



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

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

Opleiding : **ELE**

Cursusnaam : **Analoge Elektronica 1**

Cursuscode : **ELEANE10 (herkansing)**

Tentamenperiode : **HT2**

Toetsdatum : **17 april 2020**

Begintijd : **10:30**

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

Docent : **ArasE**

Collegiale review : **GrooS**

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

Aantal pagina's : **6 (exclusief voorblad)**

Toetsen inleveren : **Ja**

Kladpapier inleveren : **Ja**

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine
- Balpen
- Kladpapier

**Overige
opmerkingen:**

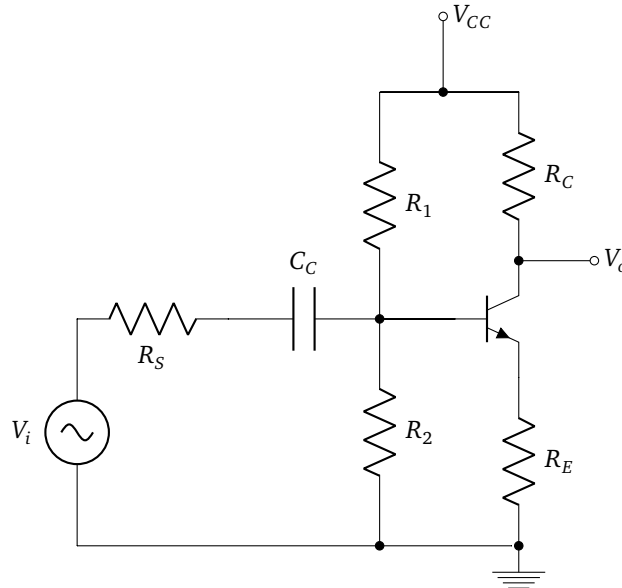
Deze deelloets bepaalt 60% van het eindcijfer.

Puntenverdeling:

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

1. Common-emitter-versterker (Leerdoel 1; 20 punten en leerdoel 2; 20 punten)

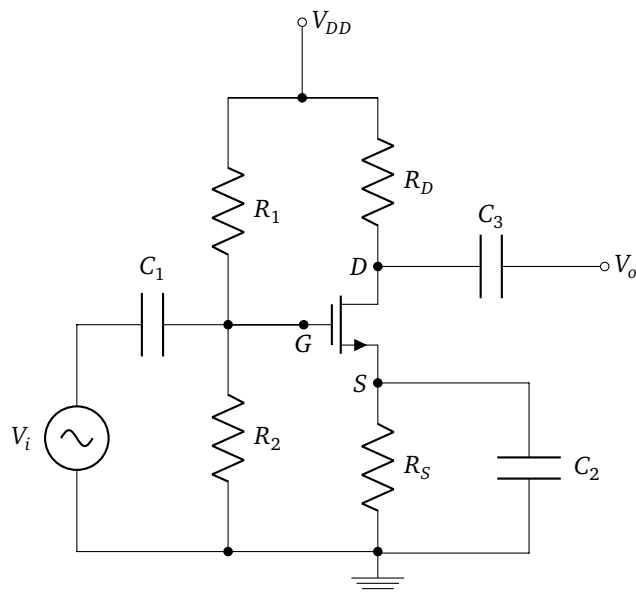
Beschouw de common-emitter-schakeling in schakeling 1 met een koppelcondensator C_C . In deze schakeling zijn de parameters: $R_1 = 30\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_C = 5\text{ k}\Omega$, $R_E = 2\text{ k}\Omega$, $R_S = 0\text{ k}\Omega$, $C_C = 1\text{ }\mu\text{F}$ en $V_{CC} = 10\text{ V}$. De transistorparameters zijn: $V_{BE(on)} = 0,7\text{ V}$, $\beta = 100$, $r_\pi = 3\text{ k}\Omega$ en $V_A = \infty$.



Schakeling 1: Common-emitter-versterker

- [8 punten] (LD 1)** Teken het klein-sigitaalmodel behorend bij schakeling 1 met de condensator C_C waarbij R_S te verwaarlozen is.
- [20 punten] (LD 2)** Bereken de frequentieafhankelijke spanningsversterkingsfactor $A_v(f)$ van deze bipolaire common-emitter-versterker schakeling 1 ten gevolgen van de koppelcondensator C_C .
- [12 punten] (LD 1)** Bereken de kantelfrequentie en maximale versterking $|A_v(max)|$ van schakeling 1. Gebruik hierbij de gegeven waarde van r_π .

- 2. Common-source-versterker (Leerdoel 1; 20 punten)** Beschouw de common-source-versterker in schakeling 2 met een MOSFET. Deze NMOS heeft de volgende eigenschappen: $k_n = 0,2 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 0,5 \text{ V}$ en $r_o = \infty$. In deze schakeling zijn verder de volgende parameters gegeven: $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 30 \text{ k}\Omega$, $R_D = 0,8 \text{ k}\Omega$, $I_D = 5 \text{ mA}$ en $V_{DD} = 10 \text{ V}$.



Schakeling 2: Common-source-versterker

- [2 punten]** Teken het groot-signaalmodele behorend bij schakeling 2.
- [9 punten]** Bereken de waarde van R_S en vervolgens de waarde van V_{DS} . Controleer daarmee dat de MOSFET in saturatie is.
- [2 punten]** Bereken de transconductie g_m van de MOSFET.
- [3 punten]** Teken het klein-signaalmodele behorend bij schakeling 2.
- [4 punten]** Bereken de versterkingsfactor $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ van schakeling 2.

3. Niet-ideale op-amp-schakeling (Leerdoel 3; 20 punten)

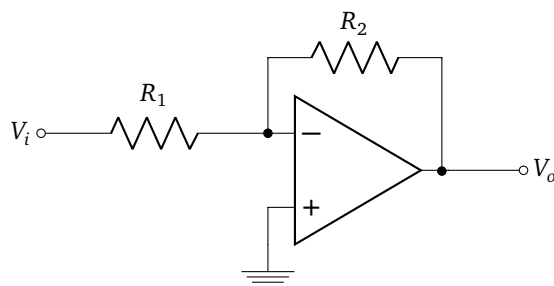
Beschouw de schakeling 3 met een niet-ideale op-amp. De niet-ideale eigenschappen van deze op-amp zijn:

1. Een eindige open-loop versterkingsfactor $A_{ol} < \infty$:

$$V_o = A_{ol}(V_+ - V_-), \quad (1)$$

waarbij V_+ en V_- de ingangsspanningen zijn van de op-amp op de + en - ingangen zijn en V_o is de uitgangsspanning.

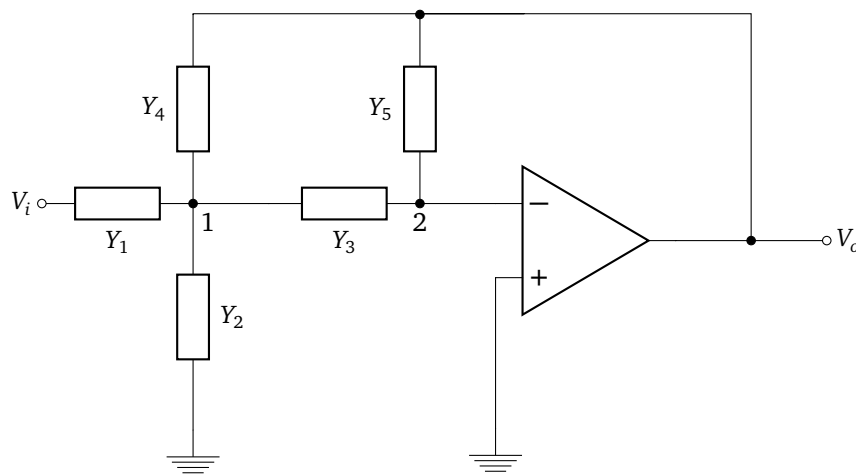
2. Een eindige ingangsimpedantie $R_i < \infty$ tussen de + en - ingangen van de op-amp.



Schakeling 3: Niet ideale op-amp-schakeling

- [4 punten]** Maak een tekening van deze niet-ideale op-amp-schakeling waarin plaatsing van de twee bovengenoemde niet-ideale eigenschappen expliciet worden aangegeven.
- [12 punten]** Bepaal de spanningsversterkingsfactor $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ voor deze niet-ideale op-amp-schakeling.
- [4 punten]** Laat zien dat in de limiet $A_{ol} \rightarrow \infty$ het standaard resultaat van een inverterende versterker verkregen wordt.

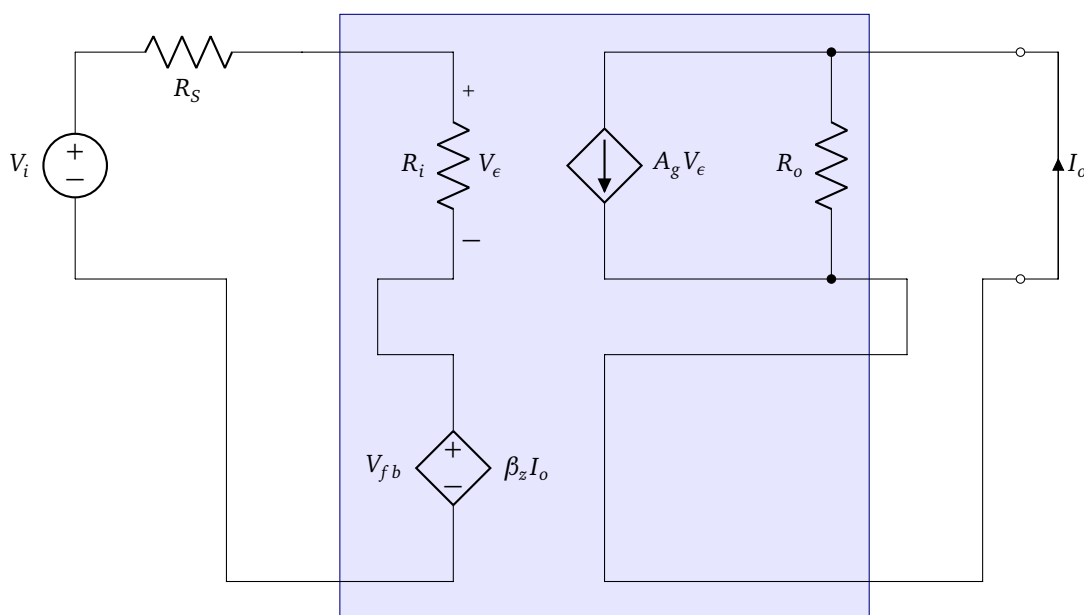
4. **Multiple feedback-filter (Leerdoel 4; 20 punten)** Gegeven het onderstaand multiple feedback-filter in schakeling 4 met admittanties Y_1 tot en met Y_5 :



Schakeling 4: Multiple feedback-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_5 voorkomen!
- [5 punten]** Bepaal de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ met behulp van de regel van Cramer.
- [5 punten]** Geef een keuze voor componenten Y_1 tot en met Y_5 zodanig dat dit een tweede orde bandpassfilter oplevert.
- [5 punten]** Bepaal voor dit filter de kritische frequentie f_c , de kwaliteitsfactor Q_c en de versterkingsfactor k .

- 5. Feedback (Leerdoel 5; 20 punten)** Beschouw de onderstaande transconductieschakeling. De weerstand van de bron R_S mag verwaarloosd worden.



Schakeling 5: Series-series-transconductieschakeling

- a. [6 punten]** Bepaal de drie vergelijkingen behorend bij deze series-series-terugkoppelingsschakeling en geef ze weer in de matrixvergelijking van de vorm:

$$\begin{pmatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_o \\ V_e \\ V_{fb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \end{pmatrix}$$

- b. [5 punten]** Bereken de closed-loop spanning-naar-stroom versterking A_{gf} met behulp van de regel van Cramer.
- c. [9 punten]** Bereken de closed-loop uitgangsimpedantie R_{of} . (Hint: Teken hiertoe eerst de benodigde schakeling.)

Formuleblad Analoge Elektronica 1 (ELEANE10)

Versterkers

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

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

BJT

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

FET

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

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

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

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

Opamp

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

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

Eerste orde filters

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

Tweede orde filters

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

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

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

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

Einde van dit tentamen.