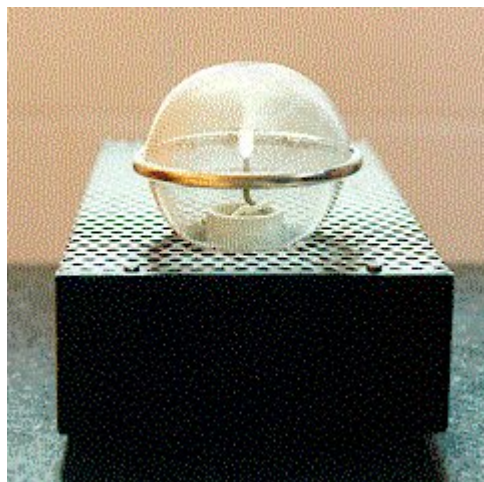


Baumappe

Plasma - Hochtöner



Zusammengestellt und ergänzt v. Th. Riethmüller, 2006

Baumappe: Plasma-Tweeter

Einleitung

Diese Baumappe wurde auf Basis der Webseite <http://www.plasmatweeter.de> mit freundlicher Genehmigung von Ulrich Haumann erzeugt. Sie gibt damit sein Wissen und die darin enthaltenen Urheberrechte wieder.

Die Baumappe erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Aufgrund von Bauteiltoleranzen und Hinweisen im Text kann es noch zu nötigen Anpassungen innerhalb der Bauteilwerte und gegebenenfalls auch zu selbst durchzuführenden Optimierungen kommen.

Die allgemeinen VDE Vorschriften zum Betrieb und der Absicherung von Hochspannungs- und Hochfrequenzgeräten sind einzuhalten.

Dies ist keine Bauanleitung für Einsteiger! Basiswissen und Erfahrung im Aufbau von Röhrenschaltungen sollten Sie mitbringen. In dem Gerät wird mit hohen Spannungen bei hohen Strömen gearbeitet. Dies kann bei Berührung zum Tod führen. Auch nach Abschalten der Netzspannung ist in den Kondensatoren genügend Energie vorhanden, um einen lebensgefährlichen Stromschlag zu bekommen. Um eine ungewollte hochfrequente Abstrahlung zu vermeiden ist der Aufbau in einem Metallgehäuse zwingend erforderlich.

Theorie

Das Prinzip ist eigentlich ganz einfach. Es handelt sich um einen amplitudenmodulierten Hochfrequenzoszillator. Das wird auch heute noch so bei den Rundfunksendern im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich gemacht. Die Hochfrequenz, die bei den Rundfunksendern von einer Antenne abgestrahlt wird, gelangt bei dem Plasma Hochtöner in eine Resonanzspule (offener Reihenschwingkreis) mit angeschlossener Elektrode. Die Resonanzspule transformiert die Hochfrequenz auf eine Spannung zwischen 10.000V und 20.000V herauf. Der Spannungsbauch befindet sich an dem Ende der Resonanzspule. Hier befindet sich auch die Elektrode. Durch die hohe Spannung an der Elektrode wird die Luft so stark ionisiert, dass diese als Plasmaflamme sichtbar wird. Das ionisierte Gas bezeichnet man auch als Corona.

Der Oszillator wird mit dem Musiksignal amplitudenmoduliert, dies bedeutet, dass die Höhe der Betriebsspannung des Oszillators sich im Takt der Musik ändert. Damit schwankt auch die von der Resonanzspule abgestrahlte Energie.

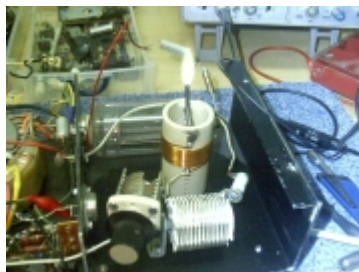
Da die Flammengröße direkt proportional der zugeführten Energie ist, ändert sich das Volumen der Flamme im Takt der Modulation. Die Luft um die Flamme wird verdrängt, der Ton entsteht.

Ein ähnliches Prinzip ist von modulierten Teslatransformatoren bekannt.

Diese modulierte Flamme stellt einen fast idealen Punktstrahler (kugelförmige Abstrahlungs-Charakteristik) dar. Da es hier keine (kaum) bewegten Massen gibt hat dieser „Lautsprecher“ eine hohe Präzision in der Wiedergabe hoher Töne.

Warum nur hohe Töne? Hier holt uns die Physik ein, denn um tiefe Töne zu erzeugen ist eine große Flamme und damit auch große Energien notwendig. Außerdem erzeugt eine große Flamme mehr Ozon und wirkt damit gesundheitsschädlich.

Die in diesem Bauplan vorgestellte Schaltung erzeugt nur geringe Ozonmengen. Diese sind für gesunde Personen unkritisch.



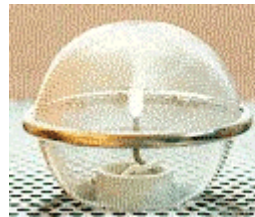
Baumappe: Plasma-Tweeter

Baubeschreibung

An dieser Stelle muss noch einmal betont werden, dass ein mechanisch stabiler Aufbau zwingend notwendig ist. Ein Gehäuse aus Stahlblech bietet eine solide Grundlage und sorgt für die notwendige Abschirmung des Oszillators. Der Leistungsteil mit der Röhre wird mit einem Lochblech (Lochdurchmesser 3mm - 6mm) abgedeckt. Dadurch erreicht man ausreichende Luftzirkulation und Abstrahlsicherheit bezogen auf die Hochfrequenz.

Das Ende der Resonanzspule mit der Elektrode (Kupfer ca. 3mm Durchmesser, ich habe ein Stück Erdungskabel aus der Elektroinstallation genommen - natürlich abisolieren!), wird mit einer Drahtkugel abgeschirmt. Die Kugel muss man selbst anfertigen. Das ist ganz einfach: Man nehme 2 Kaffeesiebe aus Metall mit ca. 10cm Durchmesser, entferne die Griffe, lege sie gegeneinander und verlöte sie an der Stoßstelle. Dazu benötigt man einen kräftigen Lötkolben (ca. 100W). Nun hat man eine schöne Kugel. Diese bekommt an der Unterseite ein Loch von ca. 50mm Durchmesser. Hier muss später der obere Teil der Teslaspule mit der Kupferspitze durchpassen. Dann braucht man noch ein Loch mit ca. 5mm -8mm Durchmesser irgendwo in der Mitte nahe der Lötstelle. Durch dieses Loch muß später ein isolierter kleiner Schraubendreher gesteckt werden können. In die Lochblechabdeckung gehört natürlich auch das gleichgroße Loch von ca. 50mm Durchmesser. Nun wird Kugel und Lochblech miteinander verlötet. Wie das aussehen kann, sieht man ja an den Bildern der Kugel.

Mein Gehäuse hat zwei Kammern. Eine für den Leistungsteil mit der Röhre und die zweite für den Rest der Installation. Ich würde heute 3 Kammern benutzen und das Netzteil in die 3. Kammer verlagern. Es war ziemlich schwierig die



hier verlöten

Hochfrequenz von den Eingangspotentiometern fernzuhalten, da der Trafo bei meinem Prototyp in 10mm Abstand zu den Potentiometern montiert ist. Hört man ein brummen von der Flamme, sollte nach Brummschleifen, oder nach Einstreuungen durch das Netzteil gesucht werden. Damit sind wir schon bei der Masseführung. Grundregel: Sternförmige Masse! Klar - kennt Ihr alle schon, hab ich auch gedacht und prompt einen Fehler beim Aufbau gemacht. Also, Leistungsteil einen Massepunkt bei der Röhre, Verstärker einen Massepunkt und von den beiden Massepunkten jeweils ein Kabel zum Netzteil. Vom Netzteil muss ein Massekabel zum Gehäuse wegen der Abschirmung! Das letztere ist ganz wichtig denn wir haben hier einen starken Sender.

Die Heizspannung wird über dicht am Gehäuse geführte, verdrehte Leitungen (1,5mm²) direkt an die Röhrensockel gelötet.

Damit zum Leistungsteil: Das Leistungsteil gibt etwa 50 Watt Hochfrequenz ab (abhängig vom Vu der Röhre). Die Frequenz liegt bei etwa 25MHz bis 30MHz. Hier tummelt sich ziemlich viel im "Äther", unter anderem auch Baby Überwachungsgeräte und freie Funkgeräte (Jedermannfunk). Diese Geräte arbeiten mit ca. 100mW bis 5 Watt Hochfrequenz, das bedeutet man sollte den Test und Einstellungsbetrieb ohne Abschirmung auf ein Minimum begrenzen, denn wir haben die 10 fache Leistung. Mit 5 Watt auf dieser Wellenlänge erreichen Amateurfunker andere Kontinente und sie wollen ja nicht die Nachbarn verärgern, oder?

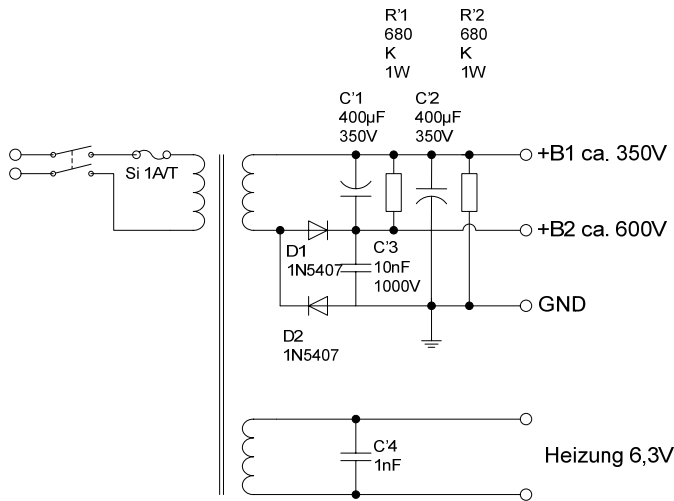
Der Rest ist einfach. Die Potentiometer, Eingangsbuchsen und Netzzuführung sind an der Rückseite angebracht. Das ganze wird wie bei alten Röhrenschaltungen "fliegend" verdrahtet.

Die Widerstände sind Metallfilm, der Hochlastwiderstand in der Anodenleitung ein normaler Drahttyp (18 Ohm / 5 W). Dieser Widerstand dient als Sicherung. Falls es einen kapitalen Kurzschluss gibt brennt er einfach durch. Die Drosselspule eine Siemens Ferritkern 100 μ H, 1A belastbar. Die Drosselspule muss allerdings genau der angegebene Type sein, mit anderen Typen die ich ausprobiert habe, hat es nicht funktioniert. Allerdings gibt es auch noch eine Selbstbaulösung.

[Die Drosselspule gibt es neuerdings auch bei Conrad Electronic. Man findet diese aber nur im Profi Katalog. Sie hat die Bestellnummer 50 19 10-08 und die Bezeichnung B82111-E-C25. Bei Bürklin gibt es sie unter der Bestell Nr. 74D4991 im Katalog 02/03. Die Bezeichnung ist: 100 μ H,1.0 Amp, 0,65 Ohm, 6.5x19mm.]

Es befindet sich eine Drosselspule der Fa. Bürklin (74D4991) bei den Bauelementen dieser Zusammenstellung.

Netzteil

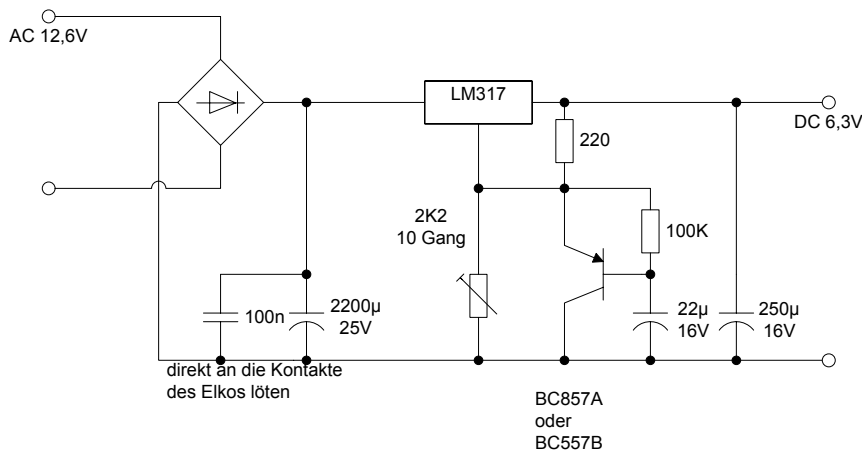


Die Heizspannung ist entsprechend der Exxx Röhrentypen (= 6,3V) gewählt worden. Der zweite Anschluss des Sekundärkreises (GND/B1/B2) muss wicklungsrichtig parallel geschaltet werden, damit eine Gesamtleistung von ca. 120VA erreicht wird.

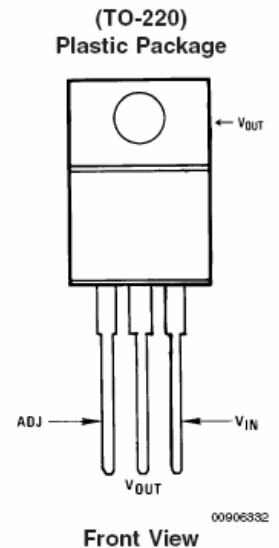
Sollte der Modulationsverstärker brummen, kann es nötig sein dass die 6,3V AC Spannung für diesen Verstärker noch um eine 6,3V DC Schaltung ergänzt wird. Hinweise dazu finden sich im weiteren Text.

Der Trafo weist die dafür nötigen Leistungsreserven (und eine 2te Wicklung) auf.

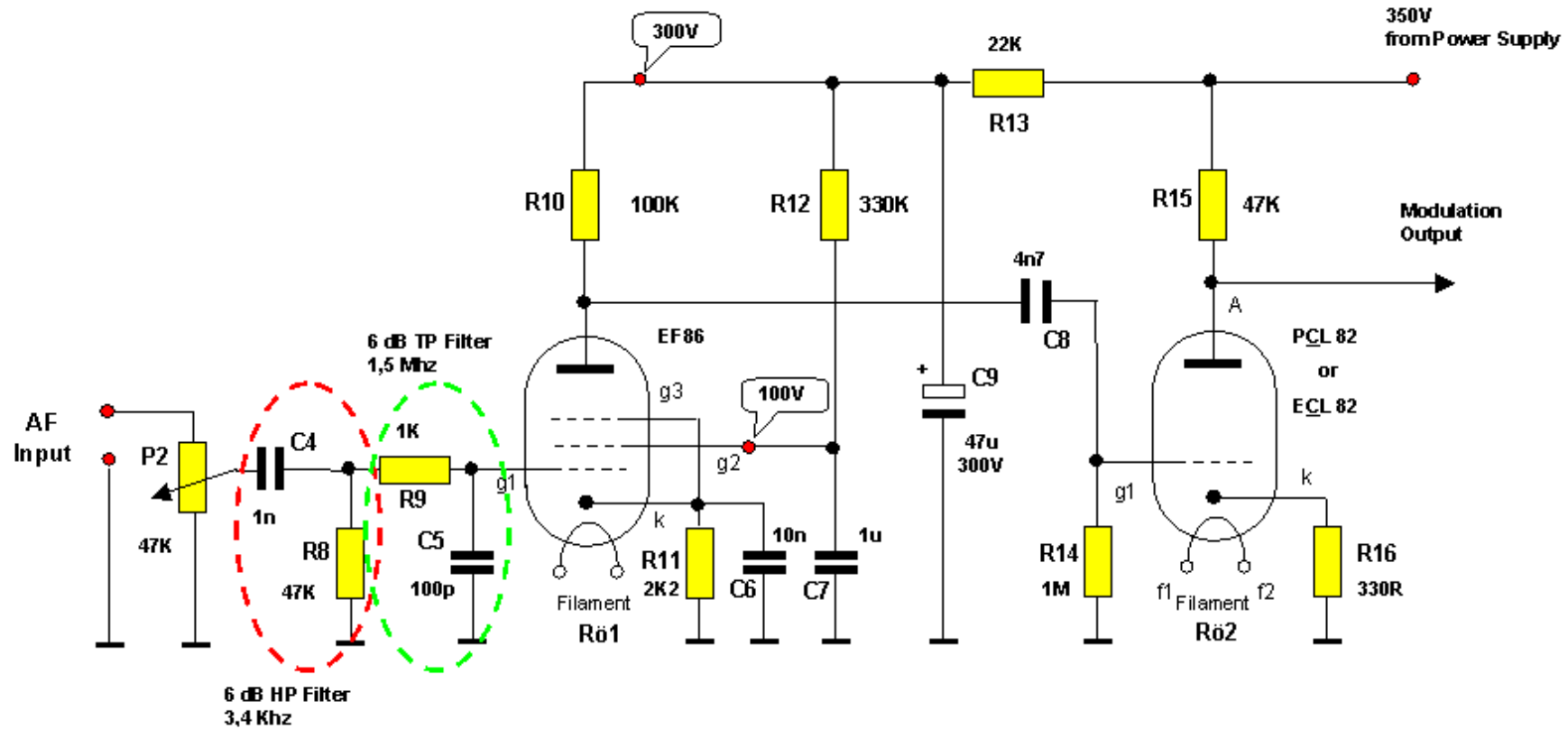
Beispiel für eine geregelte Gleichspannungserzeugung 6,3V:



Potentiometer 2,2K am Anfang, vor einschalten der Baugruppe in Mittelstellung bringen.



Modulationsverstärker



© by Ulrich Haumann - Hamburg (Germany) - 08/2001
 e-mail uhaumann@aol.com

Im Eingang ist ein passives 6dB Filter mit ca. 3,4 KHz Eckfrequenz eingebaut. Damit kann der Hochtöner zum Ausprobieren direkt an den Lautsprecher Ausgang angeschlossen werden.

Der HF Teil kann mit diesem Modulationsteil ohne Verzerrungen angesteuert werden.

Das Eingangsteil verarbeitet eine effektive Eingangsspannung von ca. 2 V klaglos (bei voll aufgedrehtem Eingangspotentiometer). Bei höheren Werten setzt die Begrenzung ein.

Wenn man den Hochtöner parallel zum 8 Ohm Lautsprecher anschließt, sollte man bedenken das 2,83 Volt bei 1 Watt Leistung am Lautsprecher anstehen. Das Potentiometer muss dann entsprechend eingestellt werden.

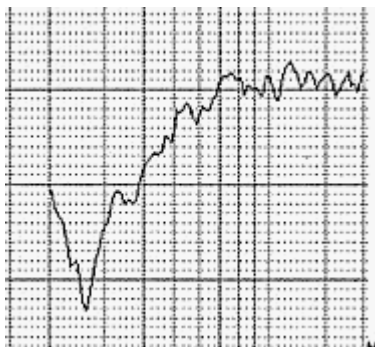
Verändert man den 47K Ohm Widerstand im Eingang (6 dB Filter) zu 33K Ohm so ist man bei etwa 4,8 KHz Übernahmefrequenz. Man kann den Widerstand auch durch ein 22 K Ohm Festwiderstand in Reihe mit einen 25 K Ohm Potentiometer ersetzen. Damit lässt sich die Frequenz etwa im Bereich von 3,4 KHz bis 7,3 KHz regeln.

Die EF86 sollte man mit Gleichspannung heizen. Die Eingangsschaltung ist auf Grund der hohen Verstärkung etwas brummempfindlich. (Hier ist jetzt allerdings eine Heizung mit 6,3V AC vorgesehen.)

Jetzt ist es an der Zeit mal was an dem HF Teil zu verbessern. Joe Colin hat herausgefunden, dass man die Spule mit dickerem Draht für Hochfrequenz hochohmiger machen kann. Damit könnte die Röhre mehr Leistung abgeben und mehr Leistung bedeutet natürlich größere Lautstärke.

Frequenzgang

Dem Oszillator sollten keine Tonfrequenzen unterhalb von 4Khz zugeführt werden. Der Hochtöner kann diese Frequenzen schlecht wiedergeben und die Schaltung würde dadurch unnötig Verzerrungen produzieren.

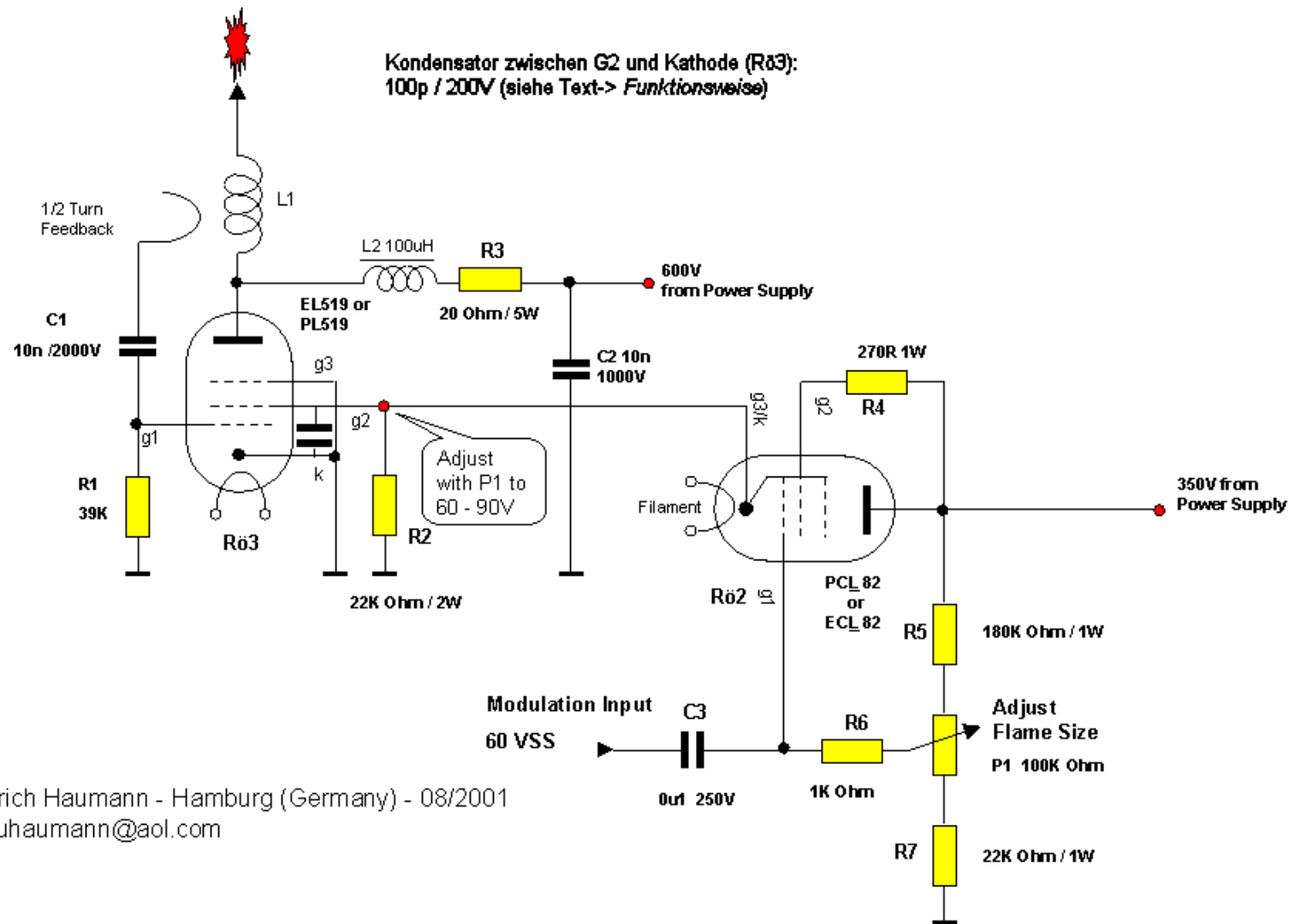


Der nebenstehende Frequenzgang wurde mit einem passiven 12dB Filter bei etwa 5 KHz Trennfrequenz aufgenommen. Der Einsatzbereich des Hochtöner beginnt etwa ab 3,5 KHz und geht bis weit über 50KHz. Hr. Haumann konnte mit seinem Messgerät (ein MEPEG, Meßgrenze 20KHz) bis 20KHz (Frequenzgang) keinen Schalldruckabfall feststellen und das in allen Richtungen um den Hochtöner! Die Welligkeit im Diagramm sind räumliche Einflüsse, die in 1 Meter Abstand gemessen wurden.

Der Nachteil dieses Schallwandlers liegt in seinem Wirkungsgrad. Ohne Hornvorsatz wird man über 85 dB Schalldruck (bei vertretbaren Verzerrungen) nicht hinauskommen. Für die meisten Fälle ist dies aber ausreichend. Selbst im Zusammenspiel mit einem kleinen JORDAN HORN war der Hochtöner nicht überfordert. Der MP-02 von Magnat kam auch selten über 90 dB hinaus obwohl die Werksangabe bei 95 dB lag.

Baumappte: Plasma-Tweeter

Endstufe (HF-Teil)



© by Ulrich Haumann - Hamburg (Germany) - 08/2001
e-mail uhaumann@aol.com

Baumappte: Plasma-Tweeter

Funktionsweise

Da man für eine solche Entladung eine Menge Hochfrequenzenergie (40W-50W) braucht habe ich mich für eine Röhre entschieden. Außerdem ist sie am Gitter (G2) einfach, fast leistungslos, zu modulieren.

Um auch in Zukunft noch Ersatzröhren zu bekommen hat Hr. Haumann eine EL519 gewählt. Die PL519 ist Daten und Pin kompatibel bis auf eine abweichende Heizspannung (40V / 300mA). PL519 wurden früher in Zeilenendstufen von Fernsehgeräten verwendet, sie sind daher häufig zu finden und billiger als eine EL519.

Die Endstufe ist als frei schwingender Oszillator aufgebaut (Huth-Kühn Schaltung). Die Frequenz stellt sich um ca. 27MHz ein und wird im Wesentlichen von den Kapazitäten des Aufbaus, der Resonanzspule und der Röhre beeinflusst.

Das ist der kritische Teil der Schaltung. Der Aufbau sollte nach den Kriterien von Hochfrequenzschaltungen erfolgen, d.h. kurze Leitungswege, Spannungen mit Kondensatoren abgeblockt, Blockkondensatoren direkt an den Röhrensockel mit kurzen Verbindungen anlöten.

Die Ausgangsleistung des Oszillators - und damit die Flammenhöhe - kann man durch die Vorspannung am Gitter2 (Pin 3 bzw. 6) regeln. Sie sollte zwischen 60V und 120V liegen. Man kann den Leistungsteil auf diese Weise testen. Wenn an G2 eine, über ein Potentiometer regelbare, Spannung angelegt wird kann man damit die Flammenhöhe einstellen. Im Schaltbild fehlt ein keramischer Kondensator vom G2 zur Kathode. Der Wert liegt bei 100pF / 200V und sollte direkt an den Pins des Röhrensockels angelötet werden. Die Schaltung wird dadurch stabiler und das Gitter folgt HF-seitig nicht mehr der Anodenspannung

Um einem Oszillator zu modulieren gibt es mehrere Möglichkeiten. In dieser Schaltung kommt die Schirmgittermodulation zum Einsatz. Diese Schaltungsvariante wurde bereits in den Anfängen der Sendetechnik angewandt.

Resonanzspule



Die Resonanzspule ist auf einen Keramikkörper (den Keramik Spulenkörper gibt es nur bei Surplus Händlern oder auf Flohmärkten) mit 35mm Durchmesser gewickelt. Es werden am oberen Ende 15 Windungen CuL 0,9mm oder 1mm aufgebracht. Die genaue Drahtstärke bzw. +/- 1 Windung ist nicht kritisch. Der Keramikkörper hat kleine Löcher. Ich (Hr. Haumann ff.) habe am Anfang und Ende der Wicklung jeweils eine 2mm Schraube in den Löchern befestigt und die Enden der Wicklung dort angelötet. Mit der oberen 2mm Schraube ist gleichzeitig auch ein Kupferdraht (3mm Durchmesser / 30mm Länge) befestigt. Der Kupferdraht ist am oberen Ende Spitz zugefeilt. Das ist dann die Elektrode an der sich die Corona ausbildet. Die Befestigung mittels einer Schraube ist wichtig, denn Spule und Elektrode werden ziemlich heiß. Bei den ersten Versuchen hatte ich die Elektrode noch angelötet aber nach ca. einer 1/2 Stunde hat sich der Draht dann selbst entlötet, es gab einen Kurzschluss und es rauchte ziemlich viel ab. Die Spule wird übrigens auch heiß, deshalb der Keramikkörper!

Die Koppelwindung reicht um die Elektrode am unteren Ende und ist auch mit einer Schraube befestigt. Man kann sie auf dem Bild deutlich erkennen. Sie sollte nicht

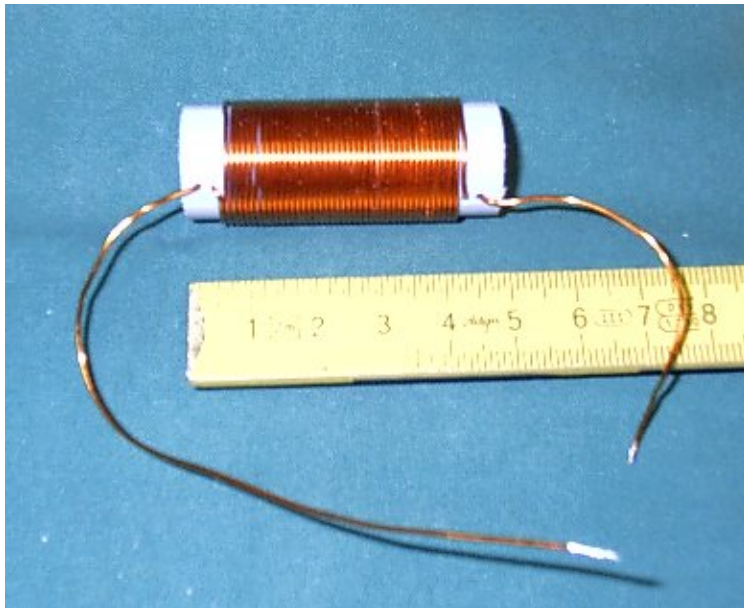
Baumappte: Plasma-Tweeter

näher als 10 mm an die Elektrode herankommen sonst kann es zu Überschlägen kommen. Ich habe einen Teflon isolierten Draht benutzt.

Anstelle einer Spule auf einem Keramikkörper ist es auch möglich eine Luftspule zu wickeln. Die Elektrode kann dann um die Brandgefahr zu vermeiden z.B. durch den Körper einer „alten“ Keramiksicherung geführt werden.

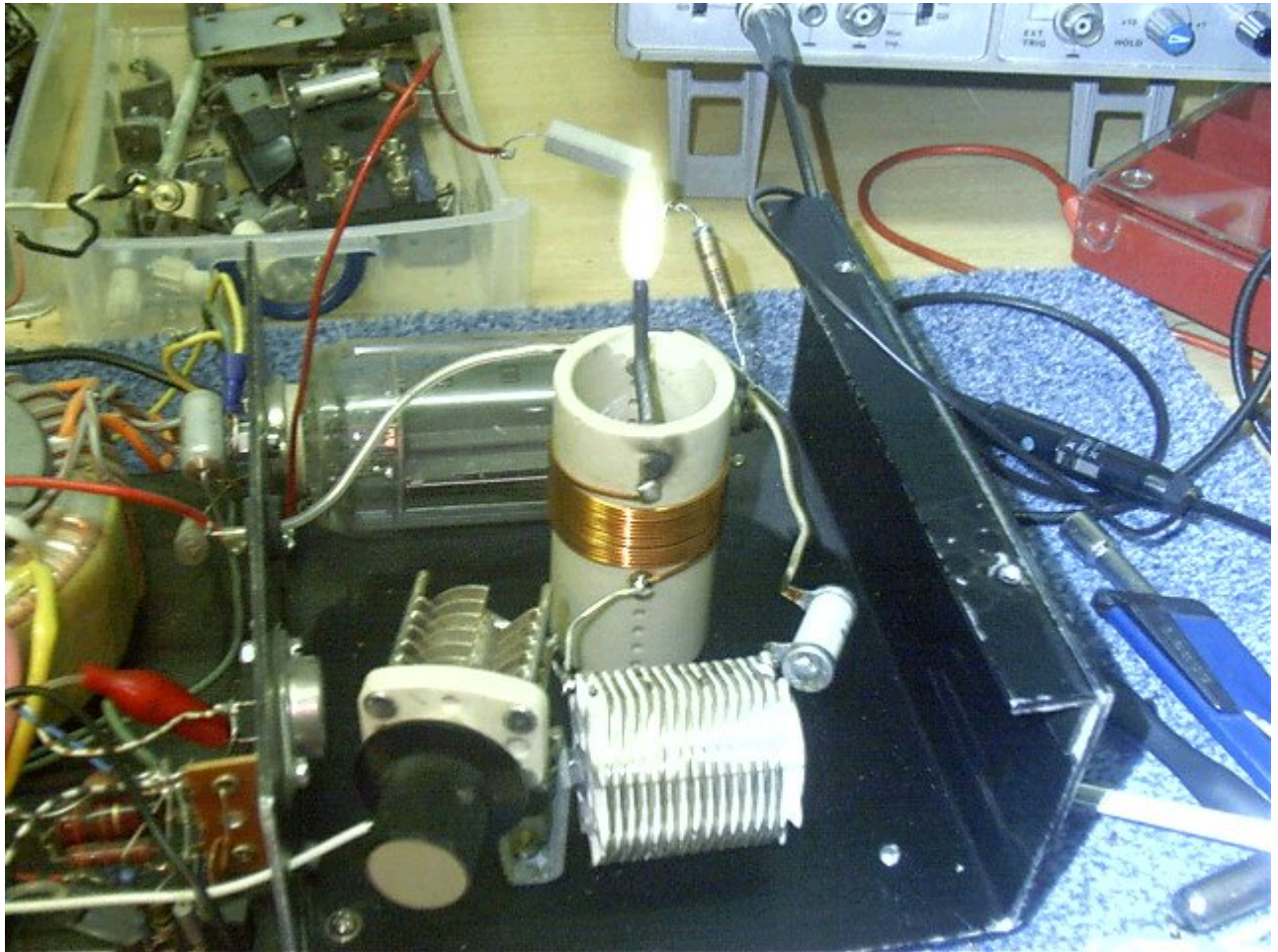
Die Anodendrossel im Selbstbau

Die Anodendrossel (Ersatz für die 100µH Drossel) kann man auch selbst herstellen. Man wickelt ca. 2,80m Kupferlackdraht mit 0,9mm Drahtstärke auf einen Spulenkörper mit 18mm Durchmesser Windung an Windung. Ich habe als Spulenkörper PVC Installationsrohr aus dem Baumarkt genommen.



Die so hergestellte HF-Drossel funktioniert einwandfrei und ohne Einschränkung. Sie ist allerdings etwa 10-mal so groß wie die Drossel von Siemens.

Mit einem gut abgestimmten Anodenkreis erreicht man auch entsprechende Flammengrößen ohne die Röhre zu überlasten. In dem nachfolgenden Bild sieht man das ich noch eine Spule in Reihe zu der Resonanzspule geschaltet habe und der Kreis mit einen Drehkondensator auf Resonanz abgestimmt wurde.



Die Regelung der Flammengröße funktioniert. Ich benutze eine PCL82 und davon den Pentodenteil. Mit dem Triodenteil ist der NF Verstärker aufgebaut. Das Ergebnis ist im Schaltbild zu sehen (s.o.).

Baut man die Schaltung auf, erhält man einen funktionierenden Plasmateil, d.h. die Flamme brennt und man kann sie regeln. Man braucht etwa 60Vss zur Vollaussteuerung. Der Eingangsteil ist mit einer EF86 aufgebaut. Bei ca. 120-facher Verstärkung liefert sie etwa 50 Vss an der Anode.

Betrieb

Zum Betrieb gibt es noch einige Anmerkungen.

Die Flammengröße und das Entzünden der Flamme sind stark von der Verstärkung der Röhre (EL519) abhängig. Man sollte möglichst Röhren mit hoher Verstärkung benutzen, das erleichtert die Sache.

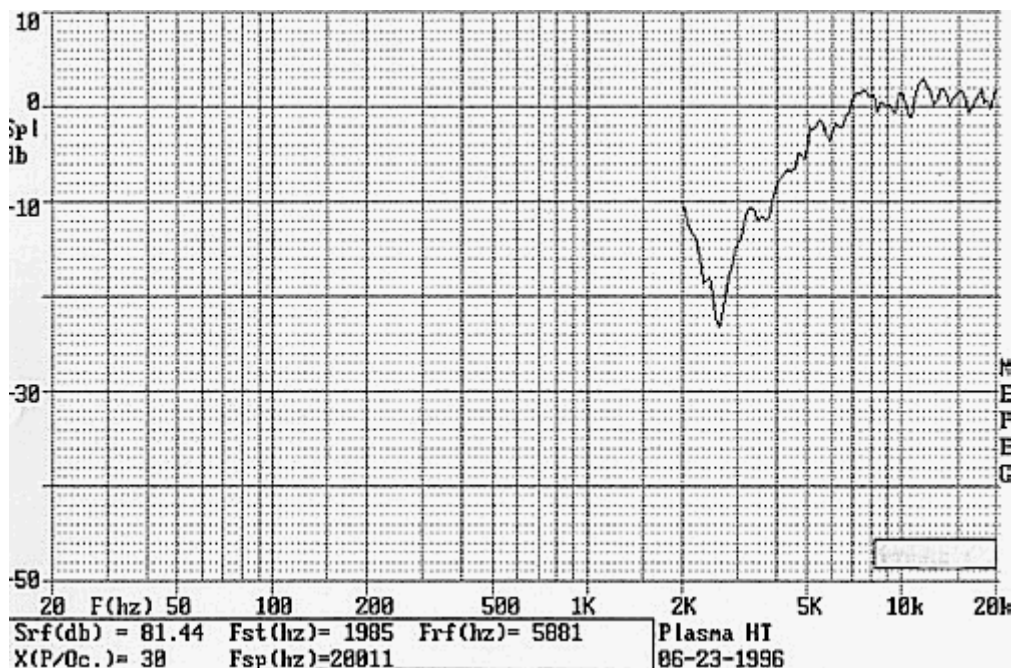
Das Potentiometer für die Flammengröße in mittlere Stellung bringen und nur die Röhrenheizung einschalten. Nach ca. 2 - 3 Minuten schaltet man die Anodenspannung zu. Mit etwas Glück entzündet sich eine Flamme ... oder auch nicht.

Ich habe nur einmal Glück, mit einer Röhre die eine sehr hohe Verstärkung hatte, gehabt. Also in der Regel muss man etwas nachhelfen.

Mit einem isolierten Schraubendreher tippt man an die Spitze der Elektrode und zieht den Schraubendreher langsam zurück. Es wird sich ein Flammenbogen von Elektrode zum Schraubendreher ausbilden. Wenn das elektrische Feld nicht groß genug ist erlischt die Flamme wieder. Man kann nun am Potentiometer Flammengröße eine höhere Vorspannung einstellen und das ganze nochmals versuchen.

Sollte sich überhaupt keine Flamme ausbilden und alle Spannungen in Ordnung sein schwingt der Oszillator nicht und die Energie bleibt in der Röhre. Das merkt man sehr schnell, denn die Anodenbleche glühen dann im schönsten Rot und die Röhre ist bald hinüber wenn man das zu lange macht. Jetzt wissen Sie auch wozu das kleine Loch in der Abschirmkugel ist. Man kann dort wenn alles zusammengebaut ist den kleinen Schraubendreher (isoliert!) zum Zünden durchstecken.

So sieht der Frequenzgang des Prototypen v. Hrn. Haumann aus:



Anhang

Liste der Bauelemente

Bauelement	#	Wert	Lieferant	Bemerkung
Rö1	1	EF 86	BTB	
Rö2	1	PCL 82/ ECL 82	BTB	
Rö3	1	PL 519/ EL 519	BTB	
Socket 1	1	Noval draht	BTB	
Socket 2	1	Noval draht	BTB	
Socket 3	1	Magnoval draht	BTB	
	1	Anodenkappe 6mm	BTB	
R1	1	39K	Reichelt	
R2	1	22K / 2W	Reichelt	
R3	2	20 / 5W	Reichelt	
R4	1	270 / 1W	Reichelt	
R5	1	180K / 1W	Reichelt	
R6	1	1K	Reichelt	
R7	1	22K / 1W	Reichelt	
R8	1	47K	Reichelt	
R9	1	1K	Reichelt	
R10	1	100K	Reichelt	
R11	1	2K2	Reichelt	
R12	1	330K	Reichelt	
R13	1	22K	Reichelt	
R14	1	1M	Reichelt	
R15	1	47K	Reichelt	
R16	1	330	Reichelt	
C1	1	10n / 2KV	Reichelt	
C2	1	10n / 1KV	BTB	
C3	1	100n / 250V	BTB	Axial liegend, 1000V, MKT72
C4	1	1n	Reichelt	
C5	1	100p	Reichelt	
C6	1	10n	BTB	
C7	1	1u	Reichelt	
C8	1	4n7	BTB	Axial liegend, 630V, MKT72
C9	1	47u / 300V	BTB	500V, neue Type von JJ,
C10	1	100p / 200V	Reichelt	
C1', C2'	2	400u / 350V	Reichelt	
C3'	1	10n / 1KV	BTB	
C4'	1	1n / 80V	Reichelt	
R1', R2'	2	680K / 1W	Reichelt	
P1	1	100K	Reichelt	
P2	1	47K	Reichelt	
L1	1	Tesla Eigenbau		
L2	1	100µH 230V/ 250 V / 6,3V	Bürklin	74D4991
T1/T2	1	120VA	Bürklin	12C160
Si	1	1A T	Reichelt	
Si Halter	1			
D1, D2	2	1N5407	Reichelt	

Lieferantennachweis

BTB <http://www.btb-elektronik.de>
Reichelt <http://www.reichelt.de>
Bürklin <http://www.buerklin.de>