



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

0						
---	--	--	--	--	--	--

Opleiding : **ELE**

Cursusnaam : **Analoge Elektronica 1**

Cursuscode : **ELEANE10**

Tentamenperiode : **T2**

Toetsdatum : **23 januari 2020**

Begintijd : **12:00**

Duur (in minuten) : **135 min**

Docent : **GrooS**

Collegiale review : **ArasE**

Cesuur : **Bij meer dan 53 punten telt deze deelloets mee**

Aantal pagina's : **5 (exclusief voorblad)**

Toetsen inleveren : **Ja**

Kladpapier inleveren : **Ja**

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine
- Balpen
- Kladpapier

**Overige
opmerkingen:**

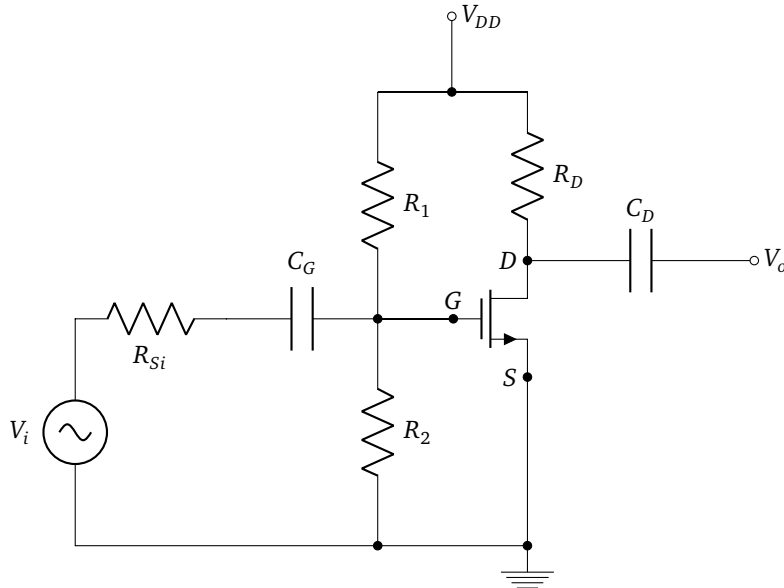
Deze deelloets bepaalt 60% van het eindcijfer.

Puntenverdeling:

Vraag:	1	2	3	4	5	Totaal
Punten:	40	20	20	20	20	120

1. Common-source-versterker (Leerdoel 1; 40 punten)

Beschouw de onderstaande common-source-versterkerschakeling, zie schakeling 1. In deze schakeling is $V_{DD} = 15\text{ V}$ en $R_1 = 3\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$. De NMOS heeft de volgende eigenschappen: $K_n = 0,1\text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1\text{ V}$ en $\lambda = 0,01\text{ V}^{-1}$. Verder is $R_D = 3,5\text{ k}\Omega$ en $R_{Si} = 100\text{ }\Omega$.

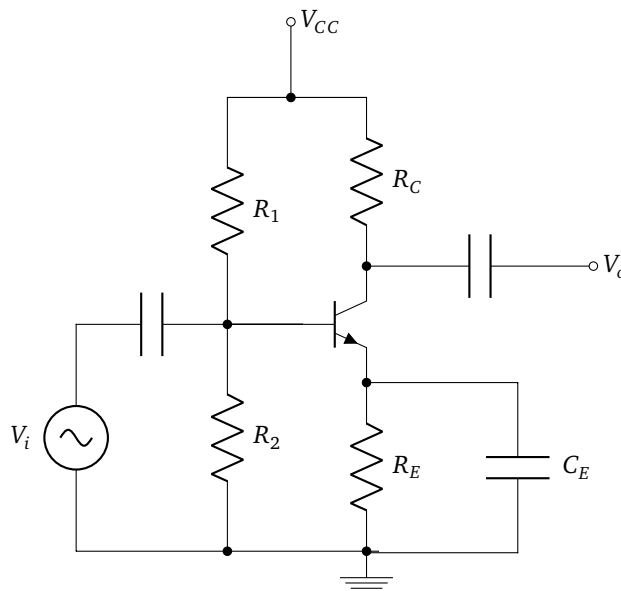


Schakeling 1: Common-source-versterker

- [4 punten]** Teken het groot-sigitaalmodel behorend bij deze schakeling.
- [8 punten]** Bereken I_D en controleer daarmee dat de FET in saturatie is.
- [6 punten]** Bereken de transconductie g_m en uitgangsimpedantie r_o van de FET in het klein-sigitaalmodel.
- [8 punten]** Teken het klein-sigitaalmodel behorend bij deze schakeling. Geef daarbij duidelijk aan waar welke componenten zitten.
- [14 punten]** Bereken de spanningsversterking $A_v = \frac{V_o}{V_i}$.

2. Bypasscondensator (Leerdoel 2; 20 punten)

Beschouw de onderstaande common-emitter-schakeling, zie schakeling 2, met twee ontkoppelingscondensatoren en een bypass-condensator C_E . Voor deze npn-transistor mag aangenomen worden dat $V_A = \infty$.



Schakeling 2: Bypass-condensator in een common-emitter-versterker

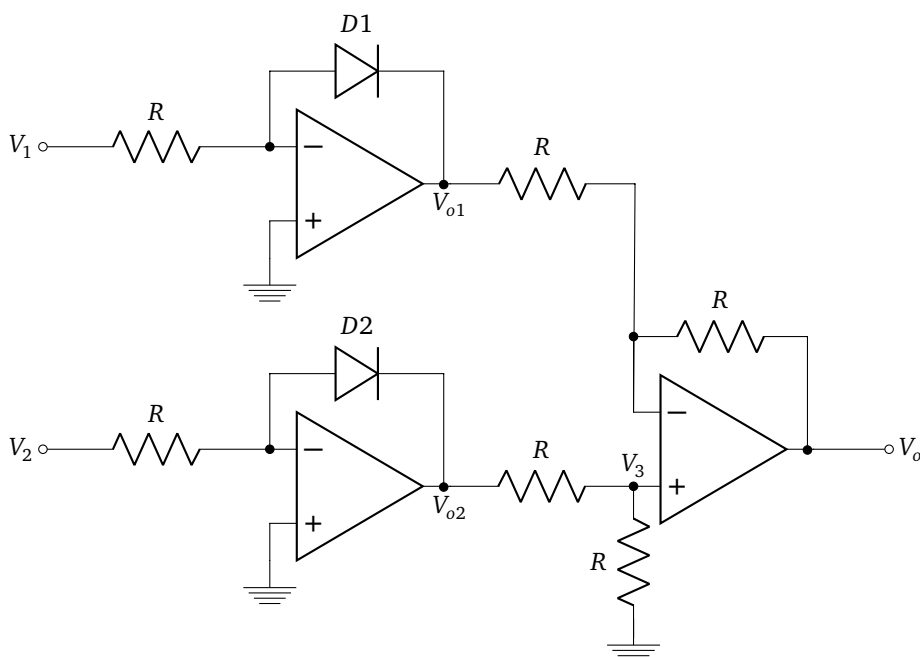
- [8 punten]** Teken het klein-signaalmodel behorend bij deze schakeling zonder de bypass-condensator C_E te verwaarlozen.
- [6 punten]** Bepaal de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ met C_E meegenomen.
- [6 punten]** Bepaal wat voor een type filter deze overdrachtsfunctie voorstelt en bereken de kritische frequentie(s).

3. Op-ampschakeling met diodes (Leerdoel 3; 20 punten)

De onderstaande schakeling 3 heeft twee ingangsspanningen $V_1 > 0$ en $V_2 > 0$. De twee diodes $D1$ en $D2$ hebben verschillende temperaturen T_1 en T_2 . Is een diode forward biased dan kan de diodestroom heel goed benaderd worden door

$$I_D = I_S e^{V/V_T}, \quad V_T = \frac{kT}{q},$$

waarbij I_S de sperstroom, k de constante van Boltzmann, q de fundamentele elektrische lading en T de temperatuur van de diode. De op-amps mogen als ideaal beschouwd worden.



Schakeling 3: Op-amp-schakeling met diodes

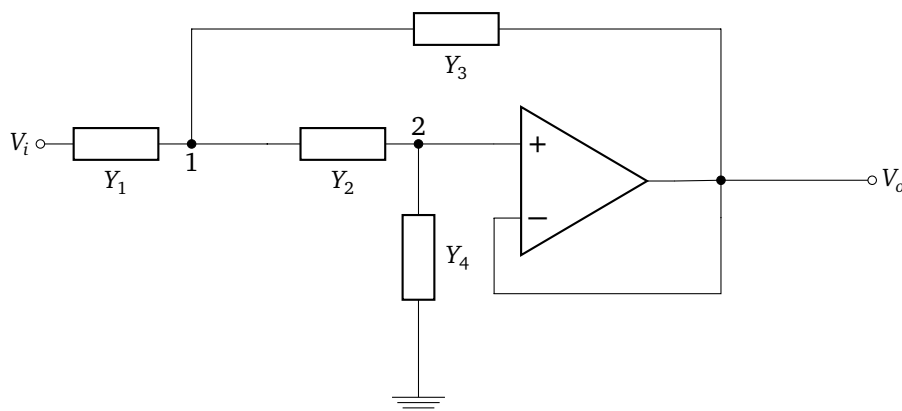
- a. [14 punten] Bepaal de uitdrukking voor V_o in termen van V_1 en V_2 .
- b. [4 punten] Stel we maken de ingangsspanningen gelijk aan elkaar: $V_1 = V_2 = V$. Laat zien dat:

$$V_o = C(T_1 - T_2)$$

en bepaal een formule voor C .

- c. [2 punten] Leg uit hoe deze schakeling gebruikt kan worden.

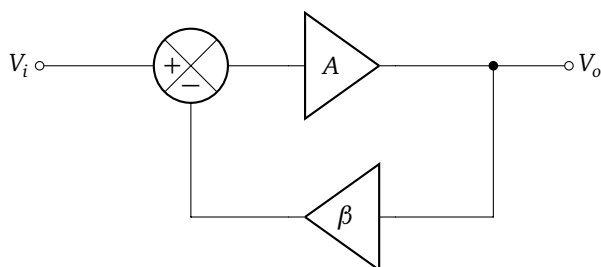
- 4. Sallen-Key filter (Leerdoel 4; 20 punten)** Gegeven het onderstaande Sallen-Key filter, zie schakeling 4, met admittanties Y_1 tot en met Y_4 :



Schakeling 4: Sallen-Key filter

- [5 punten]** Stel de knooppuntvergelijkingen op voor de knooppunten 1 en 2 waarin alleen de spanningen V_i , V_1 , en V_o en de admittanties Y_1 tot en met Y_4 voorkomen!
- [7 punten]** Bepaal de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ met behulp van de regel van Cramer.
- [5 punten]** Neem nu $R_1 = R_2 = 1/R$, $C_3 = Cx^{-1}$ en $C_4 = Cx^{+1}$, waarbij x een getal is $x > 0$. Bepaal wat voor type filter dit oplevert.
- [3 punten]** Bepaal voor deze keuze van componenten de versterkingsfactor k , de kwaliteitsfactor Q_c en de kritische frequentie ω_c .

- 5. Feedback (Leerdoel 5; 20 punten)** Gegeven is de schematische feedbackschakeling, zie schakeling 5, voor een versterker met versterkingsfactor A en een terugkoppelingsfactor β .



Schakeling 5: Versterker met feedback

- [5 punten]** Bepaal de closed-loop versterkingsfactor $A_f = \frac{V_o}{V_i}$.
- [15 punten]** Neem nu aan dat de versterkingsfactor A niet constant is, maar gegeven is door:

$$A(s) = \frac{A}{1 + \frac{s}{\omega_H} + \frac{\omega_L}{s}}$$

met bandbreedte $B = \omega_H - \omega_L$ waarbij $\omega_L < \omega_H$.

Bepaal de closed-loop bandbreedte B_f .

Formuleblad Analoge Elektronica 1 (ELEANE10)

Versterkers

Spanningsversterking: $A_v = \frac{V_o}{V_i}$; Stroomversterking: $A_i = \frac{I_o}{I_i}$

Ingangsimpedantie: $R_i = \frac{V_i}{I_i}$; Uitgangsimpedantie: $R_o = \frac{V_x}{I_x}$

BJT

Hybride-pi-model parameters: $r_\pi = \frac{V_T}{I_{BQ}}$; $r_o = \frac{V_A}{I_{CQ}}$

FET

Niet-verzadigd: $i_D = K_n(2(v_{DS}(sat))v_{DS} - v_{DS}^2)$; $v_{DS}(sat) = v_{GS} - V_{TN}$

Verzadigd: $i_D = K_n(v_{DS}(sat))^2$;

Conductieparameter: $K_n = \frac{k'_n W}{2 L}$; $k'_n = \mu_n C_{ox}$; $C_{ox} = \frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$

Klein-signaalmodel parameters: $g_m = 2\sqrt{K_n I_{DQ}}$; $r_o = \frac{1}{\lambda I_{DQ}}$

Opamp

Niet ideale opamp: $I_B = \frac{1}{2}(I_{B1} + I_{B2})$, $I_{OS} = |I_{B1} - I_{B2}|$

Feedback: $A_f = \frac{A}{1 + \beta A}$; $\omega_{fH} = (1 + \beta A)\omega_H$

Eerste orde filters

LPF: $H(s) = \frac{k}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$ HPF: $H(s) = \frac{k \frac{s}{\omega_c}}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$ StepF: $H(s) = k \frac{1 + \frac{s}{\omega_L}}{1 + \frac{s}{\omega_H}}$

Tweede orde filters

LPF: $H(s) = \frac{k}{1 + \frac{s^2}{\omega_c^2} + \frac{1}{Q_c} \frac{s}{\omega_c}}$ HPF: $H(s) = \frac{k \frac{s^2}{\omega_c^2}}{1 + \frac{s^2}{\omega_c^2} + \frac{1}{Q_c} \frac{s}{\omega_c}}$

BPF: $H(s) = \frac{\frac{k}{Q_c} \frac{s}{\omega_c}}{1 + \frac{s^2}{\omega_c^2} + \frac{1}{Q_c} \frac{s}{\omega_c}}$ BSF: $H(s) = \frac{k(\frac{s^2}{\omega_c^2} + 1)}{1 + \frac{s^2}{\omega_c^2} + \frac{1}{Q_c} \frac{s}{\omega_c}}$

Piek (dB) = $20 \log_{10} \left(\frac{Q_c}{\sqrt{1 - \frac{1}{4Q_c^2}}} \right)$ Kwaliteitsfactor $Q_c = \frac{\omega_c}{\omega_{c2} - \omega_{c1}}$

Bandbreedte $B = \omega_{c2} - \omega_{c1}$

Einde van dit tentamen.