

Projektdokumentation:

Dynamisches Audio- Rauschunterdrückungssystem

Thorsten Willert

Schule: Technikerschule Augsburg
Fach: Grundlagen Elektrotechnik
Klasse: ET9.04a
Lehrkraft: Klaus Krust
Abgabedatum: 24.06.2005

Inhaltsverzeichnis

1. Dokumentenhistorie.....	4
2. Spezifikation.....	5
2.1 DNR-System für Fernsehgeräte-Geräte.....	5
2.2 Technische Anforderungen.....	5
2.3 Projektplan.....	5
3. Technische Daten.....	6
4. Grundlagen.....	7
4.1 Was ist Rauschen?.....	7
4.2 Wie entsteht Rauschen?.....	7
5. Funktionsweise des DNR.....	8
5.1 Psychoakustische Prinzipien.....	8
5.2 Der LM1894.....	9
6. Schnittstellen.....	10
7. Operation Modes.....	10
8. Verifikationsplan.....	10
8.1 Netzteil.....	10
8.2 Ein-Ausgangsplatine.....	10
8.3 Aussteuerungsanzeige.....	10
8.4 DNR.....	11
9. Erweiterungsmöglichkeiten des Gesamtsystems.....	13
10. Baugruppen.....	14
10.1 Netzteil.....	14
10.1.1 Beschreibung.....	14
10.1.2 Pläne.....	14
10.1.2.1 Schaltplan.....	14
10.1.2.2 Layout.....	15
10.1.2.3 Bestückungsplan.....	15
10.1.2.4 Bauteilliste.....	15
10.2 Aussteuerungsanzeige (ursprüngliche Version).....	16
10.2.1 Beschreibung.....	16
10.2.2 Pläne.....	16
10.2.2.1 Schaltplan (aktuelle Version).....	16
10.2.2.2 Layout.....	17
10.2.2.3 Bestückungsplan.....	17
10.2.2.4 Bauteilliste.....	17
10.3 DNR.....	18
10.3.1 Beschreibung.....	18
10.3.2 Rechnerische Dimensionierung.....	18
10.3.3 Pläne.....	19
10.3.3.1 Schaltplan.....	19
10.3.3.2 Layout.....	20
10.3.3.3 Bestückungsplan.....	20
10.3.3.4 Bauteilliste.....	20
10.4 Ein- / Ausgänge.....	21
10.4.1 Beschreibung.....	21
10.4.2 Pläne.....	21
10.4.2.1 Schaltplan.....	21

10.4.2.2	Layout.....	22
10.4.2.3	Bestückungsplan.....	22
10.4.2.4	Bauteilliste.....	22
10.5	Verbindungsplan.....	23
11.	Bedienungsanleitung für den Anwender.....	24
11.1	Verwendung.....	24
11.2	Anschluß.....	24
11.3	Einstellung.....	24
12.	Informationen für den Nachbau.....	25
13.	Organisation.....	26
13.1	Kostenübersicht.....	26
13.1.1	Netzteil.....	26
13.1.2	Ein-,Ausgabe.....	26
13.1.3	Aussteuerungsanzeige.....	26
13.1.4	DNR.....	27
13.1.5	Gehäuse.....	27
13.1.6	Sonstiges.....	27
13.1.7	Gesamtkosten.....	28
13.2	Verwendete Software.....	29
13.3	Datenblätter.....	29
13.4	Literaturhinweise.....	29
13.5	Abbildungsverzeichnis.....	30

1. Dokumentenhistorie

<i>Versionsnummer:</i>	<i>Datum:</i>	<i>Ersteller:</i>	<i>Beschreibung der Veränderung am Dokument:</i>
0.1	15.04.2005	Willert	Grundlagen: Was ist Rauschen? Funktionsweise
0.2	22.05.2005	Willert	Inhaltsverzeichniseingefügt.
0.3	29.05.2005	Willert	Dokumentenhistorie eingefügt.
0.4	30.05.2005	Willert	Spezifikationen, Schaltpläne und Layouts eingefügt.
0.5	04.06.2005	Willert	Funktionsweise der einzelnen Baugruppen eingefügt.
0.6	11.06.2005	Willert	Beschreibung der einzelnen Baugruppen.
0.7	13.06.2005	Willert	Bauteillisten und Kostenübersicht eingefügt
0.8	14.06.2005	Willert	Verweise auf Datenblätter, Literatur und Bilder eingefügt
1.0	15.06.2005	Willert	Technische Daten eingefügt
1.1	18.06.2005	Willert	Beschreibung der Ein-Ausgangbaugruppe überarbeitet und zusätzlichen Schaltplan der korrigierten Aussteuerungsanzeige eingefügt

2. Spezifikation

2.1 DNR-System für Fernsehgeräte-Geräte

Das System soll der dynamischen Rauschunterdrückung von Audio-Signalen bei Fernseh-Geräten dienen.

Als Hauptbestandteil wird das IC „LM1894“ (Dynamic-Noise-Reduction-System / DNR™) von National Semiconductors verwendet.

2.2 Technische Anforderungen:

- Schaltung basierend auf dem „LM1894“ (Daten zu Dimensionierung aus den „Application Notes“ 384, 386 und 390 von National Semiconductors)
- externe Einstellmöglichkeit der Filterbandweite mit Potentiometer
- Anzeige der Filterbandweite über LED-Band
- Überbrückung der DNR-Funktion mit Schalter
- Spannungsversorgung über externes Steckernetzteil (12V, Schaltnetzteil)
- Abschaltmöglichkeit der Versorgungsspannung
- Statusanzeige der Versorgungsspannung
- Anschlüsse der Signale über Scart-Buchsen (1x Eingang, 1x Ausgang).
- Einbau in ein wohnzimmertaugliches Gehäuse, mit Platz für Erweiterungsmöglichkeiten wie Loudness, Compander usw. (Breite: ca.36cm, Höhe: so flach wie möglich)
- (evtl. Helligkeitsregulierung der LED-Anzeigen)

2.3 Projektplan:

<i>Projektschritt</i>	<i>KW / Plan</i>	<i>Std / Plan</i>	<i>KW / Ist</i>	<i>Std / Ist</i>
Entwurf des Pflichtenheftes	4	2	4	1,5
Entwurf der Schaltung	10	6	16	18
Realisierung der Schaltung	12	3	18	4
Inbetriebnahme und Test	13	3	20	2
Einbau in Gehäuse	14	4	21	3
Dokumentation	16	8	22	3
Erstellung der Projektdokumentation	17	2	23	9
Erstellung der Präsentation	22	8	23	2
Gesamtstunden				42,5

3. Technische Daten

Gesamtgerät:	
Versorgungsspannung	230V, 50Hz
Leistungsaufnahme im Leerlauf	3,9W
maximale Leistungsaufnahme	7,19W
typische Leistungsaufnahme	ca. 5W
Stromaufnahme der einzelnen Baugruppen:	
Netzteil im Leerlauf	0,13mA / 230V
Aussteuerungsanzeige (Bar-Mode)	110mA / 15V
DNR	25mA / 15V
Ein-, Ausgabe	13,6mA / 15V
Audiodaten (bezogen auf den Baustein LM1894):	
maximale Bandweite:	34kHz
Geräuschspannungsabstand	79dB zwischen 20Hz-20kHz
effektive Rauschunterdrückung	bis zu 14dB
Audio Ein,- Ausgänge:	
Eingang	1 x Scart
Ausgang	1 x Scart
Abmessungen:	
Breite / Höhe / Tiefe in mm	272 / 92 / 150

4. Grundlagen

4.1 Was ist Rauschen?

Rauschen ist meist ein Gemisch aus zufälligen Frequenzen.

Im folgenden wird zwischen zwei verschiedenen Arten von Rauschen unterschieden:

- einmal dem „Weißen Rauschen“, welches eine konstante Leistungsdichte über die Frequenz aufweist und somit dem Thermischen und dem Schrotrauschen am ähnlichsten ist. Da das menschliche Ohr höhere Töne deutlicher wahrnimmt als tieffrequente, hört sich dieses Rauschen sehr hell an.
- und andererseits dem „Braunen Rauschen“. Hier nimmt die Leistungsdichte um 6dB/okt, mit steigender Frequenz ab. Dadurch erhält man hier ein sehr dunkel klingendes Rauschen.

4.2 Wie entsteht Rauschen?

Rauschen tritt überall dort auf, wo wir es mit Ladungsträgern zu tun haben. Hat aber unterschiedliche Ursachen. Die häufigsten sind:

- Thermisches Rauschen entsteht durch die Brownsche Bewegung der Ladungsträger in allen Wirkwiderständen, auch wenn kein Strom fließt.
- Schrotrauschen entsteht nur durch Stromfluß, z.B. bei Sperr-, und Leckströmen von Halbleitern. Zusätzlich ist dieses Rauschen temperaturabhängig und nimmt mit steigender Temperatur zu.
- Stromrauschen wird meist durch die Zusammensetzung von Kohleschichtwiderständen verursacht. In dem hier vorgestellten Gerät, werden nur Metallschichtwiderstände eingesetzt, da diese wesentlich rauschärmer als Kohleschichtwiderstände sind.
- Darüber hinaus gibt es noch verschiedene Ursachen, die häufig im Zusammenhang mit den verwendeten Bauteilen stehen.

Die Hauptquelle des Rauschens ist aber die Speicherung auf Tonträgern. z.B.:

- bei Magnetbänder aller Art ist meist keine gleichmäßige Beschichtung vorhanden und bei der Magnetisierung werden nicht alle Magnetteilchen passend ausgerichtet.
- bei digitalen Speichermedien entstehen durch die Digitalisierung analoger Signale kleine Abstufungen. Diese nennt man Quantisierungsrauschen. Dieses Rauschen ist aber nur bei 8Bit-Auflösung wirklich hörbar.

Dazu kommen noch Störungen die durch die Art der Tonübertragung bestimmt werden, wie es z.B. beim Radioempfang der Fall ist..

5. Funktionsweise des DNR

Der eingesetzte Baustein LM1894, von National Semiconductors, ist ein Tiefpass mit einer dynamischer Bandweite von 800Hz-35kHz.

5.1 Psychoakustische Prinzipien

Dessen Arbeitsweise beruht auf den folgenden psychoakustischen Prinzipien:

- Weißes Rauschen kann reine Töne verdecken. Die gesamte Energie des Rauschens, muss der Energie des Nutzsymbols selbst entsprechen. Innerhalb bestimmter Grenzen ist der Geräuschumfang umso niedriger, je größer die Bandbreite der Störgeräusche ist. So lange die Gesamtenergie der Geräusche niedriger oder gleich des Nutzsymbols ist, ist das Rauschen nicht hörbar. Dieses Prinzip ist umkehrbar: Musik ist zur Maskierung von Rauschen mit der gleichen Bandweite fähig.
- Das Ohr kann keine Störungen kürzer als 1ms wahrnehmen. Deswegen öffnet ein Signal mit der entsprechenden Energie die Bandweite innerhalb von 1ms auf 90%. Eine Reduzierung der Bandweite auf 10% erfolgt innerhalb von 60ms. Das ist lang genug um das Musiksymbols passieren zu lassen, aber nicht so lang um das Rauschen wahrzunehmen. Eine Verkleinerung der Audio-Bandweite reduziert die Wahrnehmbarkeit des Rauschens. Diese ist vom Rauschspektrum abhängig, oder davon wie die Energie verteilt ist.
- Die Empfindlichkeit des Ohrs erhöht sich zwischen 2 und 10kHz sehr stark. Geräusche in diesem Bereich sind extrem hörbar. Der Tiefpassfilter des DNR filtert diese Geräusche, somit werden diese nicht mehr wahrgenommen Tiefe Frequenzen hingegen öffnen die DNR-Bandweite nicht bemerkenswert.

Aufgrund dieser Prinzipien kann mit dem LM1894 ein dynamisches Rauschunterdrückungssystem realisiert werden, das keine vorhergehende Enkodierung des Audio-Symbols benötigt, wie es zum Beispiel bei allen Dolby-Varianten, HighCom oder auch dbx notwendig ist.

5.2 Der LM1894

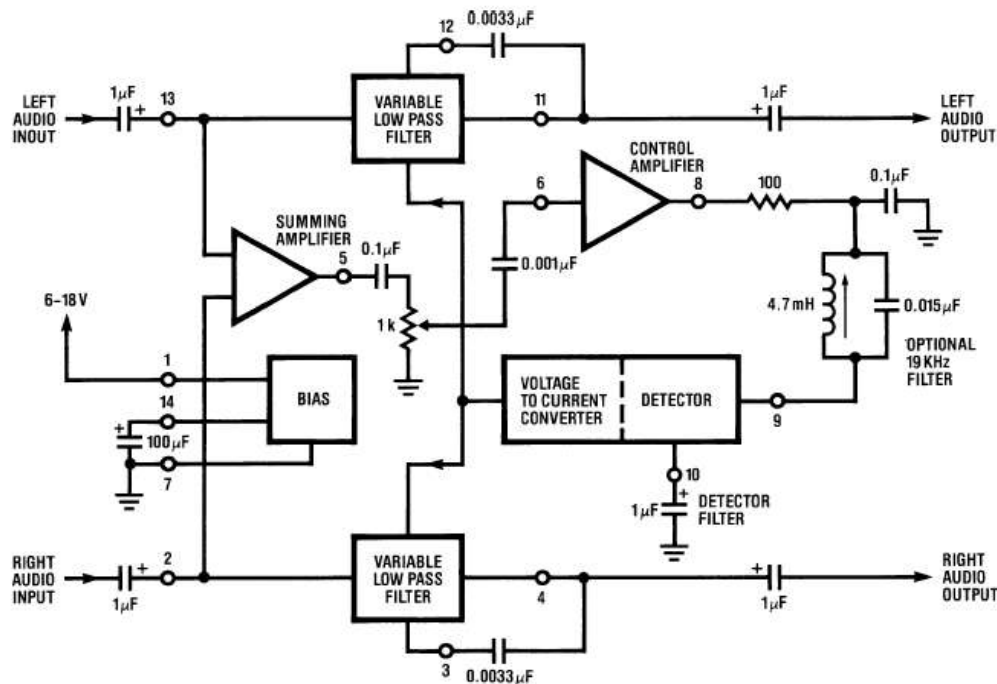


Abbildung 1, DNR Blockschaltbild, aus AN-384 von National Semiconductors

Der LM1894 besitzt zwei Signalpfade, einen Hauptsignal-Pfad und einen Pfad zur Kontrolle der Bandweite. Der Hauptsignal-Pfad ist ein variabler Audio Tiefpass-Filter.

Die Aufgabe des Kontroll-Pfades besteht darin, ein Bandweiten-Kontroll-Signal zu erzeugen, welches die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres in Bezug auf ein Rauschen in einem Ton nachbildet. Ein einziger Kontroll-Pfad wird für beide Kanäle verwendet um ein wandern des Stereo-Bildes zwischen den Kanälen zu verhindern. Dies wird über die Addition der beiden Kanäle über den Summenverstärker erreicht.

Das Poti, zwischen Pin 5 und 6, verwendet den vorhandenen Rauschpegel um die Filterbandweite des Tiefpassfilters zu öffnen. Die Verstärkung des Kontrollpfades liegt bei 60dB und wird über Verstärkung des Peak-Detectors und die des Control-Verstärkers bestimmt. Diese große Verstärkung ist notwendig um sicherzustellen, dass die Filterbandweite des Tiefpassfilters auch bei leisem Rauschen geöffnet werden kann. Die Kondensatoren zwischen dem Summenverstärker und dem Peak-Detector (Pin 8 und 9) bestimmen die Frequenzgewichtung. Der 1µF Kondensator an Pin 10, bestimmt zusammen mit internen Widerständen die Attack-, und Decay-Zeiten. Die resultierende Spannung wird in einen proportionalen Strom umgewandelt, der in die Tiefpassfilter-Stufen eingespeist wird.

In FM-Stereo-Anwendungen wird zwischen Pin 8 und 9 zusätzlich ein 19kHz Filter geschaltet um die Detector-Stufe nicht mit dem FM-Pilot-Ton zu beeinflussen.

6. Schnittstellen

Zur Ein- und Ausgabe des Audio-Signals dienen zwei Scart-Buchsen auf der Rückseite des Gerätes. Alle nichtbenötigten Signale werden direkt an die Ausgangsbuchse weitergegeben.

7. Operation Modes

Im Ausgeschalteten Zustand bleibt das Audio-Signal von dem Gerät unbeeinflusst. Dies geschieht mit Hilfe des Relais K1 auf der Ein-, Ausgangsplatine. Dieses schaltet, beim Trennen der Versorgungsspannung, das Audio-Signal der Eingangsbuchse direkt auf die Ausgangsbuchse durch.

Im Betrieb läßt sich mit dem frontseitigen Potentiometer die Bandbreite des DNR einstellen. Dies ist einem Bereich zwischen 965Hz bis 34kHz möglich.

8. Verifikationsplan

8.1 Netzteil

Der Test des Netzteils besteht aus der Messung der:

- Ausgangsspannung
- Kurzschlußfestigkeit (ist durch die beiden Festspannungsregler gewährleistet)

Zusätzlich wurde das Gerät noch zwei Stunden unter Vollast (je 300mA) getestet; dabei traten auch keine Probleme auf.

8.2 Ein-Ausgangsplatine

Zum Testen ist hier nur ein Messen der Verbindungen auf Durchgang nötig. Zur weiteren Funktionsprüfung reicht es aus ein beliebiges Gerät mit Scart-Ausgang auf dem Eingang anzuschließen und den Ausgang mit Hilfe eines TV-Gerätes zu kontrollieren.

8.3 Aussteuerungsanzeige

Die ursprüngliche Version der Aussteuerungsanzeige war leider nicht korrekt dimensioniert. Daraus ergab sich das Problem, dass nicht alle 10 LEDs zur Anzeige genutzt wurden sondern nur die mittleren drei, d.h. die Skalierung des Eingangssignals war nicht in Ordnung. Durch die Anpassung der Schaltung, an das Beispiel im Datenblattes des LM1894, wird nun die komplette Bandbreite angezeigt.

8.4 DNR

Zur Erzeugung und Messung der Audio-Signale wurde jeweils die Software „Adobe-Audition 1.5“ verwendet. Als Schnittstelle diente dabei eine „Terratec EWX24/96“ Soundkarte.

Die Darstellung der Audio-Signale erfolgt jeweils in der Spektralansicht. In dieser werden auf der vertikalen Achse die Frequenzen dargestellt. Je größer dabei die Amplitude eines Signals ist, desto heller ist die angezeigte Farbe. Die Farbe variiert von Dunkelblau (geringe Amplitude der Frequenz) bis zu einem hellen Gelb (hohe Amplitude der Frequenz).

Zum einfachen Testen des Filter-Effektes wurde zuerst ein „braunes Rauschen“ erzeugt. Dieses sieht in der Spektralansicht folgendermaßen aus:

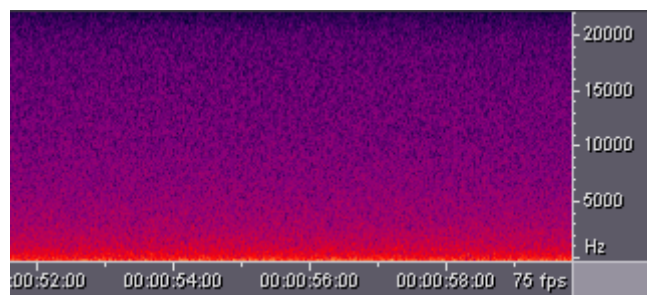


Abbildung 2, Spektralansicht: Braunes Rauschen

Der Anteil an niederfrequenten Tönen ist hier sehr groß. Bei anderer Verteilung der Frequenzen würde das DNR nicht mehr ansprechen, da große Amplituden der hohen Frequenzen die Bandbreite des Filters komplett öffnen würden, was in diesem Fall das DNR unwirksam gemacht hätte.

Dieses Signal wurde nun durch das DNR bei minimaler Bandbreite gefiltert und wieder am PC aufgenommen:

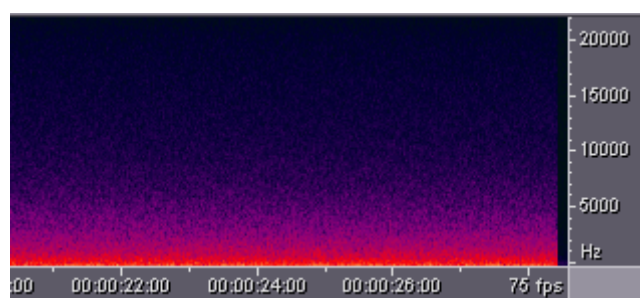


Abbildung 3, Spektralansicht: Braunes Rauschen / gefiltert

Wie man sieht wurden hier die Lautstärke der hohen Frequenzen deutlich reduziert.

Für einen praxisnahen Test wurde ein „weißes Rauschen“, mit geringer Signalstärke, erzeugt und mit einem Musikstück gemischt. Dies entspricht ungefähr einem stark verrauschten Signal, wie bei einem schlechten Radiosender:

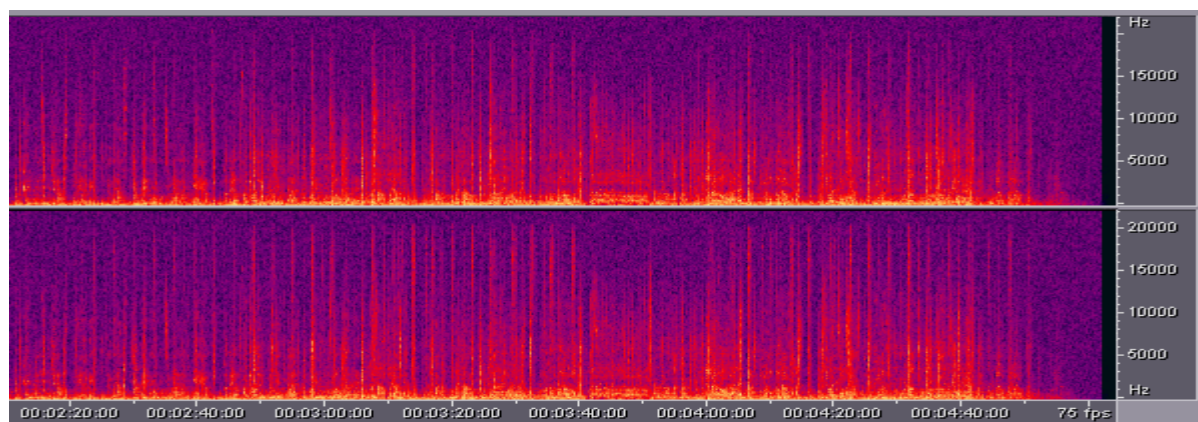


Abbildung 4, Spektralansicht: Musiksignal gemischt mit Weißem Rauschen

Die gelben „Streifen“ sind die Impulse der hochtonreichen Musikpassagen. Der eigentlich schwarze Hintergrund ist nun deutlich mit dem Rauschsignal eingefärbt.

Das wieder mit dem DNR gefilterte Signal:

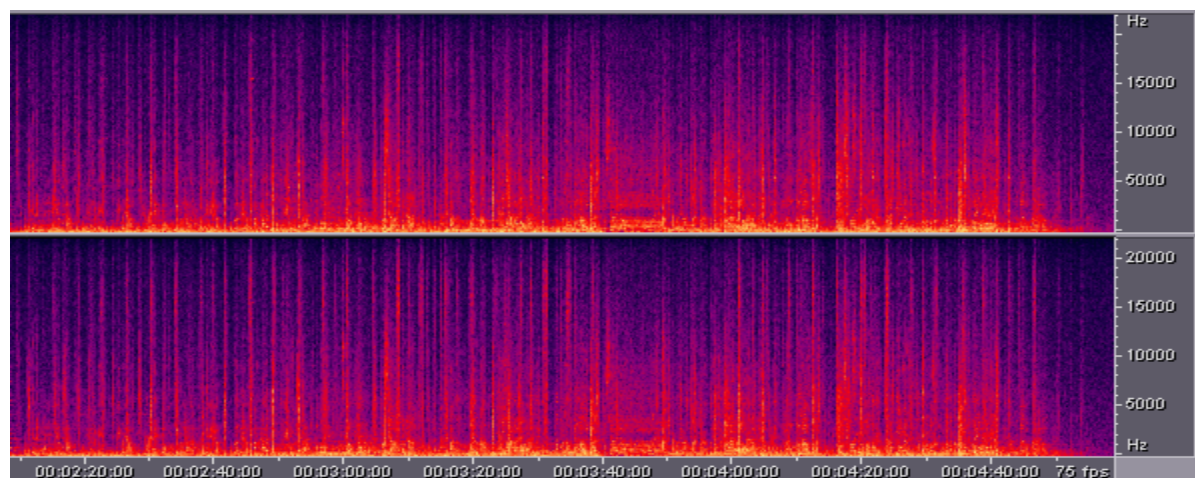


Abbildung 5, Spektralansicht: Musiksignal gemischt mit Weißem Rauschen / gefiltert

Hier wurde das „Störrauschen“ zwischen den Bereichen der Musik mit lauten Hochtonanteilen wesentlich vermindert.

9. Erweiterungsmöglichkeiten des Gesamtsystems

Die Schnittstelle auf der DNR-Platine (SV2) ermöglicht eine Filterung des FM-Pilot-Tones und eine Überbrückung der DNR-Funktion.

Für zusätzliche Funktionen besitzt das Gerät eine symmetrische 15V Spannungsversorgung. Geplant sind hier:

- Ein Parametrischer Zweiband-Equalizer
- Ein Limiter für die Lautstärke
- evtl noch ein kleiner Spektrum-Analyzer mit einer 5x7-Punkt-Matrix als Anzeige

10. Baugruppen

In allen Schaltungen wurden wegen der Langzeitstabilität hauptsächlich Folienkondensatoren eingesetzt. Bei höheren Kapazitäten kamen Elkos in Industrieausführung (105°) oder Trocken-Elkos von Sanyo zum Einsatz. Die restlichen sind Keramik-Kondensatoren.

Alle Widerstände sind Metallschichtwiderstände, wegen des geringen Eingenrauschens.

10.1 Netzteil

10.1.1 Beschreibung

Das Netzteil liefert eine symmetrische Ausgangsspannung von $\pm 15V$ und jeweils einen maximalen Ausgangsstrom von 333mA. Es benötigt eine primärseitige Versorgungsspannung von 230V Wechselspannung.

Die Gleichrichtung der sekundärseitigen Wechselspannung erfolgt über die Dioden D1 – D4. Die Kondensatoren C1 und C2 glätten anschließend die gleichgerichtete Spannung. C3 – C6 stabilisieren das Regelverhalten der beiden Spannungsregler. C7 und C8 glätten die Gleichspannung nochmals.

Die LED zur Anzeige der Versorgungsspannung ist an der unstabilierten -15V Spannung angeschlossen, um keinen der beiden Spannungsregler zu belasten.

Die Dioden D5 und D6 sind Rücklaufdioden zum Schutz von IC1 und IC2. D7 und D8 verhindern im Falle eines Kurzschlusses zwischen +15V und -15V, dass die beiden Spannungsregler sich evtl. gegenseitig zerstören.

10.1.2 Pläne

10.1.2.1 Schaltplan

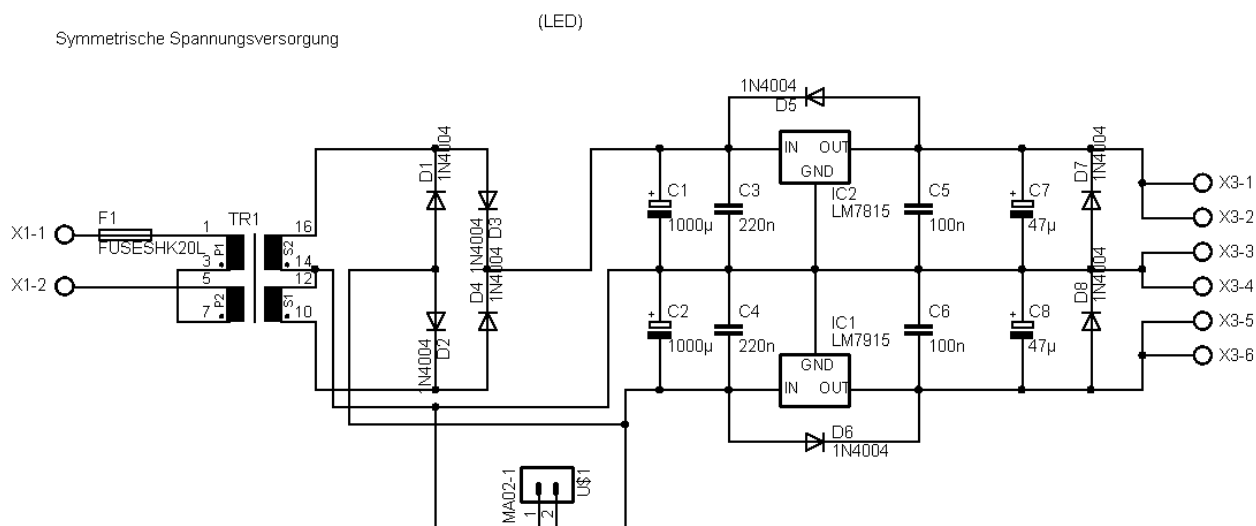


Abbildung 6, Schaltplan, Netzteil

10.1.2.2 Layout

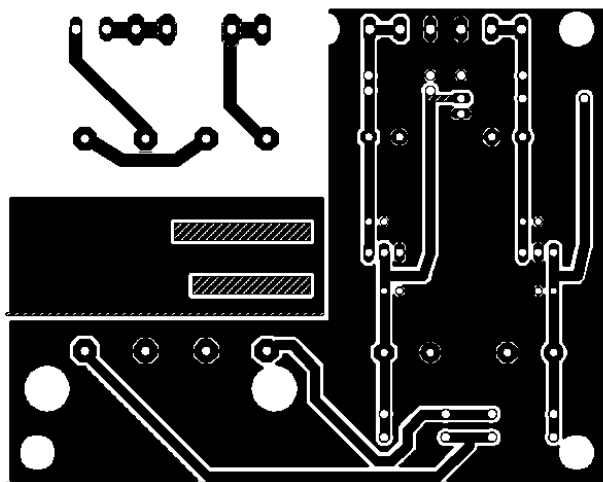


Abbildung 7, Layout Netzteil

10.1.2.3 Bestückungsplan

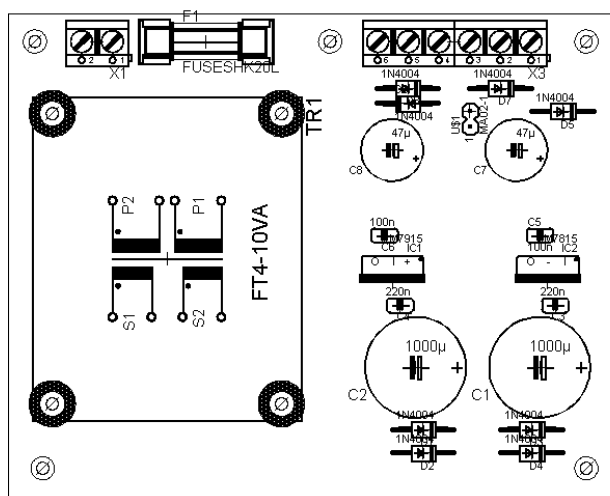


Abbildung 8, Bestückungsplan Netzteil

10.1.2.4 Bauteilliste

Bauteil	Wert	Typ	RM (mm)	Hersteller
D1-D8		1N4007		
C1,C2	1000 μ F / 63V	Elko / 105°C	7,5	
C3, C4	220nF	Keramik	2,5	
C5, C6	100nF	Keramik	2,5	
C7, C8	47 μ F / 35V	Elko / 105°C	2,0	
IC1		LM7915		
IC2		LM7815		
TR1	2x15V, 2x333mA	UI 30/16,5 10 VA		ERA
X1		Anschlussklemmen, 2-polig	5,0	
X2		Anschlussklemmen, 6-polig	5,0	
F1		Sicherungshalter, 20mm	5,0	
Stiftleiste		2-polig	2,5	
Kühlkörper		T0220 / Rth16		

10.2 Aussteuerungsanzeige (ursprüngliche Version)

10.2.1 Beschreibung

Die Aussteuerungsanzeige besteht hauptsächlich aus dem Display Driver LM3915 von National Semiconductors und einer 10-Segment LED-Anzeige. Der LM3915 ermöglicht eine direkte Ansteuerung von LEDs mit einem programmierbarem Strom von 1-30mA je LED. Der Anzeigebereich liegt bei 3dB pro Ausgang, d.h. ein Bereich von 30dB ist darstellbar.

Die Anzeige kann zwischen Bar-, und Dot-Mode umgestellt werden. Der Bar-Mode wird über den Anschluss von Pin 9 auf die Versorgungsspannung eingestellt.

C1 dient zur zusätzlichen Stabilisierung der Versorgungsspannung.

Die Dimensionierung der einzelnen Bauteile entspricht der Beispielschaltung (Seite 9) im Datenblatt des LM1894.

10.2.2 Pläne

10.2.2.1 Schaltplan (aktuelle Version)

Aussteuerungsanzeige

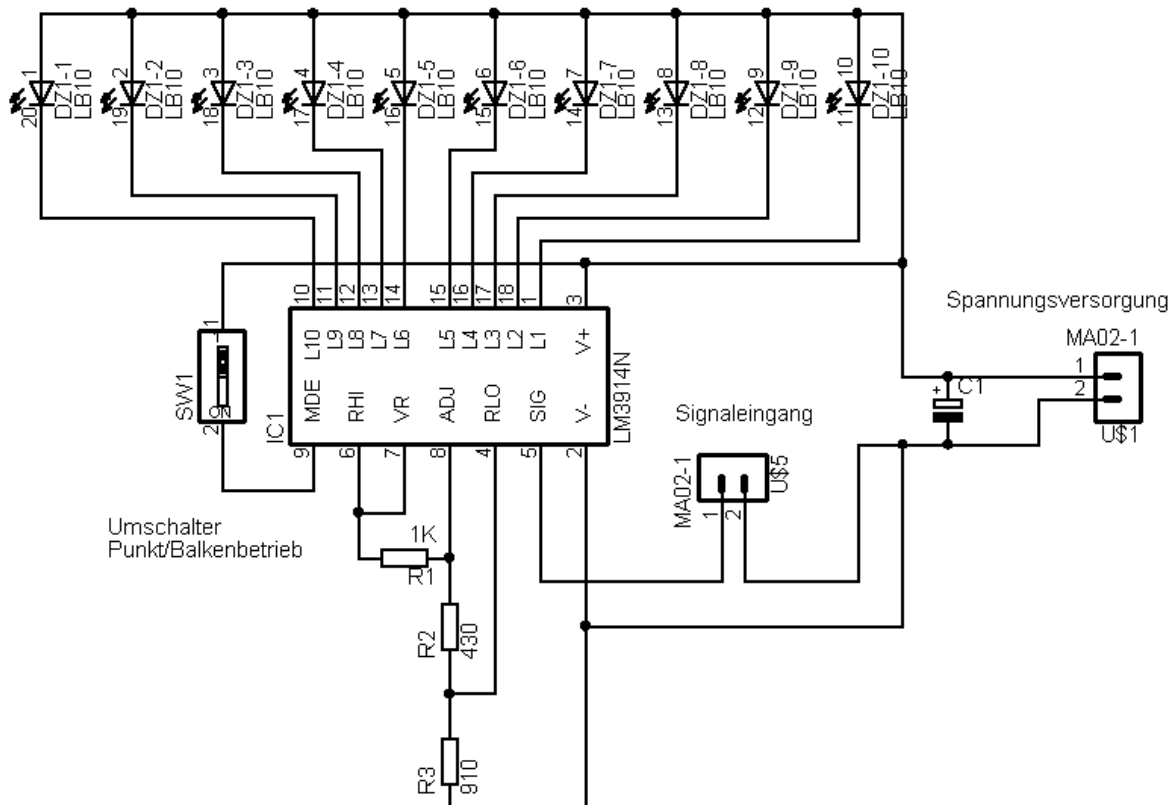


Abbildung 9, Schaltplan Aussteuerungsanzeige

10.2.2.2 Layout

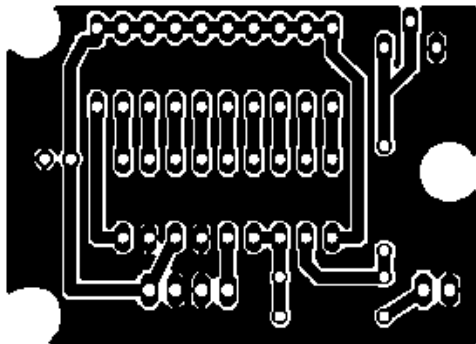


Abbildung 10, Layout Aussteuerungsanzeige

10.2.2.3 Bestückungsplan

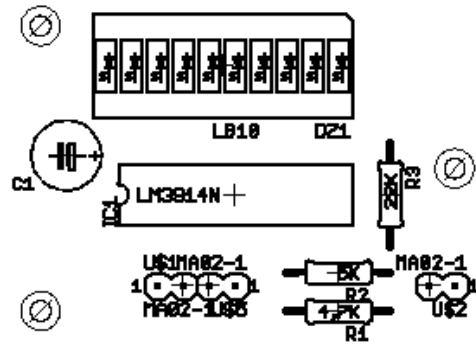


Abbildung 11, Bestückungsplan Aussteuerungsanzeige

10.2.2.4 Bauteilliste

Bauteil	Wert	Typ	RM (mm)	Hersteller
C1	2,2µF	Elko / 105°C	2,5	
D1-D10		10fach Balkenanzeige		
IC1		LM3915		National Semiconductors
R1	1k	Metallschicht, 1/4W		
R2	430	Metallschicht, 1/4W		
R3	910	Metallschicht, 1/4W		
Socket		DIL, 20-polig		
Socket		DIL, 18-polig		
Stiftleiste		4-polig	2,5	

10.3 DNR

10.3.1 Beschreibung

Der Schaltplan basiert auf der Applikation-Note 386 (AN-386) von National Semiconductors. Alle Anschlüsse erfolgen über Steckverbinder. An SV1 wird das Potentiometer zum Einstellen der Filterbandbreite angeschlossen. An SV3 wird die Pegelanzeige angeschlossen. Hierüber wird diese mit Spannung und dem Aussteuersignal versorgt. SV2 dient zur Aufnahme einer Erweiterungsplatine für Bandsperren (z.B. 19kHz-FM-Pilot-Ton) und als Überbrückungsmöglichkeit für den Baustein.

10.3.2 Rechnerische Dimensionierung

Bauteil	Wert	Dimensionierung
C8	0,1µF	Unterdrückt Störungen der Versorgungsspannung
C1, C2	1µF	Koppelkondensatoren für die Eingänge. Die untere Grenzfrequenz berechnet sich wie folgt: $f_L = \frac{1}{2\pi C2 R_{Ein}} \quad (R_{Ein} = 20 k\Omega)$
C7	100µF	Stabilisierung der Versorgungsspannung
C5, C6	3,3nF	Bestimmt die Bandbreite des Filters. Die Kapazitäten verhalten sich umgekehrt proportional zur Bandbreite. Die Standardwerte 3,3nF entsprechen einer Bandbreite von 965 Hz – 34 kHz. $f_{-3dB} = \frac{I_T}{9,1C}$ $I_T = 33\mu A \text{ MIN}; 1,05mA \text{ MAX}$
C3, C4	1µF	Koppelkondensatoren für die Ausgänge
C10	0,1µF	Bildet zusammen mit dem Poti einen Hochpass, damit die Detector-Stufe auf Frequenzen oberhalb der entsprechenden Frequenz reagiert. $f = \frac{1}{2\pi C10(R1 + R2)} = 1,6 \text{ kHz}$
C11	1nF	Arbeitet zusammen mit dem Eingangswiderstand an Pin 6. $f = \frac{1}{2\pi C11 R1_{PIN6}} = 5,3 \text{ kHz}$
C12	47nF	$f = \frac{1}{2\pi C12 R_{PIN96}} = 4,8 \text{ kHz}$
C9	1µF	Bildet die Attack und Decay Zeit der Detektor-Stufe
angeschlossen an SV1	1k Ohm - Poti	Potentiometer zum Einstellen der Bandbreite des Tiefpasses.

10.3.3 Pläne

10.3.3.1 Schaltplan

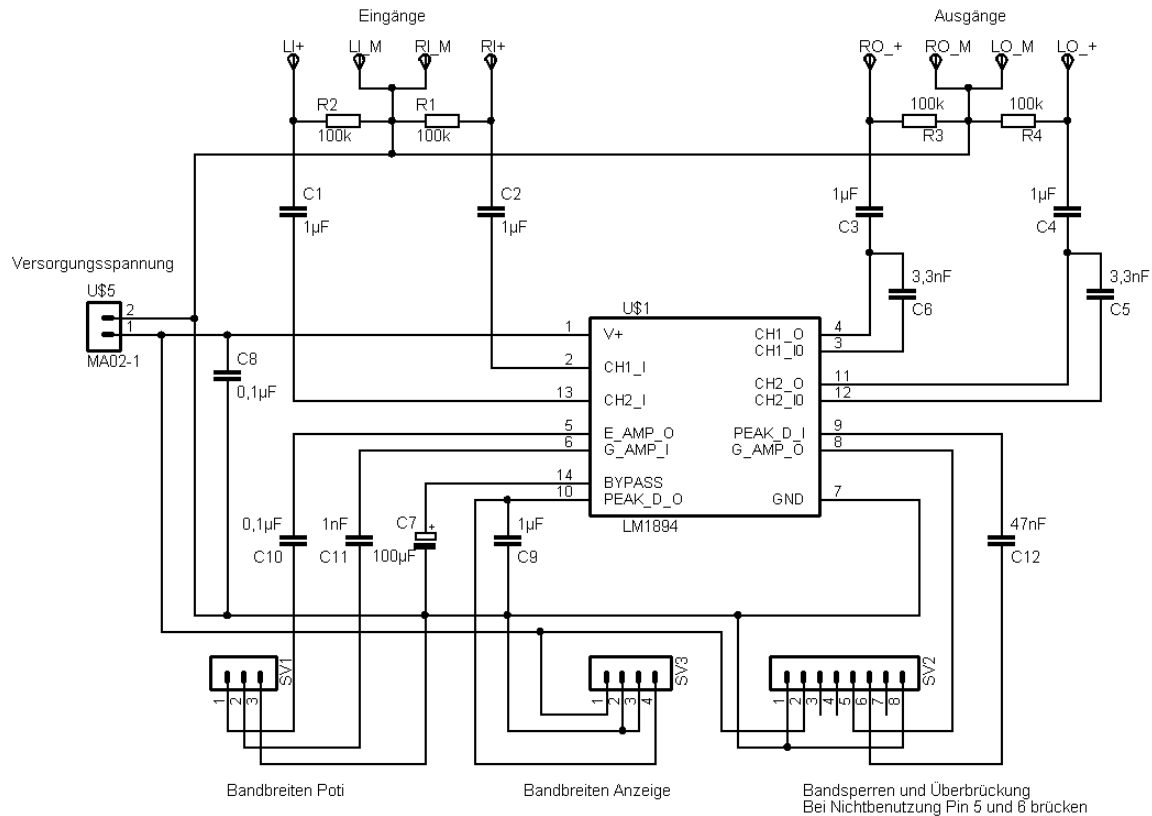


Abbildung 12, Schaltplan DNR

Steckplatz für Erweiterungsplatine (SV2):

Belegung:

- Pin 1: Masse
- Pin 2: +15V
- Pin 3: NC
- Pin 4: NC
- Pin 5: IC1 Pin 8
- Pin 6: C12
- Pin 7: NC
- Pin 8: Masse

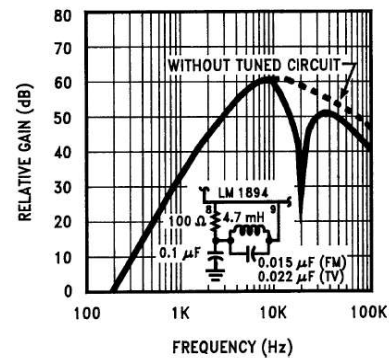


Abbildung 13, 19kHz Filter, aus AN-386 von National Semiconductors

Wird hier keine Erweiterung angeschlossen, ist Pin 5 und 6 zu brücken um eine korrekte Funktion der Schaltung sicherzustellen.

Zum Filtern des 19kHz FM-Pilot-Tones (oder anderer Frequenzen) kann hier zwischen Pin 5 und 6 ein entsprechender Filter eingesetzt werden (siehe Abbildung 14).

Der Steckplatz ist verpolungssicher ausgeführt.

10.3.3.2 Layout

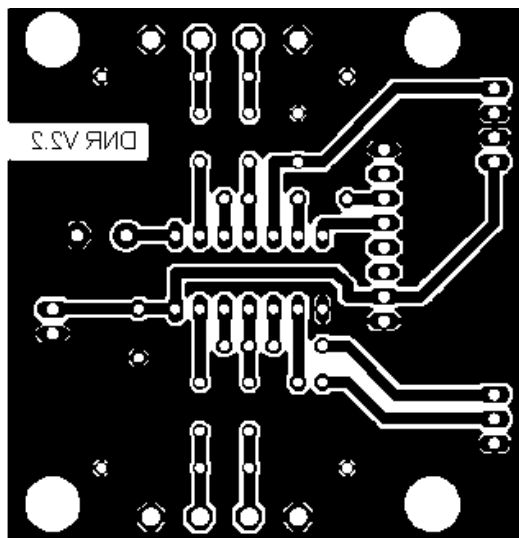


Abbildung 14, Layout DNR

10.3.3.3 Bestückungsplan

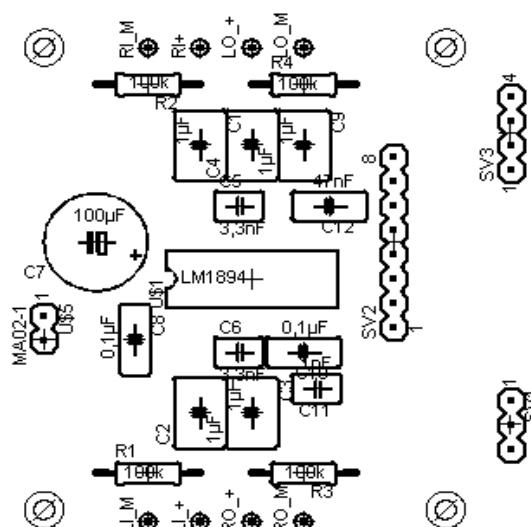


Abbildung 15, Bestückungsplan DNR

10.3.3.4 Bauteilliste

Bauteil	Wert	Typ	RM (mm)	Hersteller
C1-C4, C9	1 μ F	MKS-2-5	5,0	WIMA
C5, C6	3,3nF	MKS-02	2,0	WIMA
C7	100 μ F / 20V	OS-CON	5,0	Sanyo
C8, C10	0,1 μ F	MKS-2-5	5,0	WIMA
C11	1nF	MKS-02	2,0	WIMA
C12	47nF	MKS-2-5	5,0	WIMA
IC1		LM1894		National Semiconductors
R1-R4	100k	Metallschicht ,1/4W		
Socket		DIL 14-polig		
Stiftleiste		17-polig	2,5	
8 x Lötstifte		1,3 mm		

10.4 Ein- / Ausgänge

10.4.1 Beschreibung

Die Platine dient in erster Linie zum Durchschleifen aller nichtbenötigten Signale der Scart-Buchsen. Das Relais K1 ist direkt an die Versorgungsspannung angeschlossen und leitet im eingeschalteten Zustand die Audio-Signale durch das Gerät. Sobald das Gerät vom Netz getrennt wird, schaltet das Relais wieder ab und leitet die Audio-Signale direkt von der Ein-, auf die Ausgangsbuchse. Die Diode D1 ist zum Entstören von K1.

10.4.2 Pläne

10.4.2.1 Schaltplan

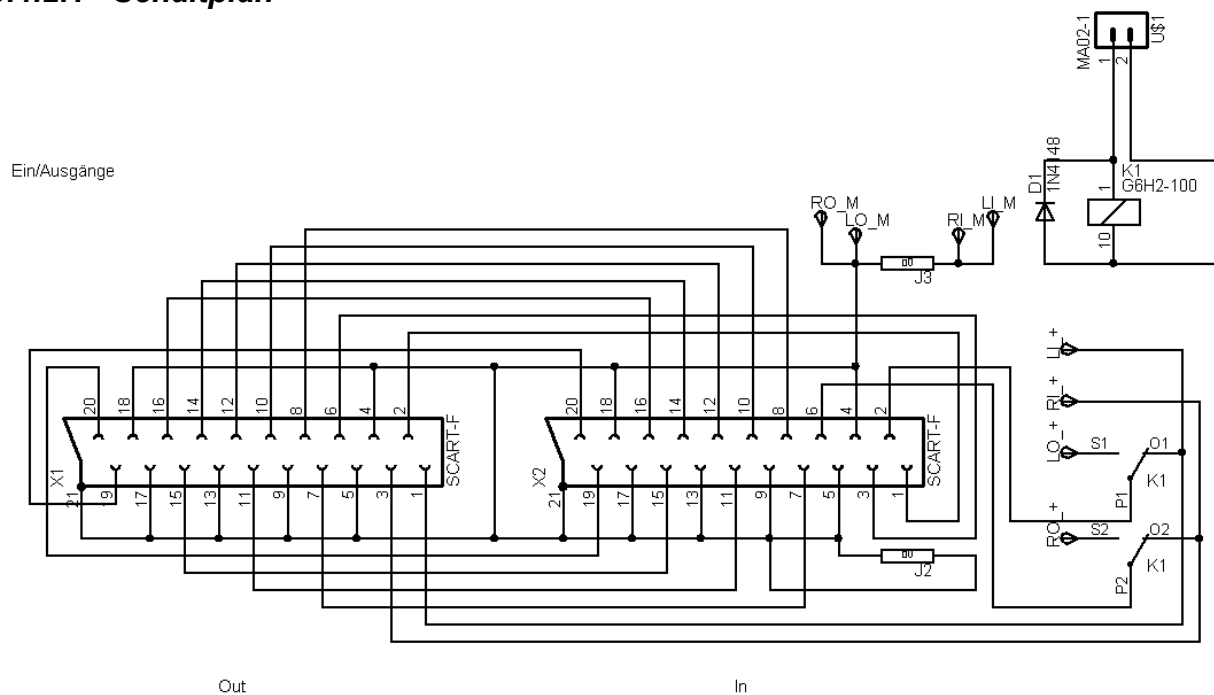


Abbildung 16, Schaltplan Ein-, Ausgänge

10.4.2.2 Layout

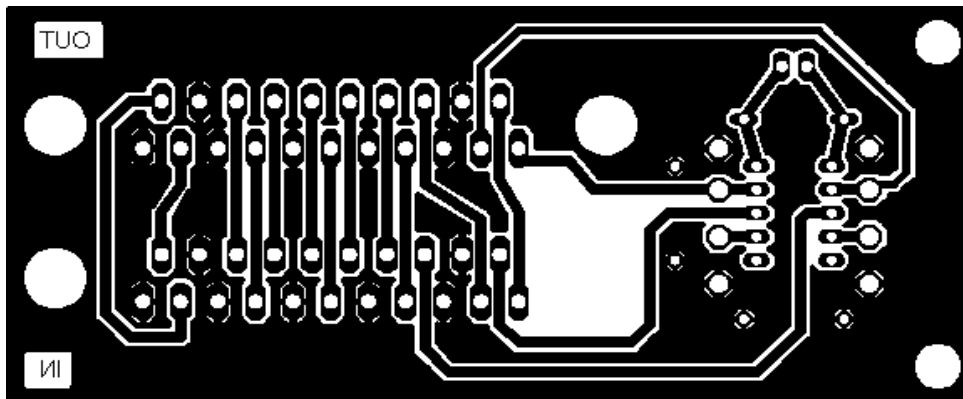


Abbildung 17, Layout Ein-, Ausgänge

10.4.2.3 Bestückungsplan

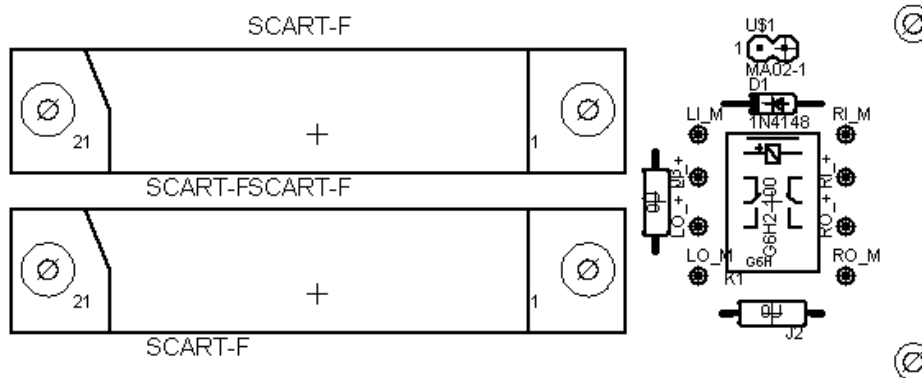


Abbildung 18, Bestückungsplan Ein-, Ausgänge

10.4.2.4 Bauteilliste

Bauteil	Wert	Typ	RM (mm)	Hersteller
D1		1N4107		
K1		GH6-2 / 12V		Omron
J1, J2		Drahtbrücke		
X1, X2		Einbau-Scart-Buchse, gerade		
4 x Lötstifte		1,3 mm		
Stiflleiste		2-polig	2,0	

10.5 Verbindungsplan

<i>Netzteil</i>	<i>Ein,- Ausgänge</i>	<i>DNR</i>	<i>Aussteuerungs- anzeige</i>	<i>Signal / Funktion</i>
<i>N1</i>	<i>N2</i>	<i>N3</i>	<i>N4</i>	
X1:1				L1
X1:2				N
X3:1		SV0:1		+15V
X3:3		SV0:2		Masse
X3:4	SV0:1			Masse
X3:5	SV0:2			-15V
SV1:1				Masse / LED
SV1:2				-15V, unstabilisiert / LED
		SV1:1 Poti		
		SV1:2 Poti		
		SV1:3 Poti		
		SV2:1	SV1:1	+15V
		SV2:2	SV1:2	Masse
		SV2:3	SV2:2	Masse
		SV2:4	SV2:1	Aussteuersignal
	RI_+	RI_+		IN rechter Kanal, +
	RI_M	RI_M		IN rechter Kanal, M
	LI_+	LI_+		IN linker Kanal, +
	LI_M	LI_M		IN linken Kanal, M
	RO_+	RO_+		OUT rechter Kanal
	RO_M	RO_M		OUT rechter Kanal, M
	LO_+	LO_+		OUT linker Kanal
	LO_M	LO_M		OUT linker Kanal, M

11. Bedienungsanleitung für den Anwender

11.1 Verwendung

Das Gerät ist für die Rauschunterdrückung von Geräten vorgesehen, die an einen Fernseher angeschlossen werden, wie z.B. Satelliten-Empfänger.

Über entsprechende Adapter kann es aber auch für jedes andere Audio-Gerät verwendet werden.

11.2 Anschluß

Das Gerät ist für eine Stromversorgung von 230V / 50Hz ausgelegt.

Der Anschluß der zu filternden Geräte erfolgt über die beiden Scart-Buchsen.

11.3 Einstellung

Über den Schalter an der Frontseite wird das Gerät aktiviert.

Die Bandbreite des DNR-Filters wird über das frontseitige Potentiometer eingestellt. In der rechten Position ist die Bandbreite am größten und somit die Filterwirkung am kleinsten; in der linken Position ist die Filterwirkung am größten und die Bandbreite am kleinsten. Die optimale Einstellung erfolgt dabei je nach Musikmaterial.

Zur optischen Kontrolle der Einstellung ist eine Pegelanzeige integriert, die die aktuelle Bandbreite des Filters wiedergibt, wobei ein größerer Ausschlag eine höhere Bandbreite darstellt.

Wer die Filterbandweite fest einstellen möchte, kann die gewünschte Einstellung erst mit einem Potentiometer ermitteln und dann statt diesem zwei feste Widerstände einsetzen. Diese müssen zusammen einen Wert von 1k Ω ergeben.

12. Informationen für den Nachbau

Für ein einfaches Gerät zur Rauschunterdrückung wird nur die „DNR“-Platine benötigt.

Die Spannungsversorgung für diese darf in einem Bereich von 4,5 – 18V liegen.

Wird zusätzlich die Aussteuerungsanzeige gewünscht, sind hier mindestens 8V nötig.

Für Anwendungen die keine Filter (z.B. 19kHz-FM-Pilot-Ton) benötigen, kann SV3 weggelassen werden und stattdessen eine Brücke zwischen Pin 5 und 6 eingesetzt werden.

Wer keine Aussteuerungsanzeige braucht kann SV2 ebenfalls weglassen.

Stromaufnahme der einzelnen Baugruppen: siehe „technische Daten“.

13. Organisation

13.1 Kostenübersicht

Gesamtpreis jeweils inkl. MwSt., Einzelpreise teilweise ohne.

13.1.1 Netzteil

<i>Bauteil / Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
1N4007		8	0,02 €	0,19 €
1000µF / 63V / 105° / Elko / rad / 7,5mm		2	0,98 €	2,27 €
220nF / Keramik / 2,5mm		2	0,12 €	0,28 €
100nF / Keramik / 2,5mm		2	0,06 €	0,14 €
47µF / 35V / 105° / Elko / rad / 5mm		2	0,09 €	0,21 €
LM7915		1	0,35 €	0,41 €
LM7815		1	0,35 €	0,41 €
UI 30 / 16,5 10VA	ERA	1	6,35 €	7,37 €
Anschlussklemme 2-polig / 5mm		1	0,29 €	0,34 €
Anschlussklemme 6-polig / 5mm		1	0,92 €	1,07 €
Sicherungshalter, 20mm / 5mm		2	0,04 €	0,09 €
T0220 / Rth16		2	0,50 €	1,16 €
Kosten				13,92 €

13.1.2 Ein-,Ausgabe

<i>Bauteil / Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
1N4007		1	0,02 €	0,02 €
GH6-2 / 12V	Omron	1	2,95 €	3,42 €
SCART-Printeinbaubuchse, gerade		2	0,31 €	0,72 €
		8	0,01	0,09 €
Kosten				4,23 €

13.1.3 Aussteuerungsanzeige

<i>Bauteil / Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
2,2F / 100V / 105° / Elko / rad / 2,5mm		1	0,03 €	0,04 €
Bargraph Anzeige grün		1	0,60 €	0,70 €
LM3915	National Semiconductors	1	1,40 €	1,62 €
1k / ¼W / Metallschicht		1	0,08 €	0,09 €
430 / ¼W / Metallschicht		1	0,08 €	0,09 €
910 / ¼W / Metallschicht		1	0,08 €	0,09 €
DIL 20-polig		1	0,23 €	0,27 €
DIL 18-polig		1	0,19 €	0,22 €
Kosten				3,13 €

13.1.4 DNR

<i>Bauteil / Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
1µF / MKS-2-5 / 5mm	WIMA	5	0,43 €	2,49 €
3,3nF / MKS-02 / 2mm	WIMA	2	0,09 €	0,21 €
100µF / 20V / OS-CON	Sanyo	1	1,29 €	1,50 €
0,1µF / MKS-2-5 / 5mm	WIMA	2	0,12 €	0,28 €
1nF / MKS-02	WIMA	1	0,09 €	0,10 €
47nF / MKS-2-5	WIMA	1	0,13 €	0,15 €
LM1894	National Semiconductors	1	1,15 €	1,33 €
100k / ¼W / Metallschicht		4	0,05 €	0,22 €
Potentiometer / 1k / linear / mono		1	0,53 €	0,61 €
DIL-Sockel 14-polig		1	0,17 €	0,20 €
Lötstifte		8	0,01 €	0,12 €
Kosten				7,22 €

13.1.5 Gehäuse

<i>Bauteil/ Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
Gehäusehalbschale / Serie 7000 / grau	ELV	2	5,10 €	10,20 €
Montagezubehör / Serie 7000	ELV	1	3,40 €	3,40 €
Rückplatte / Serie 7000 / grau	ELV	1	3,40 €	3,40 €
Rückplatte / Serie 7000 / Alu	ELV	1	3,40 €	3,40 €
Netzkabeldurchführung		1	0,95 €	0,95 €
Netzkabel, 2 adrig		1	0,95 €	0,95 €
Kosten				22,30 €

13.1.6 Sonstiges

<i>Bauteil / Typ</i>	<i>Hersteller</i>	<i>Anzahl</i>	<i>E-Preis</i>	<i>G-Preis</i>
Kunststoff Drehknopf / lichtgrau / 6mm Achse / ø 12mm	ELV	1	0,85 €	0,85 €
Wippschalter / Baureihe 1800 / 1-polig	Marquardt	1	0,77 €	0,77 €
Buchsenleiste, 1x 20-polig / 2,5mm		1	2,00 €	2,00 €
Stiftleiste, 1x 20-polig / 2,5mm		1	0,30 €	0,30 €
Steckbuchse, 2-polig	AMP	8	0,95 €	7,60 €
Steckbuchse, 3-polig	AMP	1	0,95 €	0,95 €
Kunststoff Distanzrollen, M3, 5mm		8	0,05 €	0,40 €
Kunststoff Distanzrollen, M3, 10mm		7	0,05 €	0,35 €
Kosten				13,22 €

13.1.7 Gesamtkosten

<i>Position</i>	<i>Kosten</i>
Netzteil	13,92 €
Ein-, Ausgabe	4,23 €
Aussteuerungsanzeige	3,13 €
DNR	7,22 €
Gehäuse	22,30 €
Sonstiges	13,22 €
Gesamtkosten, inkl. MwSt.	64,02 €

Kosten für Versand und die Platinenherstellung sind nicht berücksichtigt.

13.2 Verwendete Software

Adobe Audition V1.5 <http://www.adobe.de/>
EAGLE Layout Editor V4.13R1 <http://www.cadsoft.de/>
OpenOffice.org V1.1.3 <http://de.openoffice.org/>
Paint Shop Pro V9.1 <http://www.jasc.com/de/>

13.3 Datenblätter

AN-384 <http://www.national.com/an/AN/AN-384.pdf>
AN-386 <http://www.national.com/an/AN/AN-386.pdf>
AN-390 <http://www.national.com/an/AN/AN-390.pdf>
G6H-2 http://www.europe.omron.com/Images/en/165_18889.pdf
LM1894 <http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM1894.pdf>
LM3915 <http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM3915.pdf>

13.4 Literaturhinweise

Robert Sontheimer, Audio Schaltungstechnik, 2004, Elektor-Verlag GmbH, 52072 Aachen

HAMEG Instruments, Was ist Rauschen?,
http://www.hameg.com/downloads/fachartikel/HAMEG_Rauschen.pdf

Texas Instruments, Op Amp Noise Theory and Applications, 2001,
<http://focus.ti.com/lit/ml/sloa082/sloa082.pdf>

Texas Instruments, Circuit Board Layout Techniques, 2001,
<http://focus.ti.com/lit/ml/sloa089/sloa089.pdf>

Wikipedia, Weißes Rauschen, http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fes_Rauschen

Wikipedia, Braunes Rauschen, http://de.wikipedia.org/wiki/Braunes_Rauschen

Wikipedia, Rosa Rauschen, <http://de.wikipedia.org/wiki/1/f-Rauschen>

13.5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, DNR Blockschaltbild, aus AN-384 von National Semiconductors	9
Abbildung 2, Spektralansicht: Braunes Rauschen	11
Abbildung 3, Spektralansicht: Braunes Rauschen / gefiltert	11
Abbildung 4, Spektralansicht: Musiksignal gemischt mit Weißem Rauschen	12
Abbildung 5, Spektralansicht: Musiksignal gemischt mit Weißem Rauschen / gefiltert	12
Abbildung 6, Schaltplan, Netzteil	14
Abbildung 7, Layout Netzteil	15
Abbildung 8, Bestückungsplan Netzteil	15
Abbildung 9, Schaltplan Aussteuerungsanzeige	16
Abbildung 10, Layout Aussteuerungsanzeige	17
Abbildung 11, Bestückungsplan Aussteuerungsanzeige	17
Abbildung 12, Schaltplan DNR	19
Abbildung 13, 19kHz Filter, aus AN-386 von National Semiconductors	19
Abbildung 14, Layout DNR	20
Abbildung 15, Bestückungsplan DNR	20
Abbildung 16, Schaltplan Ein-, Ausgänge	21
Abbildung 17, Layout Ein-, Ausgänge	22
Abbildung 18, Bestückungsplan Ein-, Ausgänge	22