

Reparaturbericht Tongenerator TG-7B

Helmut Stadelmeyer

GERÄT: Tongenerator PEERTRONIC TG-7B

Baujahr: 1986 bzw. 1988 nach den Datumcodes auf den ICs

Daten: Frequenzbereich: 10 Hz bis 100 kHz in dekadischen Stufen

Pegelbereich: 20 dBm bis -60 dBm Sinus in dekadischen Stufen

Ausgangsimpedanz: 600 und 0 Ohm, umschaltbar

Anzeige: Analoges Zeigerinstrument für Frequenz und Pegel

Zustand: Geräte funktionieren grundsätzlich, das Ausgangssignal ist jedoch mit kräftiger Störspannung überlagert. Pegel unter -20 dBm sind deswegen nicht zu gebrauchen.

Datum: Nov. 2013

Festgestellte Fehler:

- a) In beiden untersuchten Geräten erzeugt der mit einem Blechgehäuse geschirmte Schaltwandler die Störspannung.
- b) Schaltwandler-Ausgangsspannungen auf Baugruppe PM-7 stimmen nicht, Schalttransistoren werden sehr heiß.
- c) Das ältere Gerät liefert auf dem höchsten Frequenzbereich anstatt 10-100 kHz nur 1-10 kHz. Baugruppe TG7-3 ist bei den Geräten unterschiedlich ausgeführt, auf beiden Baugruppen eine größere Anzahl nachträglicher Änderungen.
- d) Dieses Gerät liefert auch zu geringen Pegel, Ausgangssignal stark verzerrt.

Verwendete Meß- und Hilfsmittel:

- Oszilloskop
- Multimeter
- Transistortester (TT)
- Verlängerungskarte für Steckbaugruppen

Durchgeführte Arbeiten:

- a) Auf Baugruppe PM-7 Siebkondensatoren auf Eingangsseite der Spannungsregler ergänzt (Abb. 7, waren nicht bestückt, obwohl Leiterplatte dafür vorbereitet ist), an Spannungsreglern keramische 0,1µ-Cs nachgebessert (haben teilweise gefehlt).
- b) Neue Leiterplatten für die Schaltwandler angefertigt, Wandler neu aufgebaut (Abb. 6). Dabei alle 220-µF-Elkos auf 330 µF Low ESR getauscht. Ursache der übermäßigen Erwärmung gesucht und teilweise beseitigt.
Zenerdiode D11 defekt: Kein scharf ausgeprägter Übergang vom Sperr- in den Durchlassbereich, Stromfluß beginnt schon bei 4,8 V. Bauteil ausgetauscht, Ausgangsspannung auf 17,5 V justiert.
- c) Defekte Karte TG7-3 auf Stand der funktionierenden Baugruppe geändert - ok.
- d) Transistor Q4 in Endstufe TG7-5 defekt - TT zeigt Doppeldiode an. Bauteil gewechselt, Kurvenform und Pegel stimmen wieder. Schaltbild der Baugruppe siehe Abb. 13.

Bemerkungen:

Solche Geräte sind auf dem heurigen AFU-Flohmarkt in Eggenfelden angeboten worden. Eine Suche im Internet nach Unterlagen zu diesem Gerät war leider absolut erfolglos, der weitgehend unbekannte ös-

terreichische Hersteller hält sich da sehr bedeckt. Selbst über sein Meßgeräte-Fertigungsprogramm lassen sich keine Hinweise finden, die weiterhelfen. Ein Anruf mit der Bitte um Übermittlung von Schaltungsunterlagen blieb ebenfalls erfolglos.

Sowohl Frequenz als auch Pegel sind mit Schaltern in dekadischen Stufen und zusätzlich über Potentiometer stufenlos über etwas mehr als eine Dekade verstellbar. Angezeigt werden die Werte mit dem umschaltbaren Zeigerinstrument, wobei für jede Dekade der ganze Skalenweg zur Verfügung steht. Will man die Werte noch genauer wissen, sind wie bei fast allen älteren Tongeneratoren externer Zähler und Pegelmesser notwendig.



Die Ausgangsspannung ist an den auf der Frontplatte links unten nebeneinander liegenden 2*3 Stück 4-mm-Buchsen zu entnehmen; die beiden senkrechten Reihen sind parallelgeschaltet.

Das Grundkonzept des Gerätes ist wohlgedacht: Es kann über ein Kaltgerätekabel aus dem 230-V-Netz gespeist werden, aber auch aus einer externen 12-V-Batterie über ein ansteckbares Kabel. Zudem ist ein NiCd-Batterieblock mit 10 Zellen enthalten, der das Gerät versorgen kann; damit

Die mechanische Ausführung ist ordentlich und zweckmäßig: Obere und untere Gehäusehalbschale sind mit je zwei Schrauben an der inneren Gehäusekonstruktion befestigt. Zieht man diese Teile nach hinten ab, kommt man gut an die Innereien heran. Insgesamt sind 5 Leiterplatten über VG-Steckverbinder der Bauform C32 und C64 auf einer über den ganzen Geräteboden reichenden Grundplatte montiert (Abb 9). Die Baugruppen haben die Bezeichnungen TG7-1 bis TG7-5 sowie PM-7, die Grundplatte ist mit TG7-6 beschriftet. Zur gezielten Fehlersuche sind Verlängerungskarten für die Steckbaugruppen sehr hilfreich.

Auch elektrisch ist das Gerät aufwendig gebaut, wie die auszugsweisen Schaltbilder zeigen (Reverse Engineering). Die verwendeten Bauteile sind von guter Qualität, alle DIL-ICs stecken in Präzisionsfassungen. Mit der Verarbeitung sieht es allerdings nicht so erfreulich aus:

- Die Bauteile sind bleiblos und mit sehr heißem Kolben von Hand verlötet (das Flußmittel hat sich dabei braun bis dunkelbraun verfärbt). Bei den Spannungsreglern fehlen zumindest auf einer Seite die von den Herstellern empfohlenen Kondensatoren zur Unterdrückung der hochfrequenten Schwingneigung.
- Auf der Lötseite einiger Leiterplatten sind Drahtbrücken und Bauteile nachbestückt worden - ein Hinweis auf unzureichende Prüfung vor Beginn der Fertigung. Daß die Endkontrolle eine fehlende Lötstelle übersehen hat, verwundert da auch nicht mehr; dieses Gerät hat nur durch Zufall funktioniert.
- Das Layout der Leiterplatten ist ohne Rechnerunterstützung gemacht (Klebefolien), es hätte ohne Mehraufwand so ausgelegt werden können, daß überall etwas Platz zwischen den Bauteilen bleibt. Die Bezugspotential-Leiterbahnen zu wesentlichen Schaltungsteilen sind auf allen Baugruppen dünn, verschlungen und bis zum Ziel unnötig lang (Beispiel: Pegelsteller auf TG7-5). Insgesamt hinterlassen die Leiterplatten den Eindruck, als wären sie in einer Bastelstube entstanden.
- Beide Geräte haben zwar dieselbe Bezeichnung, stammen jedoch aus unterschiedlichen Serien: Die Endstufenbaugruppe hat in der Version von 1986 die Bezeichnung TG7-5, in der von 1988 aber TG7-4. Die Anordnung der Bauteile ist im Detail ebenfalls stark unterschiedlich. Auch die Netzteil-Baugruppen sind unterschiedlich: Die jüngere hat einen verbesserten Überlastschutz, dessen Bauteile auf einer senkrecht über zwei dicke Drähte angehängten, kleinen Leiterplatte angebracht sind.

Netzteil PM-7

Das Spannungswandler-Modul PM-W ist als Gegentaktschaltung mit einer Frequenz von 40 kHz ausgeführt (Abb. 7), es krankt an übermäßiger Erwärmung sowie unzureichender Leistung und liefert kräftige Störspannung auf den Ausgängen. Die Siebung der Sekundärspannungen erfolgt mit je einem LC-Tiefpass innerhalb des Abschirmgehäuses. Die nachfolgenden, außenliegenden Spannungsregler können diese sehr oberwellenreiche Störspannung nicht ausreichend unterdrücken. Insgesamt hat der Konstrukteur bei der Netzteilbaugruppe keine glückliche Hand bewiesen:

- Die elektrische Verbindung zwischen Wandler-Leiterplatte PM-W und den Durchführungskondensatoren erfolgt über steife Lötösen. Ein Ausbau des Wandlers ist wegen des beengten Aufbaus sehr mühsam. Lötösen durch blanke 0,5-mm-Drähte ersetzt.
- Leiterplatte PM-W hat sich durch die Erwärmung im Bereich der Schalttransistoren dunkel verfärbt (Abb. 2), Lötäugen haben sich vom Trägermaterial gelöst. Grund für die Übertemperatur:
 - Der gewählte SMPS-Kontroller TL494 hat keine Gegentaktendstufen, er war eigentlich nicht zur direkten Ansteuerung von Leistungs-FET vorgesehen. Der 10k0-Widerstand zwischen Gate und Source (Abb. 8) bestimmt die Entladegeschwindigkeit der Gatekapazität [1]. Auch mit einem 680-Ohm-Widerstand dauert das noch vergleichsweise lange, wie die im Vergleich zur Einschaltflanke recht langsame Ausschaltflanke beim älteren Gerät zeigt (Abb. 3). Man erkennt schön den Zeitverzug zwischen fallender Flanke an G und steigender Flanke an D von Q5. In dieser Zeit ist der Strom noch nicht abgeklungen, die Spannung zwischen S und D nimmt jedoch bereits kräftig zu - genau da entsteht der Großteil der Verlustleistung.

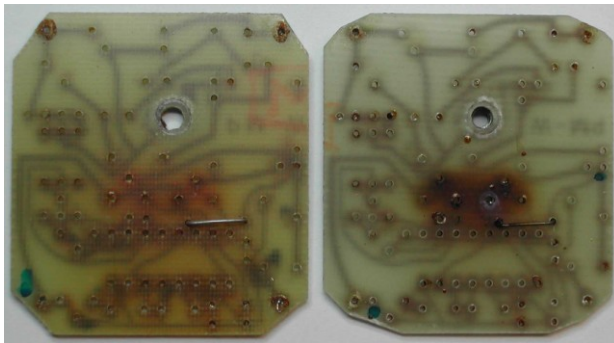


Abb. 2: Überhitzte Leiterplatten PM-W

- Bei der jüngeren Baugruppe ist der Einschaltimpuls bei Q6 zweigeteilt, was erhöhte Verlustleistung beim Schalten zur Folge hat. Nach Einbau des 680R-Widerstandes zwischen S und G ist alles normal (Abb.4).
- Das Blechgehäuse des Wandlers liegt am Bezugspotential, die Verbindung zur Leiterplatte PM-7 erfolgt im Originalzustand mit einer M3-Schraube, die durch beide Leiterplatten hindurchgeht. Auf der Unterseite beider Leiterplatten ist jeweils eine Mutter aufgelötet. Mit dieser Konstruktion ist es nicht möglich, das Gehäuse auf der PM-7 ordentlich festzuschrauben. Der elektrische Kontakt ist deshalb nicht sichergestellt. Anstatt der Mutter wurde auf den neuen Leiterplatten ein 4 mm langes Rundstück aus Messing mit glattem 3,2-mm-Loch angelötet. Eine zusätzlich angebrachte elektrische Verbindung des Gehäuses zum Bezugspotential auf PM-7 mit einer der übriggebliebenen Lötösen zeigt Abb. 5.

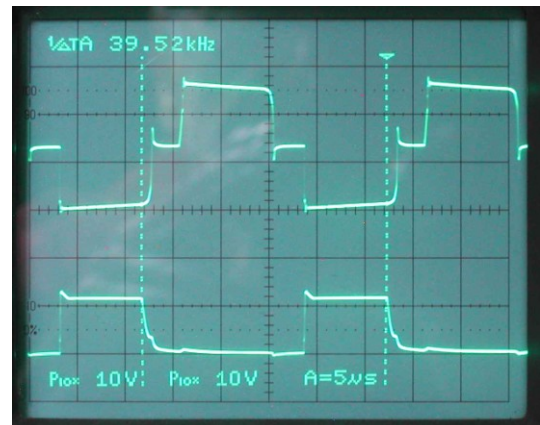


Abb. 3: Spannungsverlauf an Q5: Unten G, oben D bei 13,5 V Eingangsspannung

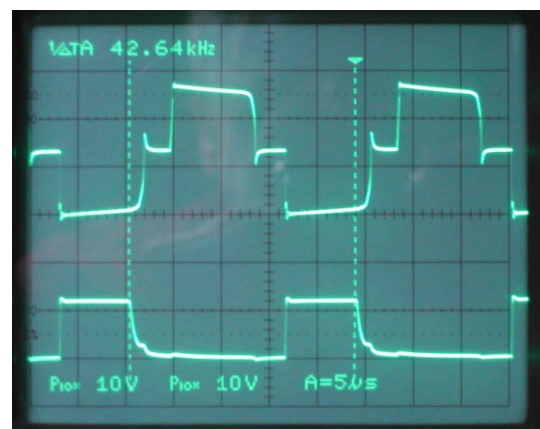


Abb. 4: Spannungsverlauf an Q6 nach Änderung auf 680 Ohm bei 13.5 V

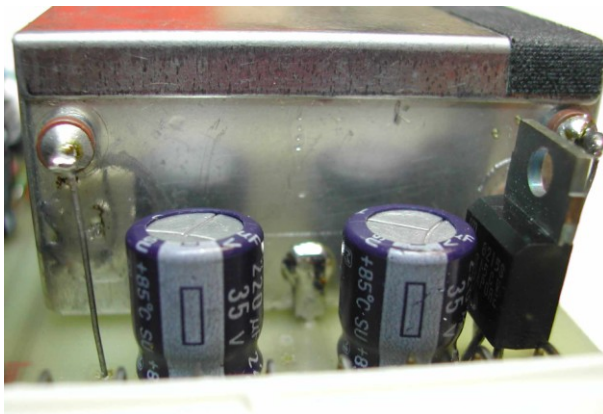


Abb. 5: Neue Bezugspotential-Verbindung zwischen Wandlergehäuse und PM-7-Leiterplatte

- Siebelkos am Eingang der Spannungsregler U5 und U6 sind zwar auf Leiterplatte vorgesehen, waren aber nicht bestückt.
- Am Ausgang dieser Spannungsregler fehlen die 100-nF-Kondensatoren.

Hinweis: Dem Ausgang des als Konstantstromquelle zur Akkuladung verwendeten Spannungsreglers U1 darf allerdings **kein** Kondensator parallel geschaltet werden, weil er sonst zu schwingen beginnt.

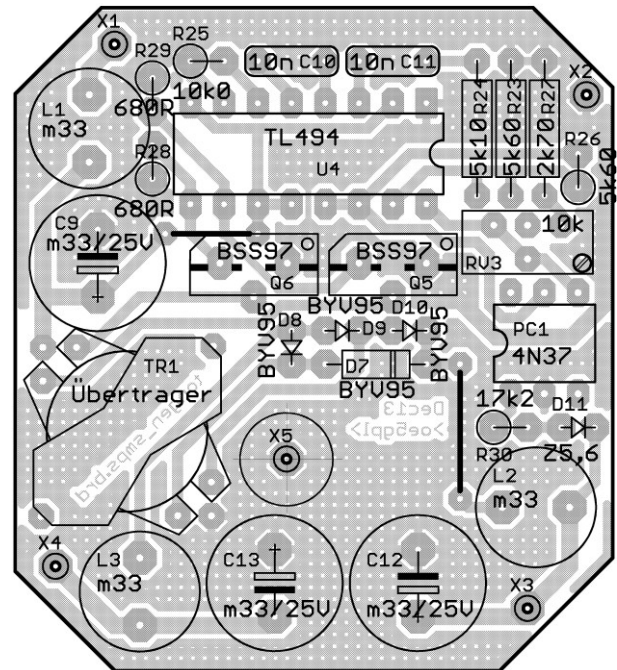


Abb. 6: Bestückungsplan der neuen Leiterplatte

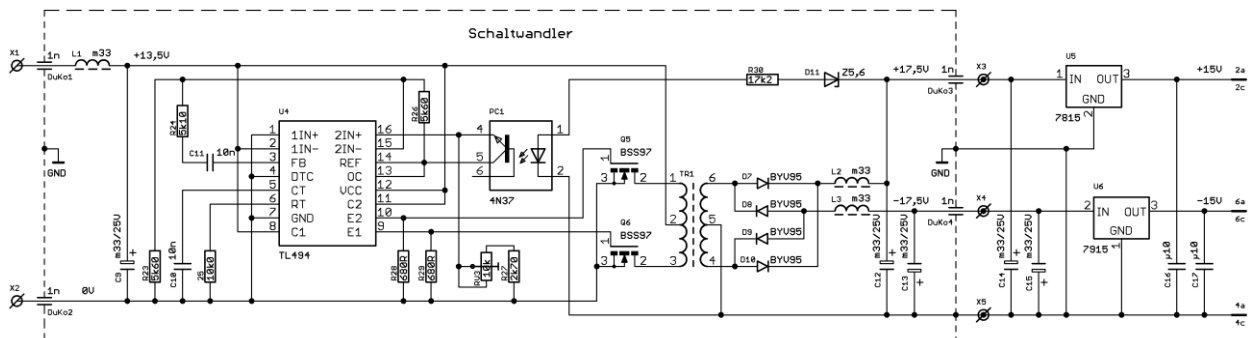


Abb. 7: Geändertes Schaltbild des Wandlers

- Betrieb aus der NiCd-Batterie wird unnötig eingeschränkt:

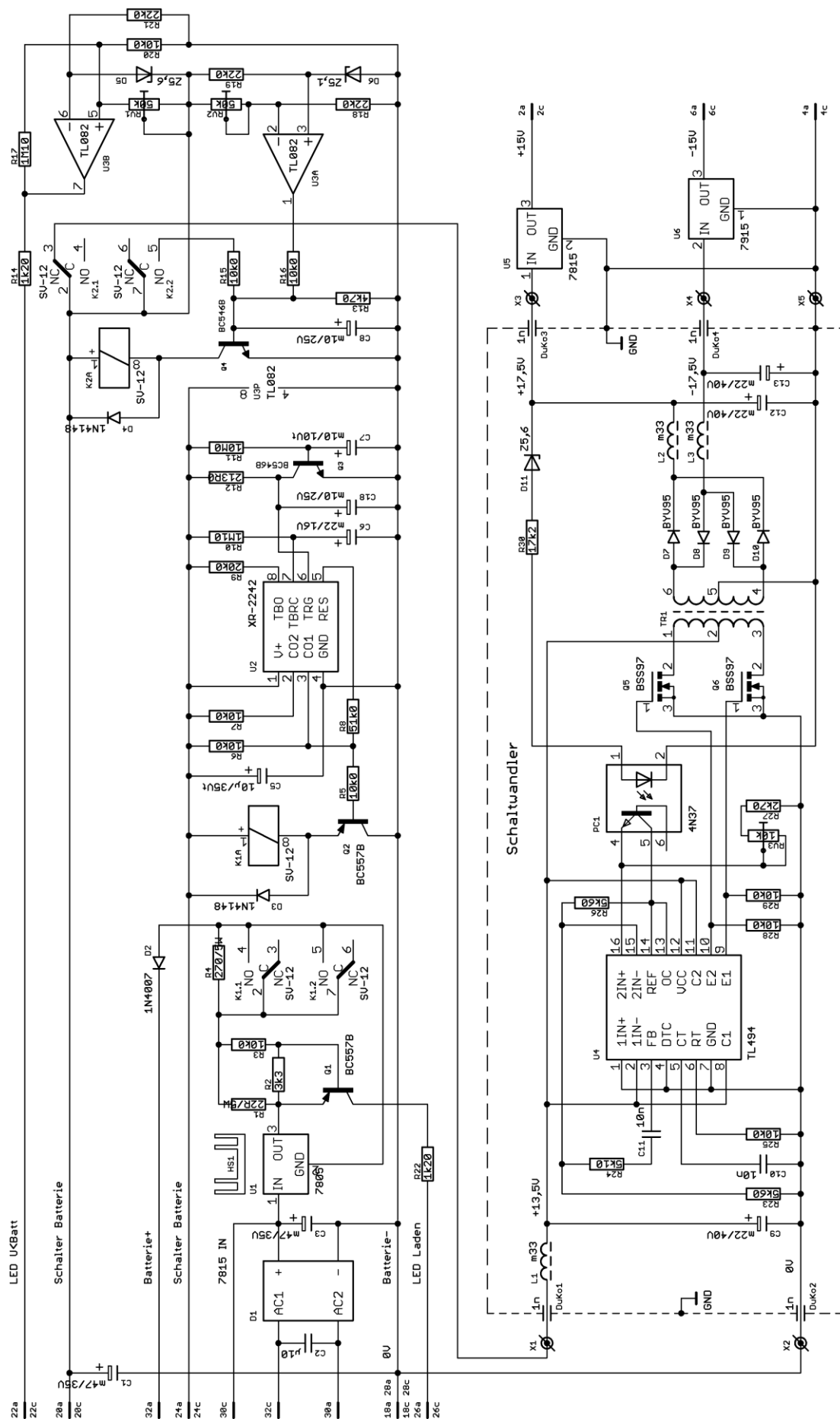
Die in Abb. 3 im oberen Kurvenverlauf von Impulsbreite und -amplitude eingeschlossene Fläche (Spannungs-Zeitfläche) ist ein Maß für die vom Wandler abgegebene Leistung. Wird bei unveränderter Leistungsabgabe die Eingangsspannung geringer, dann nimmt die Amplitude der Impulse ab, dafür werden sie aber breiter; die Fläche bleibt durch die Regelung gleich groß.

Bereits bei 12,0 V erreichen die Impulse ihre größtmögliche Breite, die Zeit zwischen positiver und negativer Halbwelle ist dann fast Null. Wird die Spannung noch geringer, dann beginnen auch die Ausgangsspannungen zu sinken. Die Schaltschwelle des Tiefentladeschutzes U3A ist deswegen auf 12,0 V einzustellen, er schaltet den Wandler ab. Die rote Warn-LED der Spannungsüberwachung U3B soll bei 12,5 V angehen.

Diese Batterie hat eine Entladeschlussspannung von 10 V. Ein guter Teil der Batteriekapazität kann wegen des falsch ausgelegten Wandlers nicht genutzt werden. Weil die Batteriespannung nie kleiner als 12 V wird, verringert der bei dieser Akkuart auftretende Memory-Effekt die nutzbare Kapazität immer mehr.

Die Stromaufnahme des Generatorteils, also ohne Ladestrom für die Batterie, beträgt bei 13,5 V Eingangs-Gleichspannung 400 mA. Sinkt die Spannung, dann steigt der aufgenommene Strom.

Abb. 8: Netzteil PM-7, alte Ausführung, Originalzustand



Reparaturbericht TG-7B

Grundplatte TG7-6

Zur Verringerung der hochfrequenten Störspannungen sollte man in die $\pm 15\text{-V}$ -Leiterbahnen Drosseln mit ungefähr $470\text{ }\mu\text{H}$ einfügen (Abb. 9). Auf niedrigen Widerstand dieser Bauteile ist zu achten, weil sich die Versorgungsspannung um den Spannungsabfall verringert.

An den oberen Frontplattenbuchsen mit der Bezeichnung „c“ liegt im Originalzustand über eine Brücke auf der Grundplatte und die Schirme der Koaxialkabel zwischen TG7-2 und TG7-3 die Gehäusemasse. Will man einen massefreien Ausgang, der durchaus praktisch ist, dann ist diese Brücke zu entfernen und die Schirme sind mit der unmittelbar danebenliegenden Bezugspotential-Leiterbahn zu verbinden (Abb. 10).

Auf der Unterseite der Grundplatte ist die Leiterbahn für das Bezugssignal ebenfalls kräftig verstärkt worden (Abb. 11).

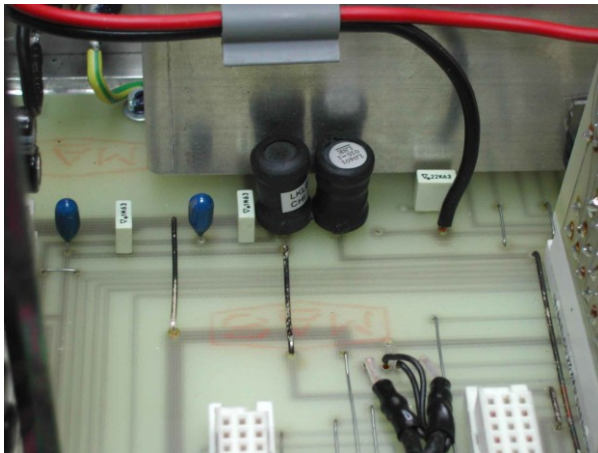


Abb. 9: Drosseln in den $\pm 15\text{V}$ -Leitungen, Gerätemassebrücke zu den Kabelschirmen bereits entfernt

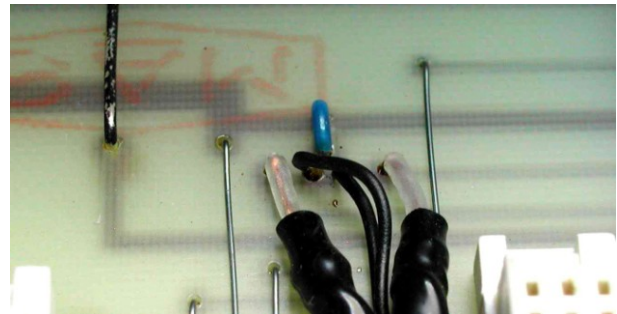


Abb. 10: Neue Brücke zwischen Bezugspotential und den Kabelschirmen

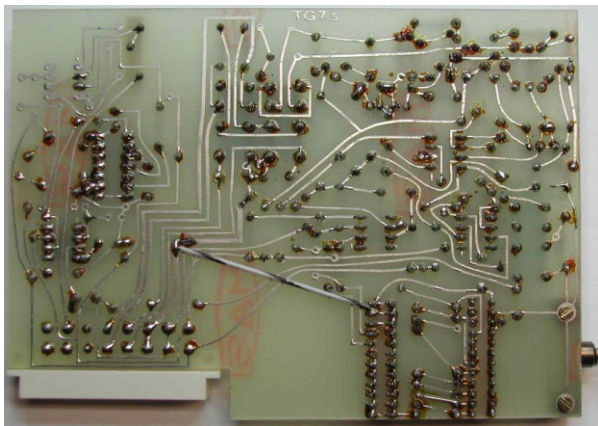


Abb. 12: Brücke auf TG7-5

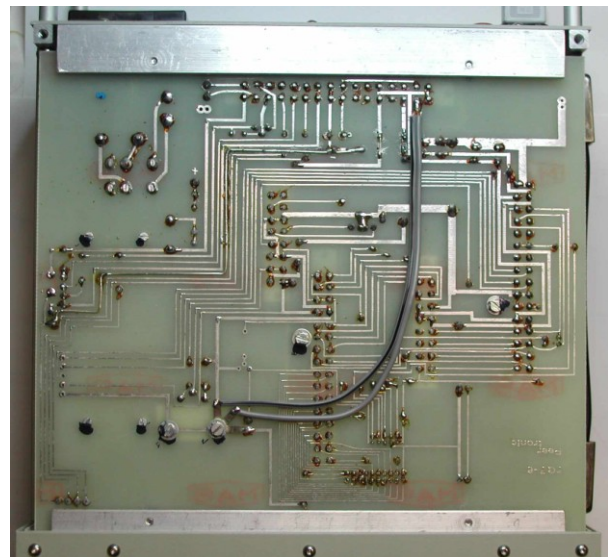


Abb. 11: Verstärkte Leiterbahn für Bezugspotential auf Grundplatte

Endstufe

Das auf den Stiften 14 a+c der Endstufenbaugruppe mit einem Pegel von $1,41\text{ V}_{\text{SS}}$ ankommende Signal ist sauber, ebenso das am Ausgang von U1a. Verfälscht wird es im nachfolgenden Abschwächer, wo bei ganz kleinen Pegeln der Spannungsabfall auf der dünnen und ungewöhnlich langen Masseleitung das Nutzsignal zudeckt. Eine Brücke schafft Verbesserung (Abb. 12).

Die versuchsweise Änderung der Versorgungsspannung-Siebung für U2 und U3 mit $R45 - R48 = 27\text{ }\Omega$ anstatt $10\text{ }\Omega$ und $C19 - C22 = 22\text{ }\mu\text{F}$ (Tantal) anstatt $0,1\text{ }\mu\text{F}$ (Folie) hat keine erkennbare Verbesserung bewirkt.

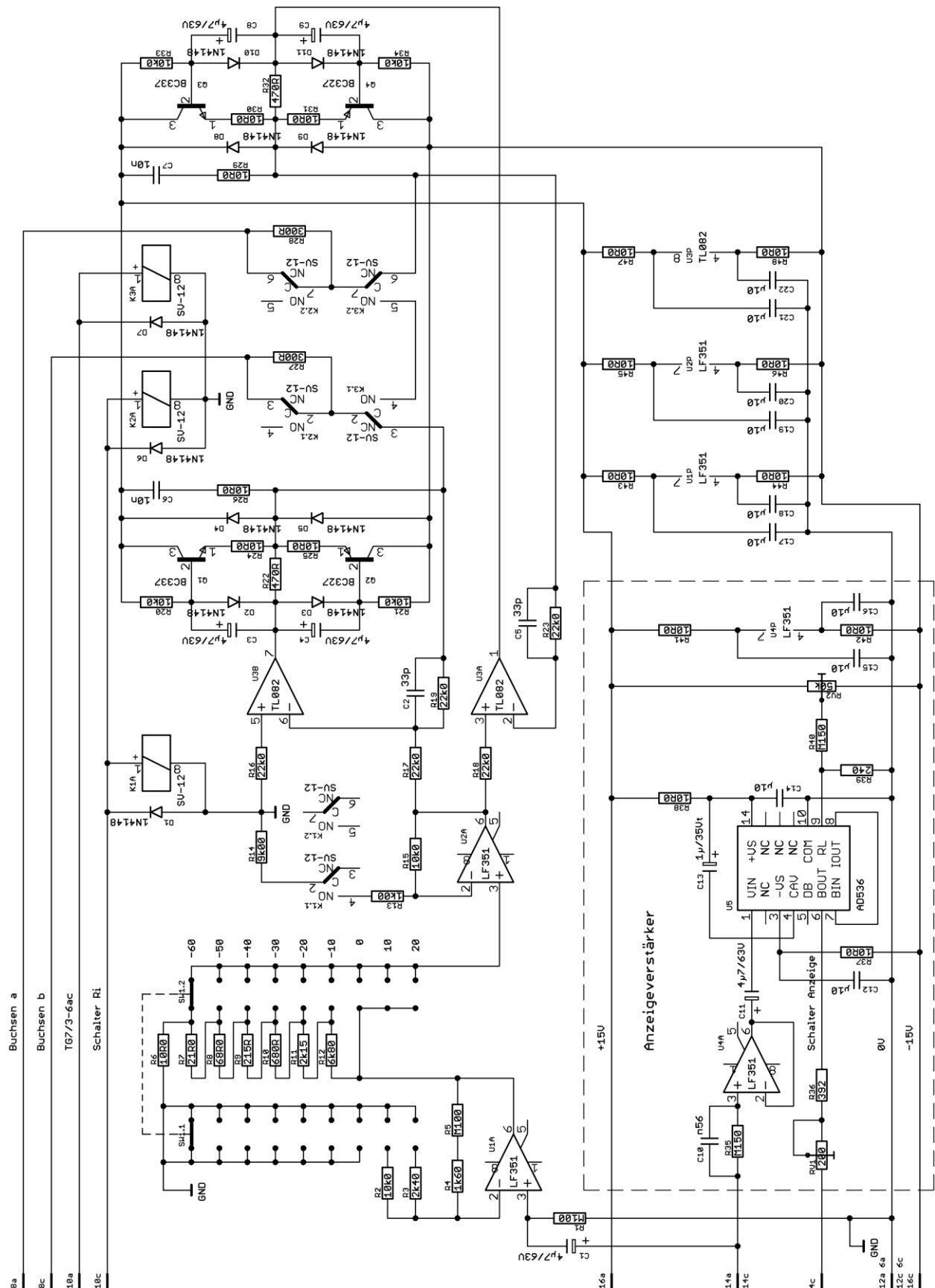


Abb. 13: Endstufenbaugruppe TG7-4

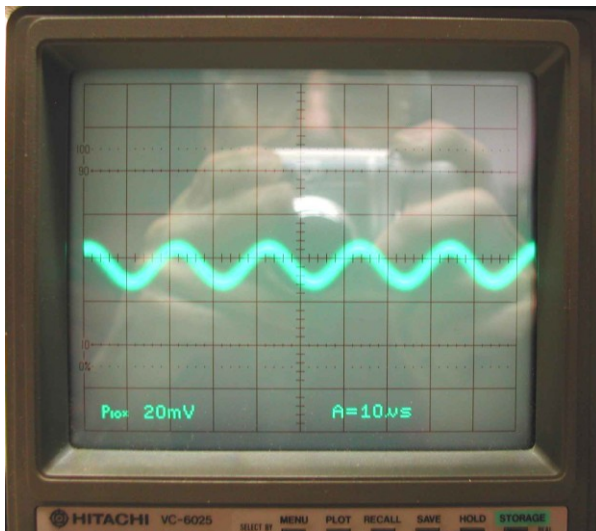
Die größte entnehmbare Spannung liegt zwischen den Buchsen „a“ und „b“ an, sie beträgt 28 Vss (Einstellungen „Null Ohm“ und „20 dB“ ohne jede Last). Zwischen den Buchsen „c“ und „a“ sowie zwischen „c“ und „b“ sind die Spannungen halb so groß, aber zueinander um 180 Grad phasenverschoben.

Reparaturbericht TG-7B

Vor der Reparatur war das Ausgangssignal in der Stellung „-30 dB“ dermaßen mit Störungen überlagert, daß es sich auf dem Oszilloskop nicht einwandfrei hat synchronisieren lassen. Wie sehr sich das bei beiden Geräten durch die Ergänzungen verbessert hat, zeigt Abb. 14.

Der senkrechte Maßstab in diesem Bild stimmt nicht: Es ist kein 10:1-Tastkopf verwendet worden, sondern ein 1:1-Tastkopf. Die Spannung beträgt also etwa 2 mVss, sie ist noch immer mit beträchtlichem Rauschen behaftet. Ob sich das auch noch verringern läßt, zeigen vielleicht weitere Versuche.

Die Geräte sind aber schon im derzeitigen Zustand für viele Untersuchungen im Tonfrequenzbereich wegen des großen Pegelumfangs und der wählbaren Ausgangsimpedanz sehr gut verwendbar.



Unterlagen

Das Leiterplatten-Layout ist als *.ps-Datei im Archiv *tongen01.zip* enthalten, ebenso ein Vergleichsmaßstab zum Überprüfen der Maßhaltigkeit des Druckers.

Helmut, OE5GPL

Abb. 14: Signal bei -60 dB nach den Änderungen

Verweise und Quellen:

- [1] Pressman, A.I., MOSFET Transistors and Input Drive Circuits: Switching Power Supply Design, pages 359 ff