

Technische Universiteit Delft
Faculteit Elektrotechniek, W&I
Sectie Elektronica (18^e)
Dr.ir. W.A. Serdijn

Tentamen Elektronische Signaalbewerking (ET2405-D2)

Woensdag 2 november 2011, 14:00 – 17:00 uur

Deze toets bestaat uit open (ontwerp-) vragen en gesloten vragen in multiple-choice (MC) vorm. Neem alle antwoorden over op aparte schrijfvellen die zijn voorzien van je naam en studienummer. Geef per multiple-choice 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)

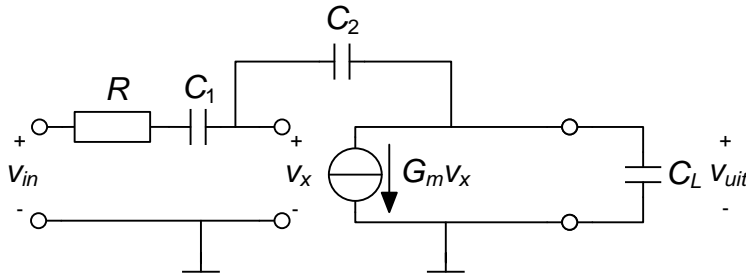
Stel je vragen bij voorkeur voor 15:45 uur.

Zet je mobiele telefoon uit!

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 onderstaande filter, ontworpen om hartsignalen te versterken en filteren.



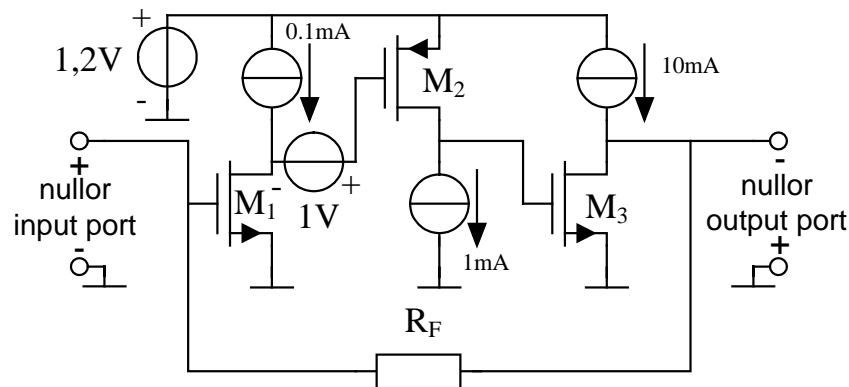
- 1) Wat voor **type** is dit filter?
 - A analoog actief tijdcontinu
 - B analoog actief tijddiscreet
 - C analoog passief tijdcontinu
 - D digitaal asynchroon
 - E digitaal synchroon
- 2) Bereken de **overdrachtsfunctie** $H(s) = V_{uit}(s)/V_{in}(s)$ als functie van R , G_m , C_L , C_1 en C_2 .
- 3) Wat voor **overdracht** heeft dit filter: all-pass, laag-, hoog-, band-doorlaat of band-sper?
 - A all-pass
 - B banddoorlaat (Eng: band-pass)
 - C bandsper (Eng: band-reject)
 - D hoogdoorlaat (Eng: high-pass)
 - E laagdoorlaat (Eng: low-pass)
- 4) Indien G_m naar oneindig gaat ($G_m \rightarrow \infty$), bereken de **maximale spanningsversterking** (dus in de doorlaatband) als functie van R , C_L , C_1 en C_2 .
- 5) Indien G_m naar oneindig gaat ($G_m \rightarrow \infty$), bereken het **(-3 dB) kantelpunt** f_k van de spanningsversterking als functie van R , C_L , C_1 en C_2 .
- 6) Veronderstel dat de waarden van de resistantie (R) en capaciteiten (C_L , C_1 en C_2) een maximale afwijking van 20% hebben. Bereken de worst-case **afwijking** van f_k , Δf_k , in %. NB. Nog steeds geldt: $G_m \rightarrow \infty$.

- 7) Nu geldt niet langer dat $G_m \rightarrow \infty$. Veronderstel $s = j\omega$. Schets de **absolute waarde van de overdracht** (de amplitudekarakteristiek) van ingang naar uitgang, $|H(j\omega)|$, als functie van de frequentie.
- 8) Wat is de **orde** van het filter?
- 9) Leidt een **toestandsbeschrijving** (Eng: state space description) af van het filter.
- 10) Gebruik het antwoord van de vorige vraag om een **blokschema**, bestaande uit takken (met coëfficiënten) en integratoren op te stellen.
- 11) **Ontwerp de integrator**, gebruik makend van een nullor en een geschikt gekozen tegenkoppelnetswerk, bestaande uit een resistantie R en een inductantie L . Geef duidelijk de ingangs- en uitgangs-klemmen, de bron en belasting en hun polariteit aan. NB. De bron is een ideale spanningsbron.
- 12) Wat is de **overdrachtsfunctie** $H_i(s)$ van de door jou ontworpen integrator? NB. Let op het teken en de eenheid.
- 13) Wat is de **frequentie** f_k , uitgedrukt in R en L , waarbij de absolute waarde van de overdracht van de integrator, $|H_i(s)|$, gelijk is aan 1?

We veronderstellen de nullor ruisvrij.

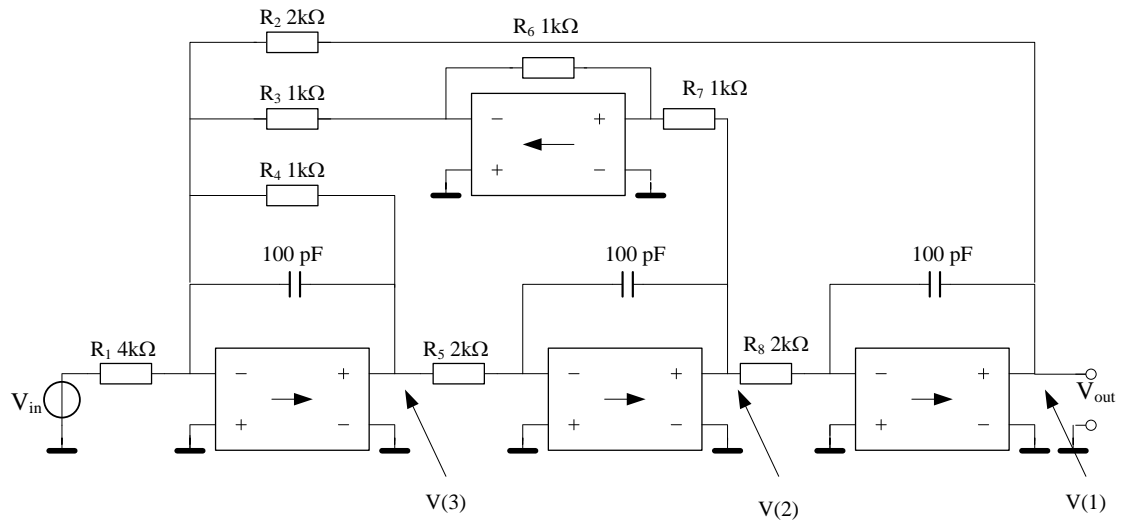
- 14) In de integrator-schakeling komt slechts één **ruisbron** voor. Welke?
- 15) Teken opnieuw het schema van de door jou ontworpen integrator en voeg de **ruisspanningsbron** u_n of de **ruisstroombron** i_n hieraan toe.
- 16) Transformeer de door jou gekozen ruisbron naar de **ingang** van de integrator (dus in serie met de bron) en geef een uitdrukking voor het **vermogensdichtheids-spectrum** $S_{u,n,eq}$ van de equivalente **ingangsrui spanning** als functie van R , L en de frequentie.
- 17) Bereken vervolgens het **ruisvermogen** $P_{u,n,eq}$ van de equivalente **ingangsrui spanning** als functie van R en L , over de bandbreedte van 0 tot f_k .

De nullor wordt ingevuld met een aantal transistoren en een aantal instel- (biasing) bronnen, hetgeen leidt tot het onderstaande schema.

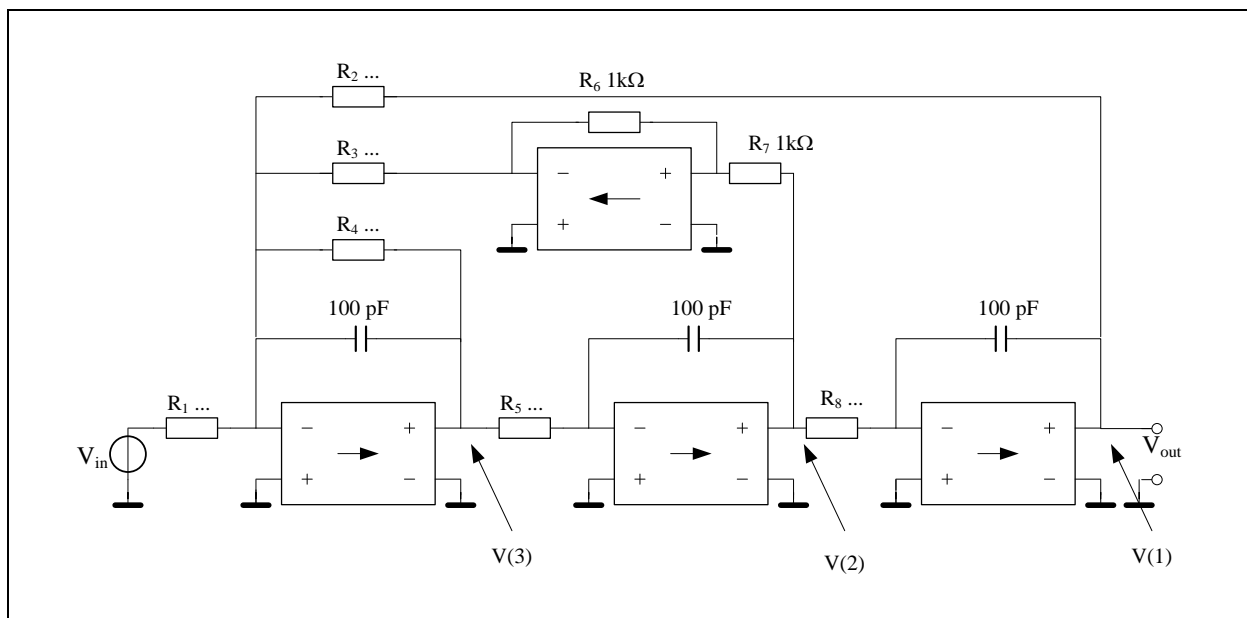


- 18) Welke transistor (M_1 , M_2 of M_3) zal de meeste invloed op de totale **ruis** van de nullor hebben en waarom?
- 19) Leidt een **klein-signaal schema** af van bovenstaande drie-transistor nullor-schakeling, geldig voor lage frequenties.
NB. Alleen r_o en de gestuurde bron $g_m u_{gs}$ van de transistoren dienen in beschouwing genomen te worden, dus niet de parasitaire capaciteiten en resistanties. Geef het bijbehorende kleinsignalschema ervan uitgaande dat het geheel zich correct instelt.
- 20) Leidt een analytische uitdrukking af voor de **lusversterking** L van de integrator, gebruikmakend van het hierboven afgeleide kleinsignalschema en het door jou bij Opgave 11 ontworpen tegenkoppelnetwerk.
NB.
- R_F dient alleen voor de instelling (biasing), heeft een grote waarde en mag bij deze berekening verwaarloosd worden.
 - Vergeet niet de signaal-bron aan de ingang (ideale spanningsbron) en het tegenkoppelnetwerk (R en L) mee te nemen in je berekeningen.

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



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



Einde toets!