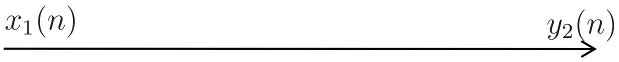
Musterlösung zur Klausur
“Digitale Signalverarbeitung”
vom 10.08.2012

Aufgabe 1: Analyse eines LSI-Systems

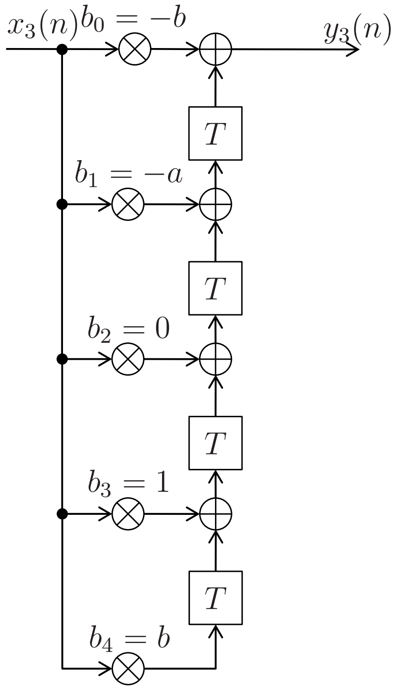
(16 Punkte)

a.) 3 Punkt



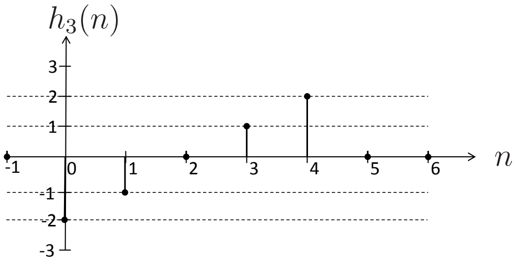
b.) 1 Punkt
FIR; endliche Impulsantwort

c.) 2 Punkte



d.) 1Punkt
FIR; endliche Impulsantwort

e.) 1 Punkt

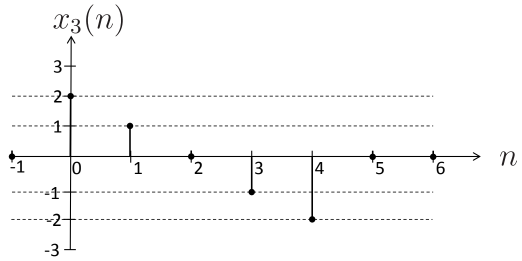


f.) 1 Punkt

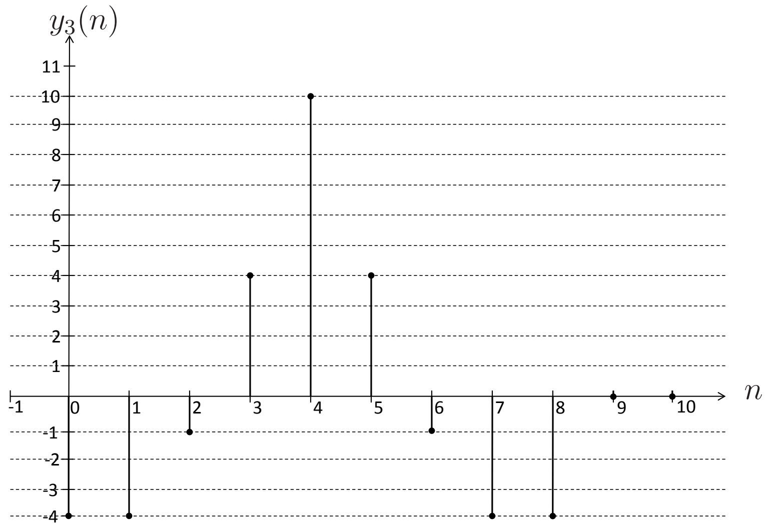
$$y_3(n) = -2x_3(n) - x_3(n-1) + x_3(n-3) + 2x_3(n-4)$$

g.) 1 Punkt
Ja, Typ III

h.) 2 Punkte



i.) 3 Punkte



j.) 1 Punkt

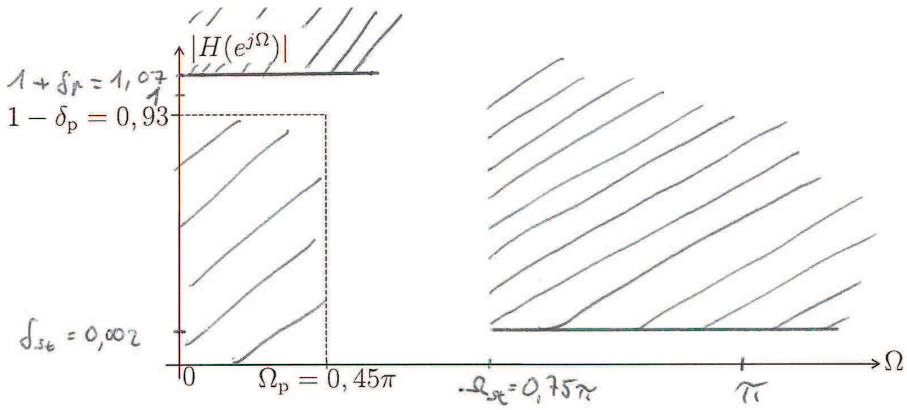
$$K_{\min} = 9$$

Aufgabe 2: Filterentwurf eines zeitdiskreten FIR-Filters

(12,5 Punkte)

a.) 1 Punkt
$\delta_\text{p} = 0,07, \delta_\text{st} = 0,002, \Omega_\text{p} = 0,45\pi, \Omega_\text{st} = 0,75\pi, \Delta\Omega = 0.3\pi$

b.) 1,5 Punkte



c.) 1 Punkt
$R_\text{p} = 20\log(1 + \delta_p) - 20\log(1 - \delta_p) = 1,22\,\text{dB}$,
$d_\text{st} = -20\log(\delta_{st}) = 53,98\,\text{dB}$

d.) 1,5 Punkte
Typ II, da $N_b = N - 1 = 69$ ungeradzahlig und Impulsantwort spiegelsymmetrisch (idealer Tiefpass)

e.) 2 Punkte
Nein!

Durchlassbereich:
Gemäß Gibbschem Phänomen beträgt das Überschwingen 9% und erreicht somit Werte $> 1,07$ (Exakter Maximalwert: $1,10$)! Alternativ über Skript S.157.

Sperrbereich:
Gemäß Skript S.158 ist mit dem Rechteckfenster eine Sperrdämpfung von $d_{st} = 20\log(\delta_{st}) \approx 21\,\text{dB}$ zu erreichen. Für den Sperrbereich ist jedoch $d_{st} \geq 53,98\,\text{dB}$ gefordert (Exakter Wert bei $\Omega \geq \Omega_p : d < 41,5\,\text{dB}$).

(Fortsetzung der Aufgabe auf der nächsten Seite)

f.) 2 Punkte
Die erforderliche Dämpfung der Fensterfunktion ist $20\log(\delta_p) = -23,10\,\mathrm{dB}$ und wird für das Blackman-Fenster mit $-57\,\mathrm{dB}$ *erreicht*.

Die erforderliche Sperrdämpfung ist $d_{st} = 53,98\,\mathrm{dB}$ und wird für das Blackman-Fenster mit $-74\,\mathrm{dB}$ *erreicht*.

g.) 1 Punkt
$d = -20\log(\min\{\delta_p, \delta_{st}\}) = -20\log(0,002) = 53,98\,\mathrm{dB}$

h.) 1,5 Punkte
$\Delta\Omega_{\text{Kaiser}}$?

$N_b \geq \frac{d/dB - 7,95}{2,29 \cdot \Delta\Omega_{\text{Kaiser}}} \Longrightarrow \Delta\Omega_{\text{Kaiser}} \geq \frac{d/dB - 7,95}{2,29 \cdot N_b} = \frac{53,98 - 7,95}{2,29 \cdot 69} = 0,29\ [\pi]$

Der Übergangsbereich bei Verwendung des Kaiserfensters ($\Delta\Omega_{\text{Kaiser}} = 0,29\,\pi$) ist gegenüber dem bei der Verwendung des Rechteckfensters ($\Delta\Omega = 0,30\,\pi$) kleiner geworden.

i.) 1 Punkt
Gemäß Skript S.160: $\beta = 0,1102 \cdot (d/dB - 8,7) = 4,99$

Aufgabe 3: Pol–Nullstellen–Diagramme und Analyse eines LTI–Systems

(9,5 Punkte)

a.) 1 Punkt
I: Allpass
II: Bandpass
III: Hochpass
IV: Bandsperre

b.) 1 Punkt
I: reellwertige Impulsantwort; nur komplex konjugierte Pol- und Nullstellenpaare
II: komplexwertige Impulsantwort; Pol bei $0,5 + j$ nicht komplex konjugiert
III: reellwertige Impulsantwort; nur komplex konjugierte Pol- und Nullstellenpaare
IV: reellwertige Impulsantwort; nur komplex konjugierte Pol- und Nullstellenpaare.

c.) 1 Punkt
I: stabil; alle Pole innerhalbe des Einheitskreises
II: instabil; Pol ausserhalb des Einheitskreises
III: instabil; Pol ausserhalb des Einheitskreises
IV: stabil; alle Pole innerhalbe des Einheitskreises

d.) 1 Punkt
I: nicht invertierbar; invertiertes System wäre instabil
II: nicht invertierbar; invertiertes System wäre instabil
III: invertierbar; invertiertes System stabil
IV: nicht invertierbar; invertiertes System wäre instabil

e.) 2 Punkte
2 mögliche nicht-kausale Impulsantworten

f.) 1 Punkt

$$H(z) = z^2 \frac{(z-2j)(z+2j)}{(z-(0,7+0,3j))(z-(-0,7+0,3j))(z-(0,7-0,3j))(z-(-0,7-0,3j))}$$

g.) 2,5 Punkte

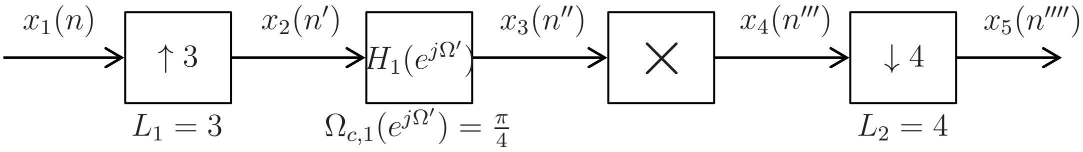
$$H_{\text{min}}(z) = z^2 \frac{1}{b_0} \frac{(z-0,5j)(z+0,5j)}{(z-(0,7+0,3j))(z-(-0,7+0,3j))(z-(0,7-0,3j))(z-(-0,7-0,3j))}$$

$$H_{\text{AP}}(z) = \frac{(z-2j)(z+2j)}{(z-0,5j)(z+0,5j)} b_0, b_0 = 0,75$$

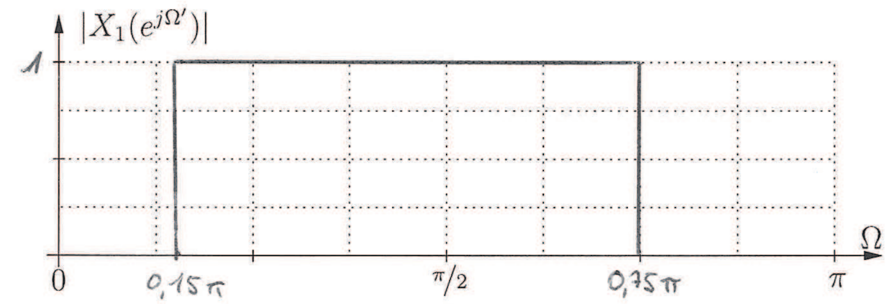
Aufgabe 4: Abtastratenwandlung eines Audiosignals

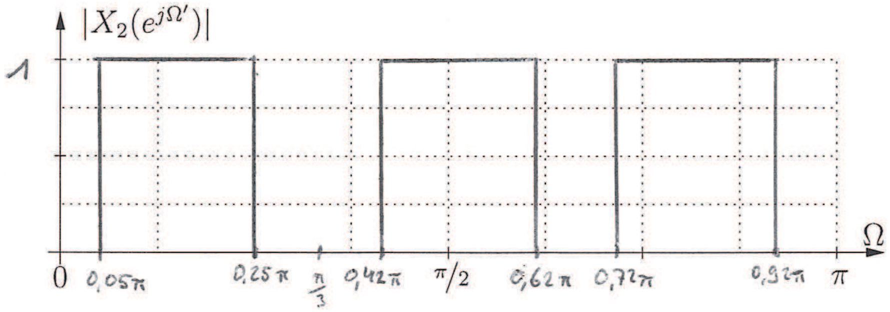
(12 Punkte)

a.) 2 Punkte

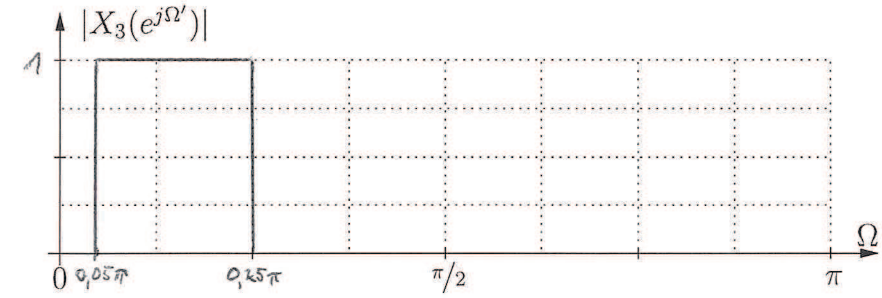


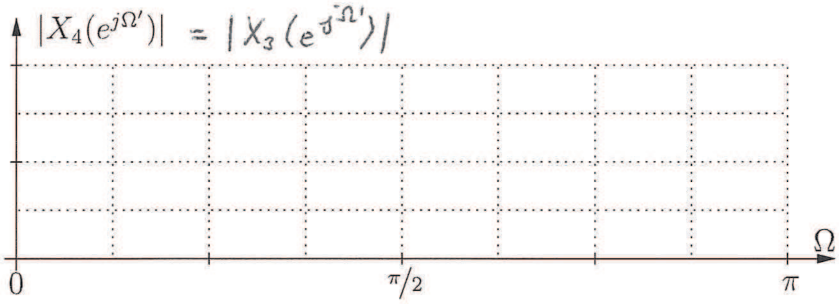
b.) 6 Punkte

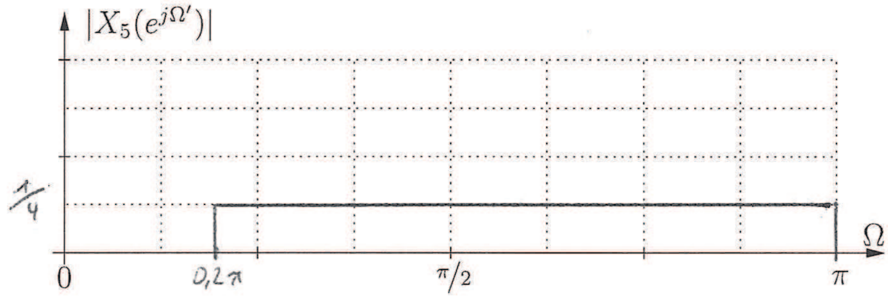




(Fortsetzung der Aufgabe auf der nächsten Seite)







c.) 2 Punkte
14 Verzögerungsglieder, 12 Expander, 4 Dezimatoren, 11 Addierer

d.) 2 Punkte
Verwendung von Komutatoren; $\frac{36\,\mathrm{kHz}}{L_1} = \frac{36}{3}\,\mathrm{kHz} = 12\,\mathrm{kHz}$