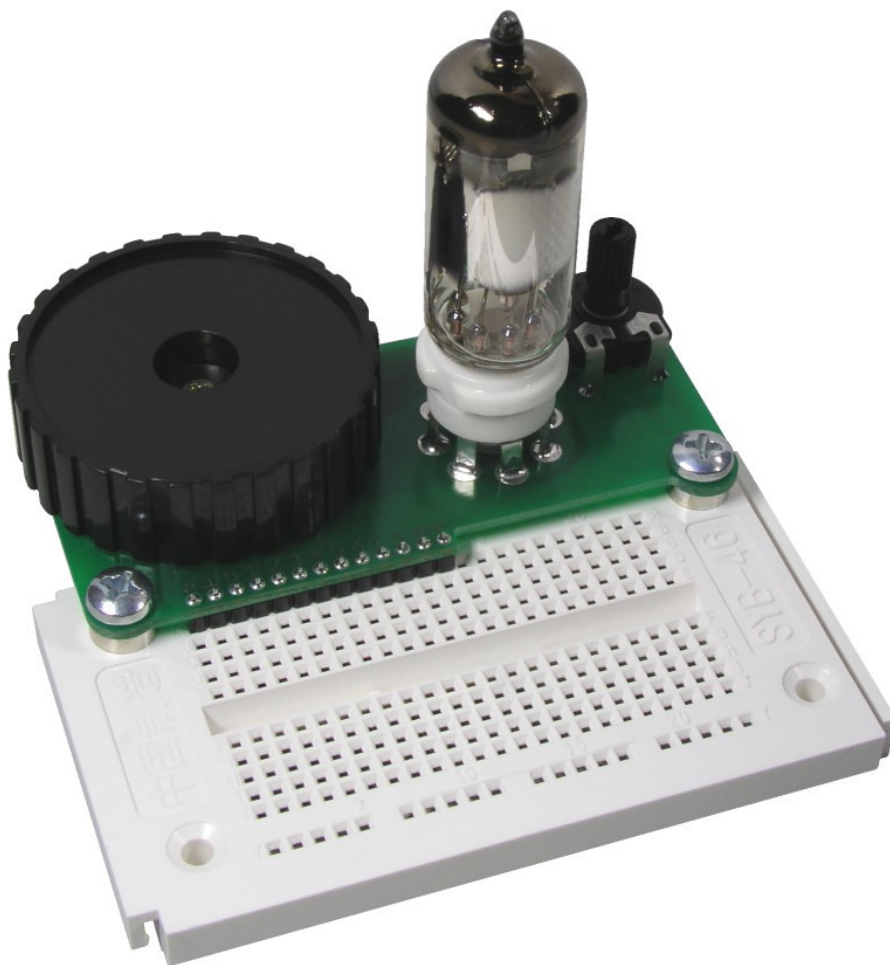


modul bus

AK MODUL-BUS Computer GmbH

Experimentiersystem Röhrentechnik

RT25



Vorwort

Der Einstieg in die Röhrentechnik ist interessant und bietet eine gründliche Auseinandersetzung mit den Grundlagen der Elektronik. Üblicherweise arbeiteten Röhren mit gefährlich hohe Spannungen von z.B. 250 V. Die hier verwendete Röhre EF98 wurde jedoch speziell für Autoradios bei der äußerst geringen Anodenspannung von 6 V oder 12 V entwickelt. Sie eignet sich daher in besonderer Weise für die experimentelle Arbeit und wurde deshalb auch von Kosmos um 1960 im Radiomann-Baukasten verwendet.

Das Experimentiersystem RT25 erleichtert den Start in die Röhrentechnik. Diese Anleitung stellt exemplarische Versuche mit der Niederspannungsröhre EF98 vor, wobei viele Bereiche vom NF-Verstärker über Oszillatoren bis zu Radioschaltungen und Prüfsendern abgedeckt werden. Allgemein wird hier mit kleinen und ungefährlichen Spannungen gearbeitet. Das Stecksystem darf aus Sicherheitsgründen nur bis maximal 60 V eingesetzt werden. Die vorgestellten Versuche kommen mit einer Spannung von nur 6 V aus.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg beim Experimentieren mit Röhren!

Ihr AK MODUL-BUS Team

Inhalt:

1 Einleitung.....	4
1.1 Material im Experimentiersystem.....	4
1.2 Funktion einer Röhre	7
1.3 Stromversorgung.....	8
2 NF-Verstärker in Triodenschaltung	12
3 Kopfhörerverstärker	13
5 Der Audion-Empfänger	16
6 Mittelwellenempfänger mit Rückkopplung	17
7 Kurzwellenaudion	19
8 Amateurfunk empfangen	20
9 Antennenverstärker	21
10 HF-Mischer	22
11 Kurzwellenkonverter.....	23
12 DRM-Empfänger	24
Anhang.....	26

1 Einleitung

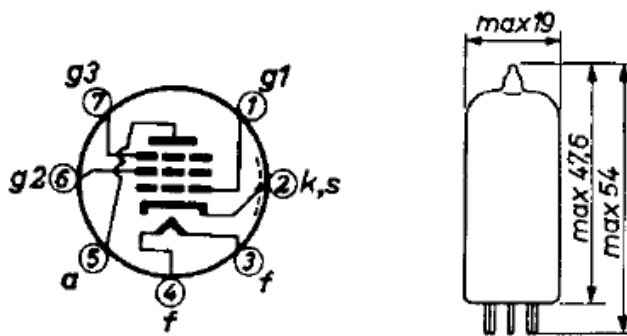
Versuche mit Röhren erfordern oft einen aufwendigen Aufbau mit Chassis und Lötösen oder mit speziellen Platinen. Außerdem benötigt man meist eine zweifache Stromversorgung für Heizspannung und Anodenspannung. Mit dem Experimentiersystem RT25 vereinfacht sich der Aufbau, denn Fassung, Drehkondensator und Potentiometer sind bereits auf einer Platine vorhanden. Die vorgeschlagenen Versuche kommen mit kleinen Anodenspannungen aus, sodass man nur ein 6-V-Netzteil für die Heizspannung und gleichzeitig die Anodenspannung benötigt.

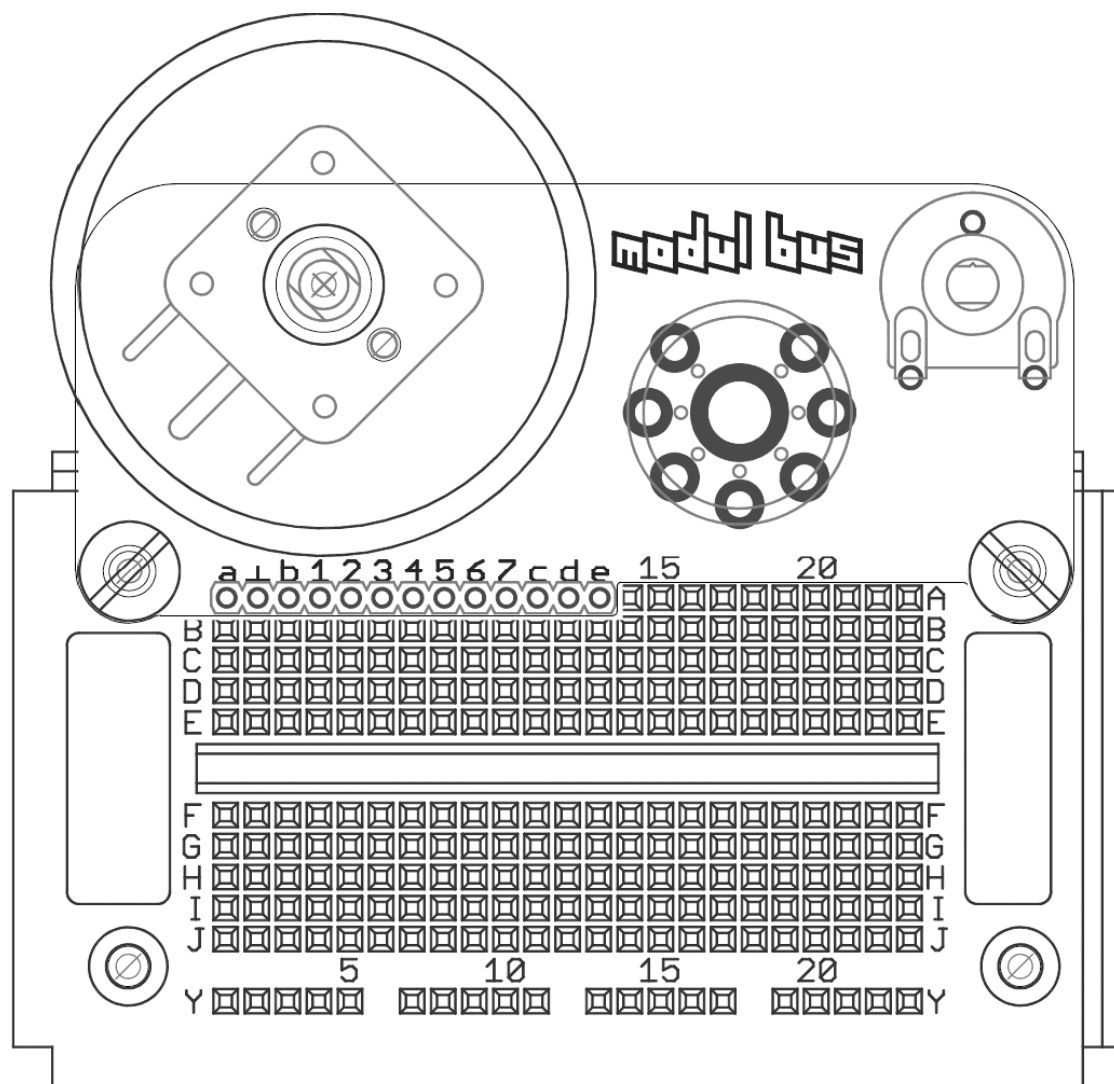
1.1 Material im Experimentiersystem

Den Kern des Systems bildet eine Platine mit der Röhrenfassung und eine Steckplatine für Kleinteile und die eigentliche Verdrahtung. Der Lötcolben wird nicht benötigt, denn alle Verbindungen können gesteckt werden. Das erleichtert zudem die Änderung bestehender Experimente. Zusätzlich sind ein Potentiometer mit 10 k Ω und ein Doppeldrehkondensator mit 80 pF und 160 pF vorhanden. So lassen sich auch Hochfrequenzversuche ohne großen Aufwand durchführen.

Achtung, das System darf nur mit maximalen Spannungen bis 60 V betrieben werden! Die elektrische Sicherheit ist bei höherer Spannung nicht gewährleistet, da eine Schutzisolierung fehlt und man leitende Teile berühren könnte. Außerdem ist die Isolierung auf der Platine nicht für höhere Spannungen ausgelegt, da teilweise geringe Abstände zwischen Leiterbahnen bestehen.

Das Set enthält eine Röhre vom Typ EF98, eine HF-Pentode mit siebenpoligem Miniatursockel. Die Platine trägt Anschlussnummern 1 bis 7, die direkt mit der Röhrenfassung verbunden sind. Die folgende Anschlussbelegung der Röhre zeigt den Sockel von unten.





Die Platine des RT25 mit Drehko, Röhrenfassung und Poti ist die über Kontakte mit dem Steckboard verbunden. Die Platine trägt eine Massefläche zur besseren Abschirmung, die leitend mit der Drehko-Achse verbunden ist. Es gilt folgende Anschlussbelegung von links nach rechts:

- a Drehko 1, 160 pF
- Masse Drehko-Masse und Massefläche
- b Drehko 2, 80 pF
- 1 EF98 Pin 1, Steuergitter g1
- 2 EF98 Pin 2, Kathode k
- 3 EF98 Pin 3, Heizfaden f
- 4 EF98 Pin 4, Heizfaden f
- 5 EF98 Pin 5, Anode a
- 6 EF98 Pin 6, Schirmgitter g2
- 7 EF98 Pin 7, Bremsgitter g3
- c Poti Außenanschluss
- d Poti Schleifer
- e Poti Außenanschluss

Zusätzlich sind folgende Bauteile im Paket enthalten:

1 Röhre EF98

8 Widerstände:

4 Widerstände 1 k Ω

2 Widerstände 100 k Ω

2 Widerstände 1 M Ω

14 Kondensatoren:

2 keramische Kondensatoren 33 pF

2 keramische Kondensatoren 47 pF

2 keramische Kondensatoren 100 pF

2 keramische Kondensatoren 10 nF

4 keramische Kondensatoren 100 nF

2 Elkos 100 μ F

1 Festinduktivität 330 μ H

1 Festinduktivität 10 μ H

1 Quarz 6,000 MHz

2 Dioden 1N4148

2 NPN-Transistoren BC548C

1 IC LM386

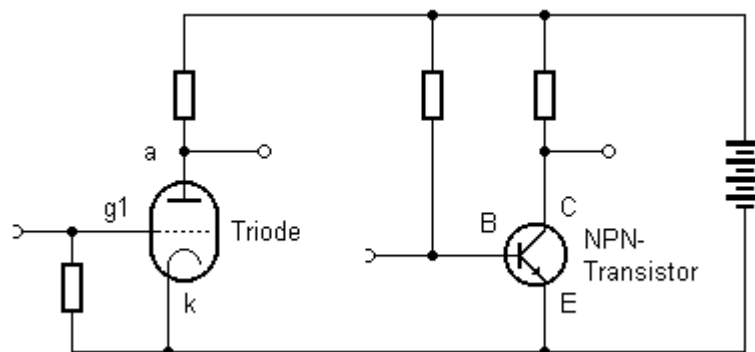
2 Meter Schaltdraht

Als Stromversorgung für das Experimentiersystem wird ein stabilisiertes Steckernetzteil wie z.B. das NT 500S mit einstellbaren Spannungen und einer Belastbarkeit von 500 mA empfohlen. Es liefert eine brummfreie Spannung, was für viele der vorgeschlagenen Versuche wichtig ist. Das Gerät muss auf 6 V eingestellt werden.



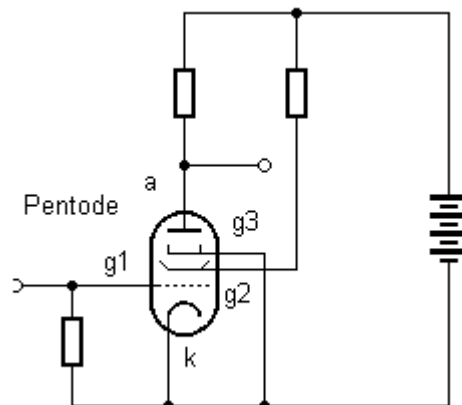
1.2 Funktion einer Röhre

Wer sich heute mit Elektronik beschäftigt, kennt meist die Funktion von Transistoren, während die Wirkungsweise einer Röhre oftmals weniger vertraut ist. Zur grundsätzlichen Funktion sollen deshalb eine Röhre und ein Transistor verglichen werden. Die einfachste Form einer Verstärkerröhre ist die Triode mit den drei Anschlüssen Kathode (= Minuspol), Anode (= Pluspol) und Steuergitter. Diese Anschlüsse sind vergleichbar mit den Anschlüssen eines NPN-Transistors Emitter (Minuspol), Kollektor (Pluspol) und Basis als Steuerelektrode. Allerdings funktioniert die Röhre nur, wenn die Kathode auf ca. 800 bis 1000 Grad erhitzt wird. Dazu dient die Heizung, die wie der Glühdraht in einer Glühlampe meist aus Wolfram hergestellt ist. Die heiße Kathode enthält eine Schicht aus Material mit geringer Elektronenbindung, sodass bei diesen Temperaturen Elektronen in den leeren Raum austreten können. Die Elektronen werden dann von der positiven Anode angezogen, sodass ein Strom fließt.



Beide Bauelemente steuern einen Strom. Beim Transistor steuert ein kleiner Basisstrom den größeren Kollektorstrom. Bei der Röhre steuert die Spannung am Steuergitter den Anodenstrom. In beiden Fällen führt eine positivere Steuerspannung zu mehr Strom im Laststromkreis und damit zu einem größeren Spannungsabfall am Lastwiderstand bzw. zu einer kleineren Spannung an der Ausgangselektrode Anode bzw. Kollektor. Ein Verstärker mit einer Triode oder mit einem Transistor dreht also im Normalfall die Phase der verstärkten Spannung um 180 Grad. Ein Unterschied ist jedoch, dass der Transistor eine positive Vorspannung benötigt, während die Röhre meist mit einer negativen Gittervorspannung betrieben wird. Die Spannung bildet sich automatisch am Gitterwiderstand, weil freie Elektronen von der Kathode das Gitter negativ aufladen.

Bei einer Pentode kommen noch zwei weitere Gitter hinzu. Das Schirmgitter (g_2) wird positiv geladen und schirmt den Einfluss der wechselnden Spannung der Anode vom Steuergitter ab. Die Spannung am Schirmgitter beeinflusst wie das Steuergitter den Anodenstrom und die Verstärkung der Röhre. Das Bremsgitter (g_3) wird meist mit der Kathode verbunden und dient dazu, Elektronen die von der Anode entweichen (Sekundärelektronen) zu ihr zurück zu lenken.



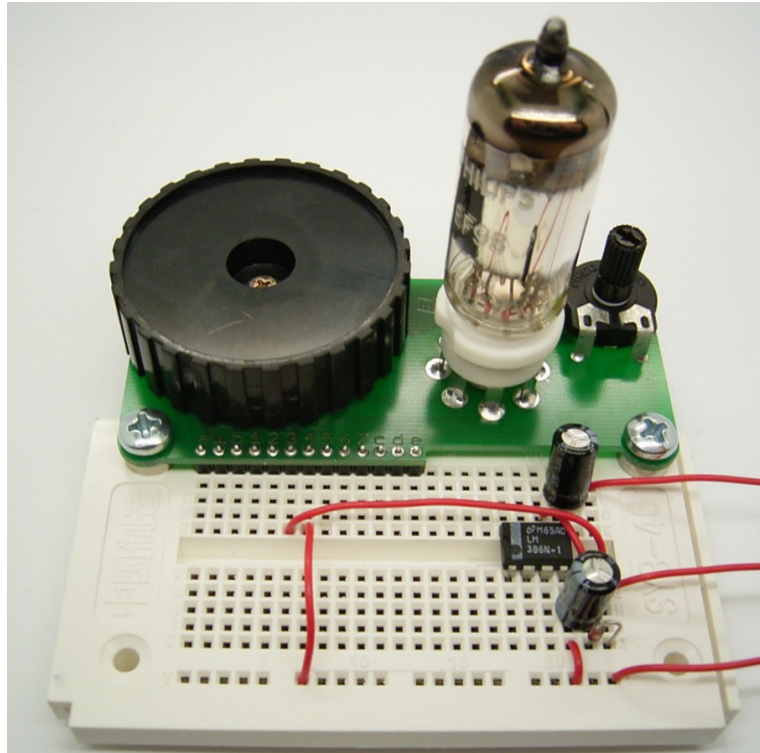
Im Vergleich Transistor/Röhre fällt vor allem auf, dass die Röhre wegen der erforderlichen Heizleistung für die gleiche Aufgabe wesentlich mehr Energie benötigt. Energiesparende Schaltungen werden daher heute mit Transistoren bestückt. Vorteile der Röhre sind hohe Eingangswiderstände und gute Hochfrequenzeigenschaften, was z.B. zu erstaunlich guten Radioschaltungen führt. Im HiFi-Bereich sagt man der Röhre einen weicheren Klang nach, auch weil bei einer Übersteuerung die Übergänge in die Begrenzung weicher scharf sind.

1.3 Stromversorgung

Das Röhren-Experimentierset RT25 verwendet eine Niederspannungs-Röhre EF98 und einen integrierten Lautsprecherverstärker LM386. So verbindet man mit geringem Aufwand die guten Eigenschaften einer Röhre mit einfachen Versuchen bei guter Lautstärke.

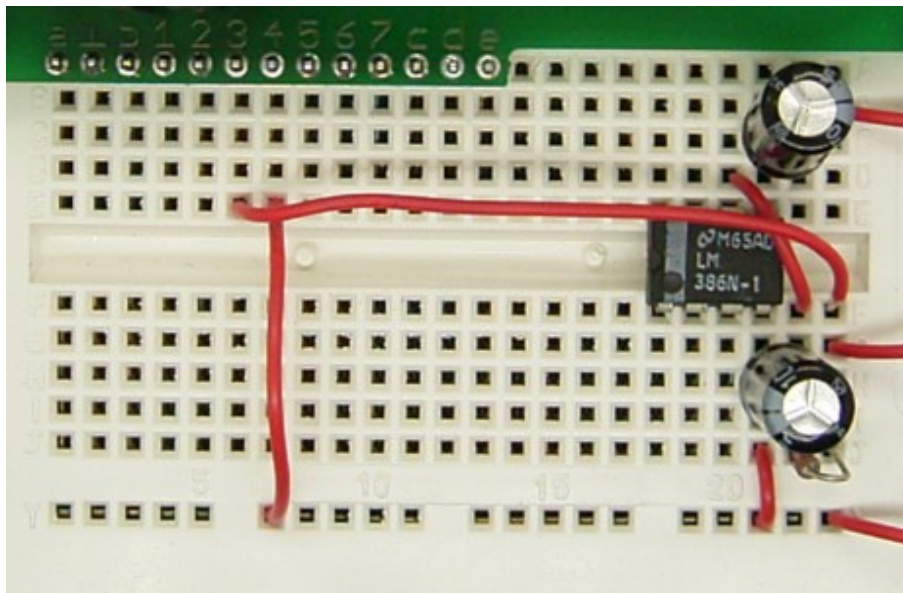
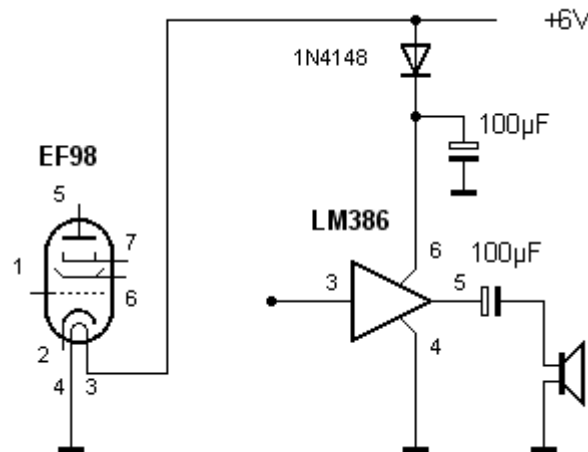
Die Röhre benötigt eine nominelle Heizspannung von 6,3 V und einen Heizstrom von 0,3 A. Im experimentellen Betrieb kann mit 6,0 V gearbeitet werden. Auch Batteriebetrieb ist möglich, wobei

die Betriebsspannung bis etwa 5 V absinken darf. Die Anschlüsse des Heizfadens liegen an den Pin 3 und Pin 4 der Röhre. Bei eingeschalteter Heizung sieht man deutlich das charakteristische Glühen der Kathode.

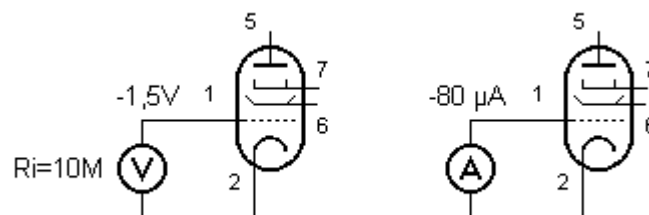


Da eine gemeinsame Betriebsspannung für Heizung, Anodenspannung und die Betriebsspannung des Endverstärkers verwendet wird, ist der Aufwand für die Stromversorgung gering. Es reicht ein Netzteil oder eine Batterie mit 6 V. Bei einer Batterieversorgung vermeidet man eventuelle Brummeinstreuungen durch ein Netzteil, was vor allem bei empfindlichen Empfängerhaltungen wichtig sein kann.

Die Stromrichtung am Heizfaden ist wie bei einer Glühlampe prinzipiell gleichgültig, da es nur auf die Erwärmung ankommt. Allerdings fließt bei negativer Anodenspannung kein Anodenstrom, ein verpoltes Netzteil kann zwar die Röhre nicht beschädigen, der integrierte Verstärker LM386 wird jedoch durch falsche Polung zerstört. Deshalb wird speziell für den Endverstärker eine Schutzdiode eingebaut. Die folgende Schaltung zeigt einen Grundaufbau auf dem RT25, der bei allen Versuchen unverändert beibehalten werden kann. In jedem Fall werden der Endverstärker und die Heizung der Röhre mit einer Spannungsquelle von 6 V verbunden.



Nach dem Anlegen der Betriebsspannung dauert es etwa eine Minute, bis man in der Röhre das Glühen der Kathode sehen kann. Erst dann ist die EF98 betriebsbereit. Der NF-Verstärker LM386 ist dagegen ohne Verzögerung einsatzbereit. Überprüfen Sie die Grundfunktion des Verstärkers mit dem „Fingertest“. Schließen sie einen Lautsprecher, eine Lautsprecherbox oder einen Kopfhörer an. Berühren Sie dann den Eingang mit dem Finger. Sie hören ein deutliches Brummen. Messen Sie die Ausgangsspannung des Verstärkers am Pin 5 ohne Aussteuerung. Sie muss etwa 3 V betragen.

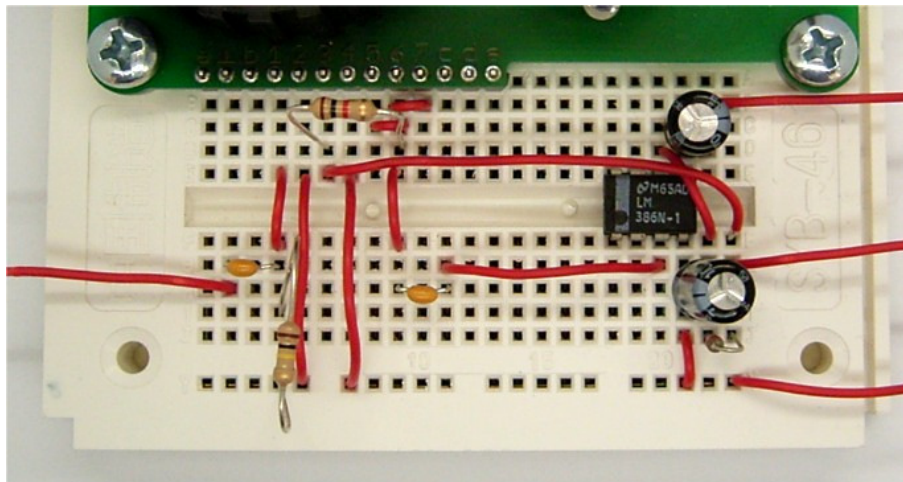
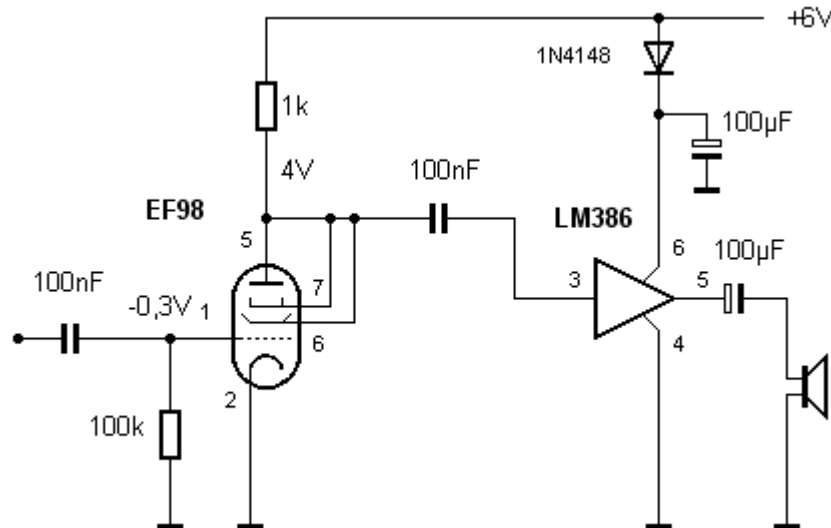


Untersuchen Sie die Elektronenemission der Röhre mit einer einfachen Spannungsmessung zwischen Gitter 1 (Pin 1) und Kathode (Pin 2). Verwenden Sie ein Digitalmultimeter mit einem Innenwiderstand von $10\text{ M}\Omega$. Das Gitter nimmt gegenüber der Kathode eine Spannung von ca. $-1,5\text{ V}$ an, d.h. die Röhre verhält sich wie eine hochohmige Spannungsquelle. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass Elektronen von der Kathode emittiert werden und auf dem Gitter landen. Messen Sie auch den Kurzschlussstrom zwischen Gitter und Kathode. Die EF98 zeigt einen Gitterstrom von ca. $80\text{ }\mu\text{A}$. Wenn Sie die Heizung abschalten, nimmt der Gitterstrom nur langsam ab.

Die Heizung ist Voraussetzung für alle Versuche mit der Röhre. Die Anschlüsse 3 und 4 liegen grundsätzlich an der Heizspannung und werden deshalb in vielen Schaltplänen im Interesse der besseren Übersicht nicht eingezeichnet.

2 NF-Verstärker in Triodenschaltung

Der folgende NF-Verstärker verwendet die Röhre in Triodenschaltung. Die Anschlüsse g2 (Pin 6), g3 (Pin 7) und a (Pin 5) werden zu einer gemeinsamen Anode verbunden. Am Gitterwiderstand von 100 kΩ liegt eine Spannung von -0,3 V. An der Anode stellt sich eine Spannung von 4 V ein, am Anodenwiderstand von 1 kΩ liegt eine Spannung von 2 V. Der Anodenstrom beträgt also 2 mA.



Legt man eine Wechsellspannung an den Eingang, wird die Gitterspannung und damit der Anodenstrom moduliert. Eine Eingangs-Wechsellspannung von 100 mV erzeugt an der Anode ein Wechsellspannungsanteil von 200 mV. Daraus ergibt sich für diesen Arbeitspunkt eine Steilheit S der Röhre von 2 mA/V. Die Spannungsverstärkung V entspricht dem Produkt aus Steilheit S und Anodenwiderstand Ra.

$$V = S * R_a$$

$$V = 2 \text{ mA/V} * 1 \text{ k}\Omega$$

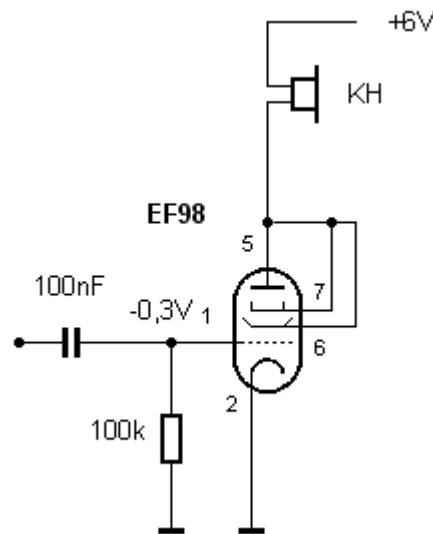
$$V = 2$$

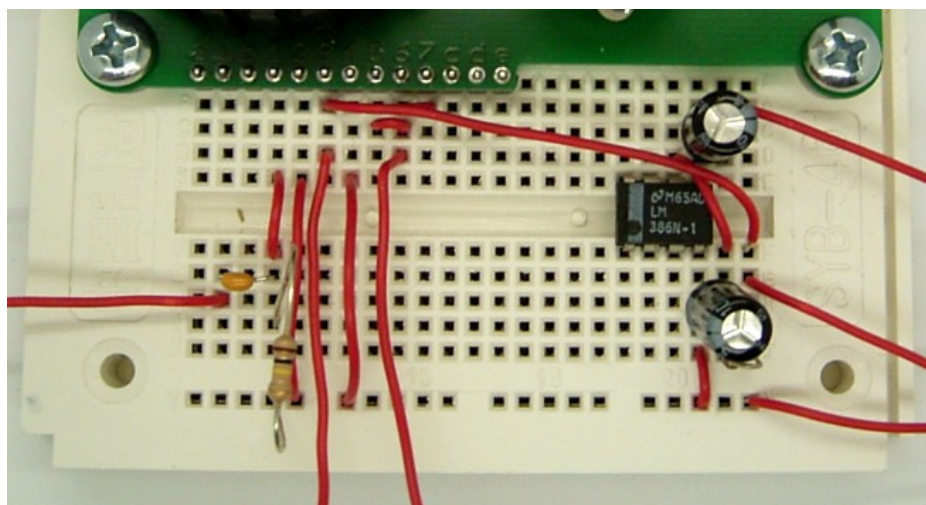
Andere Röhren erreichen bei wesentlich größerer Anodenspannung und mit größeren Anodenwiderständen wesentlich mehr Spannungsverstärkung. Die EF98 wurde jedoch für eine besonders kleine Anodenspannung von 6 V bis 12 V entwickelt und muss niederohmiger betrieben werden. Die erreichte Steilheit von 2 mA/V bei einer tatsächlichen Anodenspannung von nur 4 V zeigt, dass diese Röhre sich hervorragend für Versuche mit der geringen Betriebsspannung von nur 6 V eignet.

Schließen Sie eine Audio-Spannungsquelle wie einen CD-Player oder einen MP3-Stick an den Eingang an. Mit einer relativ großen Lautsprecherbox am Ausgang können Sie bereits den besonderen Röhrenklang genießen.

3 Kopfhörerverstärker

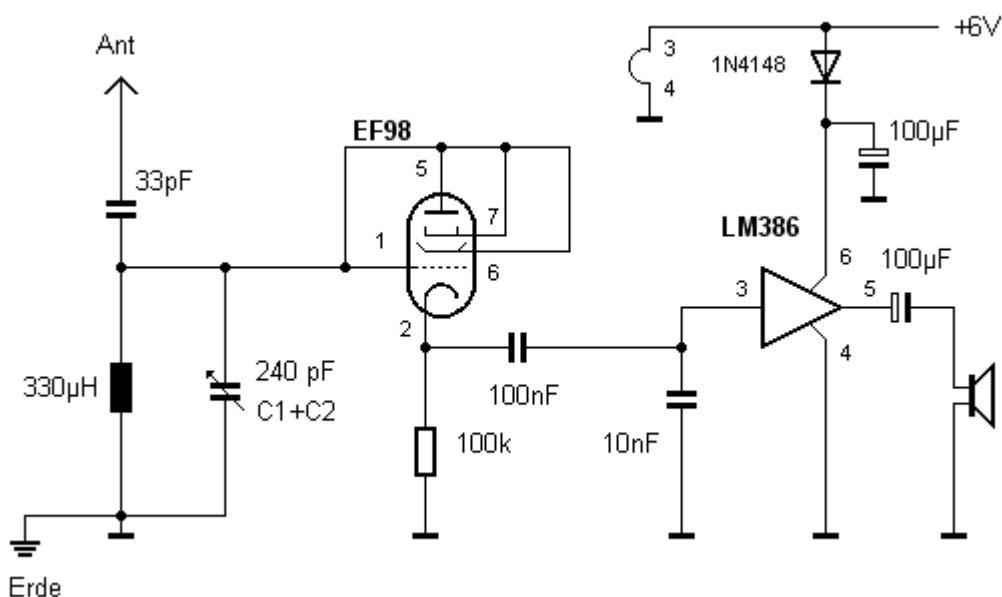
Untersuchen Sie die Klangeigenschaften der Röhre ohne den nachfolgenden Halbleiterverstärker. Legen Sie dazu einen Kopfhörer direkt in die Anodenleitung. Zwar fließt dann Gleichstrom durch den Kopfhörer, bei einem Anodenstrom von ca. 2 mA ist dies jedoch ungefährlich. Die besten Ergebnisse erzielt man mit einem hochohmigen Kopfhörer mit z.B. 600 Ohm. Die linke und die rechte Hörekapsel können wahlweise parallel oder in Reihe geschaltet werden. Auch ein niederohmiger Kopfhörer mit 32 Ohm kann bereits bei etwas geringerer Lautstärke verwendet werden, wobei hier eine Reihenschaltung mit insgesamt 64 Ohm die besseren Ergebnisse bringt.



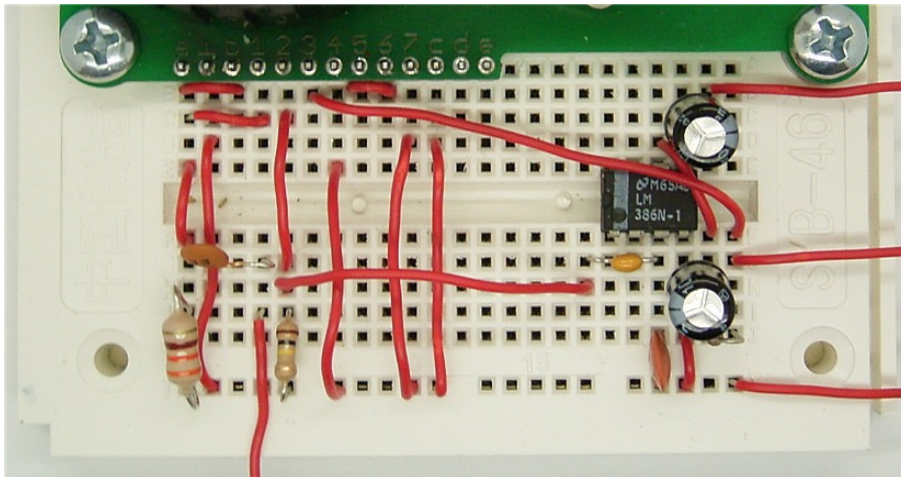


5 Röhren-Detektorempfänger

Dieses erste und sehr einfache Radio verwendet die Röhre als HF-Gleichrichterdiode. Die Diode besteht aus der Kathode und dem Steuergitter als Anode. Die Diode richtet ein Hochfrequenzsignal gleich und demoduliert es damit, d.h. das aufmodulierte Niederfrequenzsignal wird zurück gewonnen und kann an den NF-Verstärker geleitet werden.



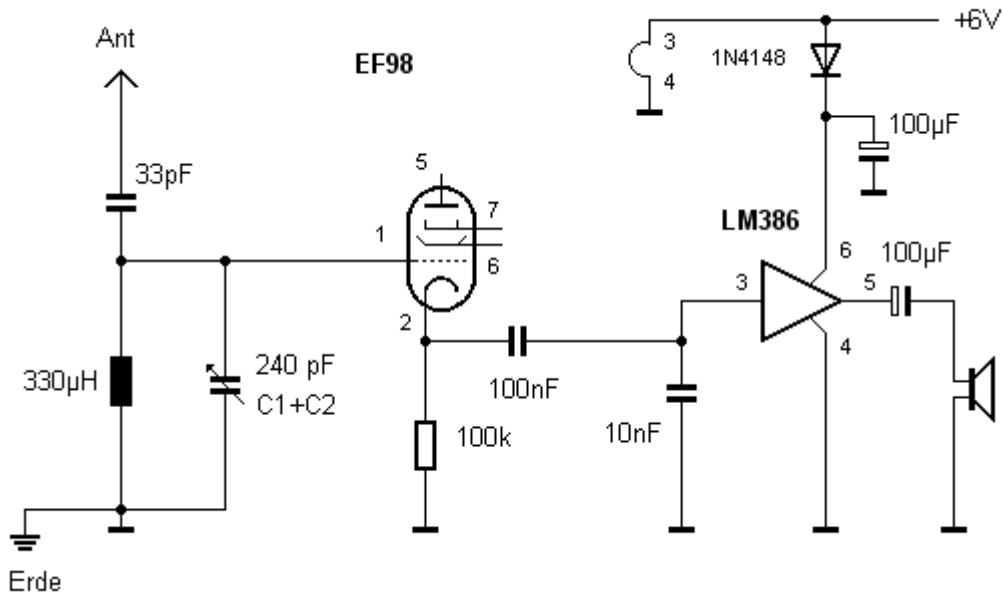
Der Resonanzkreis verwendet als Spule eine vergossene Festinduktivität von $330\ \mu\text{H}$ und beide Hälften des Drehkos, wobei die Anschlüsse a und b verbunden werden. Die vergossene Spule sieht aus wie ein großer Widerstand und ist mit Farbringen (orange, orange, braun = 330) gekennzeichnet. Der Kern der Spule besteht aus Ferrit, was für geringe Verluste trotz kleiner Bauweise sorgt. Der Schwingkreis ist mit einem kleinen Koppelkondensator von $33\ \text{pF}$ lose an die Antenne gekoppelt. Als Antenne eignet sich ein frei abgespannter Draht ab ca. 3 m Länge. Wichtig ist auch ein Erdanschluss. Man kann z.B. ein geerdetes Heizungs- oder Wasserrohr verwenden.



Der einfache Detektorempfänger überstreicht den gesamten Mittelwellenbereich von ca. 530 kHz bis ca. 1600 kHz. Die Empfindlichkeit und Lautstärke ist begrenzt, sodass man am Tage meist nur den Ortssender empfangen kann. Am Abend ist auch Fernempfang möglich.

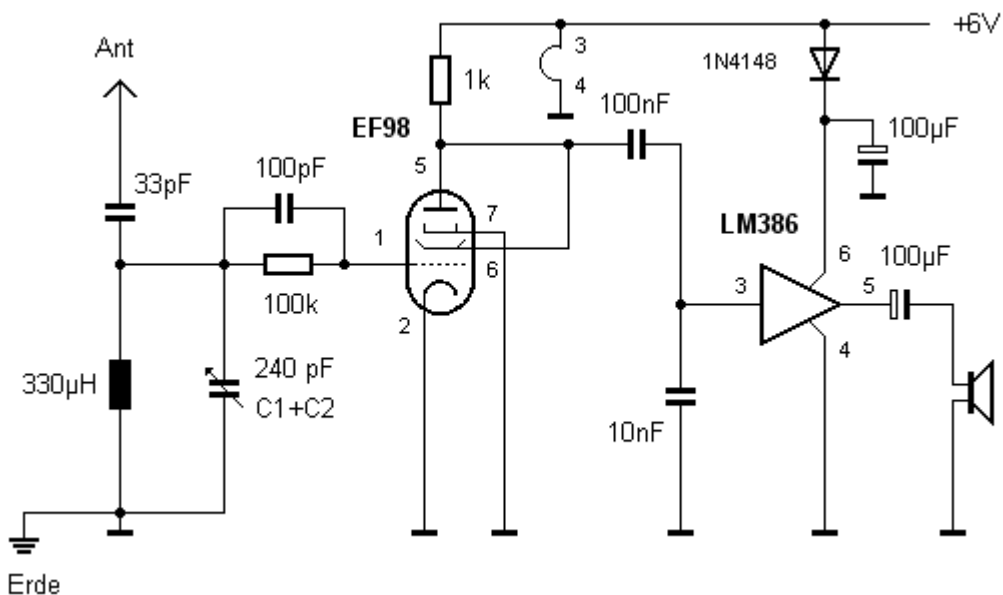
Zusatzversuch:

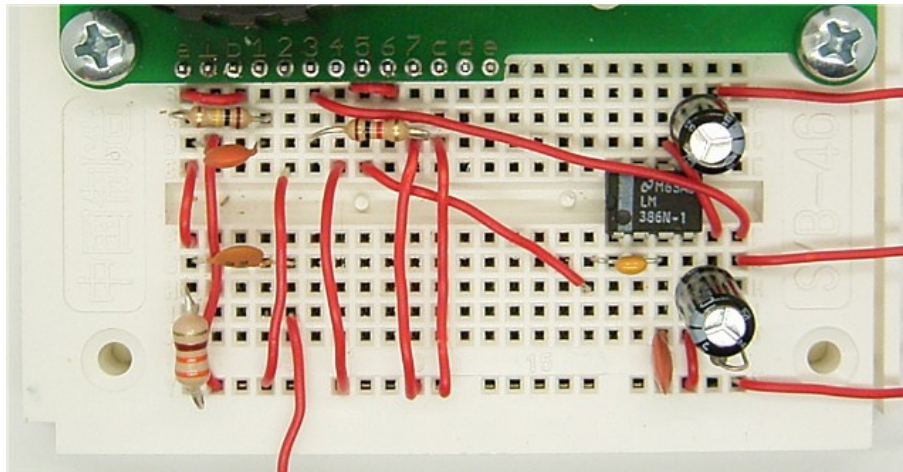
Verbinden Sie g1, g2, g3 und die Anode zu einer gemeinsamen Dioden-Anode. Die Röhrendiode wird damit noch wirksamer, d.h. bei gleicher positiver Eingangsspannung fließt mehr Anodenstrom. Der Empfänger kann dadurch etwas lauter werden.



5 Der Audion-Empfänger

In der Audionschaltung leistet die Röhre gleichzeitig die Gleichrichtung und Demodulation des Hochfrequenzsignals und eine erste NF-Verstärkung. Die Röhre wird hier in Triodenschaltung betrieben. Am Anodenwiderstand entsteht das verstärkte NF-Signal. Wegen der zusätzlichen NF-Verstärkung bietet das Audion eine bessere Empfindlichkeit als der Röhren-Detektorempfänger.



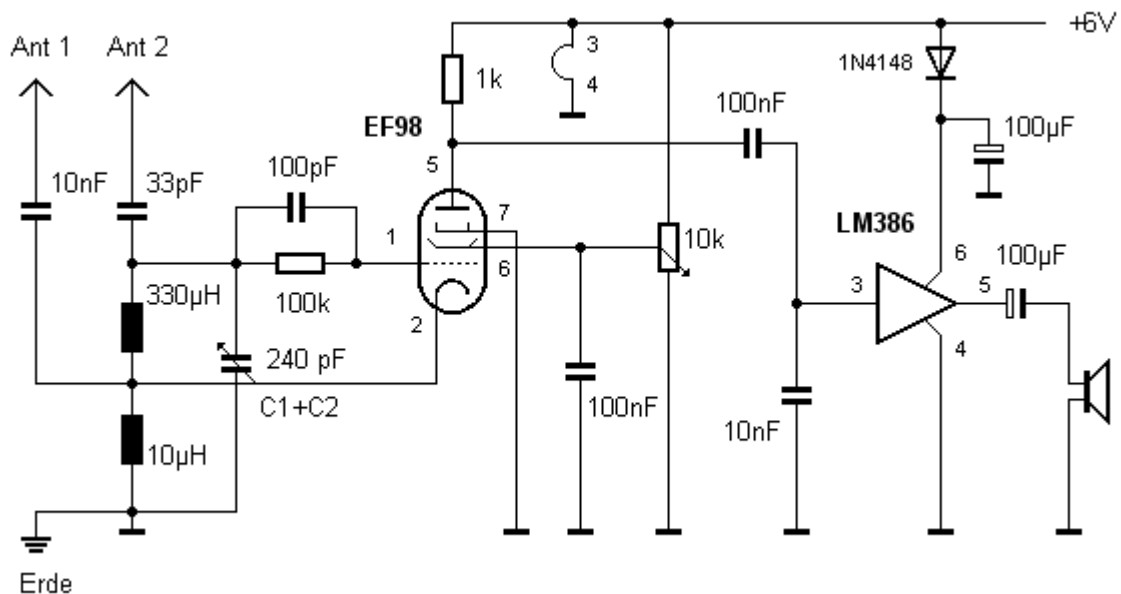


Zusatzversuch:

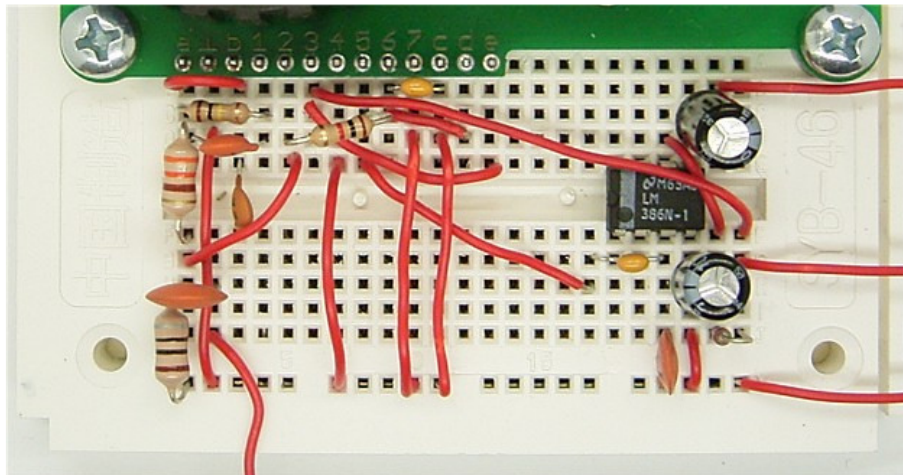
Ersetzen Sie die Schwingkreisspule von $330\ \mu\text{H}$ durch eine Festinduktivität von $10\ \mu\text{H}$ (braun, schwarz, schwarz). Damit empfängt die Schaltung den Kurwellenbereich. Allerdings reicht die Trennschärfe dieses Radios nicht aus, um eng benachbarte Sender zu trennen.

6 Mittelwellenempfänger mit Rückkopplung

Die Rückkopplung bringt die entscheidende Verbesserung des Audions, das damit zu einem vollwertigen Empfänger wird. Die Röhre über nimmt nun als dritte Aufgabe eine Verstärkung des HF-Signals. Ein geringer Teil des verstärkten Signals wird auf den Schwingkreis zurückgekoppelt. So gleicht man Verluste im Schwingkreis aus. Bei optimaler Einstellung ergibt sich eine gute Trennschärfe und eine hohe Empfindlichkeit. Die Verstärkung wird mit dem Poti über die Spannung am Schirmgitter gesteuert. Dreht man den Rückkopplungsregler zu weit auf, erzeugt das Audion Eigenschwingungen, die zu Interferenzen mit charakteristischen Pfeifgeräuschen führen.



Der Schwingkreis hat insgesamt eine Induktivität von $340 \mu\text{H}$. Bei der höchsten Kapazität des Drehkos von 240 pF (beide Seiten parallel) erreicht man die untere Grenze von ca. 550 kHz . Die obere Bandgrenze von 1600 kHz erfordert eine Gesamtkapazität von 29 pF . Da hier die Kapazität der Spule und die übrigen Schaltungskapazitäten mitwirken, kann es nötig sein, nur eine Hälfte des Drehkos zu verwenden, um die oberen Sender des Mittelwellenbereichs zu empfangen.



Die kleine Festinduktivität von $330 \mu\text{H}$ besitzt einen Gleichstromwiderstand von nur ca. 6Ω und erreicht bereits eine für ihre Größe erstaunlich gute Leerlaufgüte von ca. 60. Mit der Rückkopplung wird der Kreis noch weiter entdämpft. Durch vorsichtige Einstellung des Rückkopplungsreglers stellt man die Verstärkung der Röhre so ein, dass gerade noch keine Schwingungen erregt werden. Bei der optimalen Einstellung erreicht man die beste Trennschärfe und Verstärkung des Audions. Geringe HF-Spannungen an der Antenne schaukeln sich im Resonanzkreis zu kräftigen Signalen auf.

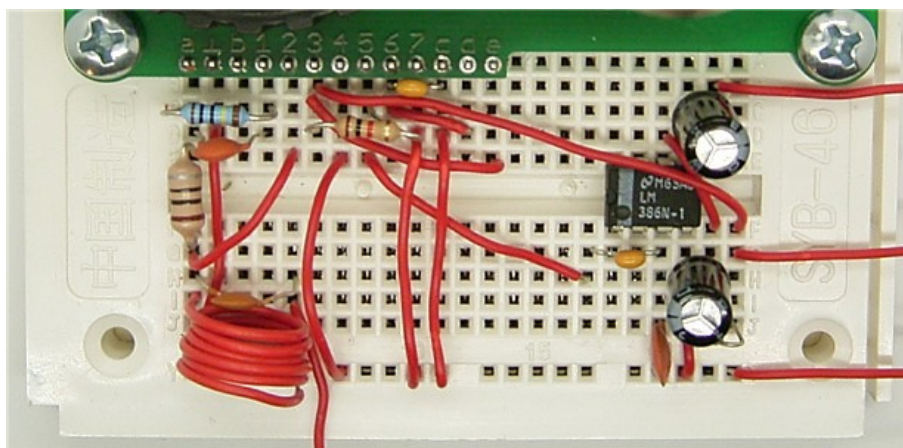
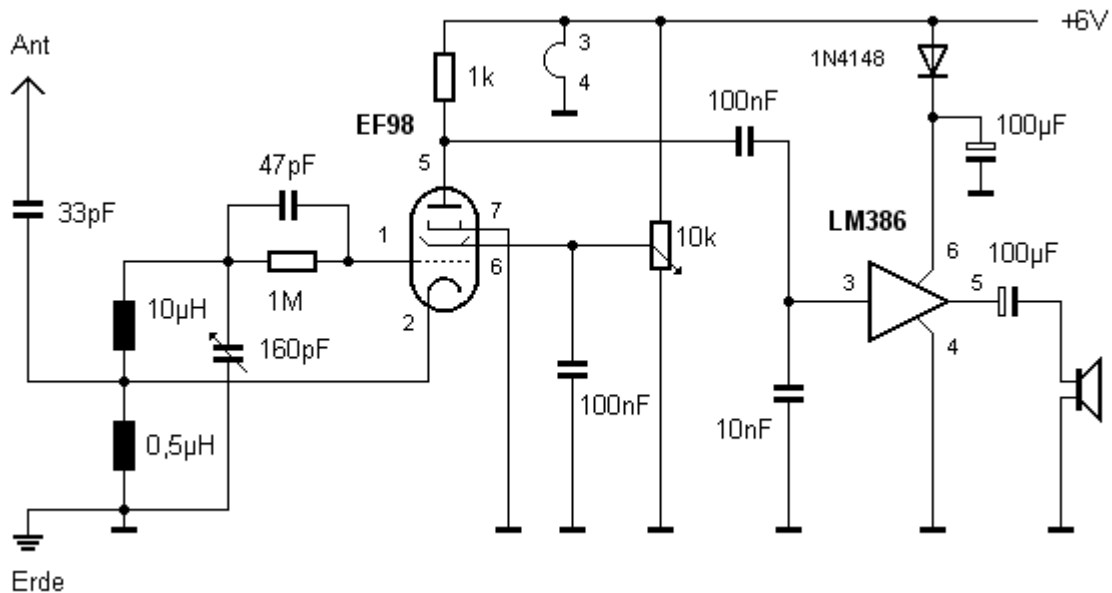
Das Radio hat zwei mögliche Antennenanschlüsse. Ant 1 eignet sich für lange Antennen mit etwa 10 m Länge mit geringem Fußpunktwiderstand oder für magnetische Antennen. Oft kann man eine Heizungsanlage als große Rahmenantenne verwenden, die an einer Stelle des Heizungsrohres geerdet ist. Wichtig ist dann eine geeignete Gegenerde wie z.B. der Schutzleiter des Stromnetzes. Der Erdleiter und die Heizungsrohre wirken dann zusammen wie eine große Drahtschleife als magnetische Antenne, ähnlich wie eine große Rahmenantenne.

Ant 2 eignet sich für kurze Drahtantennen. Da der Koppelkondensator am hochohmigen Ende des Schwingkreises angeschlossen ist, reicht oft schon ein Draht von 2 m Länge als elektrische Antenne. Schließt man hier eine längere Antenne an, führt die zusätzliche Kapazität dazu, dass der obere Bereich des Mittelwellenbandes nicht mehr abgestimmt werden kann.

Der Empfänger zeichnet sich durch gute Trennschärfe und Empfindlichkeit aus. Vor allem am Abend können praktisch alle europäischen Stationen empfangen werden, die man auch mit einem großen Röhrenradio hört. Die Empfangsleistung steht einem Superhet kaum nach. Teilweise wird der Klang des Audions sogar als angenehmer empfunden.

7 Kurzwellenaudion

Das Mittelwellenradio lässt sich mit geringen Änderungen für den Kurzwellenbereich umbauen. Die eigentliche Schwingkreisspule hat nun $10\ \mu\text{H}$. Eine zusätzliche kleinere Spule mit ca. $0,5\ \mu\text{H}$ kann man aus etwas Draht selbst wickeln. Die Spule hat fünf Windungen und einen Durchmesser von $10\ \text{mm}$ bei einer Länge von $5\ \text{mm}$. Der Schwingkreis verwendet nur eine Hälfte des Drehkos mit $160\ \text{pF}$. Die untere Frequenzgrenze liegt dann bei ca. $3,9\ \text{MHz}$. Man kann das 49-m-Band und das 41-m-Band abstimmen. Am unteren Ende ist auch das 75-m-Band zu empfangen, das auf vielen Kurzwellenradios fehlt. Die Antenne muss relativ lose über $33\ \text{pF}$ angekoppelt werden. Dank des großen L/C-Verhältnisses ist der Empfänger so empfindlich, dass starke Kurzwellenstationen sogar ganz ohne Antenne gehört werden können, da der Schwingkreis selbst als ausreichende Antenne wirkt.



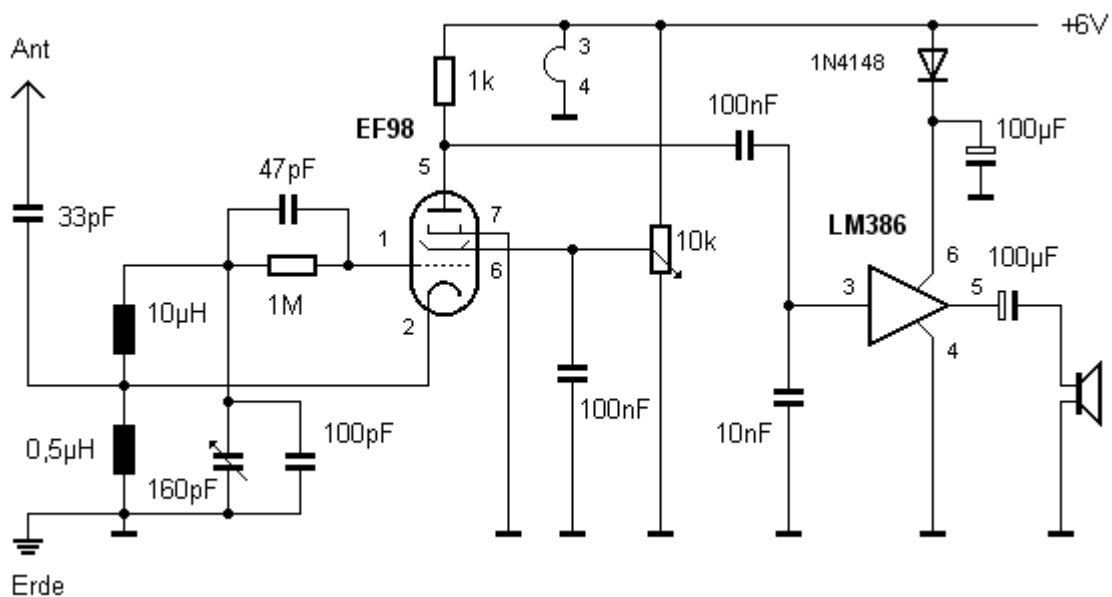
Zusatzversuche:

Ersetzen Sie die Festinduktivität von $10\ \mu\text{H}$ durch eine eigene Drahtspule. Mit 10 bis 20 und einem Spulendurchmesser von ca. 10 mm erreicht man die oberen Kurzwellenbänder. Identifizieren Sie die Empfangsfrequenzen durch Vergleich mit einem Kurzwellenradio, wobei das Audion mit stark angezogener Rückkopplung als Sender arbeitet.

Ersetzen Sie die Schwingkreisspule von $10\ \mu\text{H}$ durch eine Drahtschleife mit drei Windungen und 10 cm Durchmesser. Der Empfänger erreicht dann einen Abstimmbereich von etwa 8 MHz bis 16 MHz. Der Schwingkreis selbst wird damit zu einer wirksamen Antenne, sodass keine zusätzliche Drahtantenne nötig ist. Alternativ kann auch ein längerer Draht zu einer großen Schleife mit nur einer Windung aufgespannt werden, um die Antennenwirkung noch zu steigern.

8 Amateurfunk empfangen

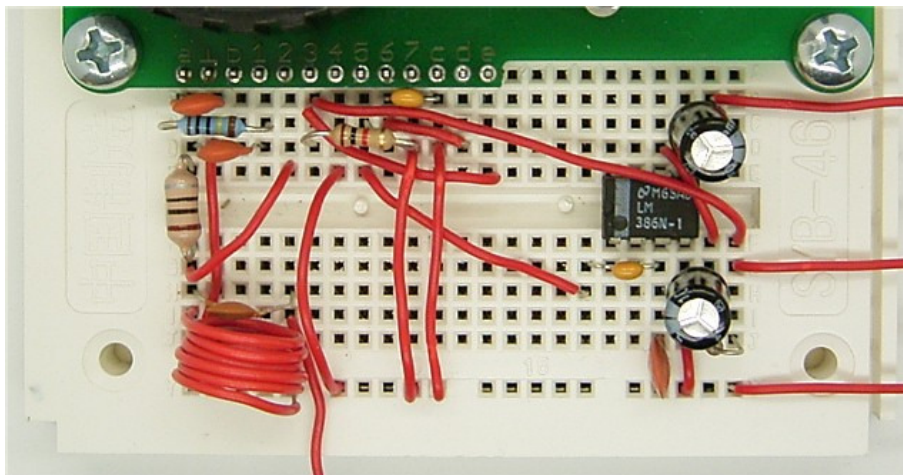
Zwischen 7,0 MHz und 7,1 MHz liegt das 40-m-Amateurfunkband. Hier kann man Funkamateure mit Morsesignalen (CW) und Sprechfunk (SSB) empfangen. Für beide Betriebsarten muss die Rückkopplung so stark angezogen werden, dass gerade Eigenschwingungen einsetzen, die sich mit den empfangenen Signalen überlagern. Durch feinfühligere Einstellung des Drehkos lässt sich die empfangene Tonhöhe einstellen. Bei SSB-Empfang erhält man eine gut verständliche Wiedergabe nur mit extrem genau eingestellter und hochkonstanter Frequenz. Viele Netzteile haben noch ein zu großes Restbrummen, das den sauberen Empfang stört. In diesem Fall empfiehlt sich der Einsatz von Batterien oder Akkus.



Bei den relativ hohen Frequenzen und der geringen Schwingkreis Kapazität machen sich bereits geringste Kapazitätsänderungen bemerkbar. Es reicht schon, die Hand näher an das Radio zu bringen, um die Frequenz um einige kHz nach unten zu ziehen. Die Empfindlichkeit gegen Handkapazitäten

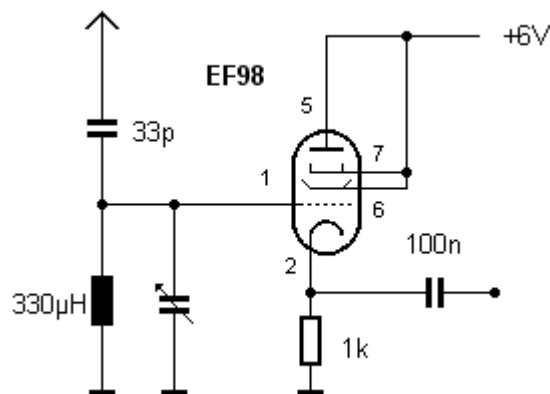
lässt sich deutlich verringern, wenn man den gesamten Aufbau starr auf eine leitende, geerdete Oberfläche setzt.

Der Drehko überstreicht einen relativ großen Frequenzbereich, was die genaue Einstellung einer SSB-Station erschwert. Mit einer geeigneten Bandspreizung ist die genaue Frequenz leichter einzustellen. Mit einem zusätzlichen Parallelkondensator von 100 pF empfängt man tiefere Frequenzen, darunter auch das 80-m-Amateurfunkband bei 3,5 MHz bis 3,8 MHz. Zugleich erreicht man so eine einfache Bandspreizung, die den abstimmbaren Bereich auf etwa 2,5 MHz bis 5 MHz einengt.

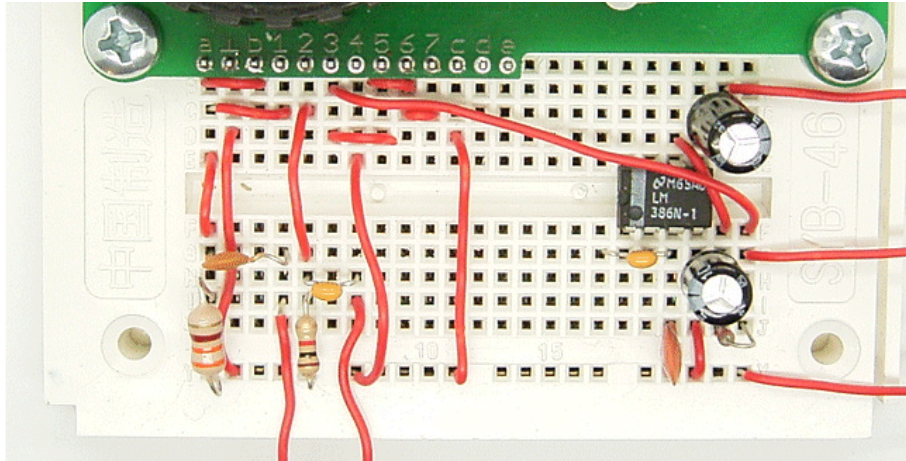


9 Antennenverstärker

Dieser abgestimmte Antennen-Vorverstärker arbeitet als Kathodenfolger mit großem Eingangswiderstand und geringem Ausgangswiderstand. Der Vorkreis kann entweder mit 330 μH für Mittelwelle oder mit 10 μH für den Kurzwellenbereich aufgebaut werden. Der Antennenkondensator von 33 pF ist für beide Bereiche ein guter Kompromiss zwischen Antennenkopplung und Trennschärfe.



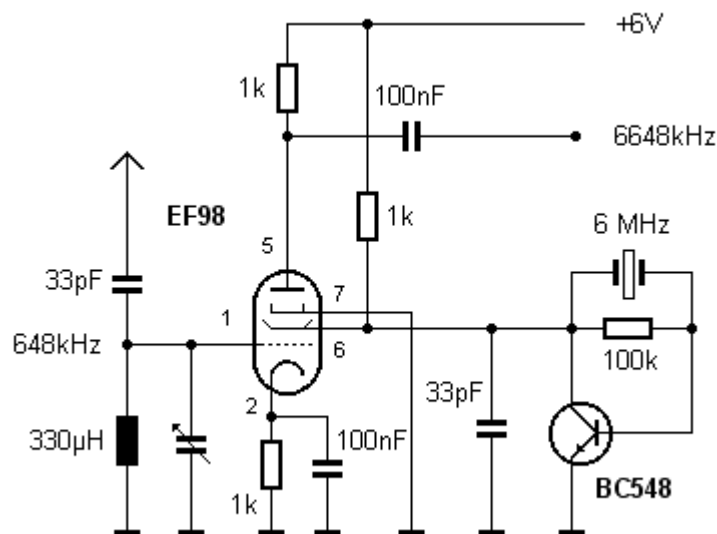
Der Vorverstärker kann z.B. als Vorsatz für den Elektor-DRM-Empfänger eingesetzt werden. Der Empfang wird durch die Vorselektion und durch die zusätzliche Verstärkung verbessert. Vor allem im Mittelwellenbereich lässt sich dadurch der Empfang wesentlich verbessern.

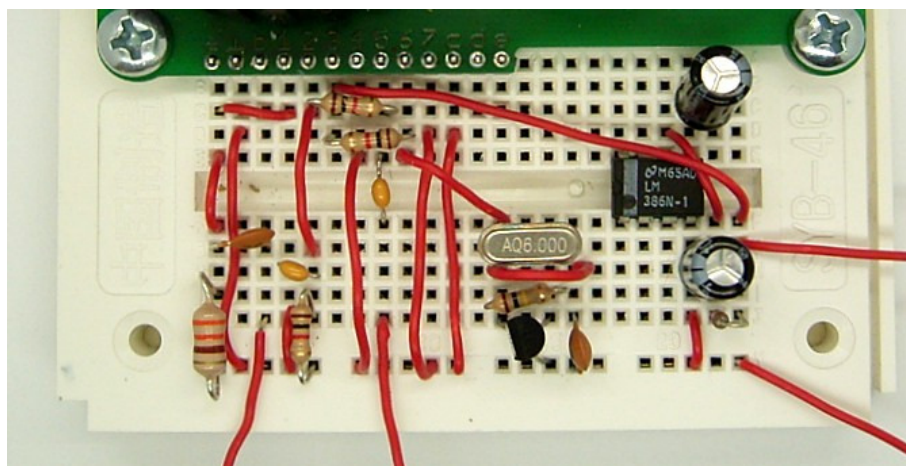


10 HF-Mischer

Eine HF-Mischstufe verarbeitet ein Nutzsignal mit der Frequenz f_1 und ein Oszillatorsignal mit der Frequenz f_2 . Am Ausgang entstehen die Mischprodukte $f_3 = f_1 + f_2$ und $f_4 = f_1 - f_2$.

Die folgende Mischstufe setzt den Mittelwellenbereich auf Kurzwelle um. Ein Transistor-Quarzoszillator mit 6 MHz moduliert die Steilheit der Röhre über das Schirmgitter. Der Eingangskreis am Steuergitter wird auf die Empfangsfrequenz von z.B. 648 kHz (BBC) abgestimmt. Die Kathode ist über 1 k Ω hoch gelegt, damit der Eingangskreis nicht durch den Gitterstrom gedämpft wird.

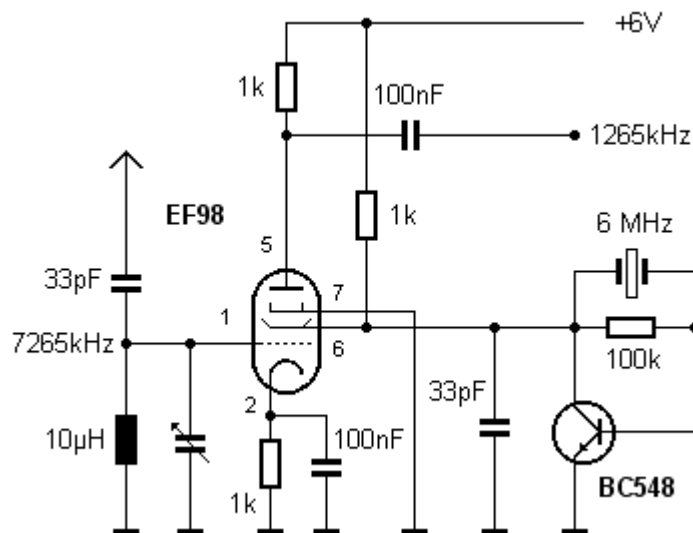




Schließt man den Ausgang des Mixers am Antenneneingang eines Kurzwellenradios an, kann der Mittelwellensender BBC auf 6648 kHz gehört werden.

11 Kurzwellenkonverter

Der Mischer arbeitet aber auch in umgekehrter Richtung. Mit einem geeigneten Eingangskreis für Kurzwelle kann ein Teil des Kurzwellenbereichs auf Mittelwelle gehört werden. Das 41-m-Band zwischen 7 MHz und 7,5 MHz erscheint auf Mittelwelle zwischen 1000 kHz und 1500 kHz.

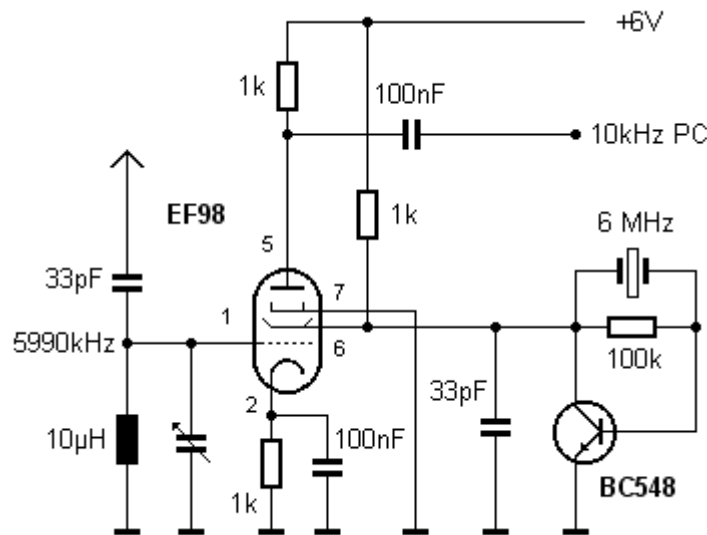


Als Empfänger eignet sich ein Autoradio, weil es vollständig abgeschirmt ist und nicht gleichzeitig Mittelwellensender empfängt. Das Antennenkabel zum Autoradio sollte abgeschirmt sein, damit es nicht als Mittelwellenantenne arbeitet.

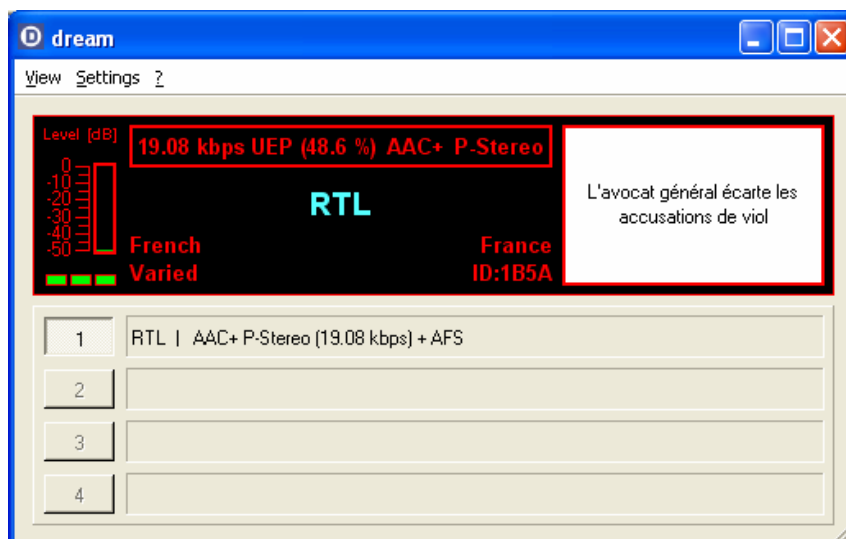
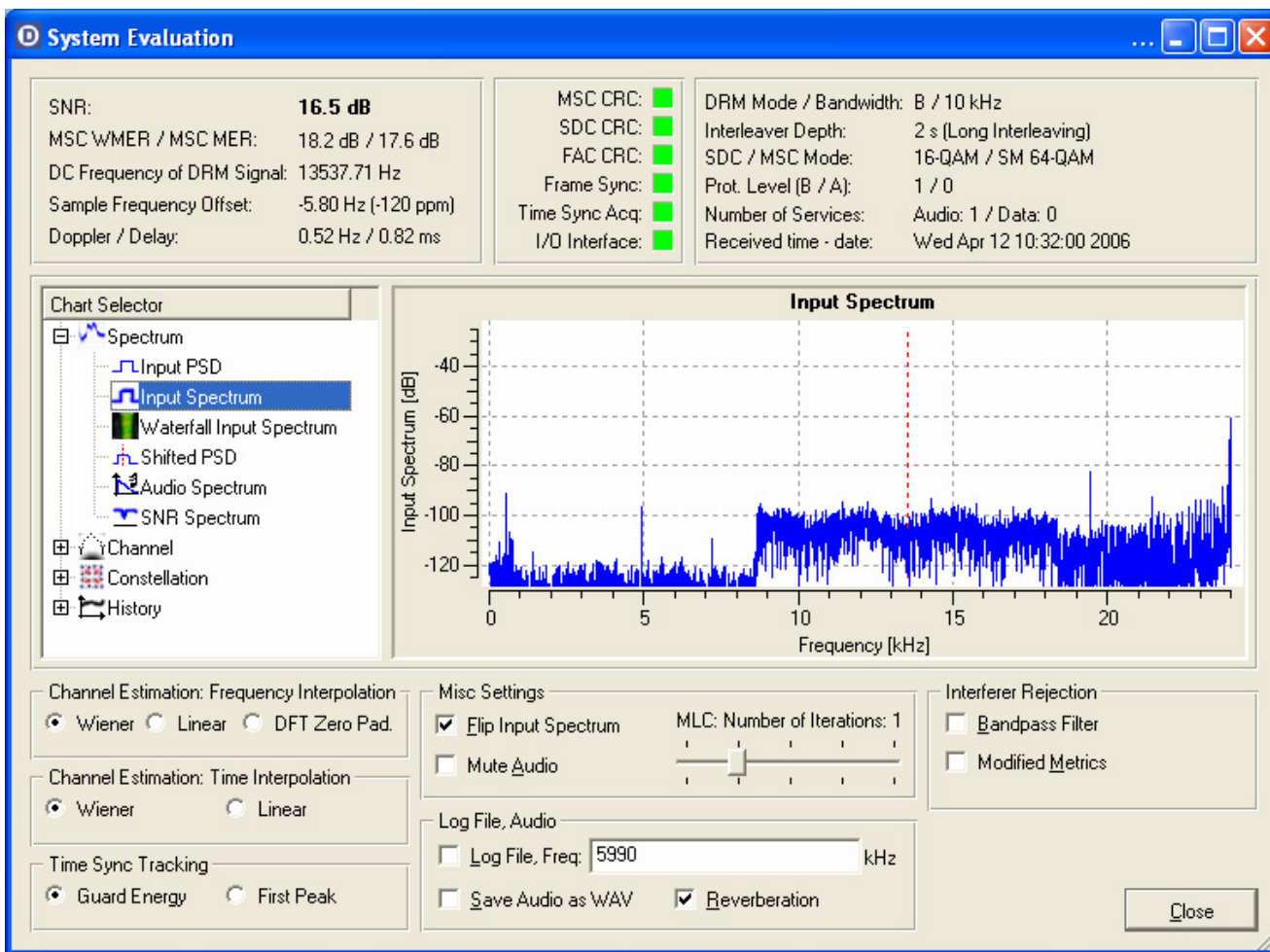
12 DRM-Empfänger

Bereits mit einem Audion hört man in den Kurzwellenbändern die typischen Geräusche digitaler Rundfunksender nach dem DRM-Standard, ein breitbandiges, kräftiges Rauschen. Der wirkliche Empfang ist mit einem Audion zwar möglich, aber sehr schwierig, weil die Stabilität in den meisten Fällen nicht ausreicht. Mit der guten Stabilität eines Quarzoszillators kann jedoch ein einfacher DRM-Empfänger aufgebaut werden.

Die Schaltung des Kurzwellenkonverters arbeitet ohne Änderungen auch als Direktmischer zum Empfang des französischsprachigen digitalen DRM-Rundfunksenders RTL-2 auf 5990 kHz.. Das Ausgangssignal wird dazu an den Line-Eingang der PC-Soundkarte geführt.



Die Dekodierung des Audiosignals erfordert spezielle Software wie z.B. Dream.exe. Das Ausgangssignal erscheint dann in Stereo an den PC-Lautsprechern. Das DRM-Basisband wird invertiert, weil die Oszillatorfrequenz 10 kHz oberhalb der Empfangsfrequenz liegt. Entsprechend muss man die Option „Flip Input Spectrum“ im Evaluation Dialog einschalten. Die Software zeigt laufend den erzielten Störabstand (SNR) an. Bei guter Signalqualität hört man das Stereo-Signal von RTL-2.



Anhang

Literatur

- [1] B. Kainka, Röhrenprojekte von 6 bis 60 V, Elektor 2003
- [2] O. Diciol, Röhren-NF-Verstärker Praktikum, Franzis 2003
- [3] J. Gittel, Jogis Röhrenbude, Franzis 2004
- [4] J. Gittel, Neues aus Jogis Röhrenbude, Franzis 2005
- [5] G. Haas, High-End mit Röhren, Elektor 2005
- [6] W. Frohn, Audio-Röhrenverstärker von 0,3 bis 10 Watt, Franzis 2005
- [7] B. Kainka, Radio-Baubuch, Elektor 2006

© 2006

AK MODUL-BUS Computer GmbH

Münsterstr. 45

48477 Hörstel-Riesenbeck

Telefon 05454-9343636

Fax 05454-9343637

E-Mail info@ak-modul-bus.de

Internet www.ak-modul-bus.de

Siehe auch:

Der Elektronik-Experimentier-Server

www.elexs.de