

Dimmschaltung für Magische Augen

Teil 1 - Einführung

Einleitung

Die Faszination eines Röhrenradios rührt ja nicht nur vom warmen Klang, sondern auch vom Leuchten der Abstimmanzeigenröhre, landläufig auch Magisches Auge genannt, her. Leider sind diese neben den Endröhren mittlerweile die größten Kostentreiber geworden, da sie als Verschleißteile betrachtet werden müssen. (Pinkompatible) Ersatztypen sind leider nicht für alle Röhrentypen verfügbar und erfordern möglicherweise Umbauarbeiten am Gerät. Man muß man sich schon gut überlegen, ob man sein teures Schätzchen in Betrieb nehmen will, denn leider ist bisher keine Möglichkeit bekannt die Erblindung des Magischen Auges aufzuhalten: Entweder klemmt man es ab, oder läßt das Radio gleich ganz aus. Beides sind keine zufriedenstellende Lösungen. In dieser Artikelserie möchte der Autor Maßnahmen beleuchten, die den Verschleiß zumindest hinauszögern können.

Ein paar Grundlagen

Bevor wir uns den Schaltungskonzepten widmen, beschäftigen wir uns etwas mit den Grundlagen der Abstimmanzeigenröhren. Im Folgenden wird der Begriff „Magisches Auge“ synonym für alle Ausprägungen wie „Magisches Band“, „Magischer Fächer“ usw benutzt. Das Funktionsprinzip ist für alle Varianten gleich.

Funktionsprinzip einer Abstimmanzeigenröhre

Eine Abstimmanzeigenröhre ähnelt vom Prinzip einer Oszillographenröhre; eine Glühkathode emittiert Elektronen, die von einer positiven Anodenspannung angezogen und beim Aufprall auf einen Leuchtschirm diesen zum Leuchten anregt. Die Auslenkung des Strahls erfolgt elektrostatisch und damit leistungslos über ein spezielles Steuergitter. Allerdings besitzen Magische Augen im Gegensatz zur Oszillographenröhre keine Gitter zur Helligkeitssteuerung bzw Strahlfokussierung. Auch liegen die Betriebsspannungen um Größenordnungen niedriger, im Bereich 200 – 300 Volt.

Beschaltung eines Magischen Auges

Ein Magisches Auge besteht im Prinzip aus zwei oder mehreren Röhrensystemen in einem Kolben nämlich einem oder mehreren Strahlsystemen bestehend aus Kathode, Steuerstegen und Leuchtschirm(=Anode) und den dazugehörigen Steuertrioden, deren Anoden mit den Steuerstegen verbunden sind.

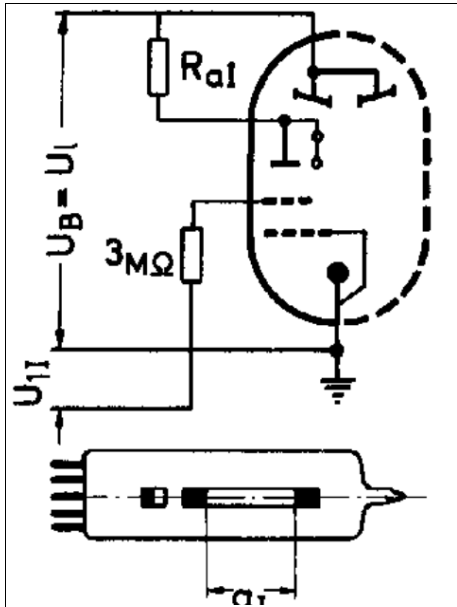


Abbildung 1: Grundschialtung am Beispiel einer EMM803 [2]

Eine negative Regelspannung wird an das Gitter der Steuertriode gelegt, die in Abhängigkeit davon einen Anodenstrom steuert. Dieser erzeugt an R_{a1} einen Spannungsabfall, die Regelspannung tritt somit verstärkt am anodenseitigen Anschluß von R_{a1} auf und somit auch an den Steuerstegen des Strahlsystems.

Elektrostatische Ablenkung

Magische Augen besitzen wie Oszillographenröhren ein elektrostatisches Ablenkensystem. Die Ablenkung erfolgt über ein elektrisches Feld und ist somit annähernd leistungslos. Allerdings hat dieses Konzept zwei unangenehme Eigenschaften;

1. die Ablenkwinkel sind klein
2. und sie hängen zudem stark von der Beschleunigungsspannung (=Anodenspannung) ab.

Zum Verständnis der Zusammenhänge ist ein kleiner Ausflug in die Physik hilfreich.

Um die Elektronen in Schwung zu bringen braucht es eine positive Beschleunigungsspannung. Die Geschwindigkeit ergibt sich näherungsweise aus der zugeschnittenen Größengleichung

$$v[\text{km/s}] = 593,1 * \sqrt{U_a[V]} \quad [3]$$

Erste Erkenntnis: Die Geschwindigkeit ist proportional zur Quadratwurzel der Anodenspannung

Jetzt muß der Strahl noch abgelenkt werden, dazu braucht es ein elektrisches Querfeld. Wenn

v = Geschwindigkeit des Elektrons beim Eintritt ins Querfeld

e = Ladung des Elektrons

U = Ablenkspannung zwischen den Ablenkplatten

l = Länge der Ablenkplatten

s = Abstand des Leuchtschirms von der Mitte der Ablenkplatten
 d = Abstand der Ablenkplatten zueinander
 m_e = Masse des Elektrons
 b = Auslenkung auf dem Leuchtschirm

dann gilt

$$b = \frac{e \cdot U \cdot l \cdot s}{m \cdot d \cdot v^2} \quad [3]$$

Zweite Erkenntnis: Bei $U = const$ ist die Auslenkung umgekehrt proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit mithin umgekehrt proportional zur Beschleunigungsspannung U_a aus obiger Gleichung.

Auf den Punkt gebracht:

Je höher die Beschleunigungsspannung desto höher muß die Ablenkspannung ausfallen um die Auslenkung konstant zu halten. Diesen Zusammenhang benötigen wir später an anderer Stelle nochmals.

Eine Meßreihe am System I einer EMM803 zeigt den Zusammenhang.

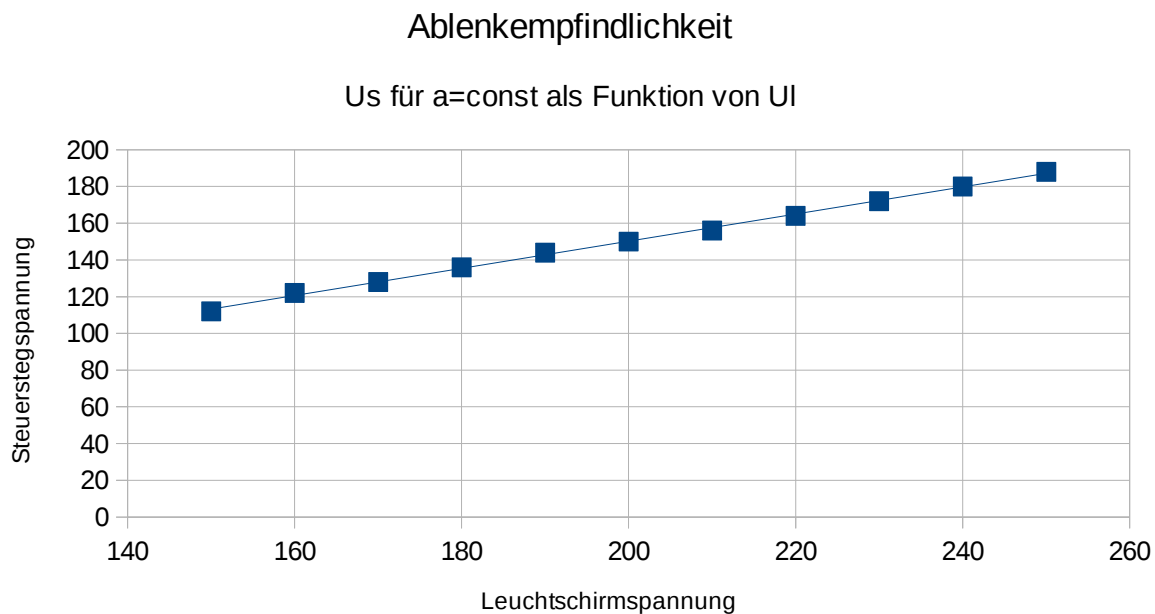


Abbildung 2: Steuerstegspannung, die anliegen muß, um den Leuchtballen konstant geschlossen ($a = const$) zu halten

Leuchtstoffe

Für die Beschichtung wurden im wesentlichen zwei Leuchtstoffarten verwendet [1].

1. Zinkoxid: Leuchtfarbe grün, auf Metall beschichtet, Leuchtdichte nimmt schnell ab.



Abbildung 3: on links nach rechts: EM71, EM80, 6E11 (=6E1P, russ. Äquivalent zur EM80)



Abbildung 4:
Schirmbild einer
verbrauchten EM80



Abbildung 5:
Schirmbild
einer 6E11

2. Zinksilikat: Leuchtfarbe blau-grün, auf Glas beschichtet, höhere Lebensdauer gegenüber Elektronenbombardement im Vergleich zu Zinkoxid, verträgt auch höhere Systemtemperaturen. Dies wurde durch den kompakten Aufbau und höheren Leuchtstrom notwendig.



Abbildung 6: von links: EM84, EMM803 (beide neu), daneben eine EMM803 mit deutlichen Einbrennspuren



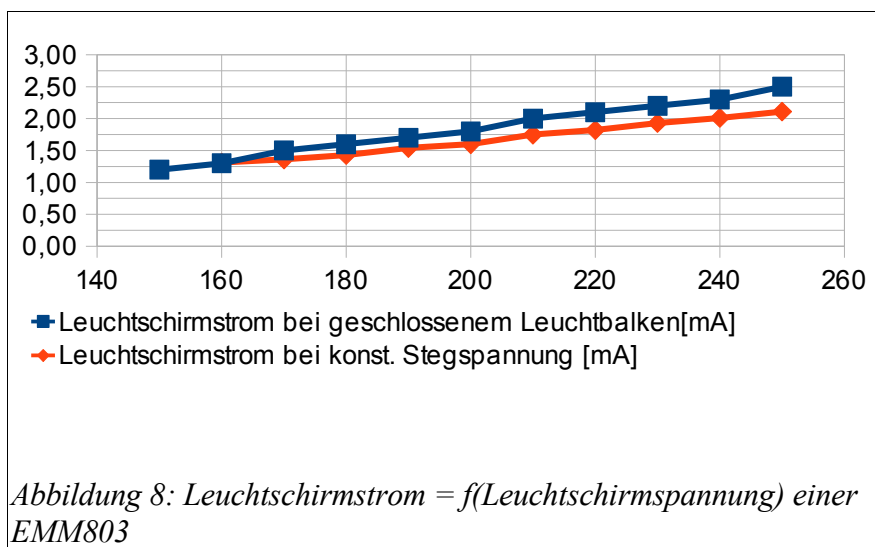
Abbildung 7:
Leuchtbild einer
EM84

Obwohl Zinksilikat eine höhere Lebensdauer aufweist, leiden alle Vertreter dieses Typs mit der Zeit, da Magische Augen im Gegensatz zu Bildröhren sozusagen im „Dauerstrich“ betrieben werden. Der Elektronenstrahl verharrt lange Zeit auf einer Stelle der Leuchtschicht mit voller Helligkeit und brennt diese mit der Zeit aus. Die Strahlströme erreichen ähnliche Werte wie SW-FS-Bildröhren oder liegen z.T sogar darüber.

Strahlströme im Vergleich

Röhre	Leuchtschirmstrom [mA]	Bemerkung
EM80	2...3,6 [5]	Schirmspannung: 250 Volt Je nach Aussteuerung der Leuchtbalken bzw. -fächer: Der niedrige Wert gilt für Fächer bzw. Balken ganz offen, der hohe Wert für Fächer bzw. Balken geschlossen
EM84	1...1,8 [4]	
EMM803	ca. 3 mA [2]	Beide Systeme voll ausgesteuert
SW-FS-Bildröhre	...1	Für Weiß

Bsp. Meßreihe am System I einer EMM803 Strahlstrom=f(Anodenspannung)



Thermische Belastung des Leuchtschirms einer EMM803 bei 250 Volt Leuchtschirmspannung mit Infrarotthermometer gegen die Schirmmitte gemessen, Röhre frei, horizontal, Meßabstand 10mm:

Temperatur [°C]	Tastgrad System 1
68	0% (Nur Heizung)
77	20%
87	75%
102	100% Tastgrad

Die Absolutwerte stehen hier nicht so im Vordergrund, vielmehr sollen die Größenordnungen verdeutlicht werden, die sich aus den unterschiedlichen Tastgraden ergeben. Ziel sollte also sein, die (thermische) Belastung des Leuchtschirms zu reduzieren um dessen Lebensdauer zu erhöhen.

Literaturverzeichnis

- [1] VALVO Berichte Band III Heft 4, H. Te Gude und R. Witt „Leuchtschirmentwicklungen für Anzeigeröhren“, abgerufen aus <http://www.radiomuseum.org>
- [2] LORENZ, Datenblatt EMM803
- [3] H. Kuchling, „Taschenbuch der Physik“, 12. Auflage, Verlag Harri Deutsch
- [4] Telefunken, Datenblatt EM84
- [5] Telefunken, Datenblatt EM80

Dimmschaltung für Magische Augen

Teil 2 Lösungsansätze

Reduktion der Leuchtschirmspannung

Eine mögliche Variante wäre die Verringerung der Helligkeit durch Reduktion der Leuchtschirmspannung. Jedoch hängt wie im ersten Teil gezeigt die Ablenkempfindlichkeit stark von der Leuchtschirmspannung ab. Je niedriger die Spannung desto höher die Empfindlichkeit, das heißt die Anzeige wird verfälscht. Die folgenden Bilder zeigen die unterschiedliche Leuchtbalkenbreite wenn bei konstanter Steuerstegspannung die Leuchtschirmspannung variiert wird.



Abbildung 1: Schirmbild mit 120 Volt Anodenspannung

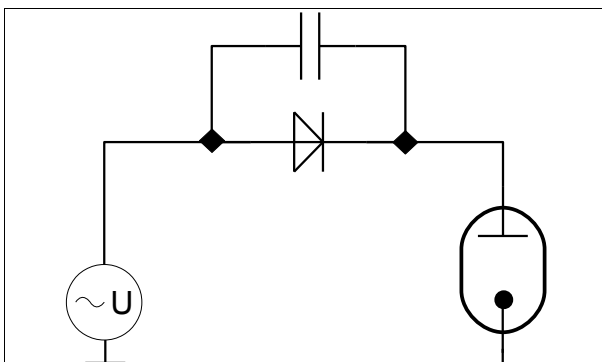


Abbildung 2: Schirmbild mit 240 Volt Anodenspannung

Damit ergeben sich wenige Möglichkeiten zur Realisierung einer Helligkeitssteuerung. Eine dieser Möglichkeiten ist das periodische Schalten der Anodenspannung mit dem einhergehenden Schalten des Anodenstroms. Damit wird das Elektronenbombardement im zeitlichen Mittel und die thermische Belastung des Leuchtstoffes reduziert, speziell bei den dichtgepackten Röhren mit hohen Strahlströmen wie z.B. der EMM803. Diese besitzt zwei Strahlsysteme in einem Kolben bei erheblich geringeren Abständen im Vergleich zu einer EM80.

Halbwellenansteuerung

Eine recht einfache Variante ist die Halbwellenansteuerung mit Hilfe einer Siliziumdiode. Die pulsierende Anodengleichspannung wird mit einer Einweggleichrichtung erzeugt, und ungeglättet dem Magischen Auge zugeführt.



Zeichnung 1: Halbwellenansteuerung mit Einweggleichrichter; der Kondensator dient zur Unterdrückung von Kommutierungsstörungen

Vorteil:

Minimaler Bauteilaufwand, es werden lediglich ein bis zwei Bauteile benötigt



Abbildung 3: Signalverlauf der pulsierenden Gleichspannung...

Nachteile:

1. Helligkeitseinstellung ist nicht möglich
2. 50Hz-Flimmern des Leuchschirmes kann störend sein
3. Verwaschenes Leuchtbild, bedingt durch den Signalverlauf und der spannungsabhängigen Ablenkempfindlichkeit (siehe Teil 1)

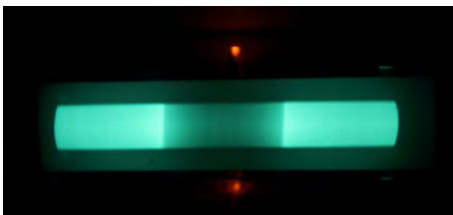


Abbildung 4: ...und das resultierende verwaschene Leuchtbild

Pulsweitensteuerung

Die Anodengleichspannung wird mit Hilfe eines elektronischen Schalters in eine pulsierende Gleichspannung zerhackt. Die Helligkeit der Anzeige ergibt sich aus dem Tastgrad der getakteten Leuchtschirmspannung.

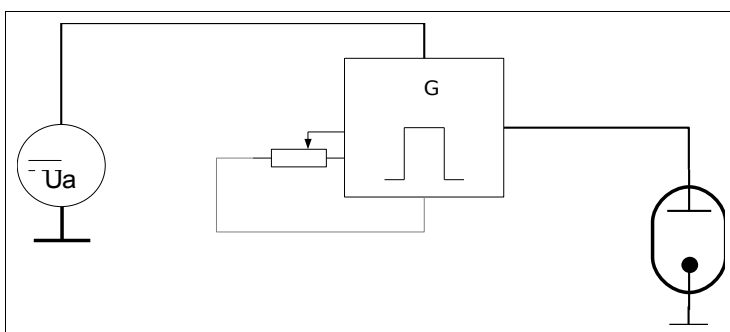


Abbildung 5: Erzeugung der Anodenspannung mit variablem Tastgrad

Vorteile:

1. Helligkeit in weiten Bereichen einstellbar
2. Freie Wahl der Schaltfrequenz zur Vermeidung von Flimmererscheinungen

3. Sauberes Leuchtbild durch steilere Flanken der pulsierenden Anodengleichspannung

Nachteile:

1. Höherer Bauteilaufwand
2. Das Störspektrum, hervorgerufen durch die steileren Flanken des Schalters erfordert eine sorgfältige Entstörung zur Vermeidung von Einstreuungen in den NF-Teil.

Die folgenden Aufnahmen zeigen das Leuchtbild einer EM84 und den zugehörigen Spannungsverlauf bei unterschiedlichen Tastgraden unter Verwendung eines Pulsbreitenstellers. Die Steuerstegspannung bleibt dabei unverändert.

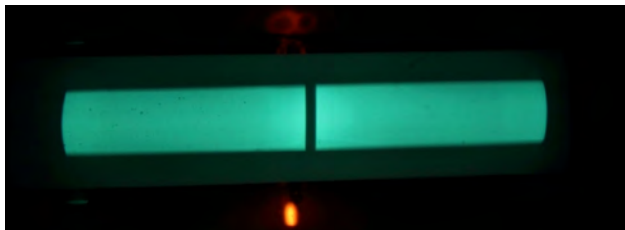


Abbildung 6: Helligkeit bei 20% Tastgrad



Abbildung 7: Helligkeit bei 75% Tastgrad

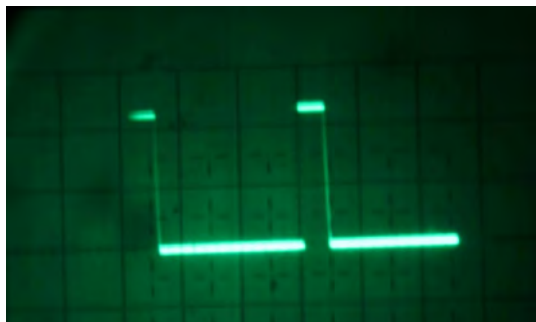


Abbildung 8: Anodenspannung 240 Volt, Tastgrad 20%, Schaltfrequenz ca 86 Hz

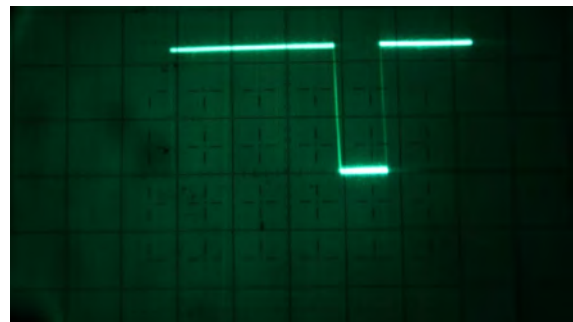


Abbildung 9: Anodenspannung 240 Volt, Tastgrad 75%, Schaltfrequenz ca 67 Hz

Fazit

Hat man keine Ansprüche an das Leuchtbild und kann mit dem Flimmern leben, ist die Halbwellensteuerung ein guter Kompromiß. Sie ist an Einfachheit nicht zu überbieten und sehr leicht anzuwenden. Möchte man jedoch ein sauberes Leuchtbild und die Möglichkeit einer Helligkeitseinstellung kommt man um eine Pulsbreitensteuerung nicht herum. Im nachfolgenden Teil wird ein Konzept für einen Pulsbreitensteller mit einstellbarem Tastgrad vorgestellt und erläutert.

Literaturverzeichnis

[1] VALVO Berichte Band III Heft 4, H. Te Gude und R. Witt „Leuchtschirmentwicklungen für Anzeigeröhren“

Dimmschaltung für Magische Augen

Teil 3 Pulsbreitensteller mit JFETs

Einleitung

In den ersten Teilen haben wir uns mit der Theorie und den grundlegenden Schaltungskonzepten beschäftigt. Dieser Teil erläutert einen Lösungsansatz.

Anforderungsanalyse

Bevor wir Schaltungsentwurf und Versuchsaufbau angehen ist es auch für dieses vergleichsweise einfache Projekt sinnvoll die Anforderungen zu sammeln und diese anhand ihrer Auswirkungen auf den Lösungsansatz und Schaltungsentwurf zu analysieren. Dieser Vorgang ist durchaus iterativ, manche Anforderungen erkennt man erst nach der ersten Inbetriebnahme des Prototypen.

Funktionsumfang

Funktionale Anforderungen beschreiben WAS die Schaltung tun soll:

1. Die Helligkeit soll ohne Beeinflussung der Ablenkempfindlichkeit geändert werden können: Daraus ergibt sich

a) Aus einer gesiebten Gleichspannung muß eine gepulste Anodengleichspannung erzeugt werden.

b) Zur Helligkeitseinstellung soll der Tastgrad veränderbar sein: Aus Versuchen haben sich 30%-75% als brauchbar erwiesen. Vereinfacht auch nebenbei das Schaltungsdesign wie wir im Kapitel *Die Umsetzung* sehen werden.

2. Die Anzeige soll flimmerfrei sein: Der Leuchtstoff von Mag. Augen hat eine sehr kurze Nachleuchtzeit, so daß 50 Hz Taktfrequenz schon als störend empfunden werden kann. Andererseits darf die Frequenz nicht zu hoch sein, da das Röhrensystem durch den Schaltstrom zu mechanischen Schwingungen angeregt wird, die durchaus hörbar sind.

3. Die Schaltung darf keine störende Beeinflussung verursachen: Einstreuungen in den NF-Teil sind unbedingt zu vermeiden. Diesem Problem widmen wir uns im Kapitel *Entstörung*

Randbedingungen

Nichtfunktionale Anforderungen definieren die Randbedingungen und beschreiben WIE die Schaltung obige Anforderungen umsetzen soll.

1. Der Taktgeber soll sowohl bei langsamem wie auch schnellen Anstieg der Versorgungsspannung sicher anschwingen: Das ist übrigens kein triviales Thema, wie im Kapitel *Die Umsetzung* zu sehen ist.

2. Möglichst wenig Bauteile um die Abmessungen klein zu halten. Das Ganze soll ja als Nachrüstsatz geeignet sein

3. Nachbausichere Schaltung mit leicht beschaffbaren Standardbauteilen. Die vorgestellte Schaltung kommt mit 3 Transistoren aus.

4. Möglichst wenig externe Anschlüsse um den nachträglichen Einbau zu erleichtern. Die Schaltung benötigt 3 Anschlüsse; Eingang, Ausgang, Fußpunkt (Masse bzw. negativer Bezugspunkt).

5. Versorgungsspannungsbereich im Bereich der in Röhrensaltungen üblicherweise verwendeten Anodenspannungen, zwischen 250 – 400 Volt. Die 400 Volt treten sehr leicht in halbleiterbestückten Gleichrichterschaltungen auf, wenn beim Einschalten die Röhren noch kalt sind und somit noch keinen Strom aus dem Netzteil ziehen und die Siebelkos auf die Spitzenspannung aufgeladen sind.
6. zusätzlicher Strombedarf < 1mA um die Anodenspannungsquelle nicht zusätzlich zu belasten.
7. Kleine Umladeströme in den Zeitglieder zur Störungsminimierung. Dies schließt Zeitglieder mit hohen Kapazitäten aus.
8. betriebssicher gegenüber Kurzschluß und Leerlauf

Die Umsetzung

Da geringe Stromaufnahme und damit einhergehend kleine Umladeströme erforderlich sind wurde ein Ansatz mit Sperrschicht-Feldeffekttransistoren (Junction-FETs, JFET) gewählt. JFETs sind leicht erhältlich, billig, vergleichsweise robust und erlauben durch die leistungslose Steuerung eine hochohmige Dimensionierung der zeitbestimmenden Schaltungsglieder speziell für niedrige Schaltfrequenzen wie sie hier benötigt werden, siehe Kapitel *Wahl der Schaltfrequenz*. Nachteilig ist deren geringe Steilheit bei kleinen Strömen und die starke Exemplarstreuung im Vergleich zu bipolaren Transistoren. Dies muß bei Schaltungsdimensionierung berücksichtigt werden.

Aufgrund der hohen zu schaltenden Spannungen kommt für die Schaltstufe ein Bipolartransistor zum Einsatz. Für die Erzeugung der Betriebsspannung wird das Konzept der „Schwimmenden Versorgung“ angewandt.

Schwimmende Versorgung

Bei diesem Konzept „schwimmt“ die gesamte Schaltung auf Speisespannungspotential. Die Betriebsspannung für die Ansteuerung wird intern aus einer gewöhnlichen Z-Diode gewonnen.

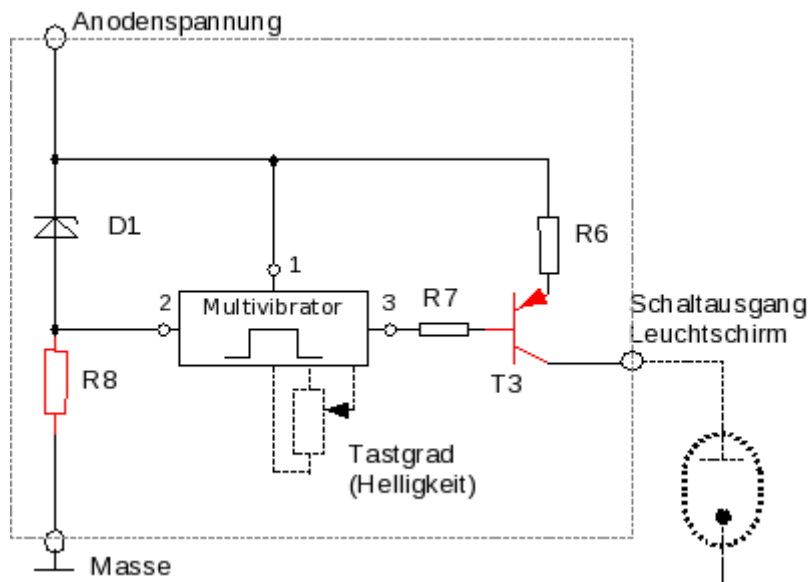


Abbildung 1: Schwimmende Versorgung mit Fußpunkt auf Masse

Die rot gezeichneten Bauteile bestimmen den Spannungsbereich, indem die Schaltung eingesetzt werden kann. Die Schaltstufe bestehend aus T3 ist unspektakulär, im Falle eines Kurzschlusses soll der Schutzwiderstand R6 den Strom begrenzen um Transistor und Netzteil vor Überlast zu schützen. Der Transistor T3 ist ein Kleinleistungstransistor, er muß jedoch eine Sperrspannung U_{CE0} von

mindestens 300 Volt aufweisen. Die Kollektor-Emittersperrspannung von T3 begrenzt den Versorgungsspannungsbereich nach oben, während der Wert von R8 den Einsatzbereich weitestgehend nach unten begrenzt. R8 wird so dimensioniert, daß bei Nennspannung in etwa I_{zmin} fließt. Der Arbeitspunkt liegt dann im Knick der Diodenkennlinie und sorgt damit gerade noch für eine ausreichende Stabilisierung der Versorgungsspannung. Nach Faustformel [1] beträgt I_{zmin} etwa 5% des max. zulässigen Querstroms durch die Z-Diode und kann somit leicht überschlägig berechnet werden.

Beispiel für eine ZPD24 gemäß Datenblatt [3]:

$$P_{Vmax@25^{\circ}C} = 500 \text{ mW}, U_z = 22\text{V}, I_{zmax@45^{\circ}C} = 13 \text{ mA}$$

$$I_{zmin} = 0,05 * I_{zmax} = 0,65 \text{ mA}$$

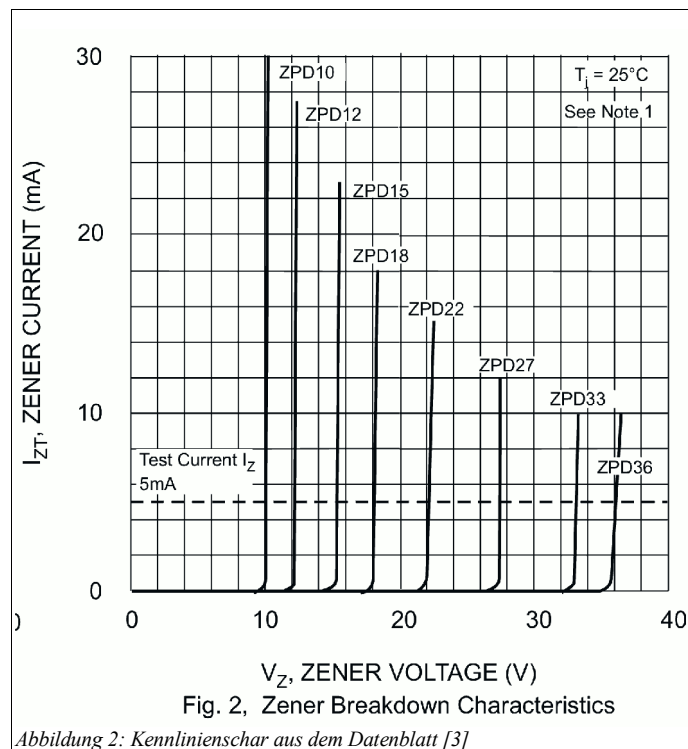


Abbildung 2: Kennlinienschar aus dem Datenblatt [3]

Man kann in der Praxis I_{zmin} kleiner wählen um der Anforderung nach möglichst geringem Querstrom gerecht zu werden.

Vorteile:

1. Großer Versorgungsspannungsbereich wie oben gefordert. Es muß nur der Vorwiderstand der Z-Diode dimensioniert werden.
2. Die Versorgungsspannung kann fast frei gewählt werden, je nachdem welche Z-Diode man gerade zur Hand hat. Zu beachten ist jedoch die maximale Durchbruchspannung der JFETs.
3. Evtl. weitere benötigte Vorspannungen lassen sich einfach durch Reihenschaltung von Z-Dioden bereitstellen.
4. Nur 3 Anschlüsse (Versorgung + ,Fußpunkt - ,Ausgang) erforderlich, die ein einfaches Einschleifen in die Versorgung des Magischen Auges erlauben.
5. Die Schaltung ist massiefrei, der Fußpunkt muß nicht zwingend an das Schaltungsnull gelegt werden, sondern kann je nach Erfordernis auch an den negativen Pol der Speisequelle gelegt werden.

Der Ausgang arbeitet dann eben gegen den negativen Bezugspunkt.

Ein kleiner Nachteil:

1. Die gesamte Schaltung muß gegen Masse isoliert sein, da sie ja konzeptbedingt auf Anodenpotential liegt. Insbesondere bei Allstromgeräten ist darauf zu achten, daß die Schaltung Netzpotential führt!

Astabiler Multivibrator mit variablem Tastgrad

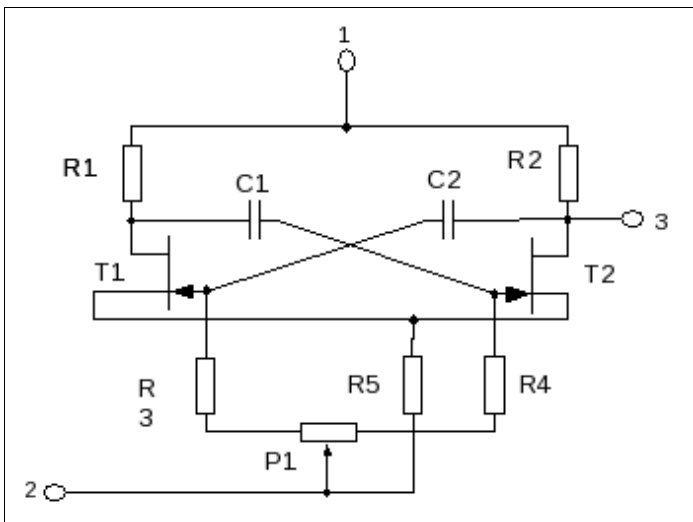


Abbildung 3: Multivibrator mit einstellbarem Tastgrad

Nähere Betrachtung verdient der Multivibrator wegen der Forderung nach Anschwingsicherheit bei langsamem Anstieg der Versorgungsspannung. Dies gilt insbesondere für Röhrenradios, die im Netzteil einen Röhrengleichrichter haben.

Anschwingsicherheit – ein nichttriviales Problem

Die Standardschaltung des astabilen Multivibrators ist weithin bekannt und man findet dazu reichlich Schaltungen und Erklärungen hierzu im Internet. Weniger Informationen findet man jedoch für FET-Schaltungen. Insbesondere das Problem der Anschwingsicherheit wird nicht beleuchtet.

Ausflug in die Historie

Einen Hinweis zur Lösung des Problems findet man hier [2].

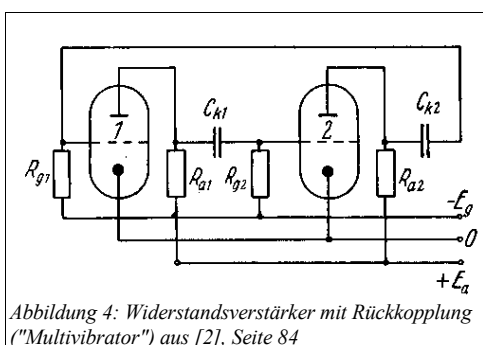


Abbildung 4: Widerstandsverstärker mit Rückkopplung ("Multivibrator") aus [2], Seite 84

Hier wird ein Multivibrator als rückgekoppelter Widerstandsverstärker dargestellt. Bemerkenswert ist die Einstellung des Arbeitspunktes mit Hilfe einer neg. Gittervorspannung, in unserem Falle behelfen wir uns mit automatischer Vorspannungserzeugung durch einen Sourcewiderstand. Mit der „Schwimmenden Versorgung“ wäre eine Nachbildung obiger Schaltung ebenfalls möglich. Zeichnet man die Multivibratorschaltung aus Abb.3 um sieht die Schaltung dann so aus:

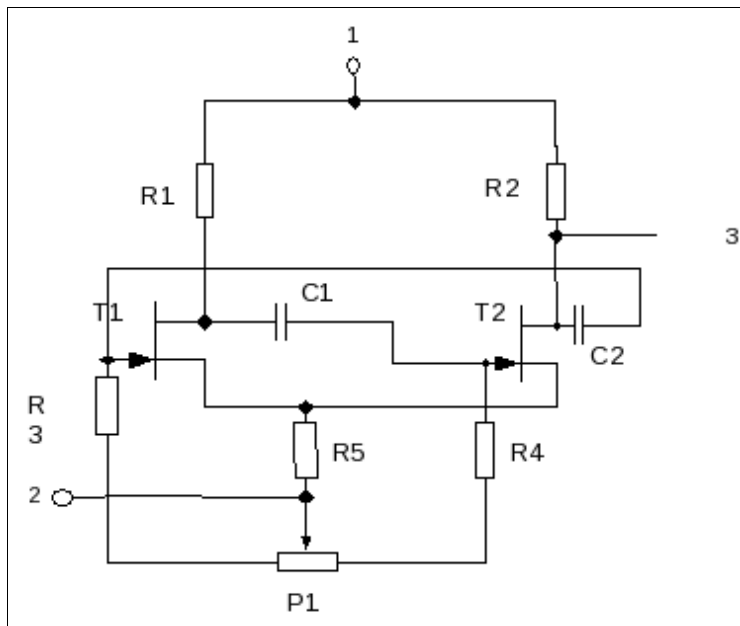


Abbildung 5: Multivibrator als 2-stufiger rückgekoppelter Verstärker

Man erkennt , daß ein Multivibrator auch als 2-stufiger wechsellspannungsgekoppelter Verstärker darstellbar ist.

Um die Schaltung als solche zu betreiben ist der gemeinsame Sourcewiderstand R5 notwendig. Er erfüllt 2 Aufgaben:

1. Die Arbeitspunkte der Transistoren in einen linearen ungesättigten Bereich zu legen und
2. mittels Source-Mitkopplung den Anlauf zu unterstützen, allerdings müssen die Transistoren einigermaßen gleiche Kenndaten Pinch-Off U_{GS0} und Drainstrom I_{DSS} haben. Andernfalls „kippt“ die Schaltung in einen stabilen Zustand und verharrt in diesem.

Dimensionierungshinweise

Die Dimensionierung der Schaltung erfordert einige Überlegungen, die sich aus den obigen Anforderungen und den Eigenschaften der JFETs ergeben. Für die Schaltungsauslegung sind im Wesentlichen die zwei Parameter Abschnürspannung (Pinch-Off-Spannung U_p) sowie Drainstrom bei $U_{GS}=0$ Volt (I_{DSS} Zero-Gate Voltage Drain Current) von Bedeutung.

Aus Datenblatt [4] für den 2N3819 findet man: $U_p = 8$ V, $I_{DSS} = [2...20$ mA]

Daraus errechnet sich die Steilheit:

$$S = \frac{2}{|U_p|} \cdot \sqrt{(I_{DSS} \cdot I_D)} \quad [5]$$

Man erkennt schnell, daß die Steilheit von der Abschnürspannung und den Drainströmen abhängt und bedingt durch I_{DSS} erheblich streut.

Die Einstellung des Arbeitspunktes mit Hilfe eines Sourcewiderstandes läßt sich folgendermaßen vornehmen

$$R_s = \frac{|U_p|}{I_D} \cdot (1 - \sqrt{I_D \cdot I_{Dss}}) \quad [5]$$

Die Leerlaufverstärkung einer mit Hilfe eines Source-Widerstandes gegengekoppelten Stufe ergibt sich näherungsweise aus (r_D vernachlässigt):

$$A = \frac{-S \cdot R_D}{(1 + S \cdot R_S)} \quad [6]$$

Verstärkungsbestimmend ist somit hauptsächlich das Verhältnis von Drain- zu Sourcewiderstand.

Gefordert war ein möglichst geringer Drainstrom um die Schaltspitzen und Umladeströme auf ein Minimum zu begrenzen. Daraus ergibt sich allerdings das Problem der geringen Anfangsteilheit und damit einhergehend geringen Verstärkung. Zum sicheren Anschwingen benötigt man jedoch genügend Schleifenverstärkung um den Multivibrator zu starten.

Da die Transistorparameter vorgegeben sind, kann man nur an den Werten für R_D , R_S und der Versorgungsspannung drehen. Hier wurde der Ansatz gewählt, mit der Versorgungsspannung soweit wie möglich an die Grenzdaten der JFET zu gehen. Damit kann man auch R_D und damit die Gesamtverstärkung erhöhen.

Wahl der Schaltfrequenz

Theoretisch könnte die Schaltfrequenz weitestgehend beliebig gewählt werden. In der Praxis sollte sie jedoch außerhalb des Empfangs-/Übertragungsbereiches des HF/NF-Teils bzw. außerhalb des Hörbereiches liegen. Während erstere Forderungen nachvollziehbar sind, erschließt sich zweitens erst bei näherem Hinhören. Das Röhrensystem wird nämlich durch das Schalten in mechanische Schwingungen versetzt. Es arbeitet dann als Hochtöner, was bei kurzen Distanzen zum Gerät und bei leisen Passagen durchaus hörbar ist und als störend empfunden werden kann. Deshalb wurde die Schaltfrequenz im Bereich 50...60 Hz gelegt. Eine Schaltfrequenz am oberen Ende des Übertragungsbereiches > 19 kHz erfordert eine niederohmige Auslegung der Schaltstufe, da durch die hochohmige Ansteuerung die Röhren- und Schirmkapazität nicht schnell genug entladen werden kann. Bei 60 Hz ist die Anzeige schon flimmerfrei und evtl. Einstreuungen gehen im vorhandenen Restbrumm unter.

Die fertige Schaltung

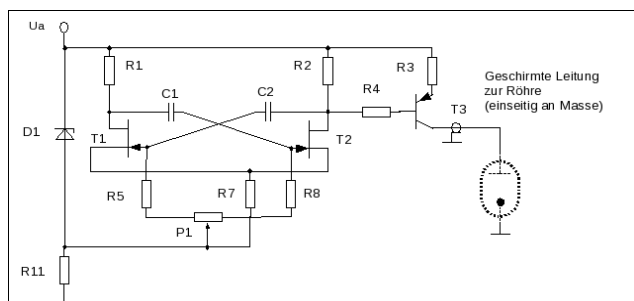


Abbildung 6: Gesamtschaltung

Stückliste:

C1, C2 330p
 R1 47k
 R2 56k
 R3 2,2k
 R4 220k
 R5, R8 1,5M
 R7 4,7k
 R11 200k
 P1 10M
 D1 ZPD24 o.ä.
 T1, T2 2N3819 oder BF245
 T3 BF421

Entstörung

Prinzipbedingt ruft jeder Schaltvorgang unweigerlich störende Beeinflussungen hervor, die sich je nach Wahl der Schaltfrequenz als Pfeif- oder Brummtöne bemerkbar machen können. Immerhin müssen Spannungshübe von 250 Volt oder mehr innerhalb von Mikrosekunden umgeschaltet und damit die stets vorhandenen Schaltkapazitäten umgeladen werden.

Folgende Störungsursachen sind zu beachten:

1. Rückwirkungen über die Versorgungsspannung durch die beim Schaltvorgang entstehenden Stromspitzen auf der Speiseleitung. Durch die geringe Kapazität der frequenzbestimmenden Glieder sind aber die Umladeströme gering. Auch der zu schaltende Leuchtschirmstrom bewegt sich im einstelligen mA-Bereich, sodaß diese Art von Störung eher unwahrscheinlich ist. Falls erforderlich, läßt sich das mit einem optionalen LC-Siebglied gut in den Griff bekommen.
2. Mit Sicherheit treten kapazitive Einstreuungen in die umliegende Schaltung über die Zuleitung zur Röhre auf. Hier ist entsprechende Verlegung der geschirmten Leitung vom Schaltausgang des Pulsweitenstellers bis hin zum Magischen Auge zu achten.
3. Die größten Rückwirkungen entstehen in der Röhre selbst und streuen über die Zuleitungen in die umgebende Schaltung ein. Hier sind je nach Leitungsverlegung, Schaltungsauslegung und Lage des Mag. Auges zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Da Beschaltung und Leitungsverlegung geräteindividuell ist, kann hier keine generische Lösung angeboten werden.

Teil 4 zeigt die zu ergreifenden Maßnahmen am Beispiel eines SABA KONSTANZ KN16 Stereo.

Fazit

Wir haben jetzt alle notwendigen Komponenten beschrieben und dimensioniert. Es fehlt jetzt noch die praktische Erprobung, die im Teil 4 der Artikelserie beschrieben wird.

Literaturverzeichnis

- [1] ITT INTERMETALL: „100 typische Schaltungen mit Halbleiterbauelementen“, Ausgabe 1967, Freiburg/Brsg
- [2] Barkhausen H.: „Lehrbuch der Elektronenröhren, 3. Band Rückkopplung“, 10. Auflage 1969, S. Hirzel Verlag Leipzig
- [3] www.alldatasheet.com: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/59371/DIODES/ZPD12.html>
- [4] Fairchild Semiconductor: Data Sheet 2N3819
- [5] Tietze U., Schenk Ch. „Halbleiter-Schaltungstechnik“, 8. Auflage, 1986, Springer-Verlag Berlin
- [6] Tietze U., Schenk Ch. „Halbleiter-Schaltungstechnik“, 11. Auflage, 1999, Springer-Verlag Berlin

Dimmschaltung für Magische Augen

Teil 4 Erprobung

Einleitung

Dieser Teil der Artikelsreihe beschreibt die praktische Erprobung in einem SABA Konstanz KN16. Anhand dieses Gerätes soll Verdrahtung und die zu ergreifenden Entstörmaßnahmen beschrieben werden. Das Gerät wurde ausgewählt weil das Magische Auge relativ nah am ungeschirmten NF-Teil liegt und mit der EMM803 alle Wechselwirkungen mit NF-Teil und Stereodekoder untersucht werden können.

Folgendes Bild zeigt die Einbaulage des Pulsbreitenstellers und die Leitungsverlegung zur Röhre.

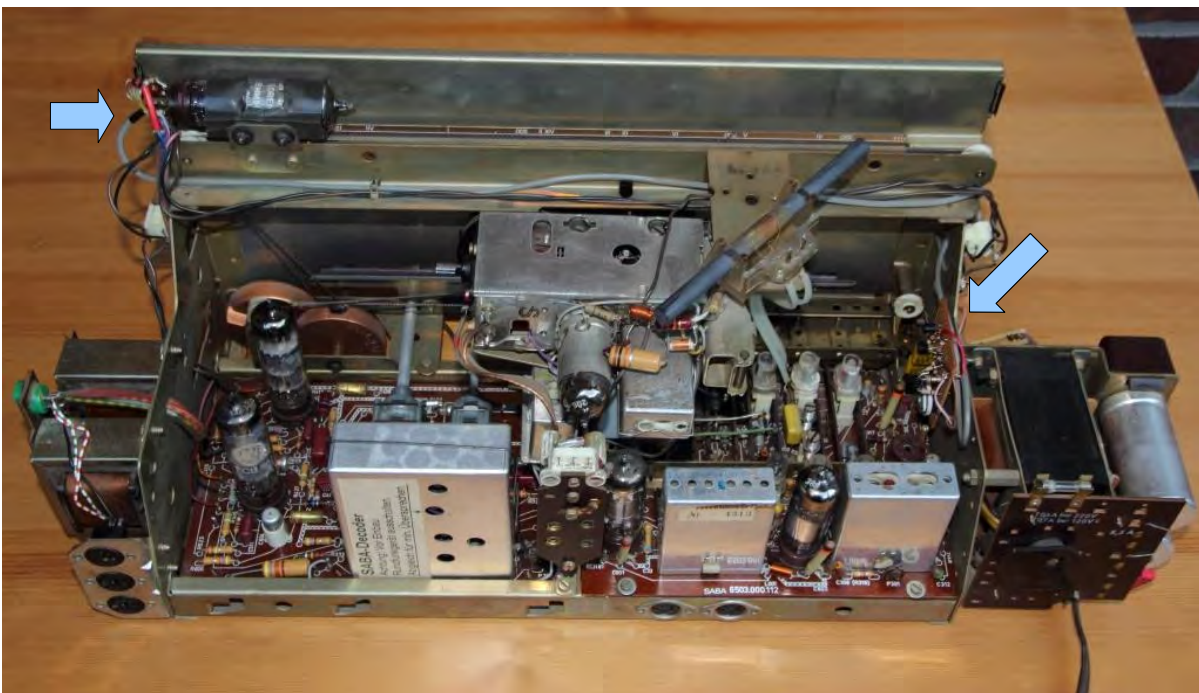


Abbildung 1: Chassis mit Pulsbreitensteller und Versorgungsleitung zur Röhre

Der Einbauort wurde willkürlich gewählt, da dort bereits eine Bohrung zur Befestigung der Leiterplatte vorhanden war. Damit ist der Einbau auf eine reine Verdrahtungsänderung beschränkt und kann problemlos wieder zurückgebaut werden.

Verdrahtungsübersicht

Die folgende Bildauschnitte zeigen Pulsbreitensteller und Anschluß an das Magische Auge.

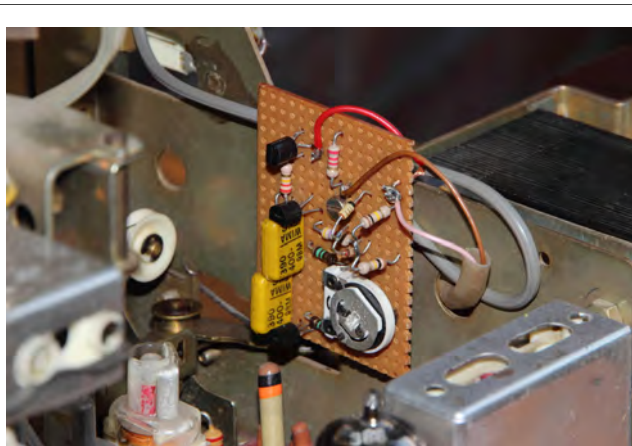


Abbildung 2: Pulsbreitensteller



Abbildung 3: Verdrahtung der EMM803

Versorgung und Entstörung

Für die Versorgung der Schaltung wird die Spannung +3 genutzt. Die Zuführung der getakteten Leuchtschirmspannung erfolgt über eine geschirmte Leitung die anstelle der Zuleitung für +3 an Pin 6 der EMM803 anzuschließen ist. R331 (1 MOhm) bleibt aber weiterhin mit +3 verbunden.

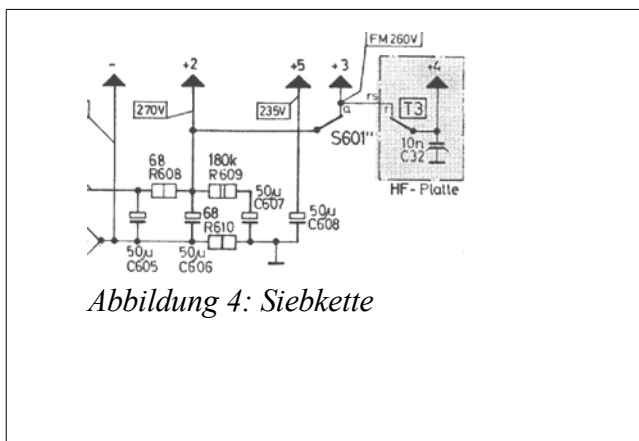


Abbildung 4: Siebkette

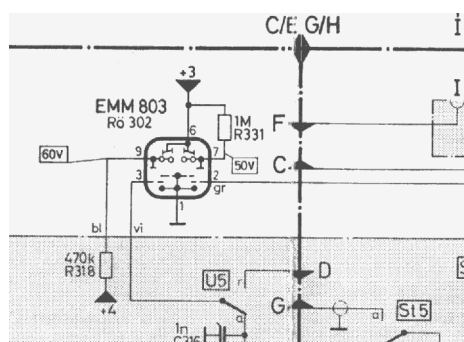


Abbildung 5: Röhrenbeschaltung

Bedingt durch die Leitungsführung der Spannung +4 (blauer Draht) streuen ohne weitere Maßnahmen die in der Röhre entstehenden Schaltspitzen in das NF-Teil ein. Besagter Draht führt direkt an den Klangreglern vorbei, sodaß die Störungen direkt in das Klangregelnetzwerk einstreuen.

Zur Abhilfe wird R318 (Abb. 5) überbrückt und stattdessen ein 470k Widerstand direkt an Pin 9 der Röhre angeschlossen (Abb. 3). Zusammen mit C32 (Abb. 4) bildet dieser einen Tiefpaß, der die Schaltspitzen ausreichend unterdrückt.

Fazit

Die hier beschriebene Lösung ist seit einiger Zeit beim Verfasser in Betrieb und läßt sich durch die schwimmende Versorgung problemlos nachrüsten und kann, falls notwendig wieder rückstandslos entfernt werden. Auch halten sich die Entstörmaßnahmen bei geschickter Ausnutzung der vorhandenen Gegebenheiten in Grenzen.

Die verwendeten Bauteile stammen größtenteils aus der Bastelkiste. Bei der Dimensionierung wurde Wert daraufgelegt mit Standardbauteilen auszukommen, die allesamt beim örtlichen Elektronikhändler erhältlich waren.