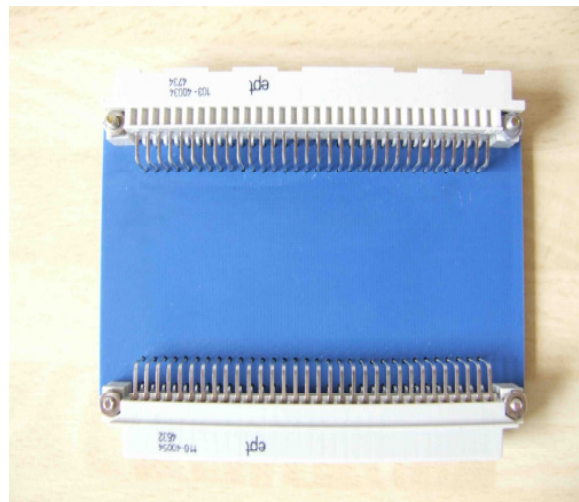
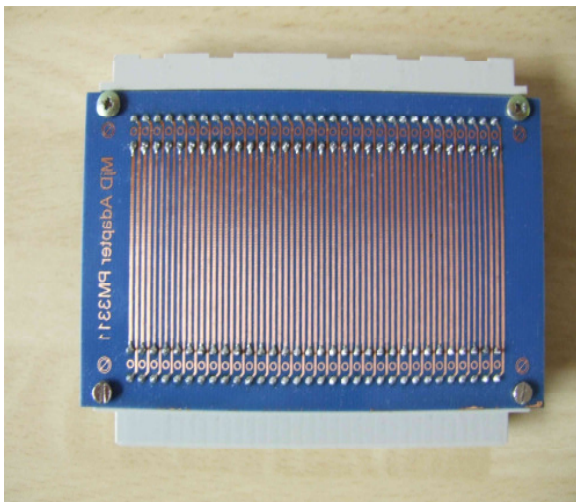
Links Rifa „Knallbonbon“ MP-Kondensator, rechts gegen einen X1 Folienkondensator getauscht

Die Hochspannungsprüfung ergab schon bei 150V einen deutlichen Leckstrom im μA -Bereich, somit war der Aufwand sein Geld Wert. Ich kann nur allen empfehlen, die lange etwas von Ihren (Meß-)Geräten haben wollen, tauscht diese Variante (PME271) von Rifa vorbeugend aus. Teilweise liegen diese Entstörkondensatoren vor dem Netzschalter und haben auch im ausgeschalteten Gerätezustand direkte Verbindung zur Netzspannung (hoffentlich noch durch die Gerätesicherung vom Netz abgesichert!). In der Funkamateurer Zeitschrift wurde dazu einmal ein Bericht veröffentlicht. Gleiches Fehlerbild konnte ich beim Austausch der PME271 Typen von Rifa, bei den Subber-Kondensatoren in der Triac-Vorregelung, in einem HP6267B Netzteil nachvollziehen.

12 Entwicklung des Extenderadapters und dessen Aufbau

Aufgrund der im PM3311 verwendeten Einschubtechnik ist es fast unmöglich an die unten liegenden Bauteile einer Einsteckkarte heranzukommen um dort Meßsignale abzugreifen. Im Service Manual des PM3311 wird im hinteren Teil auf eine Adapterplatine hingewiesen, die dafür sorgt, dass die Einschubkarten höher gestellt werden um besser an die unteren Meßpunkte zu gelangen. Es war schon ziemlich mühsam am X-Verstärker-Einschub Verlängerungsleitung anzubringen um im eingesteckten Zustand daran Messungen durchführen zu können. Da irgendwann mal das Maß voll war, habe ich mich entschieden eine Adapterplatine selber zu entwickeln und dies dann aufzubauen.

Da an den 96poligen Steckleisten von Philips nur die Reihe A und C mit Signalen belegt sind, habe ich mich entschieden den Adapter auf einer einseitig kaschierten Platine zu realisieren. Passende Steckleisten bietet ein norddeutscher Elektronik-Versender unter den Bezeichnungen FL-R 64W und ML-C64W an. Natürlich kann man auch die 96-Pinversion verwenden. Die Steckleisten sind in den meisten Layoutprogrammen standardmäßig schon in der Bauteilbibliothek hinterlegt. Ich habe mich entschieden mit 60mm die Adapterplatine länger zu machen als Philips vorschlägt. (Im PM3311 leider 5mm zu lang, das Steckboard wird nur noch von einer der beiden Führungsnuten geführt). Man kann auch zwei kurze Extender erstellen, und ggf. zwei zusammenstecken wenn man die größere Höhe benötigt. Besitzt man dagegen noch ein PM3320A/23/40, sollte man eine zweiseitige Platine entwerfen, die alle 3 Reihen (a, b, c) a´32 Pins (96 Pins) verlängert.



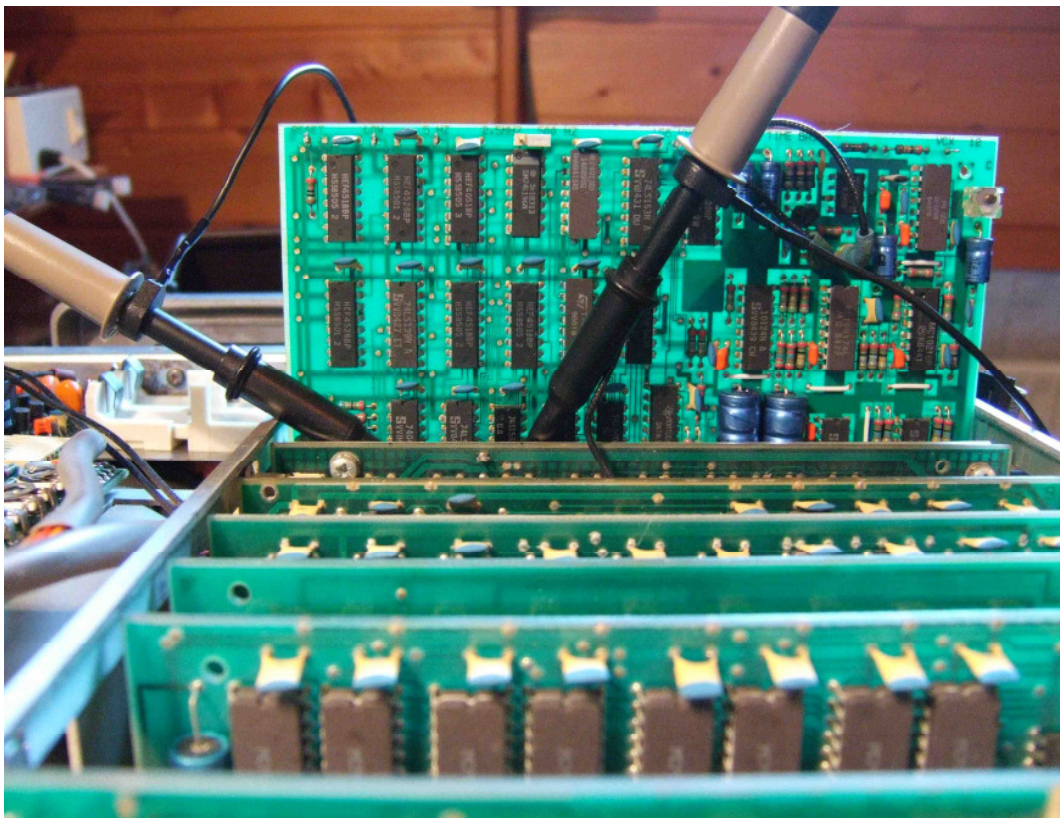
Rück- und Vorderansicht des vereinfachten (einseitig kupferkaschierten) PM3311 Extenders

13 Fehlereingrenzung und -behebung A12 Time-Base Unit

Nachdem das A15 Board wieder eingebaut und verdrahtet wurde, freute ich mich auf den Einschaltversuch, jetzt muß es aber funktionieren, dachte ich, aber es kommt wie es kommen musste. Nach dem Einschalten gab es ein Prazz-Geräusch und danach noch ein paar kleine Überschläge auf dem Mainboard Richtung A15-Board.

Es stellte sich heraus, dass die -125V in das 156kHz-Steuersignal übergesprungen waren, daß für die Funktionalität des Auto-Fokus-Helligkeitssteuerung benötigt wird. Nach dem Reinigen der Platine mit Q-Tips zeigten sich kaum sichtbare Rückstände an denen. In dem hinteren Bereich des Mainboards scheinen doch noch minimale Mengen des ausgelaufenen Elektrolytens der Puffer-Batterien gelangt zu sein. Mit bloßem Auge konnte ich damals keine Rückstände erkennen. Also eine Erkenntnis fürs Leben. Wenn eine Batterie in einem Gerät ausläuft, dann alles großräumig reinigen, sonst kommt es zu weiterer Korrosion und bei höheren Betriebsspannungen gegebenenfalls zu Überschlägen (Am besten die gesamte Platine in ein Ultraschallbad reinigen). Nach dem Reinigen habe ich um die betroffene Durchkontaktierung das FR4-Material herausgekratzt (z.B. Meßspitze) und mit kriechstromfestem Acrylharzlack isoliert. Nicht umsonst hat Philips in den nachfolgenden Geräten PM3320A, PM3323 bzw. PM3340 die Pufferbatterien/-akkus aus dem Inneren des Gerätes nach außen verbannt.

Das 156kHz Steuersignal wird von D1217 einem 74LS02 Gatter auf dem A12 Board gepuffert und über das Mainboard und einer Steckverbindung an das A15-Board geleitet. Da das Taktsignal vor dem Gatter noch einwandfrei an X1204 mit dem Oszilloskop gemessen werden konnte, tauschte ich das betroffene IC auf dem A12 Board aus. Ich hatte Glück, denn durch Zufall hatte ich noch einige von dieser Type in der Bastelkiste liegen.



A12-Board auf dem selbst gebauten PCB-Extender, hier im erstmaligen Einsatz

Nach dem Einschaltung fing das Oszilloskop wieder an zu „humpeln“ an. Was ist denn jetzt noch kaputt gegangen? Die Ursache in diesem Fall war, das das CPU-Modul von dem SMPS-Board A16 via Line-Trigger-Verstärker auf dem A15-Board ein 50Hz Taktsignal PWR2 bekommt. Ich hatte das Koaxialkabel auf dem SMPS-Board noch nicht eingesteckt gehabt. Ich dachte, dass es nur eine Funktion für die Trigger-Schaltung hat, wenn der Trigger-Source-Schalter auf Stellung „Line“ steht. Da habe ich mich wohl getäuscht! Das 156kHz Taktsignal konnte ich auf dem A15-Board mit dem Oszilloskop nachweisen, auch die Helligkeitsregelung mit der automatischen Fokussierung funktioniert nach dem Tausch des D1217 einwandfrei. Aufgrund des getauschten OQ0017 auf dem A20-Board, stimmte die X-Ablenkung noch nicht mit der eingestellten Time-Division überein. Mit Hilfe des X-Gain Trimmers R2011 und einem genauen Rechtecksignal, das auf Kanal A eingespeist wurde, stellte ich die exakte X-Ablenkung ein.

14 Vorläufige Zusammenfassung des Reparaturberichts

Voilà, ein anständig funktionierendes PM3311 Digital-Oszilloskop steht vor mir und jetzt erst mal alles ausprobieren, was das Schätzchen so alles kann!



Mein PM3311 in Aktion, mit vier zufällig gespeicherten Signalförmungen

Ich bin überrascht, die Bedienung ist selbsterklärend, und wenn man etwas falsch einstellt dann blickt z.B. die Leuchte in der Zeitablenkskala, oder die Einstellungen der X/Y-Ablenkparameter werden auf den alphanumerischen Anzeigen nicht aktualisiert, da haben die Entwickler mal wirklich mitgedacht. Im Roll-Modus überschreibt das Scop sequentiell alle vier Speicherbereiche und man hat die vierfache Zeit/Länge im Speicher. Sind alle drei Speicher aktiv, werden Schritt für Schritt deren Inhalte überschrieben. Wenn der „Accu“-Speicher vollständig beschrieben ist wird zuerst der Inhalt des dritten dann des zweiten und zum Schluß des ersten Speichers überschrieben, bis am Ende der „Accu“ letztmalig (zum 4. mal) vollgeschrieben wird. Ein Bedienungskomfort, der durch eine 8085 CPU mit 5MHz erreicht wird. So etwas wäre heute mit deren MIPS-Rate (hier eher (Thousand)IPS) nicht mehr realisierbar!

Zum Abschluss noch eine Zusammenfassung der Reparatur meines ersten digitalen Oszilloskops.

- A20 Horizontaler Ablenkverstärker, defekter BF423 (V2016), OQ0017 (D2023)
- A15 Netzteil, defekte Verpolschutzdiode V1546, R1542/3 und Überschlag an C1504,
- A4 CPU-Board defekte Tanalkondensatoren C432, C433
- A16 Prophylaktischer Tausch des X1 Netzfilter-Kondensators C1608 RIFA
- A12 Defektes 74LS02 (D1217)nach Überschlag von -125V auf das 156kHz CLK-Signal

Das Service Manual von Philips, wie auch bei der Firma HP oder Tektronix der Fall, beschreibt neben dem Schalt- und Bestückplan auch ausführlich das Schaltungskonzept und die besonderen Kniffe, die die Entwickler angewendet haben um mit den Gegebenheiten der damaligen Zeit ihre hochgesteckten Ziele erreichen zu können. Es macht einfach Freude sich in das Konzept einzudenken und es verstehen zu wollen, auch wenn dadurch mehrere hundert Stunden der wertvollen Freizeit geopfert werden.

15 Aussicht bezüglich dem Ende des Reparaturberichtes

Im zweiten Teil des Reparaturberichtes wird der von Philips beschriebene „Performance Test“ durchgeführt und bei Abweichungen die betroffene Funktion neu justiert. Soviel kann ich heute schon verraten, es wird noch ein steiniger Weg bis zur Durchführung des Abgleichs werden, d.h. neue Fehler treten unerwartet auf. Beim späteren Abgleich des P2CCD-Bausteins ergeben sich deutliche Schwierigkeiten im höchsten Time-Conversion Modus (125Mega-Samples/s). Aber die nächste dunkle Jahreszeit kommt bestimmt, um den zweiten Bericht dann zu erstellen!