

Naam:

Studienummer:

Technische Universiteit Delft  
Faculteit Elektrotechniek, W&I  
Sectie Elektronica (18<sup>e</sup>)

## **Tentamen Elektronische Signaalbewerking (ET2405-D2)**

25 augustus 2008, 14:00 – 17:00 uur

[Nienke, gefeliciteerd met je verjaardag!]

Deze toets bestaat uit open (ontwerp-) vragen en gesloten vragen in multiple-choice (MC) vorm. Geef op de volgende bladzijden je oplossing in het daarvoor gereserveerde kader of het naar jouw oordeel enige juiste antwoord aan door het omcirkelen van de letter die volgens jou bij het goede antwoord hoort. Geef per opgave niet meer dan één antwoord aan. Gebeurt dit toch, dan wordt de opgave als fout beantwoord gerekend.

Het is toegestaan tijdens deze toets gebruik te maken van:

- een handgeschreven A4-tje met een samenvatting van de bestudeerde stof
- een rekenmachine
- de docent, om de vraag in andere bewoordingen uit te laten leggen, indien het lezen en daardoor begrijpen van de vraag als moeilijk wordt ervaren (bijv. als gevolg van dyslexie)

Zet je mobiele telefoon uit!

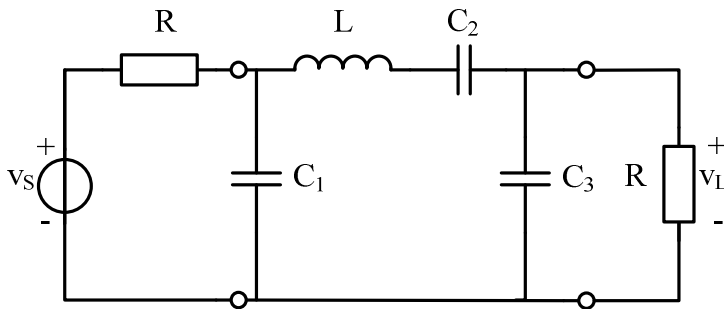
NB. Dit tentamen lijkt qua structuur en vraagstelling op de voorgaande twee tentamens. Neem de juiste antwoorden van deze vorige tentamens echter niet klakkeloos over omdat de vragen meestal op essentiële punten zijn gewijzigd.

Succes!

---

*Prefix reminder:  $a = \text{atto} = 10^{-18}$ ,  $f = \text{femto} = 10^{-15}$ ,  $p = \text{pico} = 10^{-12}$ ,  $n = \text{nano} = 10^{-9}$ ,  $\mu = \text{micro} = 10^{-6}$ ,  $m = \text{milli} = 10^{-3}$ ,  $k = \text{kilo} = 10^3$ ,  $M = \text{mega} = 10^6$ ,  $G = \text{giga} = 10^9$*

Gegeven het volgende filter.



Opgave 1.

Wat voor **type** is dit filter?

- A analoog actief tijdcontinu
- B analoog passief tijdcontinu
- C analoog actief tijddiscreet
- D digitaal asynchroon
- E digitaal synchroon

Opgave 2.

Wat voor **overdracht** heeft dit filter: laag-, hoog-, band-doorlaat, bandsper of all-pass?

- A laagdoorlaat
- B hoogdoorlaat
- C banddoorlaat
- D bandsper
- E all-pass

Opgave 3.

Het filter heeft naast bovenbepaalde overdracht een resonantie-frequentie, bepaald door *alleen* de spoelen en condensatoren. Bereken deze **resonantie-frequentie**  $f_0$ .

$f_0 =$
---------

Naam:

Studienummer:

#### Opgave 4.

Bereken de **overdrachtsfunctie**  $H(s) = V_L(s)/V_S(s)$  van het bovenstaande filter als functie van  $R$ ,  $L$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  en  $C_3$ .

$H(s) =$

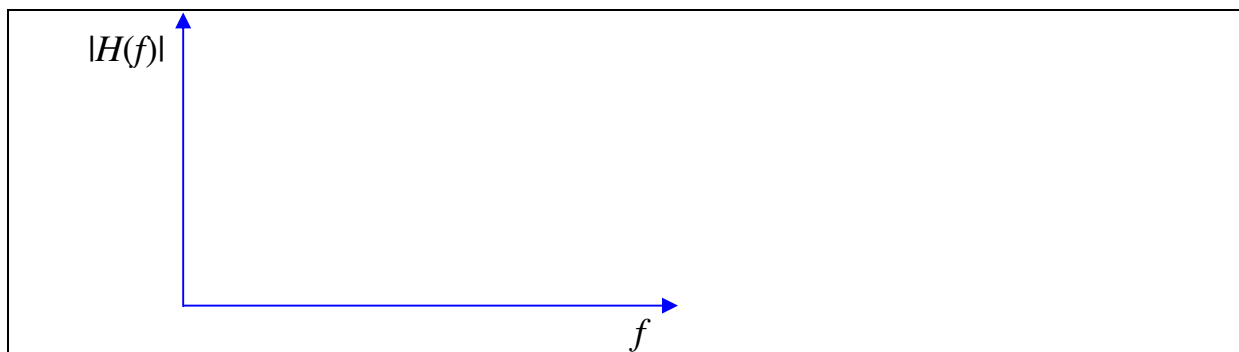
#### Opgave 5.

Bereken de **absolute waarde van de overdracht** van het bovenstaande filter,  $|H(f_0)|$ , op de bij opgave 3 berekende resonantie-frequentie  $f_0$ .

$|H(f_0)| =$

#### Opgave 6.

Veronderstel  $s = j\omega = j2\pi f$ . Schets de **absolute waarde van de overdracht** (de amplitudekarakteristiek) van ingang naar uitgang,  $|H(f)|$ , als functie van de frequentie.



#### Opgave 7.

Wat is de **orde** van het filter?

Orde:

Motivatie:

Opgave 8.

Leidt een **toestandsbeschrijving** (Eng: state space description) af van het filter.



Opgave 9.

Leidt een **blokschema**, bestaande uit takken (met coëfficiënten) en integratoren af van deze toestandsbeschrijving.



Naam:

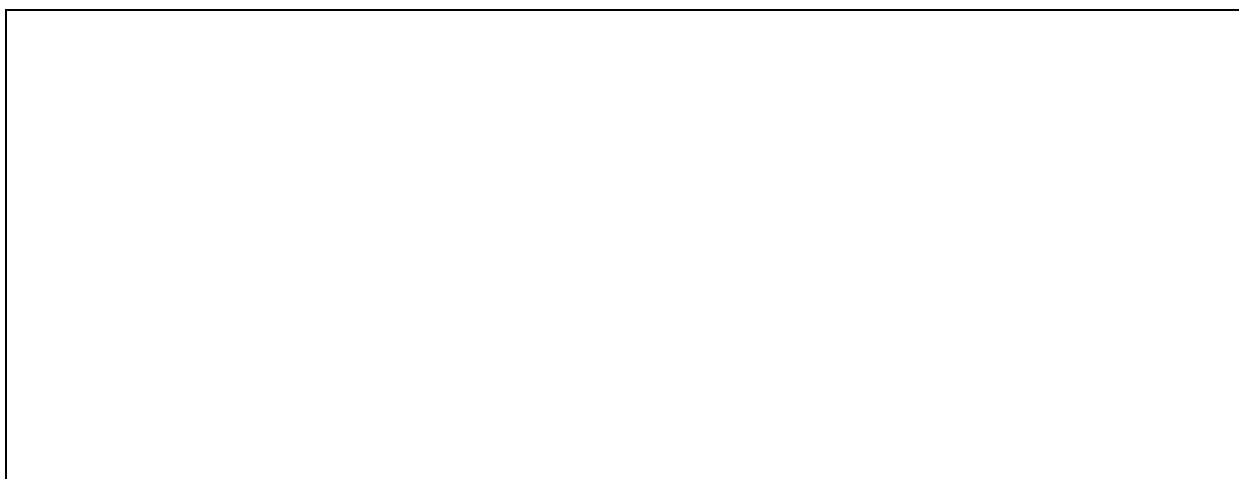
Studienummer:

### Opgave 10.

De integratoren worden gerealiseerd met behulp van

- een transconductantie-versterker (middels een nullor en een resistentie die samen een nauwkeurige, frequentie-onafhankelijke, spanning-naar-stroom omzetting implementeren) en
- een capaciteit die de stroom integreert tot een spanning t.a.v. aarde).

**Ontwerp de integrator**, gebruik makend van een *nullor*, een resistentie  $R$  en een capaciteit  $C$ . Geef duidelijk de ingangs- en uitgangs-klemmen, de bron en belasting en hun polariteit aan. NB. De bron is een ideale spanningsbron.



### Opgave 11.

Wat is de **overdrachtsfunctie**  $H_t(s) = V_o(s)/V_i(s)$  van de door jou ontworpen integrator? NB. Let op het teken en de dimensie.

$H_t(s) =$

### Opgave 12.

De ruis afkomstig van de implementatie (met transistoren) van de nullor kan gemodelleerd worden m.b.v.

- een ruisspanningsbron  $u_n$  in serie met één van de ingangsklemmen van de nullor
- **en** een ruisstroombron  $i_n$  parallel aan de ingangsklemmen van de nullor.

Teken opnieuw het schema van de door jou ontworpen integrator en voeg de **ruisspanningsbron  $u_n$  en de ruisstroombron  $i_n$**  hieraan toe.

### Opgave 13.

Wat is de **dimensie** van de **ruisvermogensdichtheidsspectra** ( $S_{u,n}$  en  $S_{i,n}$ ) van ruisspanningsbron  $u_n$  en de ruisstroombron  $i_n$ ? (NB. De dimensie van stroom is ampere, A; de dimensie van spanning is volt, V, etc.)

Dimensie  $S_{u,n} =$

Dimensie  $S_{i,n} =$

### Opgave 14.

Transformeer beide ruisbronnen ( $u_n$  en  $i_n$ ) naar de **uitgang** van de integrator en bereken het **vermogensdichtheids-spectrum**  $S_{u,n,eq}$  van de equivalente **uitgangruisspanningsbron** (achter de capaciteit) als functie van  $S_{u,n}$  en  $S_{i,n}$  en eventueel  $R$ ,  $C$  en de frequentie. Veronderstel dat  $u_n$  en  $i_n$  ongecorreleerd zijn.

$S_{u,n,eq} =$

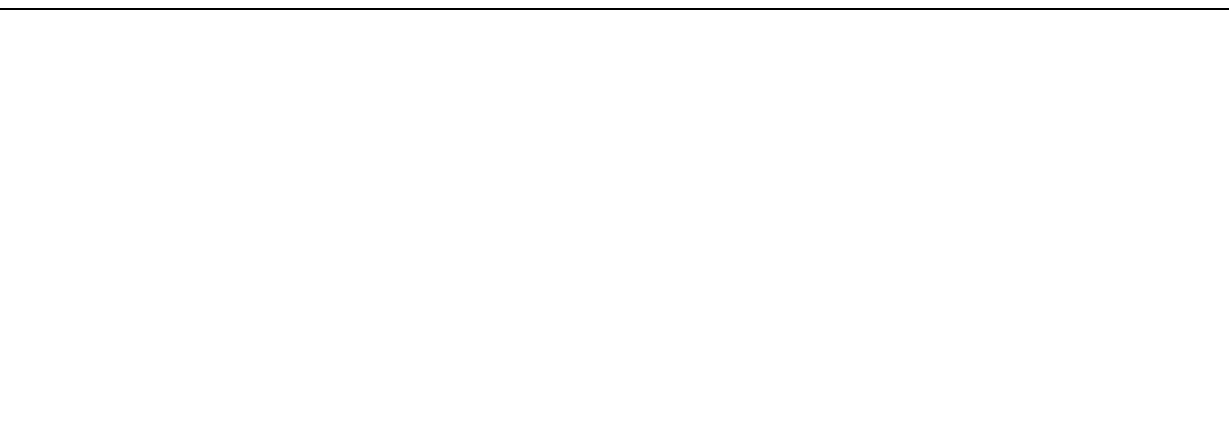
Naam:

Studienummer:

De nullor wordt geïmplementeerd met twee verschilparen (differentiële trappen, Engels: differential pairs) in BiCMOS-technologie. Het *eerste verschilpaar* is opgebouwd met MOS-transistoren, het *tweede verschilpaar* is opgebouwd met bipolaire transistoren.

### Opgave 15.

Teken de nullor als tweepoort met daarin de **twee verschilparen** op de juiste wijze met elkaar, de ingangsklemmen en de uitgangsklemmen verbonden. Geef ook de polariteit (tekens) van de poorten (klemmenparen) aan.



### Opgave 16.

Geef het bijbehorende statische (frequentie-onafhankelijke) **klein-signaal vervangings-schema**. NB.

- Het Early-effect van de bipolaire transistoren wordt gemodelleerd middels een resistentie tussen collector en emitter,  $r_{ce}$ .
- Het Early-effect van de MOS-transistoren (ook wel kanaallengtemodulatie genoemd) wordt gemodelleerd middels een resistentie tussen drain en source,  $r_{ds}$ .



Van de MOS-transistoren is gegeven dat zij in hun triode-gebied werken, waarvoor geldt:

$$i_d = \beta \left[ (v_{gs} - V_{th}) V_{ds} - \frac{1}{2} V_{ds}^2 \right]$$

$\beta$ ,  $V_{ds}$  en  $V_{th}$  mogen constant verondersteld worden.

Opgave 17.

Bepaal de **klein-sigitaal transconductantie-factor**  $g_m$  van een MOS-transistor, uitgedrukt als functie van de in bovenstaande transistor-vergelijking voorkomende variabelen ( $i_d$  en/of  $v_{gs}$ ) en parameters ( $\beta$ ,  $V_{ds}$  en  $V_{th}$ ).

$g_m =$

Opgave 18.

Wat is de **klein-sigitaal transconductantie**  $G$  van één MOS-verschilpaar, uitgedrukt in de  $g_m$ 's van de transistoren?

$G =$

Opgave 19.

Bepaal de **kettingmatrix**  $\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$  van de nullor die je bij opgave 15 geschetst hebt. NB. Deze bestaat (nog steeds) uit MOS- en bipolaire verschilparen met hun bijbehorende verschillende kettingparameters.

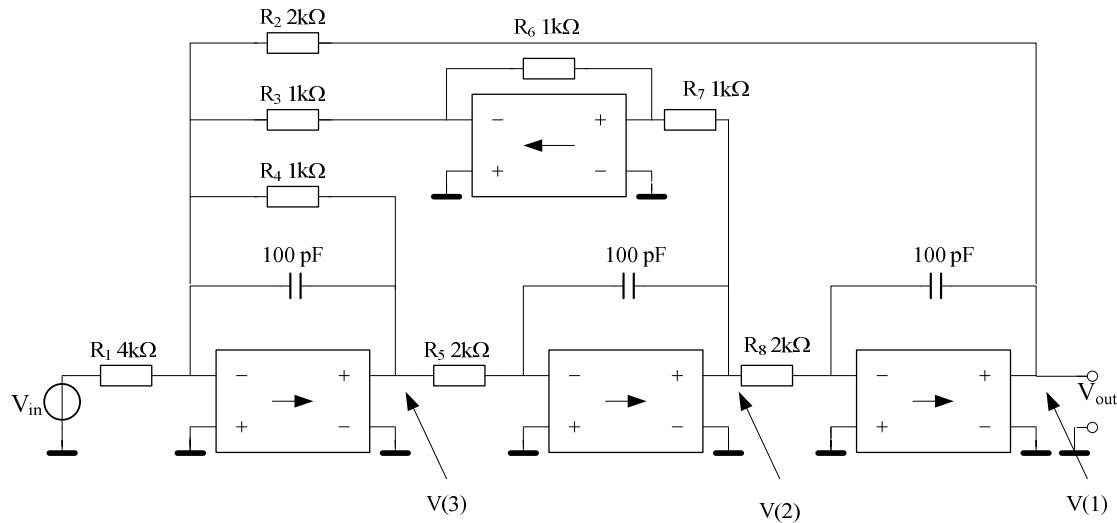
$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} =$



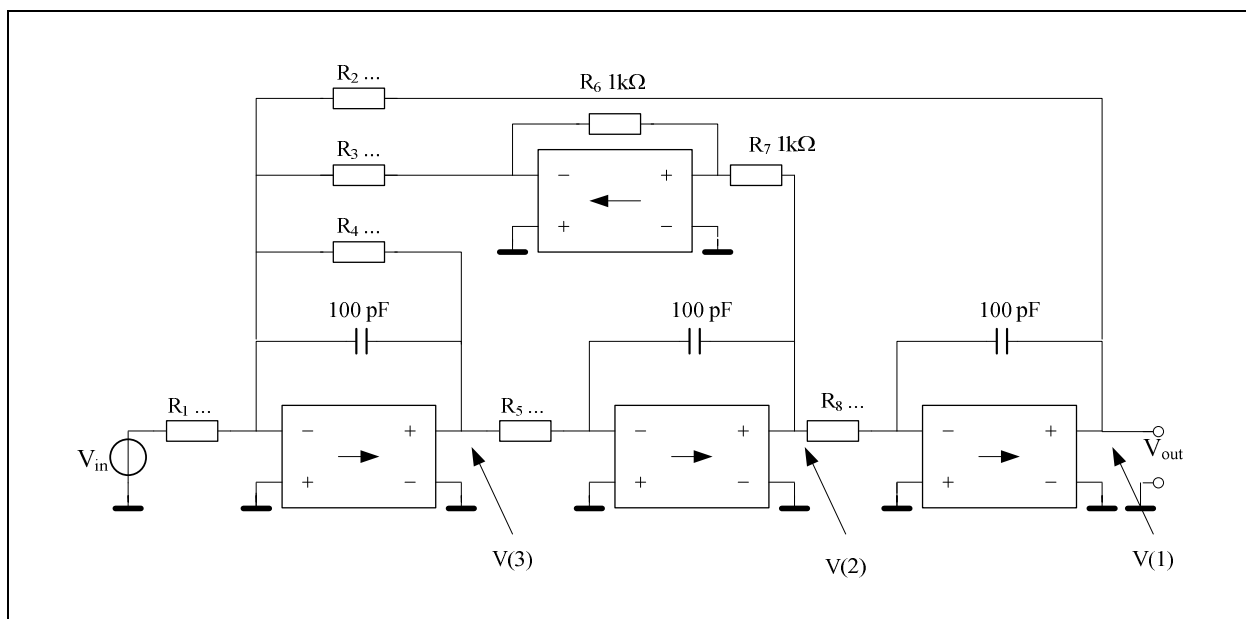
Naam:  
 Studienummer:

Opgave 20.

Gegeven onderstaand RC-opamp laagdoorlaatfilter.  $V(1) = V_{out}$  is het uitgangssignaal.



De toestanden van dit filter zijn (nog) niet geschaald. Voor een goede schaling is het gewenst om  $V(1)$   $4\times$  zo groot te maken,  $V(2)$   $3\times$  zo groot en  $V(3)$   $2\times$  zo groot, *met behoud van de overdracht*. Pas deze **schaling** toe, m.a.w., kies geschikte waarden voor de diverse resistanties, in onderstaand schema.



### Opgave 21.

Het resultaat van de schaling, zoals toegepast bij de vorige opgave, is dat de *toestanden optimaal geschaald* zijn, d.w.z. dat alle integratoren even ver uitgestuurd kunnen worden en dus geen enkele integrator afzonderlijk de uitsturing van het filter begrenst.

Tevens zijn ook de *capaciteit-verhoudingen optimaal gekozen* zodat de totale ruis van het filter in gelijke mate afkomstig is van iedere integrator.

Indien bij analyse van het dynamisch bereik van het filter blijkt dat dit toch nog te klein is, **beschrijf dan 3 manieren om het dynamisch bereik (verder) te vergroten**, uiteraard met behoud van overdracht van het filter

Manier 1:

Manier 2:

Manier 3:

Motivatie:

Einde toets!