Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fachbereich Medientechnik

Labor für Nachrichtentechnik

Laborversuch 1

„Spektren und Übertragung“

Labortag	19.10.2009
Protokollführer	Malte Spiegelberg
Weitere Laborteilnehmer	Mark Schröder Dennis Wedemann
Testtat O.K.	09-10-2009

1. Kennenlernen der Übungsplatine

Nachdem wir eine Einleitung der Übungsplatine bekommen haben, lernten wir dir gesamte Schaltung kennen.

2. Durchführung

Aufgabe 1

Sinus, Dreieck und Rechteck mit 1V Amplitude und der Frequenz 1KHz, sind auf dem Oszilloscope darzustellen:

Die Zeichnungen finden sich im Anhang.

Aufgabe 2

Die Spektren des Sinus, Dreiecks und Rechtecks sind aufzunehmen, sowie deren normierte Absolutwerte mit den Filterkoeffizienten der jeweiligen Reihe zu vergleichen:

Die Zeichnungen finden sich im Anhang.

Im Spektrum des Sinus zeigte sich, dass der Sinus zu 100% aus der Grundschwingung besteht. Dies war nicht anders zu erwarten.

Bei den anderen beiden Signalen sollen nun zusätzlich die Amplituden und Frequenzen der Harmonischen ermittelt werden.

Nach Fourier setzt sich eine periodische Rechteckschwingung folgendermaßen zusammen:

$$U(t) = \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3}\sin(3 \cdot \omega_0 t) + \frac{1}{5}\sin(5 \cdot \omega_0 t) + \frac{1}{7}\sin(7 \cdot \omega_0 t) + \frac{1}{9}\sin(9 \cdot \omega_0 t) + \ldots$$

Benötigte Formeln:

$$a_n = 20 \log \frac{U_n}{U_0} \qquad \text{umgestellt nach} \qquad U_n = 10^{(a/20dB)} \cdot U_0$$

Rechteck	Frequenz	Pegel in dB	U absolut	Fourier-Koeff.
Grundschwingung	1 kHz	4.35 / 2,14	1,28 / [illegible] 1,14	
2.Harmonische	4 kHz	−5,12 / −7,33	0,43 / [illegible]	1/3
3.Harmonische	5 kHz	−9,48 / −11,2	0,26 /	1/5
4.Harmonische	7 kHz	−17,21 / −14,42	0,13	1/7
5.Harmonische	9 kHz	−14,81 / −17,08	0,14	1/9

Nach Fourier setzt sich eine periodische Dreieckschwingung folgendermaßen zusammen:

$$U(t) = \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{9}\sin(3\cdot\omega_0 t) + \frac{1}{25}\sin(5\cdot\omega_0 t) + \frac{1}{49}\sin(7\cdot\omega_0 t) + \frac{1}{81}\sin(9\cdot\omega_0 t) + \ldots$$

Dreieck	Frequenz	Pegel in dB	U absolut	Fourier-Koeff.
Grundschwingung	1kHz	0,034 / -2,18	0,778	
2.Harmonische	3kHz	-18,896 / -21,11	0,088	1/9
3.Harmonische	5kHz	-26,66 / -28,87	0,036	1/25
4.Harmonische	7kHz	-31,77 / -33,98	0,02	1/49
5.Harmonische	9kHz	-36,2 / -38,42	0,011	1/81

Aufgabe 3

Ermittlung der Grenzfrequenz eines Tiefpasses erster und dann zweiter Ordnung.

Das Tiefpassfilter auf der Übungsplatine hat folgende Werte:

R1 = 1,6 KΩ   C1= 100nF

Damit ergibt sich folgende Grenzfrequenz:

$$fg = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$fg = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}6K\Omega \cdot 100nF} = 994{,}7\ Hz$$

Ein Tiefpass ist eine Schaltung, die tiefe Frequenzen unverändert überträgt und bei hohen Frequenzen eine Abschwächung und Phasenverschiebung bewirkt.
Eine tiefe Frequenz ist 0,01 x fg. Mit dieser Frequenz wird an Messpunkt MP2 ein Pegel von 1000mV eingestellt und dann die Frequenz so lange erhöht, bis eine Spannung von 707mV anliegt. Dies entspricht eine Dämpfung von –3dB.

Werden 2 entkoppelte Tiefpässe hintereinander geschaltet, so hat jedes Filter bei fg –3dB, sodass in Summe sich eine Dämpfung von –6dB ergibt.
Weil auch beim Filter 2.Ordnung auch die fg bei –3dB definiert ist, ist diese fg nun bei der Frequenz, bei der jedes einzelne Filter –1,5dB hat.

$$fg2 = fg1\sqrt{\sqrt{2}-1} =$$

Aufgabe 5

Für Lautsprecherweichen genügen Filter 1. und 2.Ordnung. Um aber im Radio die einzelnen Sender zu selektieren, benötigt man für eine höhere Trennschärfe Filter höherer Ordnung. Auf der Übungsplatine ist als Beispiel für ein selektives Filter, ein aktives 1 KHz Filter aufgebaut.

Messwertabelle:

1 KHz Filter

dB	U 2	fgu	fgo
0	1000mV	1kHz	= f res 1kHz
-1,5	840mV	977 Hz	1,24 kHz
-3	707mV	947 Hz	1,28 kHz
-6	500mV	880 Hz	1,38 kHz
-10	316mV	770 Hz	1,58 kHz
-20	100mV	410 Hz	3,01 kHz

Der Amplitudenfrequenzgang befindet sich im Anhang.

Vergleich beider Filtertypen:

	Filter 2.Ordnung	1 KHz Filter
Resonazfrequenz	f r = 1kHz	f r = 1kHz
Bandbreite	.b= 1967 Hz	. b = 233Hz

Messwerttabellen

Filter 1.Ordnung

dB	U 2	Frequenz
0	1000mV	10 Hz
-1,5	840mV	830 Hz
-3	707mV	966 Hz
-6	500mV	1,657 kHz
-10	316mV	2,9 kHz
-20	100mV	9,5 kHz

Filter 2.Ordnung

dB	U 2	Frequenz
0	1000mV	10 Hz
-1,5	840mV	442 Hz
-3	707mV	642 Hz
-6	500mV	990 Hz
-10	316mV	1454 Hz
-20	100mV	2,90 kHz

Der Amplitudenfrequenzgang befindet sich im Anhang.

Aufgabe 4

Ein Hochpass ist eine Schaltung, die hohe Frequenzen unverändert überträgt und bei tiefen Frequenzen eine Abschwächung und Phasenverschiebung bewirkt.
Eine hohe Frequenz ist 100 x fg. Mit dieser Frequenz wird an Messpunkt MP2 ein Pegel von 1000mV eingestellt und dann die Frequenz so lange erniedrigt, bis eine Spannung von 707mV anliegt. Dies entspricht eine Dämpfung von –3dB.

Das Hochpassfilter auf der Übungsplatine hat folgende Werte:
R1 = 1,6 KΩ   C1= 100nF
Damit ergibt sich folgende Grenzfrequenz:

$$fg = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}6K\Omega \cdot 100nF} = \quad 994,7 \approx 995\ Hz$$

Durch die Reihenschaltung eines Hoch- und Tiefpasses erhält man ein Bandpass. Seine Ausgangsspannung geht für hohe und tiefe Frequenzen gegen null. Der resultierende Frequenzgang ist gleich dem Produkt der Einzelfrequenzgänge.
Die sogenannte Resonanzfrequenz ergibt sich bei dem Spannungsmaximum und es gibt eine untere und obere Grenzfrequenz. Die Differenz beider Grenzfrequenzen ist die Bandbreite des Filters.

Hochpass

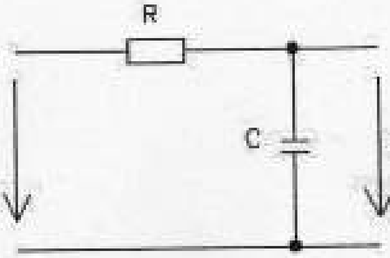
dB	U 2	Frequenz
0	1000mV	10kHz
-1,5	840mV	1413 Hz
-3	707mV	972 Hz
-6	500mV	507 Hz
-10	316mV	254 Hz
-20	100mV	89 Hz

Bandpass

dB	U 2	fgu	fgo
0	1000mV	1kHz	= f res 1kHz
-1,5	840mV	515 Hz	1979 Hz
-3	707mV	393 Hz	2,56 kHz
-6	500mV	255 Hz	3,88 kHz
-10	316mV	157 Hz	5,98 kHz
-20	100mV	48 Hz	19,4 kHz

Berechnung der resultierenden Grenzfrequenz bei Reihenschaltung entkoppelter Tief-Hochpässe

Tiefpaß:



$$\frac{U2}{U1} = \frac{\frac{1}{j}\omega C}{R + \frac{1}{j}\omega C} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$\left|\frac{U2}{U1}\right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f / fg)^2}} \quad **$$

Bei Grenzfrequez gilt: $\left|\frac{U2}{U1}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

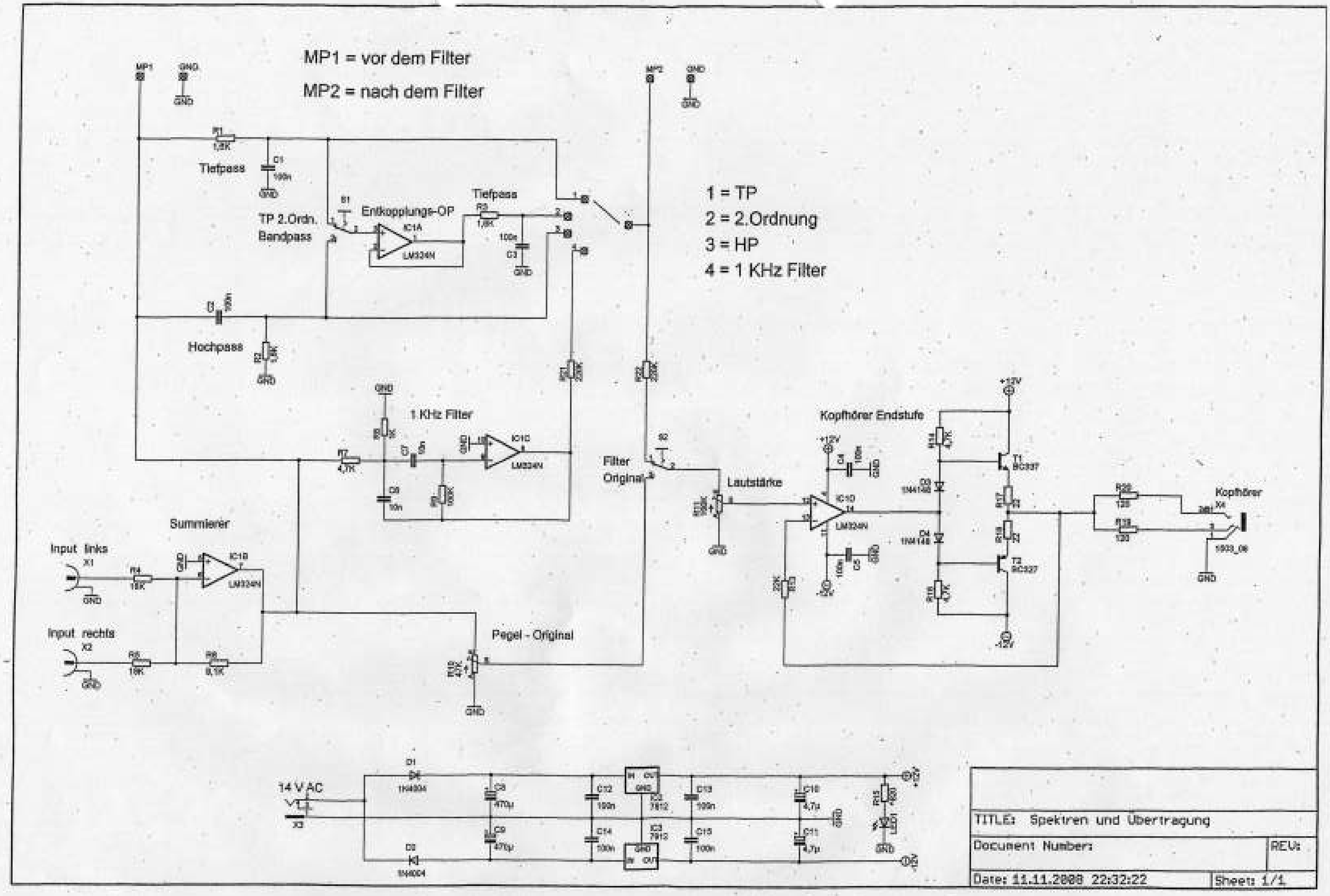
Ansatz für 2 entkoppelte Tiefpässe: $\left|\frac{U2}{U1}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + (f / fg)^2}}\right)^2$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1 + (f / fg)^2}$$

$$\sqrt{\sqrt{2} - 1} = f / fg \quad ; \quad f = fg\sqrt{\sqrt{2} - 1} = fgrenz$$

Allgemein: $fgrenz = fg\sqrt{\sqrt[n]{2} - 1}$ n für die Anzahl der in Reihe geschalteten Tiefpässe.

** $fg = \frac{1}{2\pi RC}$; $\omega g = 1 / RC$; $RC = 1 / \omega g$; $\omega RC = \frac{\omega}{\omega g} = \frac{f}{fg}$



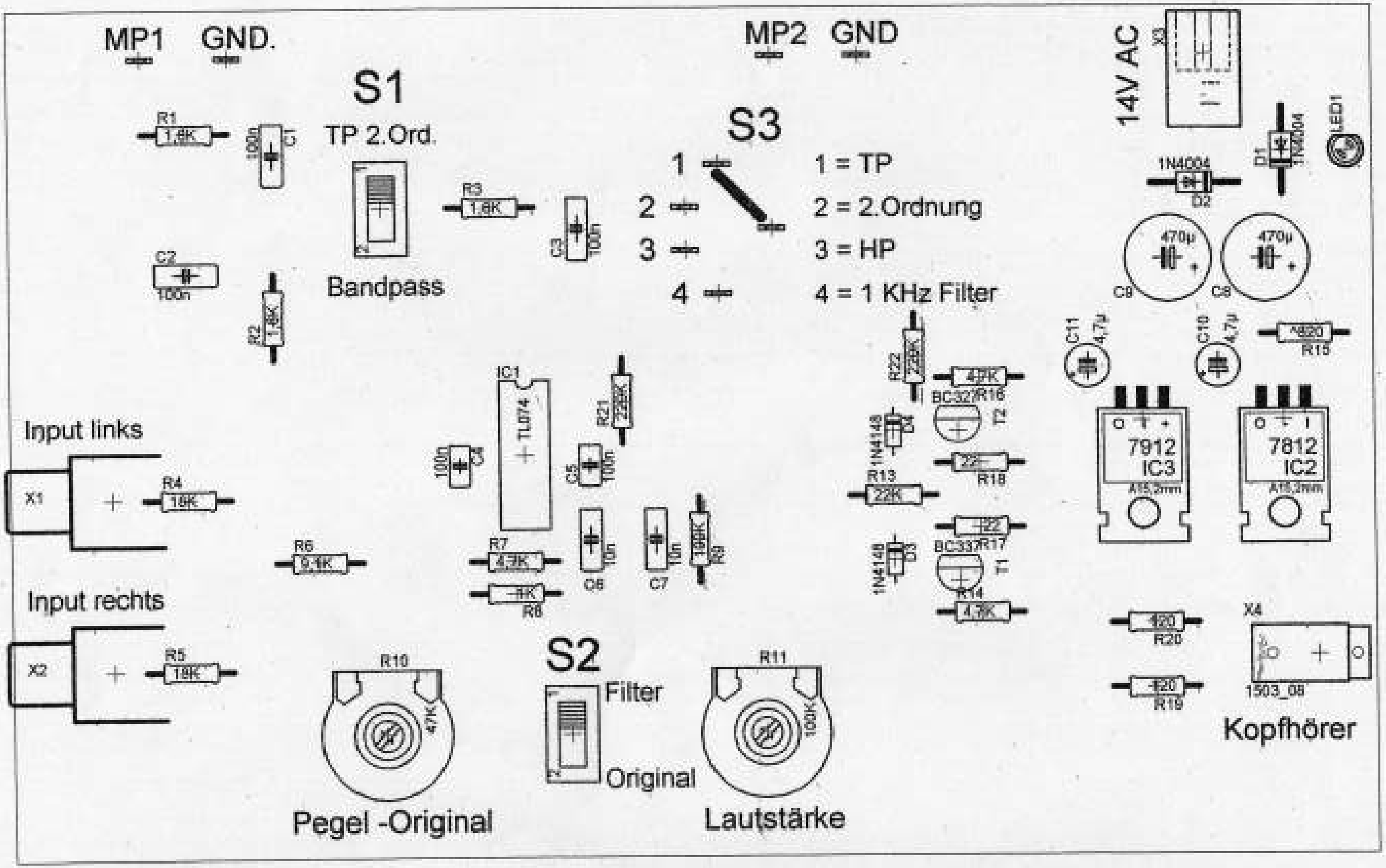
TITLE: Spektren und Übertragung

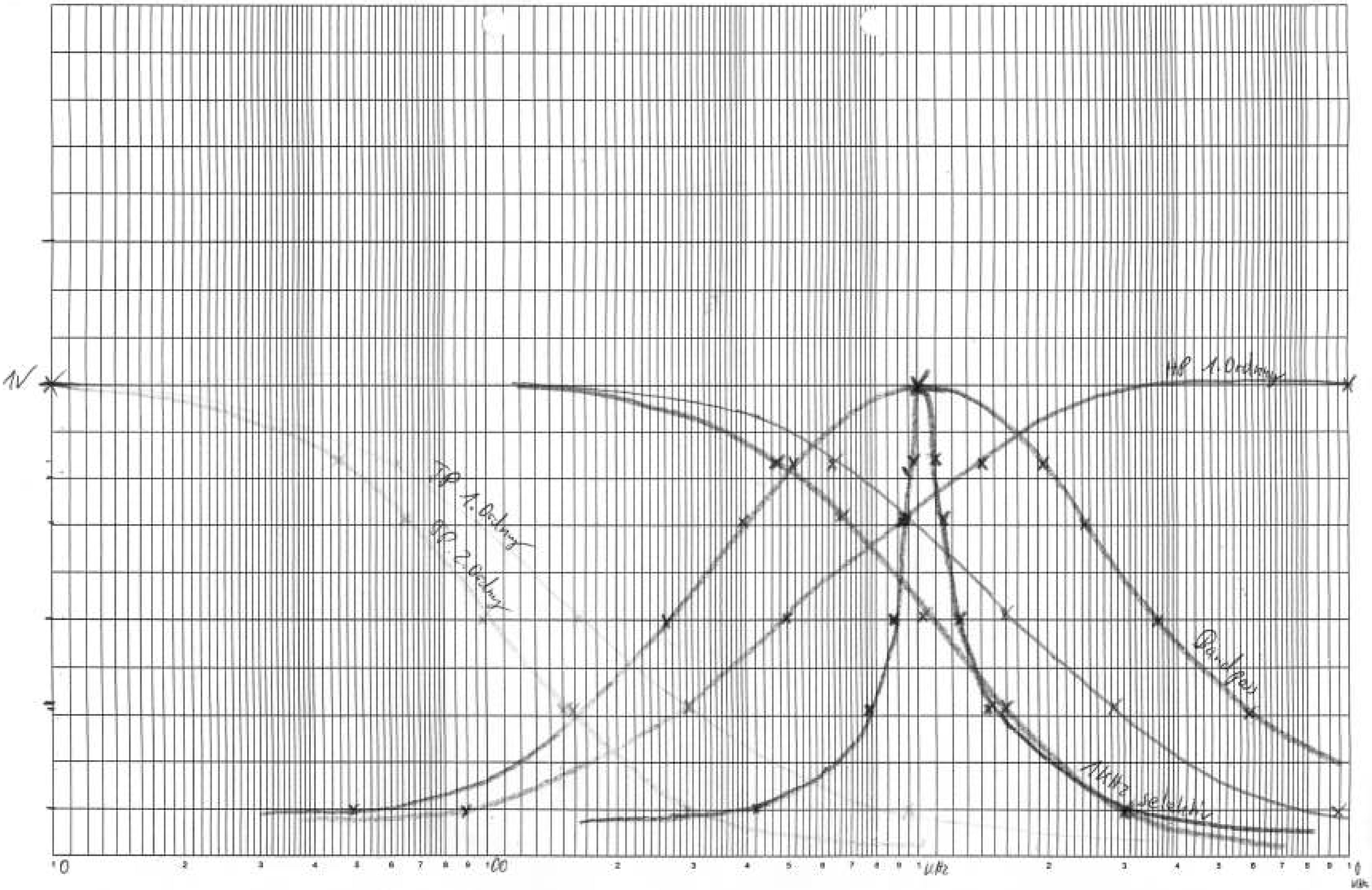
Document Number:

REV:

Date: 11.11.2008 22:32:22

Sheet: 1/1


MP1
GND.
S1
TP 2.Ord.
Bandpass
R1 1,8K
C1 100n
C2 100n
R2 1,8K
R3 1,8K
C3 100n
S3
1
2
3
4
1 = TP
2 = 2.Ordnung
3 = HP
4 = 1 KHz Filter
MP2
GND
14V AC
X3
1N4004
D2
D1 1N4004
LED1
470µ
C9
470µ
C8
C11 4,7µ
C10 4,7µ
R15
7912
IC3
7812
IC2
Input links
X1
R4 18K
Input rechts
X2
R5 18K
R6 9,1K
IC1
TL074
C4 100n
R21 228K
C5 100n
R7 4,3K
R8
C6 10n
C7 10n
R9 100K
R22 228K
R16 47K
BC327
T2
1N4148
D4
R18 22
R13 22K
R17 22
BC337
T1
1N4148
D3
R14 4,7K
R20 820
R19 820
X4
1503_08
Kopfhörer
R10 47K
Pegel -Original
S2
Filter
Original
R11 100K
Lautstärke



1V
HP 1. Ordnung
TP 1. Ordnung
TP 2. Ordnung
Bandpass
selektiv
10
100
1 kHz
10 kHz