

## Probeklausur

### Modul: Digitale Signalverarbeitung

#### Studiengang: Angewandte Informatik

Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Gerd Bumiller

Vorname	Nachname	Matrikelnummer

Bewertung:


Gesamtbewertung:

Punkte	Note
(100)	

**Zum Ablauf der Prüfung:**

- **Zur Person:** Tragen Sie Namen, Matrikelnummer in obige Tabelle ein. Legen Sie Ihren Studentenausweis auf den Tisch.
- **Zeit für die Lösung dieses Aufgabenblatts:** 120 Minuten
- **Erlaubte Hilfsmittel:** 2 beidseitig handbeschriebene DIN A4 Blätter, nichtprogrammierbarer, nur im Dezimalsystem rechnender und nicht grafikfähiger Taschenrechner und die von der Aufsicht ausgeteilte Referenzbeschreibung von MATLAB.
- **Nichterlaubte Hilfsmittel:** Mobiltelefon, Kommunikation (E-Mail, Chat, WWW, Telefon, SMS, etc.)
- **Stift und Papier:** Beantworten Sie die Fragen ausschließlich auf dem Papier der Aufgabenblätter. Sollten die Zwischenräume nicht ausreichen, können Sie zusätzliches Papier von der Aufsicht erhalten. **MATLAB Programme sind generell auf dem zusätzlichen Papier** von der Aufsicht zu erstellen. Beschriften Sie dieses sofort mit ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Eigenes Papier ist nicht zulässig. Schreiben Sie ausschließlich mit dokumentenechten schwarzen oder blauen Stiften.
- **Vollständigkeit des Aufgabenblatts:** Die Klausur besteht aus den Aufgabenseiten 3 – 16.
- **Fragen:** Melden Sie sich, wenn Sie eine Frage haben. Die Aufsicht kommt zu Ihnen, verlassen Sie nicht unaufgefordert Ihren Platz.
- **Zwischenschritte:** Geben Sie Zwischenschritte an. So können Sie selbst bei falschem Endergebnis einen Teil der Punkte erreichen.

**Aufgabe 1: Basiswissen**

a) Erklären Sie den Begriff ‚digitales System‘: (3)

b) Warum wird beim Modell des AD-Wandler zwischen ‚idealer Abtastung‘ und ‚Quantisierung‘ unterschieden? (2)

c) Charakterisieren Sie die Signale: (4)

Analoge Signale:

Abgetastete Signale:

Quantisierte Signale:

Digitale Signale:

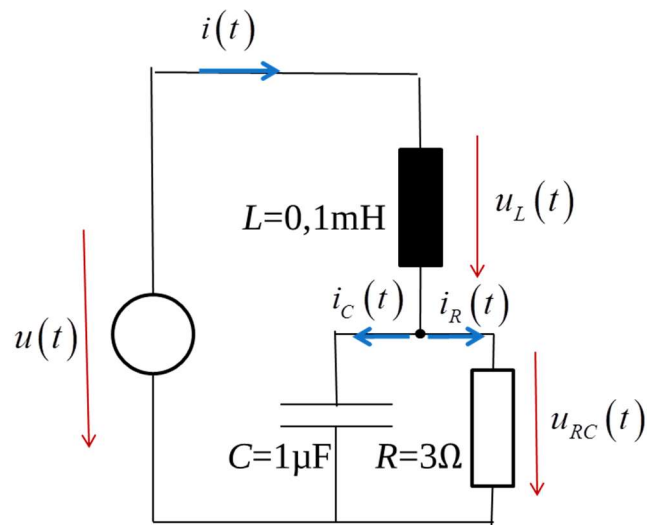
- d) Das betrachtete System ist ein MP3-Player (ohne Display, inkl. Kopfhörer). Beschreiben Sie alle Eingangssignale und Ausgangssignale und geben Sie Beispiele für die Abhängigkeiten an. (8)



- e) Wie groß ist die Quantisierungsintervallbreite bei gleichförmiger Quantisierung mit 10 Bit und einem Wertebereich von  $[0V, 2V]$ ? (2)
- f) Definiere die Linearitätsanforderungen an zeitkontinuierliche LTI-Systeme: (2)
- g) Gegeben ist ein digitales System mit einer Abtastfrequenz von 10 MHz. (2)  
Geben Sie eine Frequenz von  $f = 1$  MHz in der Darstellungsform als Kreisfrequenz  $\omega$  und als normierte Frequenz  $\Omega$  und die hierzu verwendeten Umrechnungsformeln an.

**Aufgabe 2: Analyse eines LCR-Systems mit der Laplace-Transformation.**

Gegeben ist folgendes System:



- a) Gesucht ist der Frequenzgang  $H(s)$  mit  $U_L(s) = H(s) \cdot U(s)$ . (8)

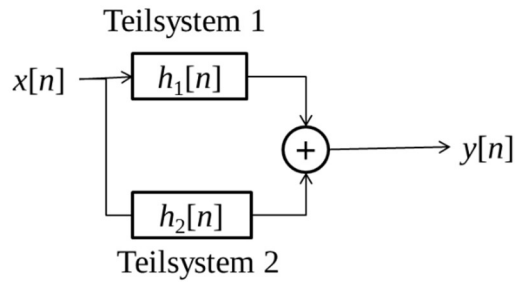
b) Berechnen Sie  $H(j\omega)$  für  $f = 0, \infty$ . (3)

c) Ist das System ein Tiefpass, Hochpass, Bandpass oder Bandsperre? (2)

Begründen Sie Ihre Antwort!

**Aufgabe 3: Digitales System**

Gegeben ist ein System, bestehend aus 2 Teilsystemen.



Mit den Impulsantworten  $\mathbf{h}_1 = \{-1, 1, -1, 1\}$  und  $\mathbf{h}_2 = \{2, -2, 2\}$

Die Abtastfrequenz  $F_s$  des Systems ist 10 MHz.

- a) Berechnen Sie die Impulsantwort  $h[n]$  eines äquivalenten Gesamtsystems. Geben Sie den Namen und das Symbol der hierfür angewendeten Operation an. (3)
- b) Geben Sie die Übertragungsfunktion der Teilsysteme  $H_1(z)$  und  $H_2(z)$  sowie des Gesamtsystems  $H(z)$  an. (3)
- c) Wie hätten Sie direkt aus den Übertragungsfunktionen der Teilsysteme die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems berechnen können. (2)



*Falls Sie keine Impulsantwort des Gesamtsystems berechnen konnten, verwenden Sie für die folgenden Aufgaben  $\mathbf{h} = \{1 \ -1 \ 1 \ 1\}$*

- d) Zeichnen Sie für das Gesamtsystem ein Blockschaltbild eines äquivalenten Systems (mit identischer Impulsantwort  $h[n]$ ) in der Input-Delayed-Line Struktur. (3)

**Aufgabe 4: Digitale Signale****Gegeben:**

Ein Tongenerator erzeugt an einem Lautsprecher einen Ton der Frequenz 1 kHz. Mit einem Mikrophon und einer Audiokarte wird der Ton mit einer Abtastfrequenz von 24 kHz für eine Dauer von 10 Sekunden aufgenommen und die Abtastwerte als ein Array  $x[n]$  abgespeichert. Gehen Sie von einem Maximalwert des Signals von 2 aus. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  erreicht das Signal den Maximalwert.

**Alle weiteren Aufgaben arbeiten mit den gespeicherten Werten.**

- a) Wie viele Abtastwerte enthält die Aufzeichnung? (1)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- b) Welche Periodendauer (Anzahl von Abtastwerten) hat das abgetastet Signal  $x[n]$ ? (1)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- c) Geben Sie ein mathematisches Modell für das Signal  $x[n]$  an. (2)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- d) Mit der Audiokarte und einem Lautsprecher werden die gespeicherten Werte mit einer Abtastfrequenz von 48 kHz ausgegeben. Welche Frequenz hat das ausgegebene Signal. Begründen Sie Ihre Antwort und benennen Sie das angewandte Prinzip. (2)

- e) Nun wird mit einer Abtastfrequenz von 8 kHz jeder zweite Wert von  $x[n]$  ausgegeben. (3)  
Ist das Signal eine monofrequente Schwingung? Wenn ja, welche Frequenz hat das Signal.  
Begründen Sie Ihre Antwort (z.B. durch Berechnung).

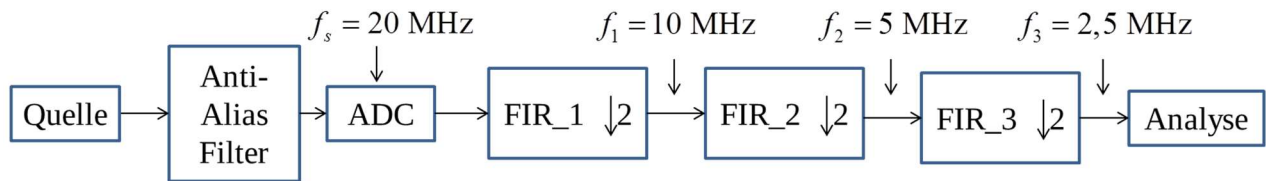
Gehen Sie im weiteren davon aus, dass  $x[n] = 3 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{15} \cdot n\right)$  ist.

- f) Skizzieren Sie das Spektrum des Signals am Ausgang eines Systems, (2)  
wenn die gespeicherten Werte  $x[n]$  mit einer Abtastfrequenz von 12 kHz ausgegeben  
werden. Beschriften Sie Ihre Achsen und die konkreten Frequenzen müssen erkennbar sein.

- g) Wenn Sie die  $X[m] = \text{DFT} \{x[n]\}$  berechnen unterscheidet sich das Ergebnis für eine (2)  
Abtastfrequenz von 24 kHz und 12 kHz? Begründen Sie Ihre Antwort.

**Aufgabe 5: AD-Wandler und Überabtastung**

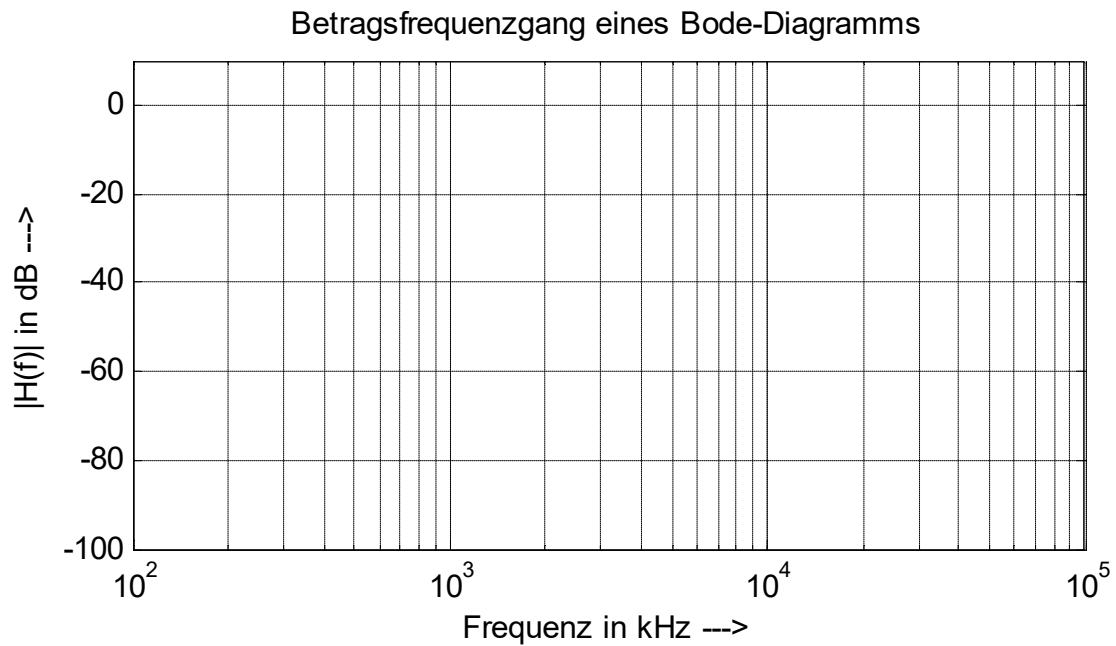
Gegeben ist ein System zur Auswertung von Signalen.



- Das System analysiert den Frequenzbereich von 0 bis 1 MHz.
- Als Anti-Alias-Filter wird eine Kaskade von RC-Gliedern eingesetzt.
- Für das Anti-Alias-Filter wird eine Grenzfrequenz  $f_g$  von 1,9 MHz gewählt.
- Für das Anti-Alias-Filter wird eine Sperrdämpfung von 60 dB erwartet.
- Die Unterabtastung wird in 3 Blöcken mit jeweils einen FIR-Filter und anschließender Unterabtastung um den Faktor 2 realisiert.
- Dämpfung im Durchlassbereich der FIR-Filter soll kleiner 1 dB sein
- Es wird von den FIR-Filtern eine Sperrdämpfung von 80 dB erwartet.

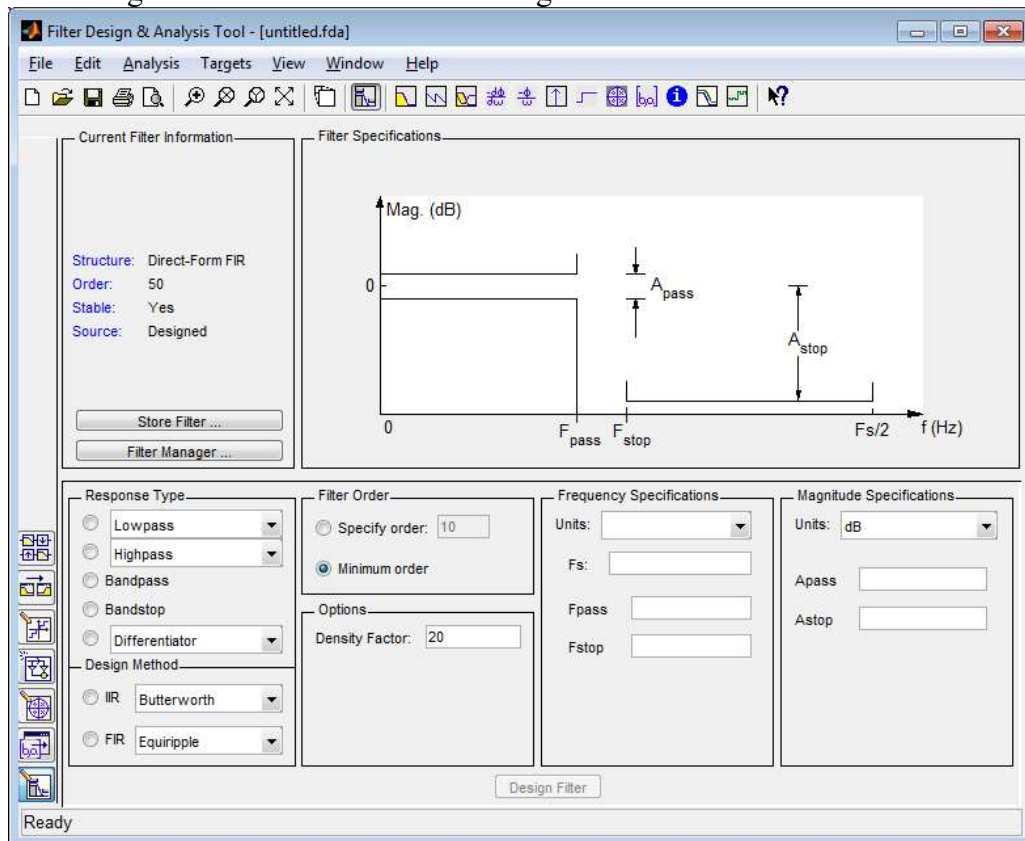
a) Skizzieren Sie handschriftlich ein Spektrum, aus dem hervorgeht welche Spektralanteile nach dem ADC in das von der Analyse genutzte Band fallen. (2)

b) Geben Sie für das Anti-Alias Filter nun die Frequenzen für den Durchlassbereich (2) und den Sperrbereich an.

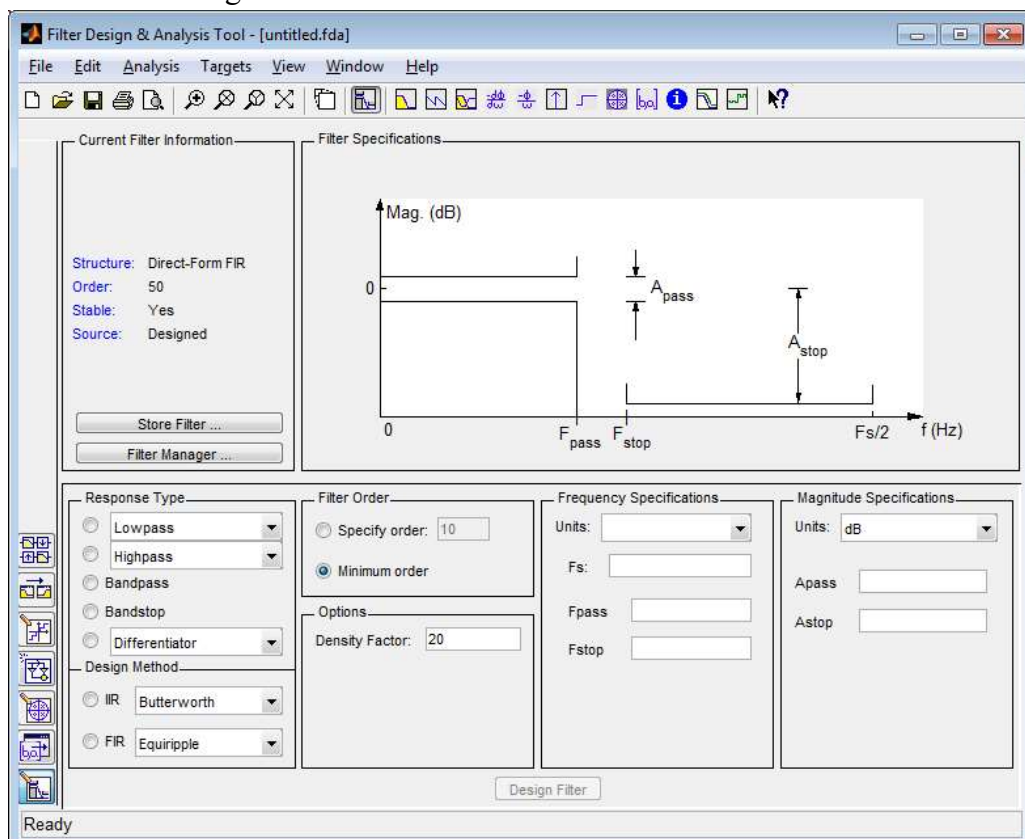


- c) Skizzieren Sie für das Anti-Alias Filter den Betragsgang eines Bode-Diagramms (3)  
eine entsprechende Stempel-Matrize. Beschriften Sie die Achsen.
- d) Tragen Sie die Grenzfrequenz auf der x-Achse ein. (1)
- e) Bestimmen Sie die notwendige Ordnung des RC-Tiefpasses für das (2)  
Anti-Alias-Filter. Begründen Sie Ihre Antwort.
- f) Zeichnen Sie die Asymptoten des Betragsfrequenzganges in den Betragsgang (2)  
des Bode-Diagramms ein.
- g) Wie viele dB Dämpfung hat das RC-Filter an der Grenzfrequenz? (2)  
Begründen Sie Ihre Antwort.
- h) Zeichnen Sie diesen Punkt in den Betragsgang des Bode-Diagramms ein (1)  
und Skizzieren Sie den Verlauf des Betragsgangs.

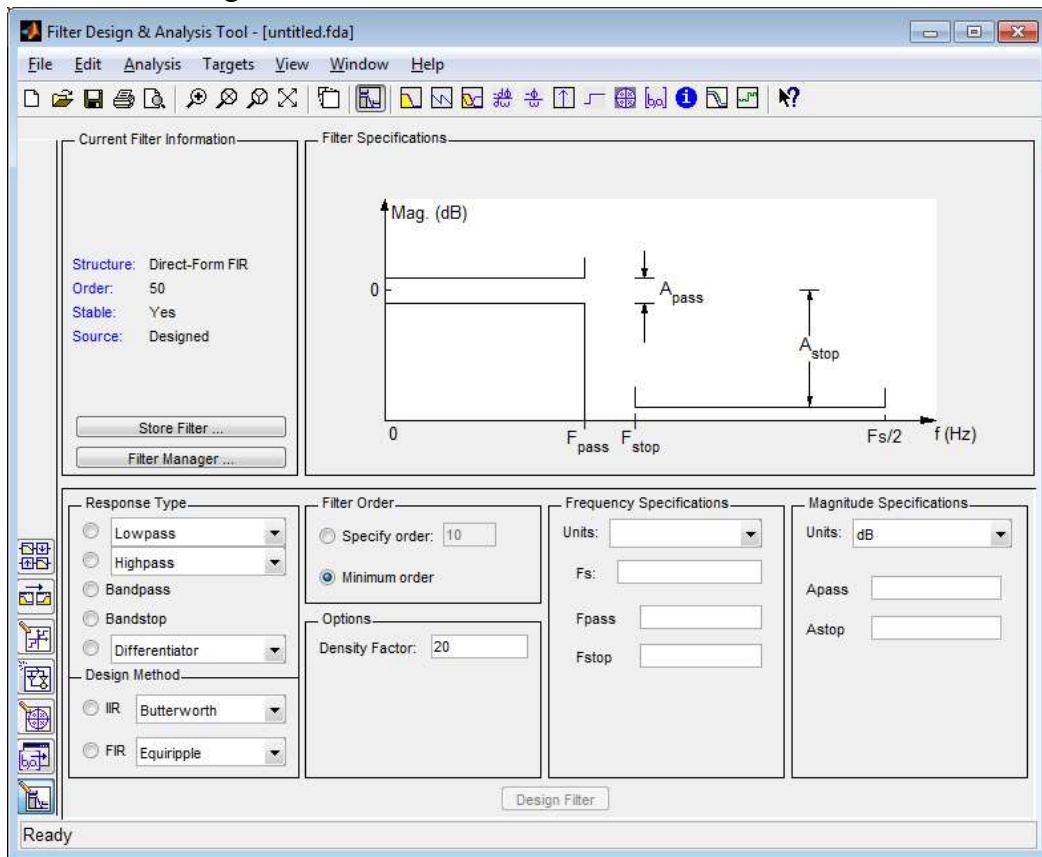
- i) Entwerfen Sie das **FIR\_3 Filter** vor der Analyse. Tragen Sie hierzu alle notwendigen Parameter in dem filterDesigner ein. (3)



- j) Entwerfen Sie das **FIR\_2 Filter**. Tragen Sie hierzu alle notwendigen Parameter (3) in dem filterDesigner ein.



- k) Entwerfen Sie das **FIR\_1 Filter**. Tragen Sie hierzu alle notwendigen Parameter (3) in dem filterDesigner ein.





**Aufgabe 6: MATLAB Script****(10)**

Erstellen Sie ein MATLAB Skript um folgende Aufgabe exakt zu lösen.

- Gegeben ist die Impulsantwort eines Systems  $\mathbf{h} = \{ 1, -1, 1 \}$  mit einer Abtastfrequenz von 1 MHz.
- Der Frequenzgang des Systems soll mit Hilfe der DFT berechnet werden.
- Der Abstand der einzelnen berechneten Frequenzpunkte soll 1 kHz betragen.
- Berechnen Sie die Anzahl der benötigten Frequenzpunkte und den Frequenzgang  $\mathbf{H}$ .
- Der Frequenzgang soll dargestellt werden im Frequenzbereich von 0 – 0,5 MHz.
- Die Grafik soll 2 Teilgrafiken enthalten.
- Die obere Teilgrafik stellt den Betrag des Frequenzganges in dB über einer linearen Frequenz dar.
- Die untere Teilgrafik stellt die Phase in  $^\circ$  über einer linearen Frequenz dar.
- Beide Grafiken haben ein Netz
- Alle Achsen sind beschriftet.

**Aufgabe 7: Verschiedenes**

Was für ein Filter-Typ ist ein exponentielles Glättungsfiler und wie funktioniert es? (5)

Bitte Blockschaltbild und Impulsantwort angeben.