

## Aufgabe 1

1.1)  $|H(\eta)|^2$  von allgemeinen Tiefpass war gegeben ( $A_0/1+\alpha^2 \cdot AN(\eta)$ )

- a) Man sollte das Ansatzpolynom für Butterworthtiefpass sagen
- b) Das Toleranzschema zeichnen und daraus die Formel für die Ordnung, N, herleiten.

1.2)

Wie ist die Gruppenlaufzeit definiert ?

Wie wird  $\tau_{\text{Gruppe}}$  berechnet ? was ist meist die Anforderung an  $\tau_{\text{Gruppe}}$  und wieso, wie kann man das erreichen ?

1.3)

Für Euler Rückwärts  $s \rightarrow z$  Ebene Abbilden und sagen wo  $w = \omega = \{0, \omega_t, \omega_t/2\}$

Und sagen, ob für das für eine BS eine geeignete Trafo ist.

1.4)

$H(z)$  in der Summenform gegeben, man sollte es in die richtige Form für eine Parallelstruktur bis höchstens 2. Ordnung bringen

## Aufgabe 2

2.1)

a) Polstellen aus gegebenem Polynom, bzw. Ü-Fkt. Berechnen.

b) gucken, ob es stabil ist mit Begründung

2.2

Die Koeffizienten binär darstellen und Runden auf 1 Nachkommastelle, dann wieder PS berechnen und gucken, ob stabil

2.3

a) Vereinfachten Sigma Delta Modulator in Z-Form darstellen und die TF1 von Signal und Noise mit Euler Vorwärts herleiten (konnte ich leider nicht^^)

b) Jeweils ein Vor- und Nachteile: FIR und IIR

2.4. Man sollte Bild zur Unterabtastung im Zeit und Frequenzbereich ergänzen (Abtastwerte im Zeit und Dreiecke im Frequenz usw.)

## Aufgabe 3

3.1 a) Tschebyscheff Typ 1 mit Typ 2 vergleichen im Bezug auf Welligkeit

b) Tschebyscheff mit Butter vergleichen im Bezug auf Steilheit im Übergangsbereich

c) PN Diagramm von Tschebyscheff Typ 2 gegeben, man sollte sagen, welcher Typ (Typ 2 wegen den NS im Diagramm)

3.2) Erklären wie ein Spektrogramm erstellt wird, was es ist. Dann eins zeichnen als Beispiel daran eine mögliche Anwendung erklären

3.3) Eine Übertragungsfunktion  $H(s)$  war gegeben in Produktform, man sollte eine PBZ machen und noch irgendwas eventuell, bin ich mir nicht mehr sicher

**3.4) MATLAB Befehle (wie programmiert man folgende Aufgabe in MATLAB)**

- 1: Vektor a transponieren
- 2: die Länge eines Vektors bestimmen
- 3: vektor von 1000 bis 1 in gleichen Schritten und mit 1000 Schritten
- 4: X- und Y-Achse beschriften
- 5: Ein Eingangssignal mit den einem Filtern filtern, von dem die Koeffizienten gegeben sind(b,a)

**3.5) Befehle: sagen wie man die Fkt benutzt und was sie macht(also auch richtige Argumente, Reihenfolge)**

- 1: plot(...)
- 2: residue(...)

## Signalverarbeitung

NAME.....Vorname.....Matr.Nr.....

bitte ankreuzen:

**nur VL** (Aufgaben 1 und 2)     
  **nur IV** (Aufgaben 3 und 4)     
  **VL und IV** (Aufgaben 1, 2 und 3)

|                     | nur VL/<br>VL und IV | nur VL/<br>VL und IV | nur IV/<br>VL und IV | nur IV | mündlich | IV Bonus | Summe                | Note |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|----------|----------|----------------------|------|
| Aufgabe             | 1                    | 2                    | 3                    | 4      | 5        | -        |                      |      |
| maximale Punktzahl  | 10                   | 10                   | 10                   | 10     | 10       | 2,5      | 20 / 30 /<br>40 / 50 |      |
| erreichte Punktzahl |                      |                      |                      |        |          |          |                      |      |

Allgemeine Hinweise:

- Schreiben Sie bitte auf jedes Blatt Ihren Namen und geben Sie alle Blätter mit Aufgabenblättern ab!
- Beginnen Sie jede Aufgabe auf einem neuem Blatt!
- Konzentrieren Sie sich bitte auf Ihr eigenes Blatt. Täuschungsversuche (z.B. Abschreiben) sind unfair und werden strikt geahndet.
- Antworten auf den Aufgabenblättern werden nur dann anerkannt, wenn sie in der Aufgabenstellung ausdrücklich dort gefordert werden!
- Für jede Teilaufgabe sind maximal 2,5 Punkte erreichbar.

☞ Nun, keine Panik und viel Erfolg !!

## Aufgabe 1: Analoge Übertragungsfunktionen (zur Vorlesung) (10 Punkte)

- 1.1 Stellen Sie die s-Übertragungsfunktion eines linearen, zeitinvarianten analogen Systems in Produkt- und in Summenschreibweise dar. Leiten Sie daraus Gleichungen für den Betragsfrequenzgang und den Phasenfrequenzgang ab.
- 1.2 Welche physikalische Bedeutung hat die Gruppenlaufzeit? Warum ist man häufig an einem linearen Phasengang interessiert? In welchem mathematischen Zusammenhang stehen Gruppenlaufzeit und Phasengang? Leiten Sie daraus unter Zuhilfenahme der Ergebnisse aus Aufgabe 1.1 eine Formel für die Gruppenlaufzeit her, die die Pol- und Nullstellen sowie die (Kreis-)Frequenz als Argumente besitzt.
- 1.3 Nennen Sie fünf verschiedene Arten analoger Tiefpaßfilter. Vergleichen Sie diese bezüglich der Steilheit im Übergangsbereich, der Welligkeiten in Durchlaß- und Sperrbereich sowie bezüglich der Sprungantwort.
- 1.4 Nennen Sie fünf Vor- oder Nachteile analoger Filter gegenüber digitalen Filtern.



**Aufgabe 2: Signaldarstellung im Frequenzbereich (zur Vorlesung)**  
(10 Punkte)

2.1 Ein Filter 2. Ordnung besitzt die z-Übertragungsfunktion

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

mit  $b_0=1$     $b_1=0.5$     $b_2=0.125$   
 $a_0=1$     $a_1=-1.6$     $a_2=0.89$

Ist das Filter stabil?

**Hinweis:** die Lösung der quadratischen Gleichung  $x^2 + px + q = 0$  lautet:

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$$

(1 Punkt)

2.2 Stellen Sie die Koeffizienten der Übertragungsfunktion in Vorzeichen-Betrags-Darstellung als Dualzahlen dar. **Runden** (!) Sie die Koeffizienten auf 4 Bit (inclusive Vorzeichen)! Berechnen Sie die Polstellen und entscheiden Sie, ob das Filter mit den quantisierten Koeffizienten stabil ist! (2,5 Punkte)

2.3 Ist das Filter nach Rundung der Koeffizienten auf 2 Bit stabil? (Bitte mathematischen Beweis führen!) (1,5 Punkte)

2.4 Leiten Sie bitte die möglichen Lagen der konjugiert komplexen Polstellenpaare eines IIR-Filters zweiter Ordnung für endliche Wortlängen der Koeffizienten her. (2,5 Punkte)

2.5 Was versteht man unter Grenzyklen eines Systems und bei welchen Filtertypen treten sie auf. (2,5 Punkte)

**Aufgabe 3: Zeitdiskrete Integrationsverfahren**  
(zur Integrierten Veranstaltung)

(10 Punkte)

3.1 Beschreiben Sie drei in Vorlesung und Übung behandelte Verfahren der zeitdiskreten Integration anhand geeigneter Skizzen. (keine Formeln!)

3.2 Leiten Sie die Stabilitätsbedingung für die Euler-vorwärts Integrationsregel her und skizzieren Sie die Ebenentransformation für die Trapezregel.

3.3 Erläutern Sie den Begriff Frequency Warping bei der Bilineartransformation. Nutzen Sie dazu auch eine geeignete Skizze.

3.4 Schreiben Sie bitte den Matlab-Programm-Code für folgende mathematischen Operationen auf:

1. Berechnung des komplexen Frequenzganges für ein digitales System mit den Koeffizientenvektoren  $b$  für den Zähler und  $a$  für den Nenner.
2. Plot eines Vektors  $y$  über dem Vektor  $x$ .
3. Erstellung einer Sinusfunktion mit der Frequenz  $50 \text{ Hz}$  und der Abtastfrequenz  $200 \text{ Hz}$  im Bereich zwischen  $t=0s$  und  $t=1s$ .
4. Berechnung der Nullstellen eines Polynoms, dessen Koeffizienten im Vektor  $p$  stehen.
5. Berechnung der Pol-/Nullstellen eines Butterworthfilters der Ordnung  $N=4$ .

1. Aufgabe: (VL) Komplett wie 1. Aufgabe Klausur 18.02.2010

Korrektur zu Aufgabe 1.4: die drei aus dem gegebenen Pol-/Nullstellendiagramm ablesbaren Polstellen sind:  $s_{\infty 1} = -1$     $s_{\infty 2} = -\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}$     $s_{\infty 3} = -\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}$

Abweichung bei Aufgabe 1.5: Wie viele Nullstellen darf ein Filter 5. Ordnung maximal haben, begründen sie.

---

2. Aufgabe: (VL) Abbildung wie in Aufgabe 2 der Klausur vom 23.02.2007 gegeben

Aufgabe 2.1: identisch zur Aufgabe 2 der Klausur vom 23.02.2007

Aufgabe 2.2: Welche Zuordnungsvorschrift gibt es vom s- in den z-Bereich –ich bin mir nicht mehr sicher, ob das wirklich so gefragt war-

Aufgabe 2.3: Habe ich leider vergessen

Aufgabe 2.4: Was ist ein FIR-Filter

Aufgabe 2.5: Beschreiben Sie Stichpunktartig eine Entwurfsmethode für FIR-Filter, die keinen analogen Filterprototyp benötigt

---

3. Aufgabe: (IV)

Aufgabe 3.1: Wie ist die Beziehung von  $f$ ,  $\omega$  und  $\Omega$ ; Durch welche Definition lässt sich z in s überführen?

Aufgabe 3.2: Was passiert mit dem Spektrum eines Signals, wenn es abgetastet wird? Was ist Aliasing(an eigener Skizze erklären)? Wann tritt es auf?

Aufgabe 3.3: Wo kann man den Frequenzgang im Z-Bereich ablesen? Berechnen Sie die Werte von s für  $\Omega = 0; \pi; 2\pi$

Aufgabe 3.4: Geben Sie den Matlabcode für folgende Operationen an:

A: Betragsfrequenzgang in dB einer komplexen Übertragungsfunktion H berechnen

B: Phasengang in ° einer komplexen Übertragungsfunktion H berechnen

C: Skalarprodukt eines Zeilenvektors X und eines Spaltenvektors Y berechnen

D: Auswählen der Elemente 4-13 eines Zeilenvektors X

Aufgabe 3.5: Erklären Sie die folgenden Matlab-Funktionen und geben Sie an, wie sie aufgerufen werden:   `freqs / roots`

---

Gedächtnisprotokoll: Signalverarbeitung VL + IV  
Datum: 20.07.2010  
Verantwortlicher: Prof. Orglmeister  
HiWi: Dennis Lerch  
Bearbeitungszeit: 90 min

7  
Straße des 17. Juni 100-132

### 1. Aufgabe

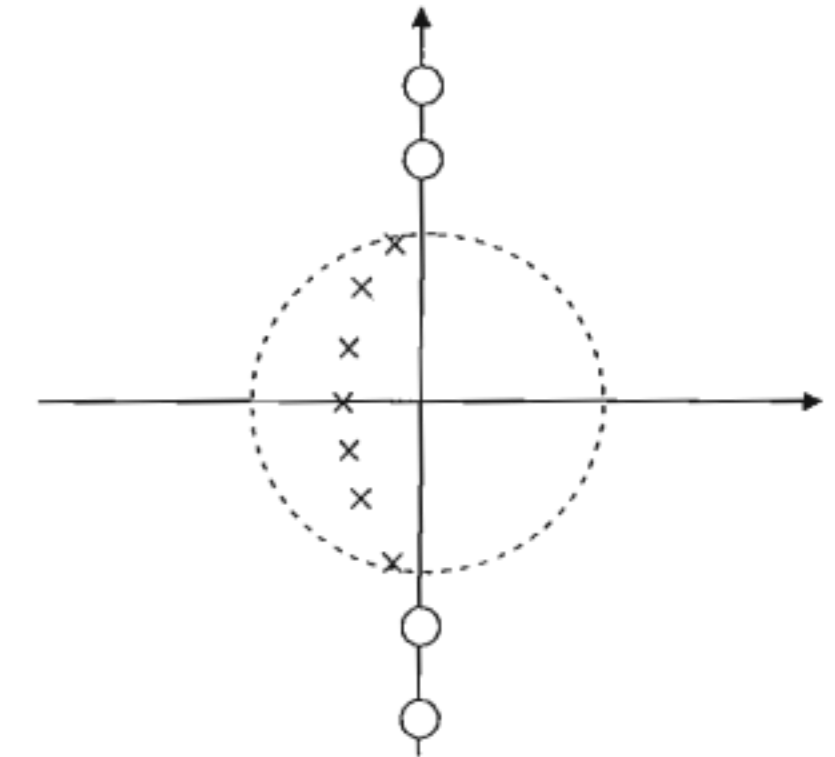
- vier Eigenschaften von Butterworth-Tiefpass nennen
- mit Tschebyscheff Typ I und II, Bessel und Cauerfilter gegenüberstellen
- Butterworth-Tiefpass Toleranzschema zeichnen mit Achsenbeschriftung
- Aus gegebener Sperrdämpfung  $\lambda$ -Parameter herleiten
- Gegeben war der Graph einer Frequenzverzerrung einer Einheitstiefpass-Filter-Transformation. Es sollte die richtige Transformation bestimmt werden (Bandpass) und das Toleranzschema in die Zeichnung ergänzt werden
- Wird der Frequenzgang im Durchlassbereich bei der Impulsinvarianzmethode nichtlinear verzerrt? Mit Begründung.

### 2. Aufgabe

- Für einen allgemeinen Filter mit vier Polstellen und vier Nullstellen soll in der Direktform II und Kaskadenform gezeichnet werden. Die Übertragungsfunktion sollte angegeben werden.
- Vorteile der Kaskadenform gegenüber der Direktform sollten genannt werden
- Erklären anhand einer selbst zu zeichnenden Skizze wie es zu Quantisierungsrauschen kommen kann.
- Quantisierungsrauschleistung in Abhängigkeit von der Bitzahl  $n$  herleiten bei Annahme gleichverteilten Rauschens von  $-q/2$  bis  $+q/2$  (s. Skript). Ergebnis war angegeben ( $U_q^2/12$ ).  $U_q$  als Auflösung des Quantisierers abhängig von der Bitzahl  $n$ .
- Die Bedeutung von  $U_q$  sollte erklärt werden
- SNR eines Sinussignals beim Quantisieren herleiten. Dazu zuerst Sinussignalleistung ermitteln durch Integration. Stammfunktion von  $\sin^2(\omega t)$  war angegeben.

### 3. Aufgabe

- Aliasing erklären, Erklären, wie man Aliasing verhindern kann.
- Unterschied von Tschebyscheff Typ I und Typ II erklären durch eigene Zeichnung (Welligkeit und Ansatzfunktion)
- Angeben ob Pol-/Nullstellendarstellung von Typ I oder Typ II stammt.



- Matlab Befehle
  - X-Achse, Y-Achse beschriften
  - Vektor transponieren
  - Vektor von 1000 bis 1 in 1-Schritten erstellen
  - Länge eines Vektors
- Was machen die Befehle und wie benutzt man sie:
  - plot
  - residue

# Signalverarbeitung Februar 2010

Datum: 18.02.10

Zeit : 90min

VL & IV

1.1)

Auf welche Größe wird die komplexe Frequenzvariable  $s$  normiert?

Wie sind die komplexe Frequenzvariable und die normierte komplexe Frequenzvariable definiert und wie hängen sie miteinander zusammen?

-- Welche Einheit hat der Imaginärteil der normierten Frequenzvariablen?

1.2)

Gegeben: Allgemeines Ansatzpolynom mit  $j$ -eta zur Filterapproximation  $(H(j\eta))^2 = \frac{A_0}{1 + \alpha^2 A(\eta)_N^2}$

Wie lautet die Ansatzfunktion für Butterworthfilter?



Zeichnen Sie ein Toleranzschema für Butterworthfilter! (nicht angegeben aber verlangt war dem allgemeinen Ansatz folgend ein normiertes Toleranzschema mit eta-Achse)

Leiten sie die allgemeine Formel zur Bestimmung der Ordnung eines Butterworthfilters her!

1.3)

Leiten sie die allgemeine Formel zur Lage der Polstellen eines Butterworthtiefpasses her!

Wieviele Polstellen erhält man?

Welche Polstellen werden ausgewählt? (Begründen Sie)

Wo liegen die Polstellen auf der  $s$ -Ebene?

Wo liegen die Polstellen eines Tschebyscheff-I-TP im Vergleich zum Butterworth-TP?

1.4)



Gegeben: PN-Diagramm mit 3 Polstellen bei  $-1$ ,  $0,5+j0,5$  und  $0,5+j0,5$  eines Einheitstiefpasses.

Der Einheitstiefpass soll in einen Hochpass zurücktransformiert werden. Wie Transformationsvorschrift?

Berechnen Sie die Übertragungsfunktion  $H(s)$  des Hochpass.

Wo liegen die Pol- und Nullstellen des Hochpasses?

-- Tragen Sie diese in ein PN-Diagramm ein

1.5)

Wieviele Nullstellen darf ein Tiefpass 7. Ordnung haben

--, wenn diese auf der  $j\omega$ -Achse liegen? (Begründen Sie)

2.1) ???

2.2)

[wie Aufgabe 2 (2.1) WS 06/07]



2.3)

Was ist ein FIR-Filter?

Nennen Sie eine Methode zum Entwurf eines FIR-Filters -- (ohne die Substitution analoger Integrierer) und beschreiben sie diese Methode!

2.4)

Nennen und erläutern sie Wortlängeneffekte. Wie wirken sich diese Effekte bei FIR- und IIR-Filtern aus?

Welcher Dezimalzahl entspricht  $110,1101_{\text{BIN}}$  ?

Welchen Dezimalwert erhält man, wenn man die Binärzahl auf 3Bit nach dem Komma rundet?

2.5)

Vor der zeitdiskreten Verarbeitung digitaler Datenworte muss das Analogsignal quantisiert werden. Skizzieren Sie zwei bekannte gleichförmige Quantisierungskennlinien mit mindestens 5 Stufen und beschriften Sie diese vollständig!

Erläutern Sie das Prinzip der Quantisierung!

Geben sie die ungefähre Formel für den SNR eines überabgetasteten Signals an!

3.1)

Geben Sie die Beziehung zwischen Frequenz  $f$ ,  $\omega$  und  $\Omega$  an!

Durch welche Beziehung gelangt man von der  $s$ -Ebene analoger Systeme in die  $z$ -Ebene digitaler Systeme?

3.2)

Was versteht man unter Aliasing? Wie entsteht es, und wie wirkt es sich auf das Spektrum des Signals aus? Erläutern Sie dies zur Veranschaulichung zusätzlich mit einer Skizze!

3.3)

Wie kann man den Frequenzgang einer Übertragungsfunktion  $H(z)$  ablesen?

Was wird dazu für  $z$  eingesetzt?

Welche Werte ergeben sich jeweils für  $z$  bei  $\Omega=0$  ,  $\Omega=\pi$  ,  $\Omega=2\pi$  ?

3.4)

Schreiben Sie den Matlabcode auf, der folgende Funktion ausführt:

- Betragsfrequenzgang des komplexen Frequenzgangs  $H$
- Phasenfrequenzgang des komplexen Frequenzgangs  $H$  in Grad [oder rad ???]
- Elementweise Multiplikation der Vektoren  $x$  und  $y$
- Aus den Elementen 2 bis 5 eines Zeilenvektors einen neuen Vektor bilden

3.5)

Erläutern Sie die folgenden Matlab-Funktionen und geben Sie eine Form an, wie man sie verwenden kann:

- freqz
- poly



## Signalverarbeitung Protokoll

Datum: 09.04.2009

Art: VL + IV

### Aufgabe I (10 Punkte)

- 1) Geben Sie 3 äquivalente Gleichungen für die Übertragungsfunktion  $H(s)$  (1,5 Punkte)
- 2) Geben Sie die Schritte für eine ETP-HP Transformation. Welcher Vorteil hat diese Frequenztransformation? (2 Punkte)
- 3) Leiten Sie die Formel zur Berechnung der Größe  $\epsilon$  und berechnen Sie es wenn die Durchlassdämpfung  $A_g = 10$  dB ist. (2 Punkte)
- 3) Gegeben sei ein analoges TP-Filter 3. Ordnung. Wie viele Polstellen darf dieses Filter haben?  
Wie viele Nullstellen darf dieses Filter maximal haben? Begründen Sie Ihre Antwort. (1,5 Punkte)
- 4) Nennen Sie die Ihnen bekannten Integrationsmethoden und zeichnen Sie Transformationsdiagramme ( $S \rightarrow Z$ ). Wovon hängt die Stabilität ab? (2 Punkte)
- 5) Nennen Sie die andere Methode zur Approximierung von digitalen Filtern (IIR Filter). Warum wird solcher Entwurf digitaler Filter angewendet? (1 Punkte)

### Aufgabe II (10 Punkte)

- 1) Nennen Sie die vier bekannten digitalen Filterstrukturen und vergleichen Sie sie bezüglich ihrer Wortlänge und der Anzahl der Strukturelemente. (2 Punkte)
- 2) P/N Diagramm gegeben: 3 Polstellen, 3 fache-Nullstellen. (alle 3 Nullstellen liegen bei  $-1$ , eine Polstelle bei  $-0,5$ ; die beiden anderen Polstellen sind konjugiert komplex bei  $0,5 + 0,5j$  und  $0,5 - 0,5j$ )  
Geben Sie die Übertragungsfunktion des Filters in Produktform an. Formen Sie die Übertragungsfunktion so um, dass die Koeffizienten für eine Realisierung in Kaskadenstruktur direkt abgelesen werden können. (2 Punkte)
- 3) Nennen Sie 2 Eigenschaften von FIR-Filtern und untersuchen Sie die, bezüglich ihrer Phasigkeit (2 Punkte)
- 4) Harvard-Architektur zeichnen. C++ und Assembler vergleichen. (2 Punkte)
- 5) Erklären Sie den Görtzel-Algorithmus anhand eines Strukturbildes und nennen Sie seine Vorteile. Wann setzt man ihn ein? (2 Punkte)

### Aufgabe III (10 Punkte)

- 1) Gegeben ist ein P/N Diagramm. Handelt es sich um ein FIR- oder IIR-Filter? Wie können Wortlängeneffekte verhindert werden? (2 Punkte)
- 2) Erklären Sie die Funktionsweise von Delta-Modulator. Ausgangssignal für ein Sinus-Eingangssignal angeben. Um welche Baugruppen müssen der Sigma-Delta-Modulator ergänzt werden, damit sich daraus ein Sigma-Delta-Umsetzer ergibt?
- 3) Schreiben Sie den Matlabcode für folgenden Aufgaben:
  - Skalarprodukt zweier Vektoren. a: Spaltenvektor, b: Zeilenvektor
  -
- 4) Wozu dienen folgende Befehle? Schreiben Sie dafür die geeigneten Funktionen:
  - subplot
  - stairs

DIPLOM-ABGABEN-SAM  
Technische Universität  
Erlangen  
Straße des 17. Juni 130-132

DIPLOMABITRIEB 2011  
 Fachbereich Informatik  
 1. Lehrstuhl für  
 StraÙe des 17. Juni 130-132

**Aufgabe 1**

**1.1** Zeichnen Sie bitte die Tolaranzschema eines analogen Tiefpassfilters und beschriften sie es. Leiten Sie anhand diese Zeichens die Formel der Ordnung n eines Butterworth-Filters. Zeichnen Sie zu dem eine PN-Plan des Butterworth-Filters der Ordnung 5!

**1.2** Wie sind die Komplexe Frquenzvarianblen  $s$  und  $\zeta$  definiert und wie werden sie ineinander umgerechnet? Wofür ist diese Transformationsvorschrift sinnvoll?

**1.3** Zeichnen Sie die Frequenzverzerrung des Einheitstiefpass-TP-Transformation und Einheitstiefpass-HP- Transformation, geben sie die jeweilige Transformationsvorschriften an...

**1.4** Geben ist folgenden Übertragungsfunktion

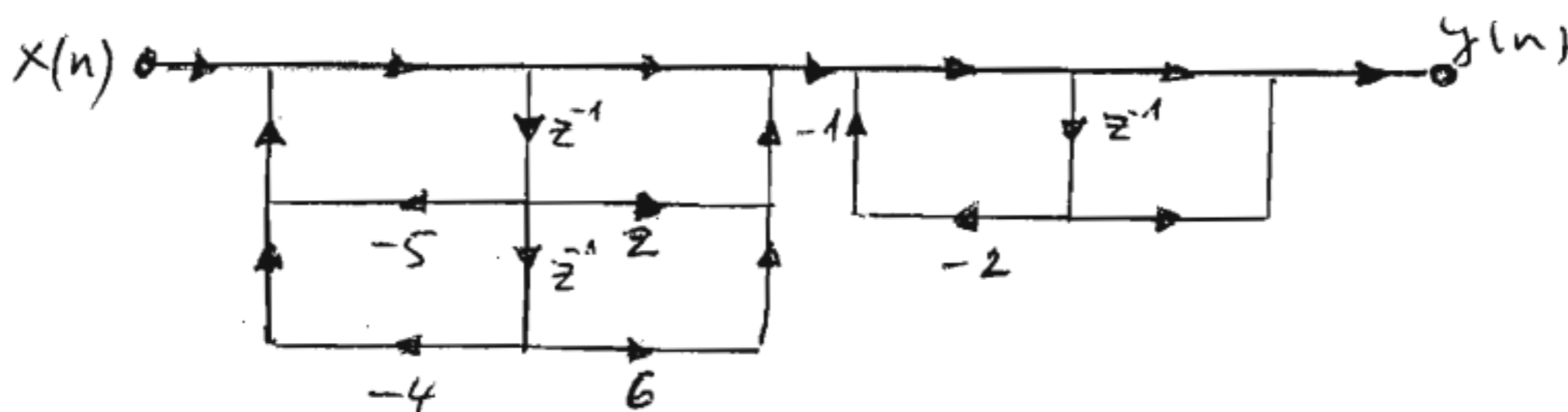
$$H(s) = \frac{0,5}{(s - 3)} - \frac{1}{(s - 1)}$$

Formen Sie diese in Produktform und die gebrochen rationale Form um! Ist dieses Filter stabil?

**1.5** Geben Sie den Zusammenhang zwischen der digitalen und analogen Impulsantwort bei der Impulsinverianzmethode an! Warum ist die Transformation bestimmten Filter mit Hilfe dieser Methode nicht mögliche? Nennen Sie zwei weitere Methode, mit deren Hilfe die Transformation vom analogen in den digitalen Bereich ermöglicht wird!

**Aufgabe 2**

**2.1** Gegeben ist folgende Struktur. Um welche Filterstruktur handelt es sich?



Welche Vorteile bringt dieses Filter mit sich? Welche Ordnung hat dieses Filter ? Bestimmen Sie die Koeffizienten  $b_0 \dots b_3$  und  $a_0 \dots a_3$ .

**2.2** Beschreiben sie in kurzer, wie die Fenstermethode funktioniert. Mit welchem Entwurfsverfahren wird diese Methode in der Regel durchgeführt? Nennen Sie zwei weitere Methode, mit deren Hilfe ein FIR-Filter realisiert wird!

**2.3** Was ist der Unterschied zwischen Harvard-Architektur und Von-Neumann-Architektur? (ein Merkmal) Was sind die Vorteile eines eingebetteten Systems? (4 Merkmale) Was versteht man unter den Begriffen black box testing und white box testing?

**2.4** Erklären Sie in Wort und Skizze die Funktionsweise von FFT! Welche exponentielle Komponente hat einen Einfluss auf FFT (oder war es: auf die Länge  $N$ . Ich weiß es nicht mehr :())? Geben Sie den Rechenaufwand im Bezug auf die Länge  $N$  an!

**2.5** Was sind die Bewertungskriterien eines adaptiven Filters und welchen Einfluss hat die Schrittweite  $\alpha$ ?

### **Aufgabe 3**

**3.1** Welche Unterschiede gibt es zwischen dem Tschebyscheff Typ I und dem Tschebyscheff Typ II? Im Bezug auf Steilheit was ist besonders an Tschebyscheff Typ II in der Relation zum Butterworth-Filter? Was ist im Bezug auf Sperrgrenzfrequenz  $\eta_s$  bei der Transformation mit Tschebyscheff Typ II nötig?

**3.2** Erklären Sie die Funktion des Spektrogramms! Wie wird Sie verwendet? Zeichnen Sie einen Signalverlauf, der mit Hilfe dieser Funktion entsteht!

**3.3** Gegeben ist eine Matlab-Funktion. Geben Sie an, um welchen Filter-Art es sich handelt und zeichnen Sie die Struktur des Filters und den PN-Plan! Welche Ordnung hat er?

`a = [1];`

`b = [ones(5,1)];`

`h = filter(b,a);`

**3.4** Programmieren Sie Folgendes in Matlab:

a) Berechnen des Skalarprodukts zweier  $x$ -Spaltenvektor und  $y$ -Zeilenvektor

b) inverse Matrix  $M$

c) Das Korrigieren eines Phasengangs

d) Die Impulsantwort  $h(n)$  eines digitalen Filters

**3.5** Erklären Sie, welche Funktion die folgende Befehle haben und wie Sie in Matlab verwendet werden?

a) `bilinear`

b) `cylinder`

Datum: 22.07.2008  
Prüfer: Orglmeister  
Zeit: 90 min  
Art: VL + IV

## 1. Aufgabe (VL)

1.1. (1.5 Punkt)

- Geben sie den Zusammenhang zwischen der Frequenzvariable  $s$  und der normierten Frequenzvariable an.
- Geben sie außerdem die Gleichung für  $s$  und die normierte Frequenz an.

1.2 (1.5 Punkte)

- Zeichnen sie ein normiertes Toleranzschema mit kompletter Beschriftung.

1.3 (2 Punkte)

- Wieviele Polstellen hat ein analoger Filter mit der Ordnung 5.
- Wieviele Nullstellen darf dieser Filter haben und warum.

1.4 (3 Punkte)

Gegeben ist Pol/Nullstellendiagramm von ETP mit 3 Polstellen.

- ETP soll in HP transformiert werden. Berechnen sie  $H(s)$  und zeichnen Sie die Pol und Nullstellen in ein Diagramm ein.

1.5 (2 Punkte)

- Nennen sie zwei Normen und veranschaulichen sie diese durch eine Darstellung im  $\mathbb{R}^2$

## 2. Aufgabe (VL)

2.1 (2 Punkte)

Geg. ist Abb. wo eine Ebenentransformation von  $s$  in  $z$  Ebene dargestellt ist.

- Um welche Transformation handelt es sich.
- Wie lautet die Transformationsvorschrift.
- Leiten Sie diese Anhand eines Strukturdiagramms her.

2.2 (2 Punkte)

- Zeichnen Sie die Direktstruktur (I oder II), die Kaskaden- und die Parallelstruktur für einen Filter 3. Ordnung wobei die Anzahl der Pol und Nullstellen gleich sind.

2.3 (2 Punkte)

- Geben sie die  $z$ -Übertragungsfunktionen für die Filterstrukturen aus Aufgabe 2.2 an und verwenden sie dafür die dort verwendete Bezeichnungen.

2.4 (2 Punkte)

...???

2.5 (2 Punkte)

Allgemeine  $z$ -Übertragungsfunktion von Biquad gegeben (Skript S.107).

- Wie müssen die Koeffizienten gewählt werden damit bei konjugiert komplexer Polstelle der Filter stabil ist.
- Veranschaulichen sie die Lösung in einem Diagramm.



### 3. Aufgabe (IV)

3.1 (1.5 Punkte)

- Worin unterscheiden sich Tschebycheff Typ I und Typ II.
- Machen Sie den Unterschied anhand einer geeigneten Darstellung deutlich.
- Gegeben ist Pol und Nullstellen Diagram. Ist das ein Tschebycheff Typ I oder Typ II Filter.

3.2 (2.5 Punkte)

- Erläutern Sie das LMS Verfahren in mindestens 5 Sätzen.
- Wie lautet die Gleichung für den Ansatz.
- Was sind quasilinearphasige Filter, wo werden diese eingesetzt und sind die mit LMS realisierbar?

3.3 (1.5 Punkte)

Sigma Delta Modulator.

- Was passiert mit der Rauschleistung bei Überabtastung?
- Um welche Baugruppen müssen der Sigma Delta Modulator ergänzt werden damit sich daraus ein Sigma Delta Umsetzer ergibt?

3.4 (2 Punkte)

Geben sie für folgende Operationen den Matlab code an

- Elementweises dividieren von einem Spalten und einem Zeilenvektor
- Letze Spalte einer 3x3 Matrix in einen Vektor schreiben
- Vektor der Länge 22 mit nur 1 als Einträge
- ... ???

3.5 (2 Punkte)

Was bewirken die folgenden Befehle und wie verwendet man sie

- subplot
- ylabel

Klausur Signalverarbeitung, 10.04.2008  
(Gedächtnisprotokoll)

Aufgaben nur VL: 1 + 2  
VL + IV: 1 + 2 + 3  
nur IV: 3 + 4 (4 leider nicht bekannt)  
Bearbeitungszeit: 90 min (für alle Prüfungsformen)

Aufgabe 1 (10 Punkte)

1.1) Definieren Sie die Gruppenlaufzeit und beschreiben Sie sie anschaulich. Geben Sie 2 Darstellungen der Übertragungsfunktion eines Systems 2. Ordnung an. (2 Punkte)

1.2) Wie lautet das Ansatzpolynom für den Betragsfrequenzgang des Einheitstiefpasses. Wo liegen die Polstellen in der  $\zeta$ -Ebene (Normierte Ebene)? Welche müssen für Stabilität ausgewählt werden. (2 Punkte)

1.3) Geben Sie den Zusammenhang zwischen der digitalen und analogen Impulsantwort bei der Impulsinvarianzmethode an. Was ist Aliasing? Tritt bei der Impulsinvarianzmethode eine Frequenzverzerrung auf? (2 Punkte)

1.4) Gegeben ist  $H(s)$ : Bestimmen Sie die Koeffizienten der Übertragungsfunktion. Ist das System stabil? Handelt es sich um einen Hochpass? (2 Punkte)

$$H(s) = \frac{0,25}{s+1} - \frac{0,25}{s-1}$$

1.5) Vergleichen Sie den Besselfilter mit anderen Filtertypen bezüglich seiner Welligkeit und Steilheit im Übergangsbereich. (2 Punkte)

Aufgabe 2 (10 Punkte)

2.1) Was sind Grenzyklen? Was ist ein Zustandsdiagramm? Geben Sie ein Zustandsdiagramm eines Systems mit Grenzyklen an. (2 Punkte)

2.2) Wie groß ist eine Quantisierungsstufe eines n-Bit Mitrise-Umsetzers. Berechnen Sie die Amplitudendichteverteilung des Quantisierers und zeichnen Sie sie. (2 Punkte)

2.4) Berechnen Sie das SNR bei vollausgeteuerten Rechteckeingangssignal und n-Bit-Quantisierung. (2/3? Punkte)

2.4) Nennen Sie 2 Vor- und Nachteile eines  $\Sigma\Delta$ -Umsetzers. (1 Punkt)

2.5) Was ist ein FIR-Filter? Beschreiben Sie ein Approximationsverfahren für für FIR-Filter im Digitalen. (2 Punkte)

### Aufgabe 3 (10 Punkte)

3.1) Zeichnen Sie das Toleranzschema eines Hochpasses und zeichnen Sie alle Einzelheiten ein. Zeichnen Sie einen Butterworth- und einen Cauertiefpass. Markieren Sie alle Punkte die zum bestimmen der Ordnung wichtig sind. Welcher der beiden Filter hat in der Regel bei gleichem Toleranzschema die höhere Ordnung. (2 Punkte)

3.2) Was sind Wortlängeneffekte? Welche Auswirkungen haben sie? Gilt dies gleichermaßen für FIR- und IIR-Filter? Wie können Wortlängeneffekte verhindert werden? (2 Punkte)

3.3) Zeichnen Sie die Struktur des  $\Sigma\Delta$ -Umsetzers. Erklären Sie die Aufgabe des Tiefpasses. Erklären Sie den in der IV verwendeten Tiefpass (Kammfilter). Was ist das besondere bei den Koeffizienten dieses Filters. (2 Punkte)

3.4) Schreiben Sie den Matlabcode für folgende Aufgaben: (2 Punkte)

- bestimmen der elementaren Differenz zwischen einem Spalten- und einem Zeilenvektor
- erstellen eines Vektors der Länge 20 mit den Einträgen 20 19 18 ... 3 2 1
- bestimmen der Länge eines Vektors
- löschen einer Variablen

3.5) Wozu dienen folgende Matlabfunktionen und wie verwendet man sie? (2 Punkte)

- cheblap
- surf

Gedächtnisprotokoll zur  
Klausur Signalverarbeitung am 21.02.2008 (VL-Teil)

DIPLOM  
Technische Universität  
StraÙe des 17. Juni 130-132

Prüfer: Prof. Orglmeister  
Verantwortlicher WM: Alexander Vorwerk  
Prüfungsdauer: 90Min  
Punkte (nur VL-Teil): 20

Aufgabe 1

1.1 (2 Punkte)

Gegeben: allgemeiner Ansatz des Tiefpass-Betragsfrequenzgangs:

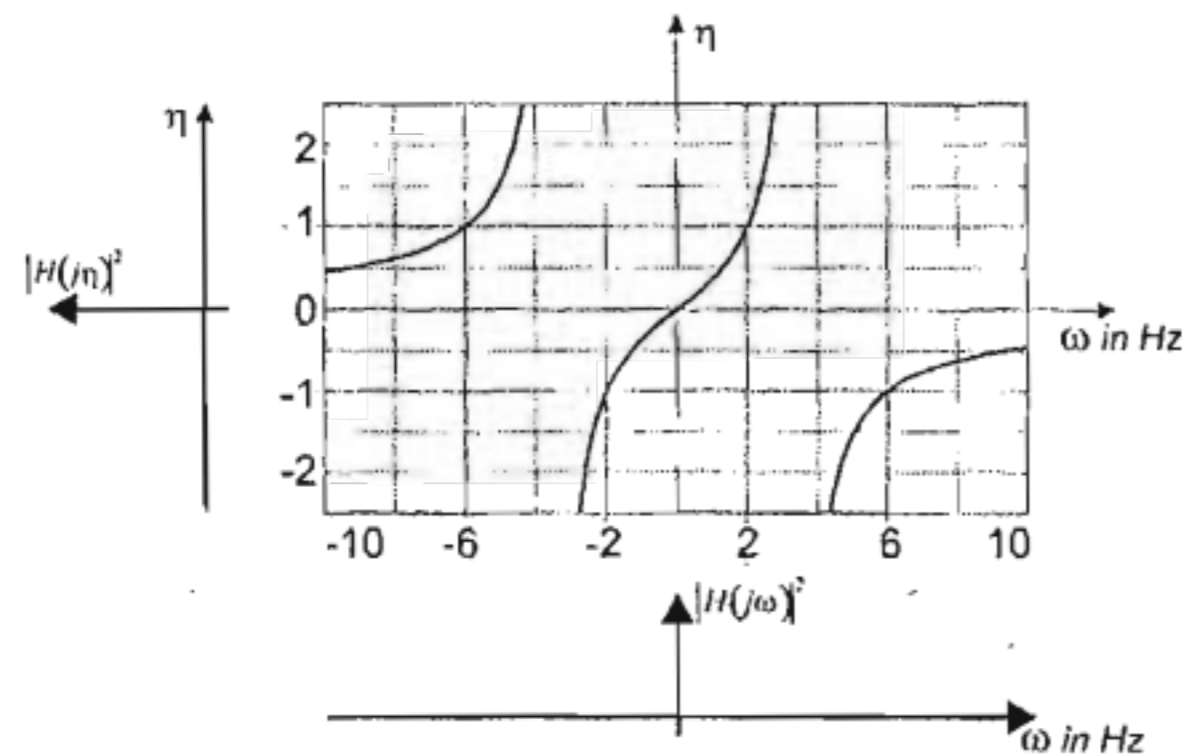
$$|H(j\eta)|^2 = \frac{1}{1 + \alpha^2 A_N^2(\eta)}$$

Wie lautet die Ansatzfunktion für Butterworthtiefpässe? Zeichnen und beschriften Sie das Toleranzschema. Leiten sie die Formel zu Bestimmung der Filterordnung her.

1.2 (2 Punkte)

Wozu dient die Frequenztransformation, warum benutzt man sie? Geben Sie die Schritte für einen Hochpass-Filterentwurf mittels Einheitstiefpass an.

1.3 (2 Punkt)



Zeichnen Sie das normierte und das entnormierte Filter in das Schema der Frequenzverzerrung ein. Um das Übertragungsschema welchen Filters handelt es sich?

1.4 (2 Punkte)

Nennen Sie zwei Ihnen bekannte Normen. Geben Sie jeweils die Gleichung für den diskreten Fall eines Vektors  $X$  an.

1.5 (2 Punkte)

Wie lautet das Polstellenstabilitätskriterium für analoge und digitale Filter?

Welcher Zusammenhang besteht zwischen  $s$  (Laplace)- und  $z$ -Ebene. Wie lautet die Beziehung zwischen  $\omega$  und  $\Omega$

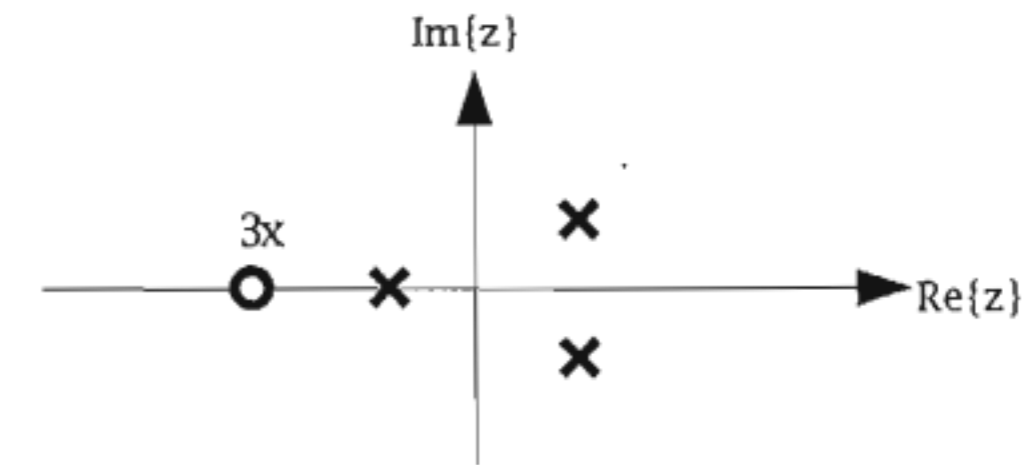
Aufgabe 2

2.1 (3 Punkte)

Leiten Sie die Frequenzabbildung der Bilineartransformation her. Wohin werden  $\omega = 0$  und  $\omega \rightarrow \infty$  abgebildet?

Zeichnen Sie die Struktur eines Trapezintegrierers, geben Sie auch die Differenzgleichung und  $z$ -Übertragungsfunktion an.

2.2 (2 Punkte ?)



Gegeben ist das Pol-Nullstellen-Diagramm eines digitalen Filters.

(alle 3 Nullstellen lagen bei -1, eine Polstelle bei -0,5; die beiden anderen Polstellen waren konjugiert komplex bei  $0,5 + j0,5$  und  $0,5 - j0,5$ )

Geben Sie die Übertragungsfunktion des Filters in Produktform an. Form Sie die Übertragungsfunktion anschließend so um, dass die Koeffizienten für eine Realisierung in Kaskadenstruktur direkt abgelesen werden können.

2.3 (2 Punkte ?)

Zeichnen Sie die zu 2.2 gehörende Kaskadenstruktur und beschriften Sie diese.

2.4 (2 Punkte)

Gegeben: Bild von einem Biquad in gekoppelter Struktur. Welche Vorteile ergeben sich, wenn die Koeffizienten auf diese Weise realisiert werden (im Falle konjugiert komplexer Polstellen).

(Das Bild und die Beschreibung sind im Skript erst ab Version 2007 enthalten!)

2.5 (2 Punkte)

Runden Sie 0,8 und 0,5 auf 3 Stellen (binär) nach dem Komma. Der Rechenweg muss erkennbar sein.

1



### 3. Aufgabe 3

3.1.(Gegeben: Matlab-3D-Plot eines Filters, vermutl. Notchfilter über Z-Ebene)

Um welches Filter handelt es sich ?

Wo ist  $\omega = 0$  ?

Um welchen Filtertyp handelt es sich ? (Butterw/Tscheb1/2)

Welche Charakteristik weist dieser Filtertyp auf ?

3.2.Für welche Filter ist die Impulsinvarianzmethode anwendbar ?

3.3.Chirpsignale (aus 4. Übung), Zeichne die Frequenzgänge bei einer Abtastrate von  $\eta$  und  $\eta/2$  !

3.4.Matlab:

Skalarprodukt aus Spaltenvektor  $x$  und Zeilenvektor  $y$  berechnen !

Was bewirken die Befehle *grid*, *buttap* und *stairs* ?

Berechnen Sie die Übertragungsfunktion  $H(s)$  aus den Koeffizientenvektoren  $a$  und  $b$  !

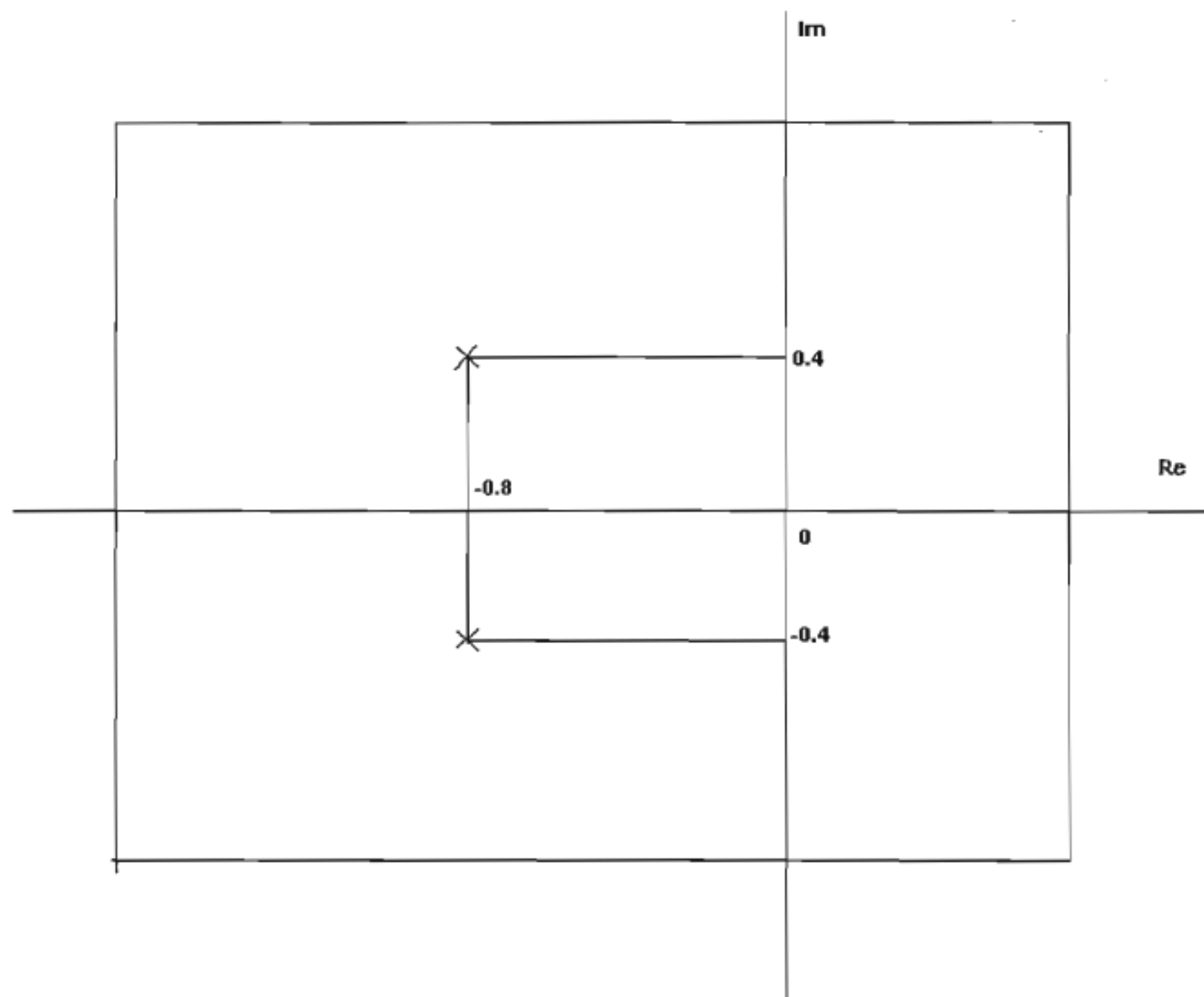
# Signalverarbeitung

23.Feb.2007 WS 06/07

Ogelmeister

## Aufgabe 1

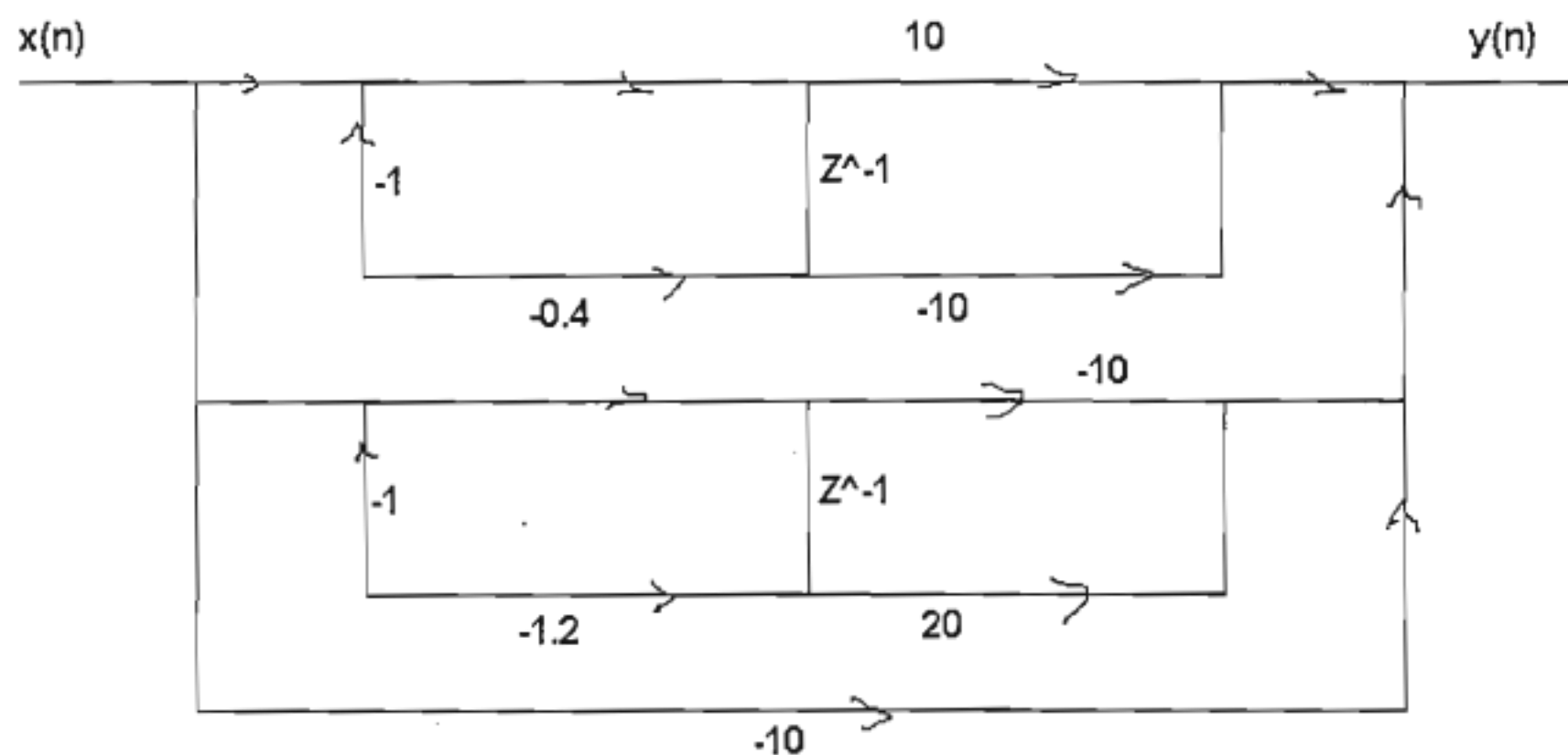
- 1.1 Schreiben Sie 3 Äquivalenzdarstellungen von Übertragungsfunktion eines Filters
- 1.2 Was versteht man Gruppenlaufzeit? Berechnen Sie die Gruppenlaufzeit nach Definition. Was ist ein Linearphasigen Filter? Wozu verwendet man diese Filter?
- 1.3 Was ist Freq.transformation? Wozu nutzt man die?
- 1.4 Gegeben ist ein Graphik für ein ETP mit P/Nullstellen. Bitte rechnen Sie die  $H(s)$  und transportieren ins ein Hochpass. Skizzieren die neue P/Nullstellensgrafik für HP.



- 1.5 Skizzieren Sie bitte die Betragsfreq.gang und Phasenfreq.gang eines idealen TP.
- 1.6 Skizzieren Sie die Toleranzschema von Bandpass und Allpass.

## Aufgabe 2

- 2.1 Es ist ein Filter nach unten stehender struktur gegeben. Um welche Filterstruktur handelt es? Geben Sie bitte die Übertragungsfkt  $H(z)$  an! Formen Sie diese anschliessend so um, dass sie die Koeffizienten für eine Direktform direkt ablesen können! Begründen Sie bitte, ob Filter stabil ist.



2.2 Wohin wird bei der Anwendung der Trapezregel zur Transformation eines analogen Filters in einen dig.Filter? Wie die  $j\omega$ -achse des ana. System abgebildet? Ist das dig.Filter für ein stabiles analoge Filter immer stabil (mit Begründung)? Was wird unter dem Begriff Aliasing verstanden? Begründen Sie bitte.

2.3 Leiten Sie bitte die bei der Bilineartransformation auftretenden Frq.verzerrung her! Kann aus einem linearphasigen ana.Filter nach Anwendung der Bilineartransformation ein linearphasig. dig. Filter entstehen? Begründen Sie!

2.4 Was versteht man unter Impulsantwort? Wie lautet die Impulsinvariantmethode? Was ist die Zusammenhang zwischen ein ana.Filter und ein dig.Filter nach Impulsinvariantmethode?

2.5 Gegeben ist ein  $H(z)$ . Wenn es stabil ist, welche Bedingungen für  $a_1$  und  $a_2$  muss erfüllt werden?

$$\frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} = H(z)$$

### Aufgabe 3

3.1 Gegeben ist ein P/Nullstellengraphik. Ist diese System FIR oder IIR? Begründen Sie.

3.2 Was ist die Beziehung zwischen  $f, \omega$  und  $\Omega$  im analogen und digitalen system? Durch welche Definition tritt die Uebergang von S-ebene nach Z-ebene auf.

3.3

- Erklären Sie den Grundprinzip der  $\Sigma\Delta$ -Umsetzer.
- 1 Bit Quantisierer
- Auflösung der Erhöhung

3.4 Quellecode:

- Berechnung des Skalarproduktes zweier Zeilenvektor.
- Umtauschen Sie die dritte Spalte von einen  $3 \times 3$  vektor durch einen dreien Zeilenvektor.
- Berechnen Sie den Betragfrequenzgang von  $H(j\omega)$
- 

3.5 Wozu dienen folgende Befehle? Wie werden sie verwendet?

- fft
- ellip

## Klausur Signalverarbeitung 28.4.2006

Prüfer: Orglmeister

Prüfung über VL und IV: Aufgaben 1-3  
Prüfung nur über VL: Aufgaben 1-2  
Dauer: 90 Minuten

### 1. Aufgabe

- 1.1. Zeichnen und beschriften Sie das Toleranzschema eines normierten analogen Butterworth-Tiefpassfilters. Leiten Sie die Formel für die Ordnung  $n$  her. Zeichnen Sie den Polstellenplan. (2 Punkte)
- 1.2. Darf ein Tiefpassfilter auch Nullstellen besitzen? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)
- 1.3. Leiten Sie den Zusammenhang zwischen den komplexen Frequenzvariablen  $\zeta$  und  $s$  her. Wofür ist dieser Zusammenhang nützlich? (1 Punkt)
- 1.4. Nennen Sie den Unterschied zwischen der Tschebyscheff-Approximation und der Approximation nach der Methode des kleinsten mittleren Fehlerquadrates. (1 Punkt)
- 1.5. Analoge Filter werden häufig in Teilsysteme 1. und 2. Ordnung aufgespaltet. Nennen Sie mindestens vier Vorteile davon. (2 Punkte)
- 1.6. Nennen Sie jeweils vier Vor- und Nachteile analoger und digitaler Signalverarbeitung. (2 Punkte)

### 2. Aufgabe

- 2.1.  $H(z) = (1 - 0,75 z^{-1}) / (1 + 1,6 z^{-1} + 0,15 z^{-2})$  Zeichnen Sie den Signalflussgraph von  $H(z)$  in einer kanonischen Direktform. Zeichnen Sie auch das Pol-/Nullstellendiagramm. (Als Hinweis war die pq-Formel zum Lösen quadratischer Gleichungen gegeben.) Handelt es sich um ein stabiles System? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)
- 2.2. Erläutern Sie das Prinzip der Impulsinvarianzmethode. Erklären Sie, warum sich mit dieser Methode nur bestimmte Filtertypen transformieren lassen und nennen Sie diese. (2 Punkte)
- 2.3. Was sind Grenzyklen? Wodurch entstehen Sie? Nennen Sie andere Wortlängeneffekte. (2 Punkte)
- 2.4. Zeichnen Sie die Quantisierungskennlinie eines 3 Bit Midtreat-Quantisierers (Hinweis: Am Ausgang kann auch Null anliegen). Bestimmen Sie für eine Rechteck-Eingangsspannung mit  $U_s = U_{\max}/2$  den SNR (Signal-Rausch-Abstand). (2 Punkte)
- 2.5. Zeichnen Sie das Blockschaltbild eines Sigma-Delta-Modulators erster Ordnung im  $z$ -Bereich. Bestimmen Sie die STF (Signal-Transfer-Funktion) und die NTF (Rausch-



Transfer-Funktion), wenn ein Euler-Vorwärts-Integrator zum Einsatz kommt. Geben Sie den Betragsfrequenzgang von STF und NTF an. (2 Punkte)

### 3. Aufgabe (Matlab)

3.1. Was ist ein QLP-Filter? Wann wird es benutzt? Wie verhält sich die Phase im Durchlassbereich?

3.2. Wie kann man im z-Bereich den Frequenzgang erkennen? Erstellen Sie eine Skizze und tragen Sie die Punkte  $\Omega=0, \pi, 2\pi$  ein.

- 3.3. a) Elementarweises Quadrieren von Vektor  $k$ .  
b) Wie bekommt man die minimale Potenz von  $2^p \geq n$ , wenn  $n$  gegeben ist?  
c) Analoges Butterworth-Filter: Pol- und Nullstellen darstellen, wenn Ordnung und  $\omega_n$  gegeben sind.  
d) y-Achse auf  $[-8 : 8]$  begrenzen.

3.4. Welche Funktion haben die Befehle  
cheb2ap und  
bilinear und wie werden sie verwendet?

# Protokoll zur Signalverarbeitungsklausur

Datum: 24.02.2006

Prüfer: Prof. Orglmeister

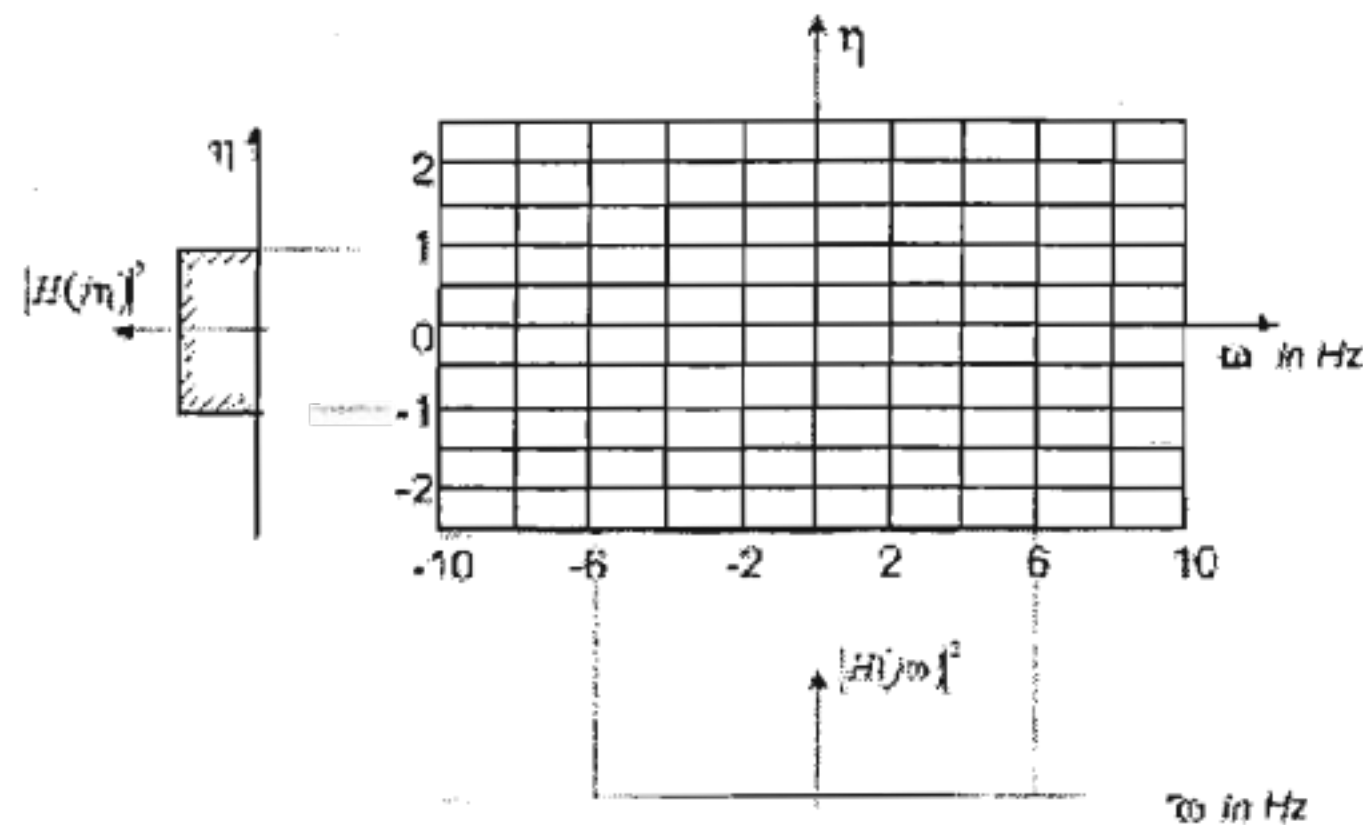
Modus: nur VL

## Aufgabe 1:

1.1 Erstellen sie eine Skizze von Betragsfrequenzgang, Phasenfrequenzgang und Impulsantwort eines idealen Tiefpasses an.

1.2. Wofür wird die Frequenztransformationsmethode verwendet. Nennen Sie die Vorteile der Frequenztransformation. Beschreiben Sie die nötigen Schritte einer Tiefpass --> Hochpass Transformation.

1.3 Zeichnen sie einen nun den HP für  $\omega_g=6\text{Hz}$  ein . Skizze S.44 im Skript



1.4 Gegeben ist folgende Übertragungsfunktion:

$$H(s) = \frac{1}{s-3} + \frac{0,5}{s+1}$$

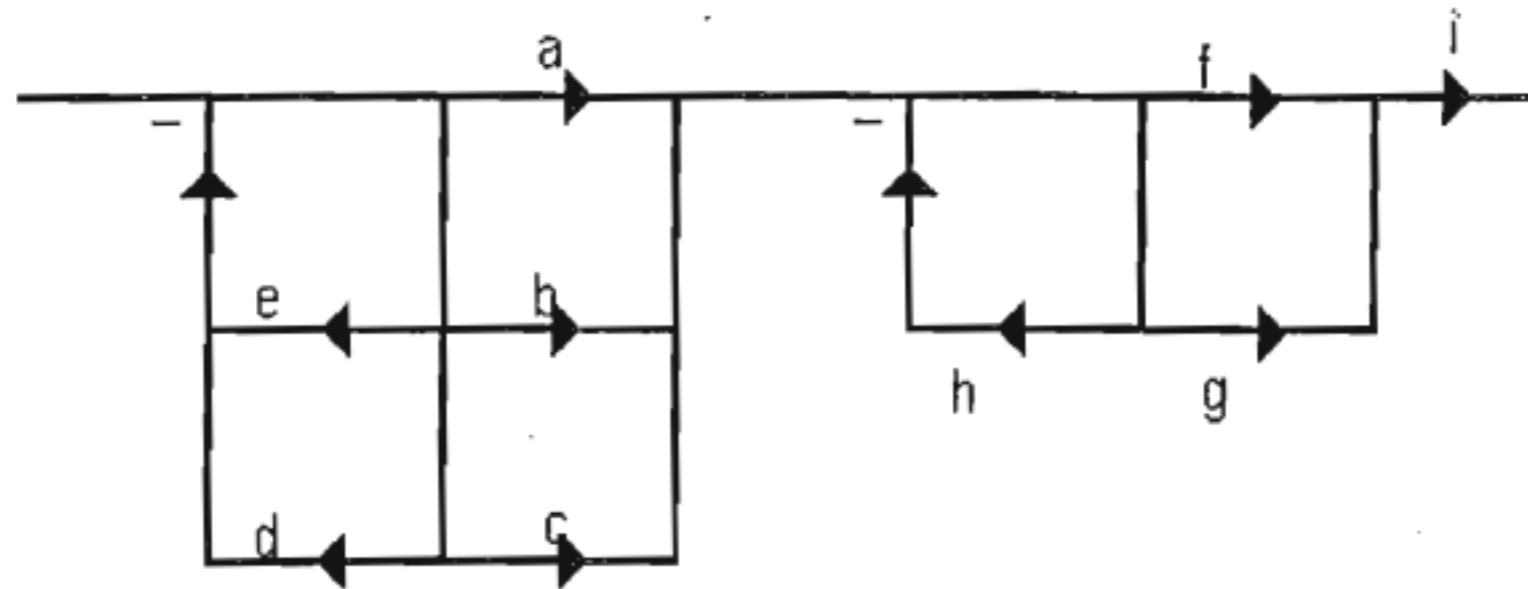
Geben Sie die gebrochen rationale Darstellung und die Pol-Nullstellen Darstellung an. Ist dieses Filter stabil. ?

1.5. Was versteht man unter dem Begriff Gruppenlaufzeit? Wie kann Sie aus dem Phasengang eines Systems errechnet werden (für den Fall das Pol- und Nullstellen nicht bekannt sind).

Aufgabe 2.

2.1. Nennen Sie drei Möglichkeiten analoge Filter in digitale Filter zu überführen. Beschreiben Sie **eine** dieser Methoden ausführlich und nennen Sie deren Vorteile.

2.2. Geben Sie von folgendem Bild die Übertragungsfunktion an.



Um welche Filterstruktur handelt es sich? Nennen Sie die Vorteile dieser Struktur. Welche Ordnung hat dieses Filter.

Geben Sie die Übertragungsfunktion an und vereinfachen Sie diese soweit wie möglich

2.3. Zeichnen Sie die folgende Übertragungsfunktion. Diese soll mit Hilfe der zweiten Direktstruktur umgesetzt werden. Ist das eine kanonische Struktur mit Begründung.

$$H(s) = \frac{as^2+bs+1}{cs^2+ds+1}$$

2.4 Skizzieren Sie das Blockschaltbild eines Sigma-Delta-Umsetzers. Welches sind die Vorteile eines solchen Umsetzers gegenüber herkömmlichen Verfahren.

2.5 Was versteht man unter Rauschformung. Durch welchen mechanischen Aufbau des Umsetzers kann dieser Effekt noch verbessert werden.

## Klausurprotokoll Signalverarbeitung Vorlesungsteil

**Datum:** 22.04.2005

**Zeit:** 2 Stunden

**Prüfer:** Prof Orglmeister

### Aufgabe 1:

1.1) Gegeben war der allgemeine Ansatz des Betragsfrequenzganges einer Tiefpassübertragungsfunktion. Wie lautet das Ansatzpolynom für eine Butterworth Charakteristik? Berechnung der Polstellen. Wo liegen diese Polstellen? Welche Polstellen werden für die Übertragungsfunktion verwendet? Warum?

1.2) Wo liegen die Polstellen eines Tschebyscheff (Typ 1) Filters im Vergleich zum Butterworth-Tiefpass-Filter? Welche Vor- bzw. Nachteile entstehen dadurch?

1.3)

1.4) Das Toleranzschema eines Bandpasses sollte zusammen mit der Frequenzverzerrung einer Einheitstiefpass-Bandpass-Transformation qualitativ in ein Diagramm eingezeichnet werden. (Abbildung 2.32 im Skript)

### Aufgabe 2:

2.1) Allgemeine Form eines hR-Filters 4. Ordnung in Direktform 2 und Kaskadenstruktur zeichnen. Welche Vor- bzw. Nachteile haben diese Strukturen? Was ist der Unterschied zwischen Direktform 1 und Direktform 2?

2.2) Zeichnung anfertigen eines Sigma-Delta-Modulators im Z-Bereich. Aufstellen der STF und der NTF in Abhängigkeit von  $H(z)$ .

2.3)  $H(z)$  sollte nun als Euler-Vorwärts-Integrator realisiert werden. Zusätzlich sollten ISTF(exp bzw. NTP(exp) aufgestellt werden. Welchen Filtertyp sind diese Betragsfrequenzgänge zuzuordnen.

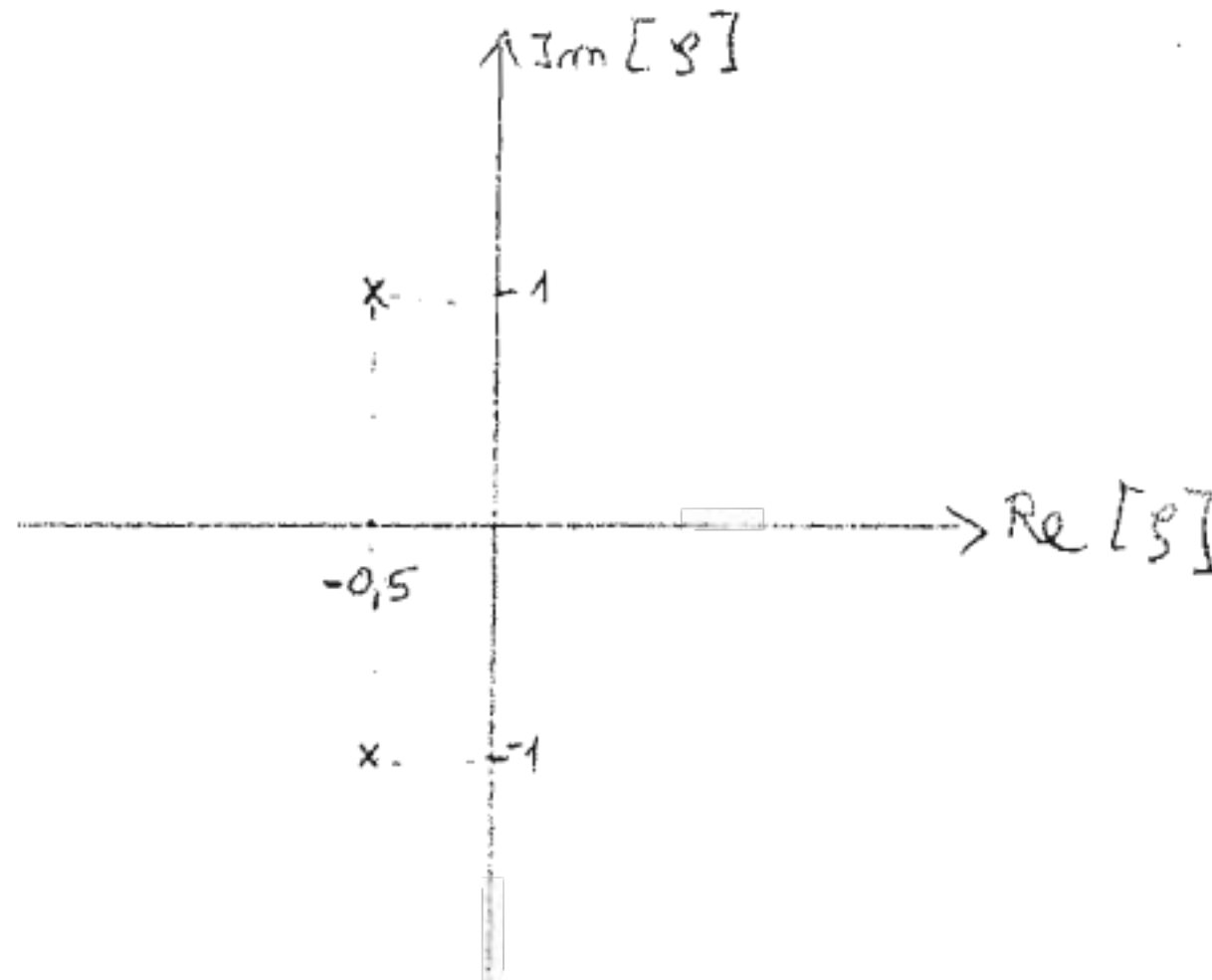
2.4) Was bedeutet Linearphasigkeit? Was folgt daraus für die Gruppenlaufzeit? Was für Einschränkungen haben QLP-Filter in Bezug auf die Gruppenlaufzeit?

2.5) Was ist eine FFT (Butterflystruktur)? Welches weitere Verfahren zur Berechnung einer DFT gibt es? Welche Vorteile hat dieses Verfahren?



Aufgabe 1

- 1.1) Wozu benutzt man Frequenztransformationen?  
 Schreiben Sie die für die Transformation benötigten Schritte auf.
- 1.2) Gegeben ist ein Pol-Nullstellendiagramm eines Einheitstiefpasses:



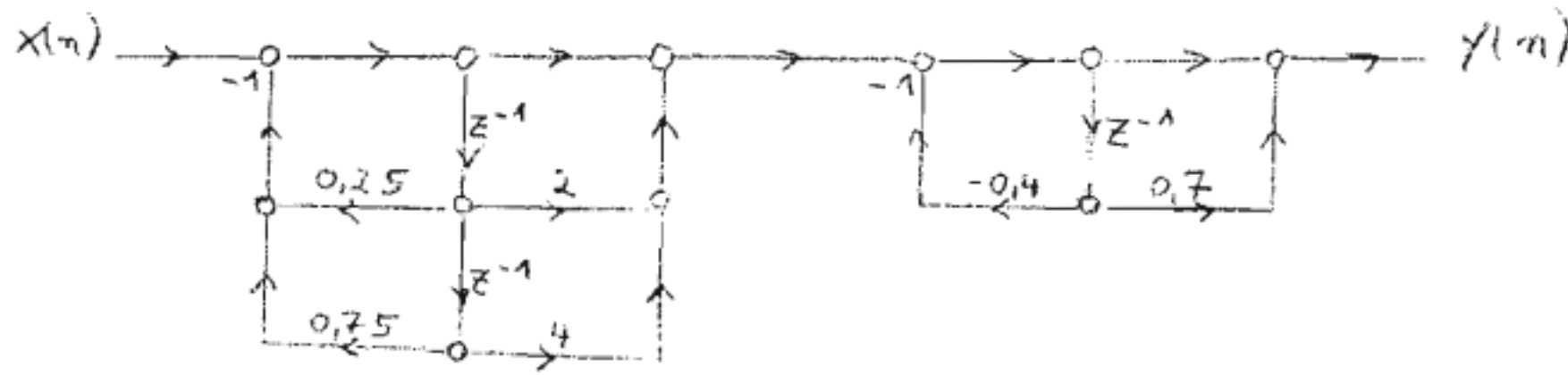
Führen Sie die Einheitstiefpass-Hochpass-Transformation durch. Geben Sie die Übertragungsfunktion des Hochpasses an und zeichnen Sie das Pol-Nullstellen-Diagramm des Hochpasses.

Hinweis: 
$$H(s) = K \cdot \frac{\prod_{\mu=1}^M (s - s_{0\mu})}{\prod_{\nu=1}^N (s - s_{\infty\nu})}$$

- 1.3) Warum verwendet man zum Entwurf digitaler Filter analoge Verfahren?
- 1.4) Nennen Sie 3 zeitdiskrete Integrationsverfahren zur Transformation von analogen in digitale Filter. Beschreiben Sie die Verfahren anhand von Zeichnungen und geben Sie die Parameter an, die die Stabilität beeinflussen (außer Lage von Polstellen). Verdeutlichen Sie die Stabilität mit Hilfe von Diagrammen.
- 1.5) Geben Sie je zwei Vor- und Nachteile von analogen Filtern an.

Aufgabe 2

- 2.1) Geben Sie die Struktur von folgendem Filter an.



Geben Sie ebenfalls die Übertragungsfunktion des Filters an.  
Welche Ordnung hat die Gesamtstruktur?

2.2) Beschreiben Sie das Prinzip von LMS in wenigen Sätzen.

2.3) Das Ergebnis der LMS lautet:  $\mathbf{h}^T = -1/2 \cdot \mathbf{c}^T \mathbf{P}^{-1}$   
Welche Eigenschaft muss  $\mathbf{P}$  erfüllen, damit in  $\mathbf{h}$  die optimalen Filterkoeffizienten stehen?  
Wie kann man diese Eigenschaft von  $\mathbf{P}$  überprüfen?

2.4) Worin unterscheiden sich Embedded Systems von Desktop PC's? (2 Merkmale)

2.5) Erklären Sie den Görtzel-Algorithmus anhand eines Strukturbildes und nennen Sie seine Vorteile. Wann setzt man ihn ein?

2.6) Erklären Sie den Begriff "Rauschformung"! Wie kann diese beim Sigma-Delta-Umsetzer erhöht werden?  
Aufgabe 3

3.1) Wo kann man den Frequenzgang in der z-Ebene ablesen? Was wird dann für  $z$  eingesetzt?  
 $\Omega=0, \Omega=\pi, \Omega=2\pi$ : Welche Werte ergeben sich jeweils für  $z$ ?

3.2) Worin unterscheiden sich Tschebyscheff Typ1 und Tschebyscheff Typ2 Filter im Betragsfrequenzgang. Skizzieren Sie für beide Typen den Betragsfrequenzgang.

3.3) Warum muss man bei Anwendung des Befehls `cheb2ap` die Ergebnisse mit  $\eta_s$  multiplizieren?

3.4) Programmieren Sie Folgendes in Matlab:

- Berechnung des Skalarproduktes zweier Vektoren.  $\mathbf{a}$ : Spaltenvektor,  $\mathbf{b}$ : Zeilenvektor
- Berechnen Sie den Betragsfrequenzgang in dB. (Gegeben ist die Übertragungsfunktion  $H$ )
- Beschriften Sie die x-Achse eines Plots.
- Berechnen Sie den Phasenfrequenzgang. (Gegeben ist die Übertragungsfunktion  $H$ )

3.5) Wozu dienen folgende Befehle? Wie werden sie verwendet?

- `unwrap`
- `filter`

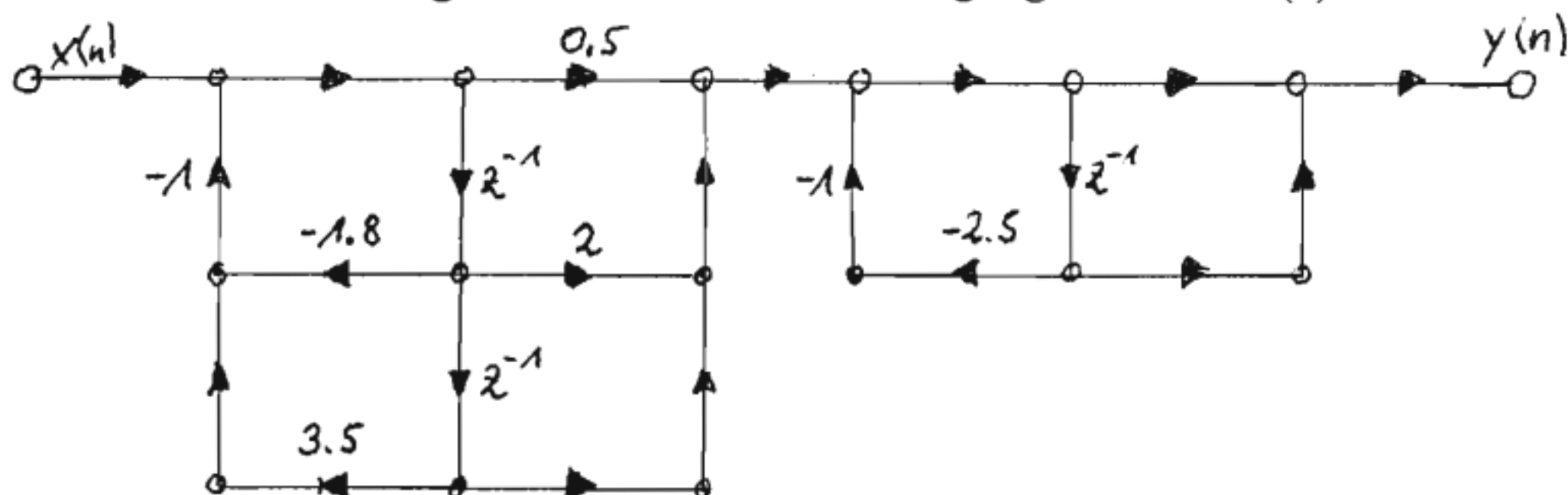
(VL + IV [120 min.]) Insgesamt 30 Pkt. [Punkteverteilung leider nicht mehr bekannt]  
 Einige Aufgabenstellungen nicht mehr bekannt (mit ... gekennzeichnet)

1.)

1. Nennen Sie zwei bekannte Normen. Geben Sie weiterhin die diskrete Form(Vektor) für diese an!
2.  $H(s) = 0.5/(s+2) + 0.5/(s-2)$   
Geben Sie Produkt- und Polynomform an.
3. Ist dieses Filter stabil? Warum?...
4. Es ist ein ETP mit einer Polstelle  $s = -1$  gegeben. Transformieren sie diesen Filter in einen HP mit  $f_g = 10/(2\pi)$  Hz. Zeichnen Sie für beide Filter den Betragsfrequenzgang und Pol- bzw. Nullstellendiagramm!
5. TP mit Sperrdämpfung  $-20$ dB. Zeichnen Sie den Betragsfrequenzgang und berechnen von  $\lambda$ !

2.)

1. Zeichnen der Struktur zur Bilineartransformation.
2. Leiten Sie die Formel zur Transformation von s-Ebene zu z-Ebene her. Zeichnen Sie beide Ebenen und kennzeichnen die Bereiche!
3. Warum gibt es Unterschied zwischen  $s_{\text{analog}}$  und  $s_{\text{digital}}$  ?
4. Berechnen Sie den Zusammenhang zwischen  $\omega_{\text{analog}}$  und  $\omega_{\text{digital}}$  !
5. Geben Sie für folgende Struktur die Übertragungsfunktion  $H(z)$  an !



3.)

1. Erläutern Sie den Begriff „Rauschformung“ mit Hilfe von Skizzen.
2.  $H(z) = [ (2 + 1.5z^{-1}) / (1 + 3z^{-1} - 2.5z^{-2}) ] + [ (0.5) / (4 - 3z^{-1}) ]$ .  
Zeichnen Sie die Struktur dieser Übertragungsfunktion.
3. Vergleichen Sie die Parallelstruktur gegenüber der Direktform II (besser/gleich/schlechter)
  - Wortlängeneffekte
  - Aufwand (Anzahl Strukturelemente)
4. ...
5. Matlab-Befehle
  - a) Nullstellen eines Polynoms, dessen Koeffizienten im Vektor p stehen
  - b) ...
  - c) Betragsfrequenzgang eines FIR-Filters plotten
  - d) Elementarweises quadrieren eines Vektors x
  - e) vertikale Achse beschriften
  - f) Polynome eines Nullstellenvektors n berechnen





Aufgabe 3 – VL und IV (insgesamt 10 Pkt, Aufteilung nicht mehr bekannt...)

- 1.1) Erklären sie den Begriff „Aliasing“. Wo tritt es auf?
- 1.2) Erklären sie qualitativ den Begriff „Dezimation“ im Zeit- und Frequenzbereich anhand von Skizzen.
- 1.3) Zeichnen sie eine Schaltung, die den gleitenden Mittelwert der letzten drei Signale ausgibt. Das Ausgangssignal soll dabei nicht verstärkt werden.
- 1.4) Was sind Wortlängeneffekte, wo tauchen sie auf? Was für eine Filterschaltung würden sie verwenden, um Wortlängeneffekte zu vermeiden?
- 1.5) Matlab:
  - a) Beschriften sie die X-Achse eines Plots.
  - b) Stellen sie logarithmisch die DFT eines Signals dar.
  - c) Berechnen sie den Betrag eines komplexen Vektors  $x$ .
  - d) Skizzieren sie die Übertragungsfunktion eines FIR-Filters.
  - e) Berechnen sie das Skalarprodukt zweier Spaltenvektoren
  - f) Berechnen sie die Koeffizienten für die Polynomdarstellung aus einer Nullstellen-/Produkt Darstellung.