



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.Ki	19.10.2009 Bier

1. Kennenlernen der Übungsplatine

Nachdem wir eine Einleitung der Übungsplatine bekommen haben, lernten wir die 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:

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

Benötigte Formeln:

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

Rechteck	Frequenz	Pegel in dB	U absolut	Fourier-Koeff.
Grundschwingung	1 kHz	4,35 / 2,14	1,28 1,4	
2. Harmonische	2 kHz	-5,12 / -7,33	0,43 0,33	1/3
3. Harmonische	3 kHz	-9,48 / -11,2	0,26 0,2	1/5
4. Harmonische	4 kHz	-11,71 / -14,42	0,17	1/7
5. Harmonische	5 kHz	-14,81 / -17,08	0,14	1/9

Nach Fourier setzt sich eine periodische Dreieckschwingung folgendermaßen zusammen:

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

Dreieck	Frequenz	Pegel in dB	U absolut	Fourier-Koeff.
Grundschiwingung	1 kHz	0,034 / -2,18	0,778	
2. Harmonische	3 kHz	-18,896 / -21,11	0,083	1/9
3. Harmonische	5 kHz	-26,661 / -28,87	0,038	1/25
4. Harmonische	7 kHz	-31,771 / -33,98	0,021	1/49
5. Harmonische	9 kHz	-36,21 / -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:

$$R1 = 1,6 \text{ K}\Omega \quad C1 = 100 \text{ nF}$$

Damit ergibt sich folgende Grenzfrequenz:

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

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

Ein Tiefpass ist eine Schaltung, die tiefe Frequenzen unverändert überträgt und bei hohen Frequenzen eine Abschwächung und Phasenverschiebung bewirkt.

Eine tiefe Frequenz ist $0,01 \times f_g$. 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 f_g -3dB, sodass in Summe sich eine Dämpfung von -6dB ergibt.

Weil auch beim Filter 2. Ordnung auch die f_g bei -3dB definiert ist, ist diese f_g nun bei der Frequenz, bei der jedes einzelne Filter -1,5dB hat.

$$f_{g2} = f_{g1} \sqrt{\sqrt{2} - 1} =$$

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	f _{gu}	f _{go}
0	1000mV	1k Hz	= f _{res} 1k Hz
-1,5	840mV	977 Hz	1,24 k Hz
-3	707mV	947 Hz	1,28 k Hz
-6	500mV	880 Hz	1,38 k Hz
-10	316mV	770 Hz	1,58 k Hz
-20	100mV	410 Hz	3,01 k Hz

Der Amplitudenfrequenzgang befindet sich im Anhang.

Vergleich beider Filtertypen:

	Filter 2. Ordnung	1 KHz Filter
Resonanzfrequenz	f _r = 1k Hz	f _r = 1k Hz
Bandbreite	b = 1967 Hz	b = 233 Hz

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	1,54 kHz
-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 $100 \times f_g$. 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:

$$R1 = 1,6 \text{ K}\Omega \quad C1 = 100 \text{ nF}$$

Damit ergibt sich folgende Grenzfrequenz:

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

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	10 Hz
-1,5	840mV	1413 Hz
-3	707mV	592 Hz
-6	500mV	507 Hz
-10	316mV	254 Hz
-20	100mV	89 Hz

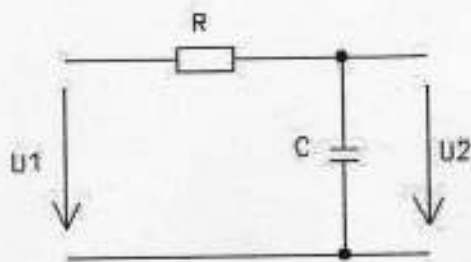
Bandpass

dB	U 2	f_{gu}	f_{go}
0	1000mV	10 Hz	= f res 1 kHz
-1,5	840mV	515 Hz	1979 Hz
-3	707mV	393 Hz	2,36 kHz
-6	500mV	255 Hz	3,68 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:



$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

$$\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_g)^2}} \quad **$$

Bei Grenzfrequenz gilt:

$$\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Ansatz für 2 entkoppelte Tiefpässe:

$$\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}} = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + (f/f_g)^2}} \right)^2$$

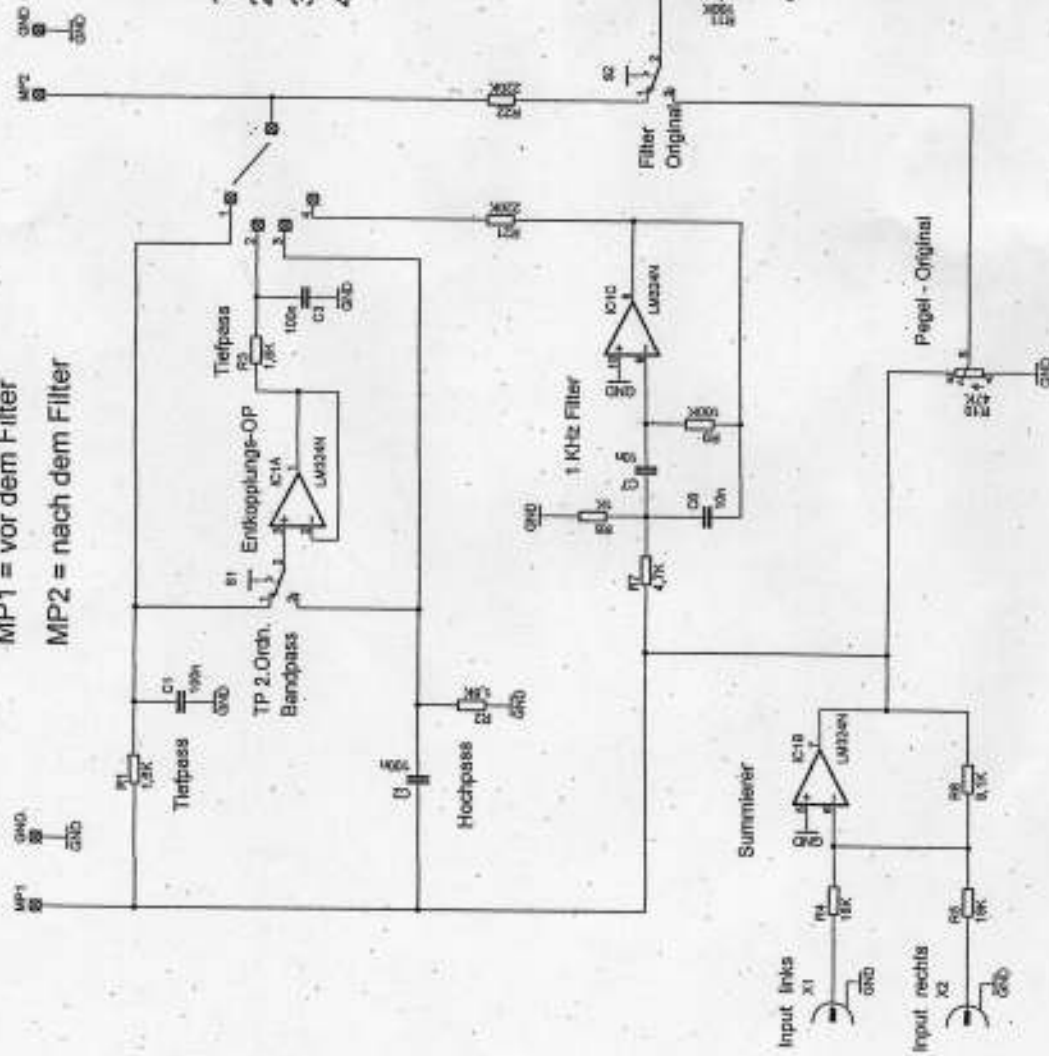
$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1 + (f/f_g)^2}$$

$$\sqrt{\sqrt{2} - 1} = f/f_g \quad ; \quad f = f_g \sqrt{\sqrt{2} - 1} = f_{\text{grenz}}$$

Allgemein: $f_{\text{grenz}} = f_g \sqrt{\sqrt{2} - 1}$ n für die Anzahl der in Reihe geschalteten Tiefpässe.

$$** \quad f_g = \frac{1}{2\pi RC} \quad ; \quad \omega_g = 1/RC \quad ; \quad RC = 1/\omega_g \quad ; \quad \omega RC = \frac{\omega}{\omega_g} = \frac{f}{f_g}$$

MP1 = vor dem Filter
MP2 = nach dem Filter



- 1 = TP
- 2 = 2. Ordnung
- 3 = HP
- 4 = 1 KHz Filter

