

Signaalverwerking: practica

BACHELOR IN DE INDUSTRIËLE WETENSCHAPPEN
afstudeerrichting Elektronica-ICT
opleidingsfase 2

Jan Meel

Jaar van uitgave: 2018



INHOUD

1	Doelstelling	3
2	Leerresultaten en -doelen	3
3	Didactische Materiaal	3
4	Planning	4
5	Evaluatie	4
6	Goede labo-praktijk	6
7	Ontwerp en analyse van een Tweede Orde Systeem	7
7.1	Opdracht A1: overbrugd T-netwerk	8
7.2	Opdracht A2: Actieve filtertrap	10
8	Synthese van een actief filter	12
8.1	Opdracht S1: Butterworth filter	13
8.2	Opdracht S2: Chebyshev filter	15
8.3	Opdracht S3: Chebyshev filter (facultatief)	17

1 Doelstelling

De student kan zelfstandig een (analoge) signaalverwerkende schakeling op een systematische wijze analyseren en ontwerpen.

2 Leerresultaten en -doelen

LEERRESULTATEN

- (K1) Wetenschappelijk-disciplinaire basiskennis en inzicht bezitten
- (I1) Problemen analyseren en oplossen
- (I2) Ontwerpen en/of ontwikkelen
- (P1) Operationaliseren
- (G2) Communiceren met vakgenoten en niet-vakgenoten
- (G3) Kritisch reflecteren
- (G5) Professionaliteit

LEERDOELEN

De student:

- kan correcte, gestructureerde en efficiënte MATLAB-code en SPICE-code opstellen. (K1, P1, G5)
- kan een analog filter m.b.v. een hedendaagse EDA-omgeving (Matlab/SPICE) ontwerpen. (K1, I1, I2)
- kan van een analog filter het gedrag beschrijven (transfertoefunctie/netlijst) en visualiseren in een hedendaagse EDA-omgeving (Matlab/SPICE): pole-zero plot, stapresponsie, frequentieresponsie, invloed van de eindige nauwkeurigheid van de componenten. (K1, I1, P1)
- kan de simulatieresultaten van een analog filtermodel in hedendaagse EDA-omgeving (Matlab/SPICE) kritisch interpreteren en verklaren. (K1, P1, G3)
- kan het verschil tussen de simulatieresultaten van een MATLAB-model en een SPICE-model vaststellen en verklaren. (K1, G3)
- kan voor een opgegeven analoge filter het ontwerp en het gesimuleerde gedrag op een heldere manier beschrijven in een elektronische presentatie en bijhorende elektronische documentatiebundel opstellen. (G2, G5)
- kan zijn activiteiten plannen, rekening houdend met opgegeven deadlines (G5)

(actuele versie: zie ECTS-fiche)

3 Didactische Materiaal

- Cursustekst "Signaalverwerking", J. Meel
- MATLAB help
- OrCAD PSPICE reference manual (Toledo)
- PSPICE Quick reference (Toledo)

4 Planning

De verdeling van de opdrachten over de 6 labozittingen van elk 3 uur (labo nr. $i = L_i$):

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Analyse van overbrugde T-netwerk						
Analyse van een actieve filtertrap						
Ontwerp van een actief filter						

Deliverables	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Analyse van actieve filtertrap						
. verslag + code						
. test: inzicht in de functionaliteit						
. demonstratie en mondelinge toelichting						
Ontwerp van een actief filter						
. verslag + code						

5 Evaluatie

De evaluatie van het laboratorium gebeurt op basis van volgende elementen:

- Elektronische verslag (in Powerpoint - filenaam: AFtrap_schemanummer.ppt) met:
 - *Analyse van een actieve filtertrap.*
 - . berekeningen:
 - DC- en HF-analyse uit het schema: $H(0)$ en $H(\infty)$
 - berekening van de transferfunctie $H(s)$
 - berekening f_n uit specificaties (op basis van asymptoten Bodediagram)
 - karakterisatie (K , Q en ω_n van polen en nulpunten)
 - pole-zero plot + carthesische en poolcoördinaten van nulpunten en polen (formule+numerieke waarde)
 - asymptoten van het Bodediagram (aanduiden: helling, breekpunt, Q , K)
 - karakterisatie stapresponsie (begin/einde + golfvorm: formule + waarde)
 - opstellen ontwerpvergelijkingen (met keuzes)
 - impedantieschaling (form.), componentwaarden
 - . analyse in MATLAB:
 - pz-plot (Duid Q , ω_n , reëel-imaginair deel van polen en nulpunten aan: formule/symbool en numerieke waarde=berekend en cursorwaarde.)
 - Bodediagram (Duid helling, K , Q en ω_n / f_n aan: symbool+cursorwaarde)
 - stapresponsie (Duid karakteristieke punten aan: symbool+cursorwaarde)
 - . analyse in SPICE:
 - schema met de nummering van de knopen
 - Bodediagram (opampmodel: ideaal, VCVS, TL084) (Duid aan: K , Q , f_n , helling) (Bespreek effect van HF-gedrag opampmodel op Bodediagram.)
 - Monte Carlo analyse op Bodediagram (opampmodel: TL084) (componenten: R 5% - C 20% én R 1% - C 1%)
 - frequentieweergave (dubbel-logaritmisch) van ingangsimpedantie (opampmodel TL084) (geef aan waar Z_{in} resistief, capacitief, inductief is)
 - stapresponsie (opampmodel TL084) (Plot voldoende punten voor een vloeiende curve.) (Duid karakteristieke punten aan:symbool+cursor.)

- *Ontwerp van een actief filter.*
 - . synthese en analyse in MATLAB:
 - pz-plot
 - Bodediagram (geef hellingen aan)
 - Stapresponsie (duid karakteristieke punten aan)
 - . analyse in SPICE (voor opampmodel ideaal):
 - Bodediagram (Monte Carlo: R 1% - C 1%)
 - frequentieweergave van ingangsimpedantie
 - frequentieweergave van uitgangsimpedantie
 - stapresponsie
- Codes
 - *Analyse van een actieve filtertrap.*
 - . MATLAB . filenaam: AFtrap_schemanummer.m
 - . SPICE . filenaam: AFtrap_schemanummer_bode_ideaal.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_bode_vcv.s.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_bode_tl084.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_mcr5_tl084.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_mcr1_tl084.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_zin_tl084.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFtrap_schemanummer_step_tl084.cir (en .dat)
 - *Ontwerp van een actief filter.*
 - . MATLAB . filenaam: AFcheb.m
 - . SPICE . filenaam: AFcheb_bode_ideaal.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFcheb_bode_vcv.s.cir (facultatief) (en .dat)
 - . filenaam: AFcheb_bode_tl084.cir (facultatief) (en .dat)
 - . filenaam: AFcheb_zin_ideaal.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFcheb_zout_ideaal.cir (en .dat)
 - . filenaam: AFcheb_step_ideaal.cir (en .dat)
- Test
 - Inzicht in de functionaliteit van de geanalyseerde actieve filtertrap
 - Inzicht in het verband tussen de voorstellingswijzen van het gedrag van de filter.
- Demonstratie en mondelinge toelichting van de bekomen resultaten van de actieve filtertrap.
 - Demonstratie van de functionaliteit van de codes
 - Demonstratie van het gebruik van de tools
 - Interpretatie van de resultaten

Evaluatiecriteria:

- kwalitatieve en gedocumenteerde code (MATLAB/SPICE)
- inzicht (test)
- functionele demonstratie (MATLAB/SPICE)
- efficiënt gebruik van de EDA-omgeving
- voortgang (tijdig afwerken van de opdrachten)
- verslag (correct, duidelijk, volledig)

6 Goede labo-praktijk

- **Laboratorium voorbereiden:** MATLAB/SPICE-code uitschrijven met een klassieke ASCII-editor.
Voor te bereiden opdrachten:
 - labo L2: actieve filtertrap (MATLAB-code)
 - labo L3: actieve filtertrap (SPICE-code)
 - labo L4: actief filter (MATLAB-code)
 - labo L5: actief filter (SPICE-code)
- **Versiesysteem:** Houd een kopij bij van verschillende versies van de MATLAB/SPICE-code.
- **Backup:** Bewaar op verschillende media een backup van je code (labo-computer, memory stick, je computer thuis). Het falen van 1 van deze media kan geen reden zijn om laattijdig een opdracht af te werken.

7 Ontwerp en analyse van een Tweede Orde Systeem

DOELSTELLING

Ontwerp en systematische analyse van een signaalverwerkende schakeling van tweede orde, dat wordt beschreven met een schema met componenten (R, L, C, opamp).

VOOR TE BEREIDEN

- Cursus “Signaal verwerking” (J. Meel): analyse van 2e orde systemen:
 - algemene transferfunctie $H(s)$ van een 2e orde systeem
 - pole-zero-plot
 - bodediagram
 - stapresponsie
 - begrippen: polen en nulpunten, damping σ_p en pulsatie ω_p van een complex toegevoegd polenpaar, dampingfactor ζ , kwaliteitsfactor Q , bandbreedte BW , natuurlijke pulsatie ω_n , resonantie pulsatie ω_r .
- Cursus “Signaal verwerking”: hoofdstukken “MATLAB” en “SPICE” (D. Van Landeghem):
 - gebruik van MATLAB
 - gebruik van SPICE

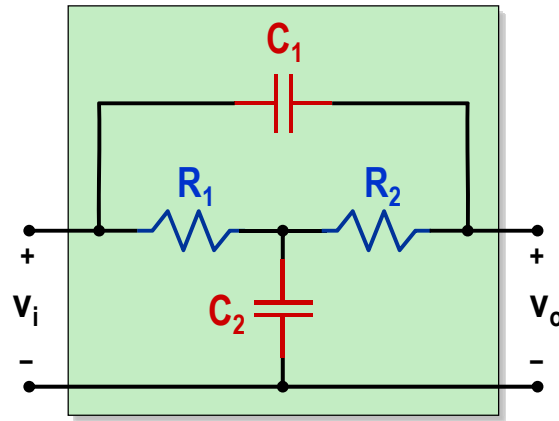
PROCEDURE PER OPDRACHT

1. Bepalen van de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ uit het schema.
2. Berekenen van de transferfunctie met toepassing van netwerkanalysetechnieken (Nodale Analyse en Maas Analyse) en verifiëren van de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ bepaald uit het schema.
3. Opstellen van de pole-zero plot (s-vlak).
4. Analyseren van het frequentiegedrag (opstellen van het Bodediagram: asymptotisch gedrag en afwijkingen t.o.v. de asymptoten op karakteristieke punten).
5. Analyseren van het tijdgedrag (bepalen van de voornaamste eigenschappen van de stapresponsie).
6. Simuleren van gedrag van de signaalverwerkende schakeling gebruikmakend van:
 - MATLAB: beschrijving met transferfunctie
 - SPICE (Simulation Program for Integrated Circuit Engineering): beschrijving met netlijst

7.1 Opdracht A1: overbrugd T-netwerk (demonstratie-opdracht)

Specificatie:

De functionaliteit van het overbrugde T-netwerk wordt beschreven met volgend schema (netwerktopologie):



De amplituderesponsie is minimaal bij $f_n = 1 \text{ kHz}$:

$$|H(f_n = 1 \text{ kHz})| = 1/100 = -40 \text{ dB}$$

Analyse:

Analyseer het overbrugde T-netwerk a.d.h.v. volgende stappen:

1. Bepaal de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ uit het schema.
2. Bereken de transferfunctie $H(s)$ (de netwerkanalysetechniek Nodale Analyse kan worden toegepast) en verifieer de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ bepaald uit het schema.
3. Vergelijk de bekomen transferfunctie met de algemene transferfunctie van een tweede orde systeem:

$$H(\omega) = K \frac{\left(\frac{s}{\omega_{nz}}\right)^2 + \frac{1}{Q_z} \left(\frac{s}{\omega_{nz}}\right) + 1}{\left(\frac{s}{\omega_{np}}\right)^2 + \frac{1}{Q_p} \left(\frac{s}{\omega_{np}}\right) + 1} = K_1 \frac{s^2 + \frac{\omega_{nz}}{Q_z} s + \omega_{nz}^2}{s^2 + \frac{\omega_{np}}{Q_p} s + \omega_{np}^2}$$

Karakteriseer de polen en de nulpunten van de transferfunctie $H(s)$ in functie van de componenten van het schema: bepaal K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p

4. De dampingfactor van de polen ζ_p is afhankelijk van de dampingfactor van de nulpunten ζ_z . Bepaal dit verband.
5. Bepaal $H(\omega=\omega_{nz})$ in functie van ζ_z . Bereken dan uit de specificaties ζ_z .
6. Schets de pole-zero plot (s-vlak).
7. Analyseer van het frequentiegedrag (stel het Bodediagram op: asymptotisch gedrag en afwijkingen t.o.v. de asymptoten op karakteristieke frequenties).
8. Analyseer het tijdgedrag (bepalen van de voornaamste eigenschappen van de stapresponsie).

Synthese:

Bereken de componentwaarden voor de opgegeven specificatie:

- . Stel ontwerpvergelijkingen op.
- . Pas impedantieschaling toe om realistische componentwaarden te vinden.

Simulatie op basis van de transferfunctie (MATLAB):

Analyseer met MATLAB het overbrugde T-netwerk voor de opgegeven specificatie:

1. Plot de dampingfactor van de polen ζ_p in functie van de dampingfactor van de nulpunten: $\zeta_p = f(\zeta_z)$.
[MATLAB: *clear all, figure, clf, plot, hold on, axis([XMIN XMAX YMIN YMAX]), set(gca,'fontsize',10), title, xlabel, ylabel*]
2. Bereken uit de specificaties: K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p
3. Duid op de grafiek $\zeta_p = f(\zeta_z)$ met een x de combinatie (ζ_z , ζ_p) aan die overeenkomt met de specificaties.
4. Voorstelling van de transferfunctie $H(s)$
[MATLAB: *tf*]
5. Pole-zero plot
[MATLAB: *pzmap, axis equal*]
6. Frequentiekarakteristiek van $H(s)$
[MATLAB: *bode*]
7. Stapresponsie (over een instelbaar tijdsinterval)
[MATLAB: *step*]

Synthetiseer met MATLAB het overbrugde T-netwerk voor de opgegeven specificatie:

1. Gebruik de ontwerpvergelijkingen om de componenten van het schema te berekenen. Pas impedantieschaling toe.
2. Verificatie1 : Bepaal f_n en Q_z op basis van de berekende componenten K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p en vergelijk deze met de waarden bepaald uit de specificaties.
3. Verificatie 2: Stel met de berekende componenten de transferfunctie op en vergelijk met de eerder opgestelde transferfunctie. Plot daarvoor beide frequentieweergaven in eenzelfde grafiek.

Ga na wat er wijzigt aan de analyse voor een andere specificatie:

$$|H(f_n = 1 \text{ kHz})| = 1/20 = -26 \text{ dB}$$

[MATLAB: voor elke figuur: *hold on*, geen *clf*]

Simulatie op basis van de netlijst (SPICE):

Analyseer met SPICE het overbrugde T-netwerk voor de opgegeven specificatie:

1. Frequentiekarakteristiek van de transferfunctie $H(s)$ met gevoeligheidsanalyse
[SPICE: *.AC, .MC*]
2. Frequentiekarakteristiek van de ingangsimpedantie $Z_{in} = V_{in} / I_{in}$
[SPICE: *.AC*]
3. Frequentiekarakteristiek van de uitgangsimpedantie Z_{out} (Pas het schema hiervoor aan!)
[SPICE: *.AC*]
4. Stapresponsie
[SPICE: *.TRAN*]

7.2 Opdracht A2: Actieve filtertrap

Specificatie:

Gegeven het schema van een actieve filtertrap van tweede orde. De specificaties (afhankelijk van het filtertype):

Filtertype	Amplituderesponsie	Amplituderesponsie	Kwaliteitsfactor polen
LDL	$ H(0) = 6 \text{ dB}$	$ H(10 \text{ kHz}) = -34 \text{ dB}$	$Q_p = 4$
HDL	$ H(\infty) = 6 \text{ dB}$	$ H(100 \text{ Hz}) = -34 \text{ dB}$	$Q_p = 4$
BDL	$ H _{\max} = 6 \text{ dB}$	$ H(10 \text{ kHz}) = -26 \text{ dB}$	$Q_p = 4$
BSP	$ H(0) = 0 \text{ dB}$	$ H(1 \text{ kHz}) = -\infty \text{ dB}$	$Q_p = 4$
all-pass	$ H(0) = 0 \text{ dB}$	$f_n = 1 \text{ kHz}$	$Q_p = 4$

Analyse:

Analyseer de actieve filtertrap a.d.h.v. volgende stappen:

1. Bepaal de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ uit het schema.
2. Bereken de transferfunctie $H(s)$ en verifieer de DC- weergave $H(0)$ en HF-weergave $H(\infty)$ bepaald uit het schema.
3. Vergelijk de bekomen transferfunctie met de algemene transferfunctie van een tweede orde systeem:

$$H(\omega) = K \frac{\left(\frac{s}{\omega_{nz}}\right)^2 + \frac{1}{Q_z} \left(\frac{s}{\omega_{nz}}\right) + 1}{\left(\frac{s}{\omega_{np}}\right)^2 + \frac{1}{Q_p} \left(\frac{s}{\omega_{np}}\right) + 1} = K_1 \frac{s^2 + \frac{\omega_{nz}}{Q_z} s + \omega_{nz}^2}{s^2 + \frac{\omega_{np}}{Q_p} s + \omega_{np}^2}$$

Karakteriseer de polen en de nulpunten van de transferfunctie $H(s)$ in functie van de componenten van het schema: bepaal K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p .

4. Schets de pole-zero plot (s-vlak). Bereken de ligging van de polen en nulpunten in poolcoördinaten en carthesische coördinaten.
5. Analyseer het frequentiegedrag (stel het Bodediagram op: asymptotisch gedrag en afwijkingen t.o.v. de asymptoten op karakteristieke frequenties). Leg het verband met de ligging van de polen en nulpunten in de pole-zero plot.
6. Analyseer het tijdgedrag: Bepaal de voornaamste eigenschappen van de stapresponsie (begin, einde, damping en frequentie van uitslingergedrag). Leg het verband met de ligging van de polen en nulpunten in de pole-zero plot.

Synthese:

Bereken de componentwaarden voor de opgegeven specificaties:

1. Stel ontwerpvergelijkingen op.
2. Pas impedantieschaling toe om realistische componentwaarden te vinden.

Simulatie op basis van de transferfunctie (MATLAB):

Analyseer met MATLAB de actieve filtertrap voor de opgegeven specificatie:

1. Bereken uit de specificaties de numerieke waarde van K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p . Gebruik het asymptotisch frequentieverloop.
2. Voorstelling van de transferfunctie $H(s)$
3. Pole-zero plot
4. Frequentiekarakteristiek van H
5. Stapresponsie (over een instelbaar tijdsinterval)

Synthetiseer met MATLAB de actieve filtertrap voor de opgegeven specificaties:

1. Gebruik de ontwerpvergelijkingen om de componenten van het schema te berekenen. Pas impedantieschaling toe.
2. Verificatie1 : Bepaal met de berekende componenten de waarden van K , ω_{nz} , Q_z , ω_{np} , Q_p en vergelijk met de waarden bepaald uit de specificaties.
3. Verificatie 2: Stel met de berekende componenten de transferfunctie op en vergelijk met de eerder opgestelde transferfunctie.

Simulatie op basis van de netlijst (SPICE):

Analyseer met SPICE actieve filtertrap voor de opgegeven specificatie:

1. Frequentiekarakteristiek van de transferfunctie $H(s)$ met gevoeligheidsanalyse
[SPICE: *.AC, .MC*]
2. Frequentiekarakteristiek van deingangsimpedantie $Z_{in} = V_{in} / I_{in}$
[SPICE: *.AC*]
3. Stapresponsie
[SPICE: *.TRAN*]

Ga de invloed na van de opamp met 3 modellen:

- . Ideaal ($f_u = \infty$ Hz, $Z_i = \infty \Omega$, $Z_o = 0 \Omega$)
- . VCVS ($f_u = 3$ MHz, $Z_i = 2$ M Ω , $Z_o = 50 \Omega$)
- . TL084

Elektronisch verslag + code (zie evaluatie)

8 Synthese van een actief filter

DOELSTELLINGEN

Synthese van een filter van hogere orde volgens de benadering Butterworth, Chebyshev, Bessel op basis van actieve filtertrappen van eerste en tweede orde.

VOOR TE BEREIDEN

- Synthese van een filter van hogere orde
 - de benaderingen Butterworth, Chebyshev, Bessel
 - . algemene transferfunctie $H(s)$
 - . bepaling van de orde
 - . pole-zero-plot
 - . bodediagram
 - . stapresponsie
 - actieve filtertrappen van eerste en tweede orde
 - . coëfficiënt matching
 - . impedantieschaling
 - . frequentieschaling
 - . topologieën: Multiple Feedback, VCVS (Sallen&Key), Biquad
- Referentie: cursus "Signaal verwerking" (J. Meel).
- Cursus "Signaal verwerking": hoofdstukken "MATLAB" en "SPICE":
 - gebruik van MATLAB
 - gebruik van SPICE

PROCEDURE PER OPDRACHT

1. Bepalen van de orde van het filter voor het type benadering (Butterworth, Chebyshev, Bessel).
2. Bepalen van de transferfunctie $H(s)$.
3. Karakteriseren van de verschillende trappen: eerste orde (ω_{-3dB}) en tweede orde (ω_n , Q).
4. Opstellen van de pole-zero plot (s-vlak).
5. Analyseren van het frequentiegedrag.
6. Analyseren van het tijdgedrag.
7. Selecteren van gepaste actieve filtertrappen (Multiple Feedback, VCVS (Sallen&Key), Biquad).
8. Bepalen van de componentwaarden.
9. Simuleren van gedrag van de signaalverwerkende schakeling gebruikmakend van:
 - MATLAB: beschrijving met transferfunctie
 - SPICE (Simulation Program for Integrated Circuit Engineering): beschrijving met netlijst

8.1 Opdracht S1: Butterworth filter (demonstratie-opdracht)

Specificatie:

Gegeven de specificaties van een filter van hogere orde:

<i>parameter</i>	<i>specificatie</i>
benadering	Butterworth
DC versterking	K = 6dB
maximum verzwakking in doorlaatband	Ap = 3dB
minimum verzwakking in sperband	As = 40dB
cutoff frequentie	fc = 1 kHz
sper frequentie	fs = 3,1 kHz

Synthese en analyse van de transferfunctie (MATLAB):

Synthese van de transferfunctie van het totaal filter H(s):

1. Bepaal op basis van de specificaties de orde van het Butterworth filter
[MATLAB: *buttord*, optie 's']
2. Bepalen van de teller en noemer van de transferfunctie H(s)
[MATLAB: *butter*, optie 's']

Analyse van de totale transferfunctie:

1. Voorstelling van de transferfunctie H(s)
[MATLAB: *tf*]
2. Pole-zero plot
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]
3. Frequentiekaracteristiek van H(s)
[MATLAB: *bode*]
4. Stapresponsie (over een instelbaar tijdsinterval)
[MATLAB: *step*]

Synthese van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal op basis van de transferfunctie van het totaal filter H(s), de transferfunctie van de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpk*, *tf*]
2. Bepaal de ligging van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpkdata*]

Analyse van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal de eigenschappen van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen (ω_{-3dB} , ζ , Q , ω_n per trap).
[MATLAB: *damp*]
2. Frequentiekaracteristiek van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *zp2tf*, *ord2*, *bode*]
3. Pole-zero plot van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]

Synthese van de actieve filtertrappen (MATLAB):

1. Gebruik voor de trappen van tweede orde actieve filters met de Multiple-Feedback-topologie.
2. Bepaal de componentwaarden op basis van de gekarakteriseerde filtertrappen. Maak gebruik van coëfficiënt matching (ontwerpvergelijkingen), frequentieschaling en impedantieschaling.

Simulatie op basis van de netlijst (SPICE):

Analyseer met SPICE elke actieve filtertrap voor de opgegeven specificatie:

1. Frequentiekaracteristiek van de transferfunctie $H(s)$ met gevoeligheidsanalyse
[SPICE: *.AC*, *.MC*]
2. Frequentiekaracteristiek van de ingangsimpedantie $Z_{in} = V_{in} / I_{in}$
[SPICE: *.AC*]
3. Stapresponsie
[SPICE: *.TRAN*]

Ga de invloed na van de opamp met 3 modellen:

- . Ideaal ($f_u = \infty$ Hz, $Z_i = \infty \Omega$, $Z_o = 0 \Omega$)
- . VCVS ($f_u = 3$ MHz, $Z_i = 2$ M Ω , $Z_o = 50 \Omega$)
- . TL084

8.2 Opdracht S2: Chebyshev filter

Specificatie:

Gegeven de specificaties van een filter van hogere orde:

<i>parameter</i>	<i>specificatie</i>
benadering	Chebyshev
DC versterking	K = 3dB
maximum verzwakking in doorlaatband	Ap = 3dB
minimum verzwakking in sperband	As = 40dB
cutoff frequentie	fc = 2 kHz
sper frequentie	fs = 6,2 kHz

Synthese en analyse van de transferfunctie (MATLAB):

Synthese van de transferfunctie van het totaal filter H(s):

1. Bepaal op basis van de specificaties de orde van het Chebyshev filter
[MATLAB: *cheb1ord*, optie 's']
2. Bepalen van de teller en noemer van de transferfunctie H(s)
[MATLAB: *cheby1*, optie 's']

Analyse van de totale transferfunctie:

1. Voorstelling van de transferfunctie H(s)
[MATLAB: *tf*]
2. Pole-zero plot
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]
3. Frequentiekarakteristiek van H(s)
[MATLAB: *bode*]
4. Stapresponsie (over een instelbaar tijdsinterval)
[MATLAB: *step*]

Synthese van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal op basis van de transferfunctie van het totaal filter H(s), de transferfunctie van de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpk*, *tf*]
2. Bepaal ligging van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpkdata*]

Analyse van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal de eigenschappen van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen (ω_{-3dB} , ζ , Q , ω_n per trap).
[MATLAB: *damp*]
2. Frequentiekarakteristiek van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *zp2tf*, *ord2*, *bode*]
3. Pole-zero plot van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]

Synthese van actieve filtertrap (MATLAB):

1. Gebruik voor de trap een actieve filter met Biquad-topologie.
2. Bepaal de componentwaarden op basis van de karakterisatie van de filtertrap. Maak gebruik van coëfficiënt matching (ontwerpvergelijkingen), frequentieschaling en impedantieschaling.

Simulatie actieve filtertrap op basis van de netlijst (SPICE):

Analyseer met SPICE de actieve filtertrap van tweede orde met de hoogste kwaliteitsfactor Q voor de opgegeven specificatie:

1. Frequentiekaracteristiek van de transferfunctie $H(s)$ met gevoeligheidsanalyse
[SPICE: *.AC, .MC*]
2. Frequentiekaracteristiek van deingangsimpedantie $Z_{in} = V_{in} / I_{in}$
[SPICE: *.AC*]
3. Frequentiekaracteristiek van de uitgangsimpedantie $Z_{uit} = V_{uit} / I_{uit}$ (Pas het schema aan!)
[SPICE: *.AC*]
4. Stapresponsie
[SPICE: *.TRAN*]

Ga de invloed na van de opamp met 3 modellen:

- . Ideaal ($f_u = \infty$ Hz, $Z_i = \infty \Omega$, $Z_o = 0 \Omega$)
- . VCVS ($f_u = 3$ MHz, $Z_i = 2$ M Ω , $Z_o = 50 \Omega$) (facultatief)
- . TL084 (facultatief)

Elektronisch verslag + code (zie evaluatie)

8.3 Opdracht S3: Chebyshev filter (facultatief)

Specificatie:

Gegeven de specificaties van een filter van hogere orde:

<i>parameter</i>	<i>specificatie</i>
benadering	Chebyshev
DC versterking	K = 6dB
maximum verzwakking in doorlaatband	Ap = 1dB
minimum verzwakking in sperband	As = 60dB
cutoff frequentie	fc = 10 kHz
sper frequentie	fs = 15 kHz

Synthese en analyse van de transferfunctie (MATLAB):

Synthese van de transferfunctie van het totaal filter $H(s)$:

1. Bepaal op basis van de specificaties de orde van het Chebyshev filter
[MATLAB: *cheb1ord*, optie 's']
2. Bepalen van de teller en noemer van de transferfunctie $H(s)$
[MATLAB: *cheby1*, optie 's']

Analyse van de totale transferfunctie:

1. Voorstelling van de transferfunctie $H(s)$
[MATLAB: *tf*]
2. Pole-zero plot
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]
3. Frequentiekaracteristiek van $H(s)$
[MATLAB: *bode*]
4. Stapresponsie (over een instelbaar tijdsinterval)
[MATLAB: *step*]

Synthese van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal op basis van de transferfunctie van het totaal filter $H(s)$, de transferfunctie van de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpk*, *tf*]
2. Bepaal ligging van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen
[MATLAB: *zpkdata*]

Analyse van de transferfuncties van de verschillende trappen:

1. Bepaal de eigenschappen van de nulpunten en polen voor de verschillende eerste en tweede orde trappen (ω_{-3dB} , ζ , Q , ω_n per trap).
[MATLAB: *damp*]
2. Frequentiekaracteristiek van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *zp2tf*, *ord2*, *bode*]
3. Pole-zero plot van de verschillende eerste en tweede orde trappen (op zelfde plot)
[MATLAB: *pzmap*, *axis equal*]

Synthese van de actieve filtertrappen (MATLAB):

1. Gebruik voor de tweede orde trap actieve filter met de hoogste kwaliteitsfactor Q de Biquad topologie.
2. Bepaal de componentwaarden op basis van de gekarakteriseerde filtertrappen. Maak gebruik van coëfficiënt matching (ontwerpvergelijkingen), frequentieschaling en impedantieschaling.

Simulatie op basis van de netlijst (SPICE):

Analyseer met SPICE actieve filtertrap voor de opgegeven specificatie:

1. Frequentiekaracteristiek van de transferfunctie $H(s)$ met gevoeligheidsanalyse
[SPICE: *.AC*, *.MC*]
2. Frequentiekaracteristiek van deingangsimpedantie $Z_{in} = V_{in} / I_{in}$
[SPICE: *.AC*]
3. Frequentiekaracteristiek van de uitgangsimpedantie $Z_{uit} = V_{uit} / I_{uit}$ (Pas het schema aan!)
[SPICE: *.AC*]
4. Stapresponsie
[SPICE: *.TRAN*]

Ga de invloed na van de opamp met 3 modellen:

- . Ideaal ($f_u = \infty$ Hz, $Z_i = \infty \Omega$, $Z_o = 0 \Omega$)
- . VCVS ($f_u = 3$ MHz, $Z_i = 2$ M Ω , $Z_o = 50 \Omega$) (facultatief)
- . TL084 (facultatief)

TECHNOLOGIECAMPUS DE NAYER
Jan De Nayerlaan 5
2860 SINT-KATELIJNE-WAVER, België
tel. + 32 15 31 69 44
fax + 32 15 31 74 53
jan.meel@kuleuven.be
www.iiv.kuleuven.be/denayer
www.eavise.be

