

Beuth Hochschule für Technik Berlin • FB VI	Name:	
MMT-Audio • Informatik und Medien	Matrikel-Nr.:	
SS 2014 • 7.7.2014	Punkte:	19/20 Note: 1,0 cl

Das Skript darf – wie vereinbart – nicht benutzt werden. Ergebnisse in die vorgesehenen Freiräume im Aufgabenblatt eintragen und begründen (Herleitung etc.), sonst keine Bewertung! Zum Bestehen sind 40% der erreichbaren Punkte erforderlich.

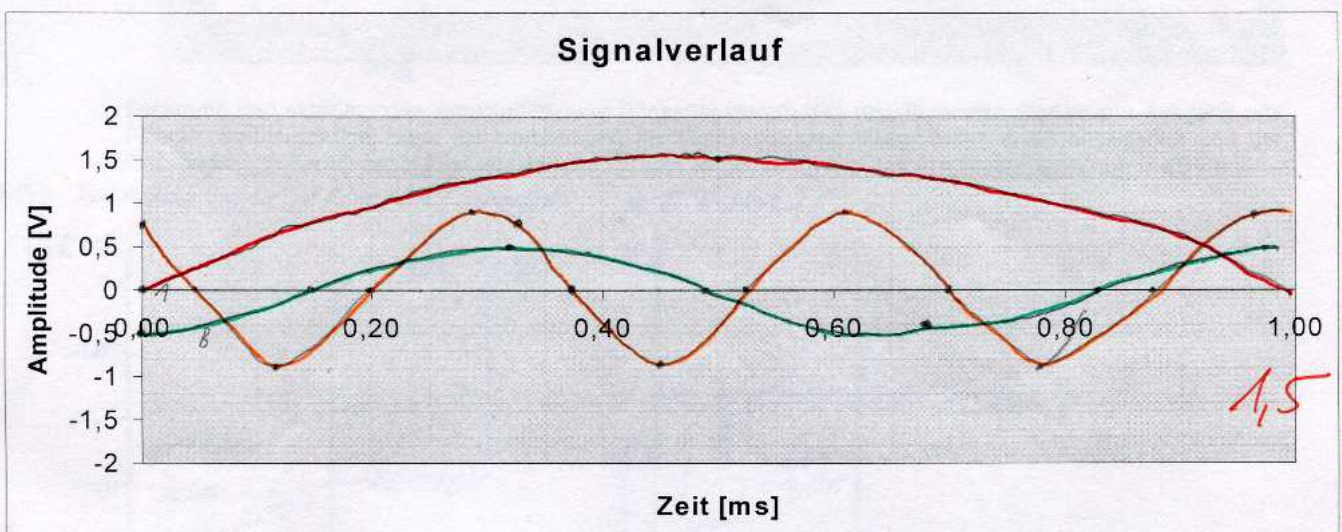
Bitte Handy abschalten!

Aufgabe 1 (5 Punkte) Schwingungslehre

1.1 Im folgenden Diagramm sollen die Teilschwingungen der Zeitfunktion $x(t)$ eingezeichnet werden:

$$x(t) = x_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi_1) + x_2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_2) + x_3 \cdot \sin(2\pi \cdot 6 \cdot f_0 \cdot t + \varphi_3)$$

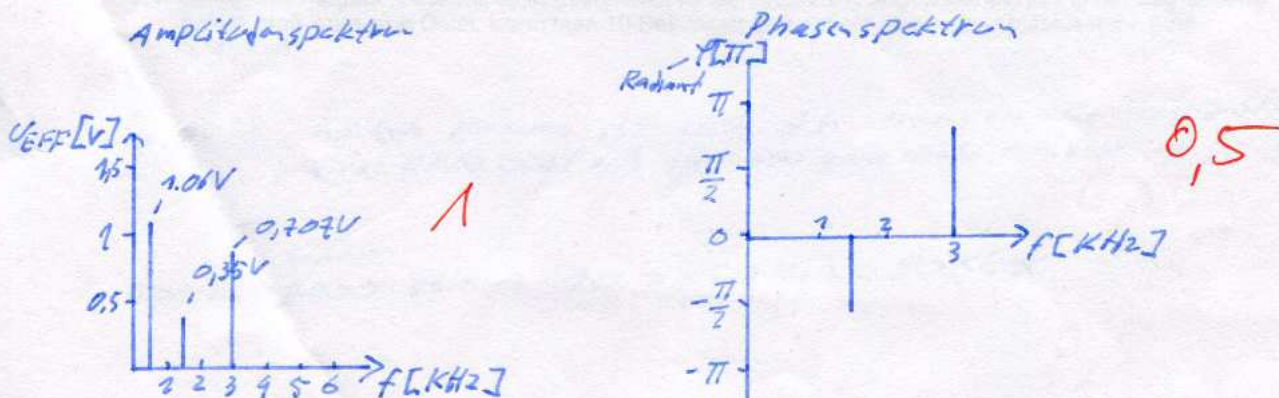
$$x_1 = 1,5 \text{ V}, x_2 = 0,5 \text{ V}, x_3 = 1 \text{ V}, f_0 = 500 \text{ Hz}, \varphi_1 = 0^\circ, \varphi_2 = -\pi/2, \varphi_3 = 3/4\pi \quad 0,75\pi$$



1.2 Berechne die Augenblickswerte der Amplitude von $x(t)$ für den Zeitpunkt $t = 0.25 \text{ ms}$!

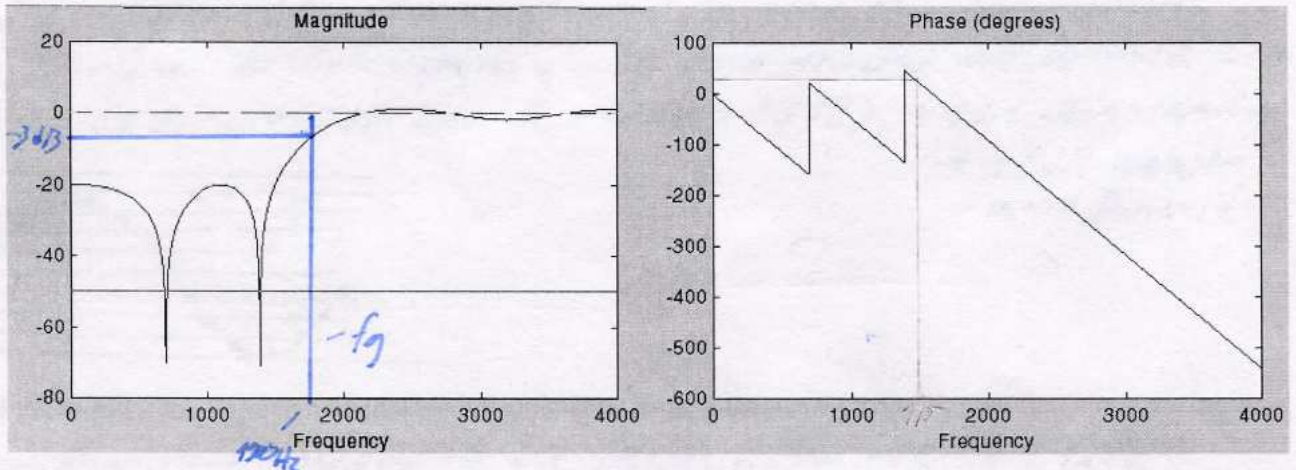
$t = 0.25 \text{ ms}$	$1,06 \text{ V}$	$+ 0,35 \text{ V}$	$+ 0,707 \text{ V}$	$= 2,12 \text{ V}$	2
-----------------------	------------------	--------------------	---------------------	--------------------	---

1.3 Skizziere das Amplituden- und das Phasenspektrum von $x(t)$. Benutze für das Amplitudenspektrum die Effektivwerte, Achsenbeschriftungen nicht vergessen!



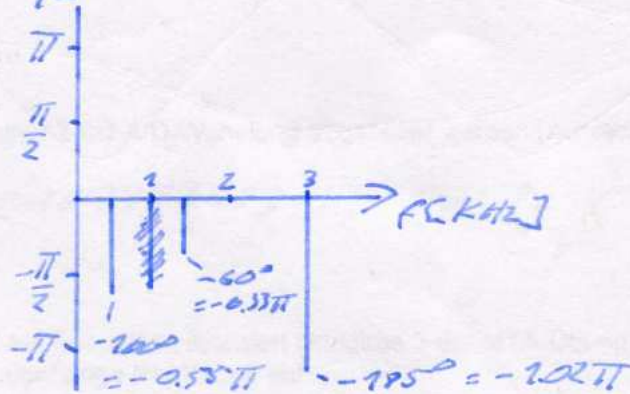
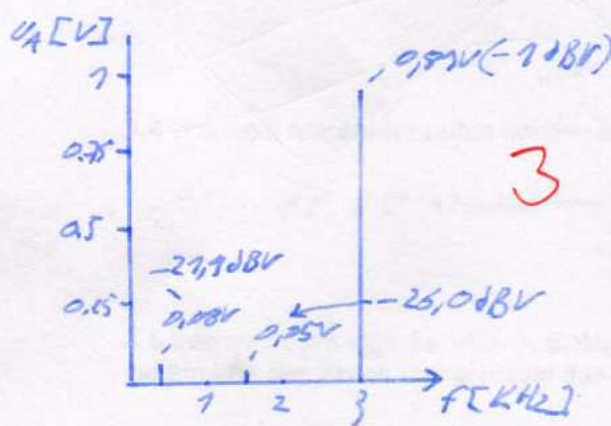
Aufgabe 2 (5 Punkte) Filterung

2.1 Das Signal $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll nun durch das folgende Filter (Amplituden- und Phasengang) geschickt werden.



Bestimme und skizziere das Amplituden- und Phasenspektrum des resultierenden Signals am Ausgang des Filters! Berücksichtige, dass die Verstärkung im Amplitudengang (Magnitude) in dB angegeben und der Phasengang in GRAD beschriftet ist (Herleitung nicht vergessen!). Gib das Amplitudenspektrum in dBV an!

Bitte Spektrum auf Extrablatt beschriften



2.2 Um was für einen Filtertyp handelt es sich und was ist die Grenzfrequenz f_g (im Amplitudengang einzeichnen)?

Um einen Hochpass Grenzfrequenz f_g ungefähr 1900 Hz.

Aufgabe 3 (5 Punkte) Digitalisierung

3.1 a) $x(t)$ aus Aufgabe 1 soll mit einer geeigneten Abtastfrequenz f_a abgetastet werden (Wahl begründen!)
 b) Wie groß wäre eine Datei, wenn man 10 Sekunden aufzeichnet und jeden Abtastwert mit 8 Bit quantisiert?

$f_a = 8 \text{ kHz}$, höchste Frequenz ist 3 kHz d.h. Abtastfrequenz muss $> 6 \text{ kHz}$ sein. 6 kHz lässt sich normalerweise nicht einstellen $\rightarrow 8 \text{ kHz}$

Dateigröße = mono $8000 \cdot 8 \text{ bit} \cdot 1 \cdot 10 = 640 \text{ Kbit} = 80 \text{ Kbyte}$

3.2 Was versteht man unter der Quantisierung und was hat diese für eine Auswirkung auf die Dynamik des digitalisierten Audiosignal (Skizze!)?

Die Quantisierung teilt die Amplituden der abgetasteten Werte in ein Raster ein (Quantisierungsstufen). Je mehr Quantisierungsstufen desto kleiner die Fehlerspannung und desto größer die Dynamik bzw. SNR. (8 Bit = 48 dB Dynamik, 16 bit = 96 dB), +16 bit Quantisierung

⇒ +16 dB weniger
mehr Dynamik

Quanti-
sierungs-
stufen



2

3.3 Wozu dient das Rekonstruktionsfilter bei der Digital-Analog-Wandlung?

Der Rekonstruktionsfilter ist ein Tiefpassfilter mit $f_g = f_s/2$. Er dient dazu die Aliassignale, welche beim Rekonstruieren auftreten (oberhalb von $f_s/2$) zu entfernen.

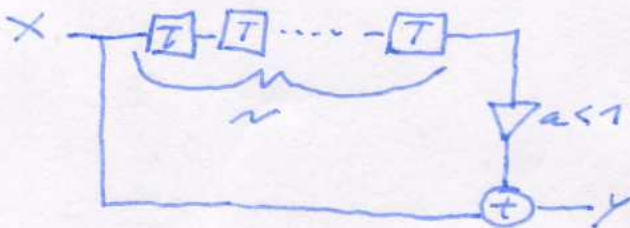
0,5

3.4 Wie viele Amplitudenstufen können bei einer 24bit-A/D-Wandlung abgebildet werden (Ausrechnen!)?

$$2^{24} \approx 16,78 \text{ Millionen (16777216)}$$

0,5

3.5 Wie wird beim digitalisierten Audiosignal ein Echoeffekt realisiert (Aufgabe 3 der MTA-Übung)? Skizziere die Struktur des Echos und schreibe das dazugehörige Programm auf.

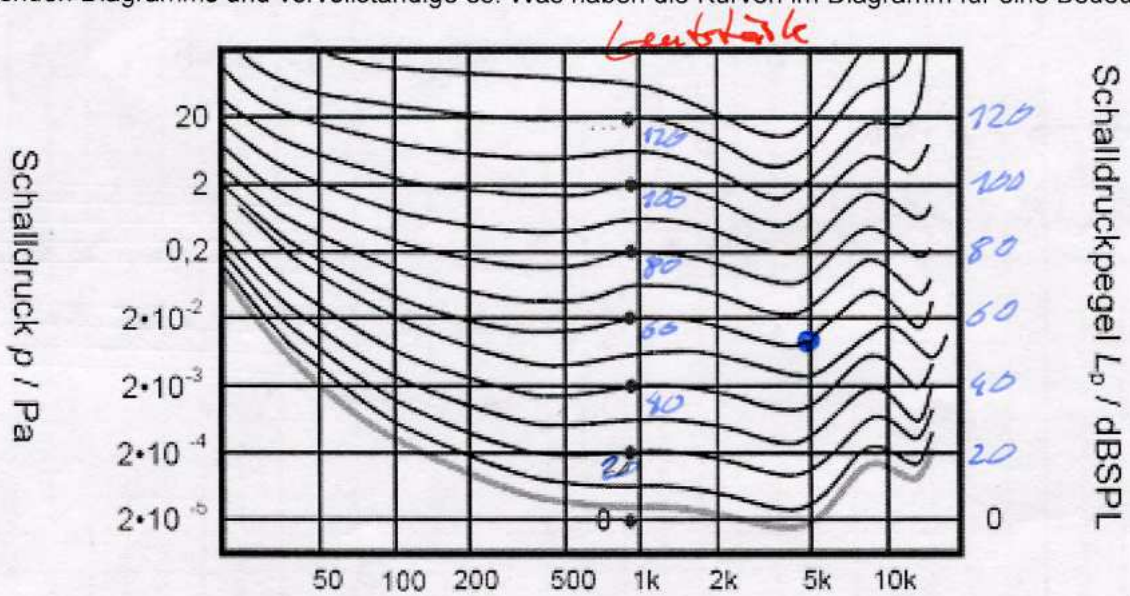


1

```
for(k=0; k<nwavle; k++)
    y[k] = x[k] + a * x[k-N];
```

Aufgabe 4 (5 Punkte) **Audiotechnik (Psychoakustik):**

4.1 Erkläre den Zusammenhang zwischen Schalldruck, Schalldruckpegel und Lautstärke an Hand des folgenden Diagramms und vervollständige es! Was haben die Kurven im Diagramm für eine Bedeutung?



Schalldruck und Schalldruckpegel sind über die Frequenz absolute und linear zusammenhängende Werte. $L_{p} = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}} \right)$. Die Lautstärke wird in phon gemessen und ist frequenzabhängig gehörangepasst. Die Linien sind phon-Werte. Bei 1 kHz entspricht $\text{phon} = \text{dB SPL}$.
 Kurven? 2

4.2 Welchen Schalldruck p hat ein 5000 Hz-Ton der Lautstärke 60 phon (Ausrechnen)? Markiere diesen Wert im Diagramm!

$L_{p} = 55 \text{ dB}$ $p = 10^{\frac{55}{20}} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 0,0112 \text{ Pa}$

4.3 Wie funktioniert prinzipiell die Frequenzanalyse im Innenohr?

Die unterschiedlichen Frequenzen betreten die Gehörsehnecke. Durch die unterschiedlichen Wellenlängen dringen sie unterschiedlich tief in die Gehörsehnecke ein. Hohe Frequenzen werden zu Beginn, tiefe Frequenzen am Ende durch Tasthäutchen aufgenommen.

1.

A: $\hat{A} = 1,5V$ $f = 500Hz$ $\varphi = 0$ $T = 2ms$

B: $\hat{A}_B = 0,5V$ $f = 1500Hz$ $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ $T = 0,66ms$

C: $\hat{C} = 1V$ $f = 3000Hz$ $\varphi = \frac{3}{4}\pi$ $T = 0,33ms$

NR: $\sin(\frac{3}{4}\pi) = 0,707$

$A(0,25) = 1,5 \cdot \sin(2\pi \cdot 500 \cdot 2,5ms + 0) = 1,06V$

$B(0,25) = 0,5 \cdot \sin(2\pi \cdot 1500 \cdot 2,5ms + (-\frac{\pi}{2})) = 0,35V$

$C(0,25) = 1V \cdot \sin(2\pi \cdot 3000 \cdot 2,5ms + \frac{3}{4}\pi) = 0,707V$

2.1

$\hat{A}' = [-25dB] = 10^{\frac{-25}{20}} \cdot 1,5V = 0,08V = -27,9dBV$

$\hat{B}' = [-20dB] = 10^{\frac{-20}{20}} \cdot 0,5V = 0,05V = -26,0dBV$ ①

$\hat{C}' = [-18dB] = 10^{\frac{-18}{20}} \cdot 1 = 0,089V = -20,9dBV$

$\varphi_A = 0 - 100^\circ = -100^\circ \approx -1,74 \approx -0,55\pi$

$\varphi_B = -\frac{\pi}{2} + 30^\circ = -90^\circ + 30^\circ = -60^\circ = -1,05 = -0,34\pi$

$\varphi_C = \frac{3}{4}\pi + 320^\circ = 135^\circ + 320^\circ = 455^\circ = -1,02\pi$

① wie in der Klausurvorbereitung besprochen NICHT für Effektivwerte.

für Effektivwerte wären es

$\hat{A}'' = 0,06V = -24,44dBV$

$\hat{B}'' = 0,035V = -29,12dBV$

$\hat{C}'' = 0,63V = -4,01dBV$

2.1.

Amplitudenspektrum

