



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

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

Opleiding : **ELE**

Cursusnaam : **Analoge Elektronica 1**

Cursuscode : **ELEANE10**

Tentamenperiode : **T2**

Toetsdatum : **19 januari 2021**

Begintijd : **09:30**

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

Docent : **GrooS,ArasE**

Collegiale review : **Elkaars opgaven reviewed**

Cesuur : **Bij meer dan 47 punten telt deze deelloets mee**

Aantal pagina's : **13 (exclusief voorblad)**

Toetsen inleveren : **Ja**

Kladpapier inleveren : **Ja**

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine
- Balpen
- Kladpapier

**Overige
opmerkingen:**

Deze deelloets bepaalt 60% van het eindcijfer.

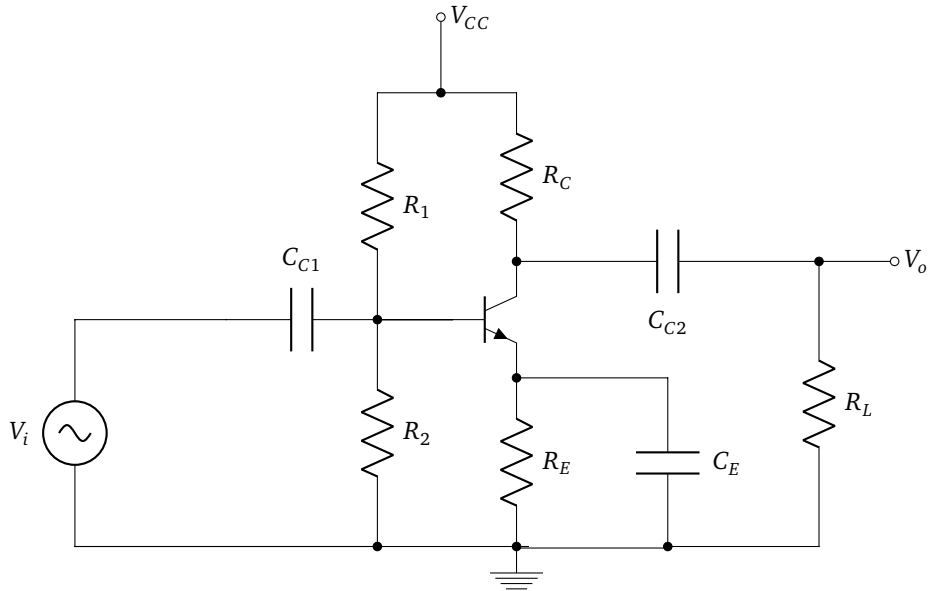
Puntenverdeling:

Vraag:	1	2	3	4	5	6	Totaal
Punten:	20	20	20	20	20	20	120

1. Common-emitter-versterker (Leerdoel 1: 20 punten)

Beschouw de onderstaande common-emitter-schakeling, zie schakeling 1, met twee ontkoppelingscondensatoren C_{C1} , C_{C2} en een bypass-condensator C_E .

De npn-transistor heeft de volgende parameters: $\beta = 180$, $V_{BE(on)} = 0,7\text{V}$, $V_T = 26\text{mV}$ en $r_o = \infty$. De weerstandswaarden zijn $R_1 = 6\text{k}\Omega$, $R_2 = 1,5\text{k}\Omega$, $R_C = 1\text{k}\Omega$, $R_E = 0,1\text{k}\Omega$ en $R_L = 1,2\text{k}\Omega$. De aangelegde DC-spanning is $V_{CC} = 5\text{V}$.

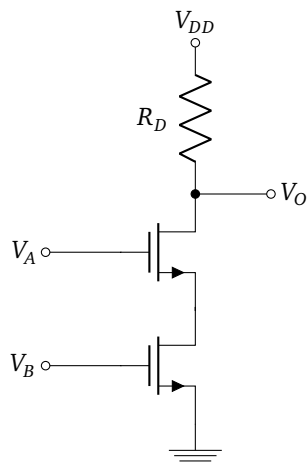


Schakeling 1: Common-emitter-versterker

- [6 punten] Bereken de collectorstroom I_{CQ} en r_π .
- [6 punten] Teken het klein-signaalmodeel behorend bij deze schakeling waarbij wordt aangenomen dat alle condensatoren oneindig groot zijn.
- [8 punten] Bepaal de versterkingsfactor $A_V = \frac{V_o}{V_i}$ als weer aangenomen mag worden dat alle condensatoren oneindig groot zijn.

2. NAND-schakeling met twee FETs (Leerdoel 1: 20 punten)

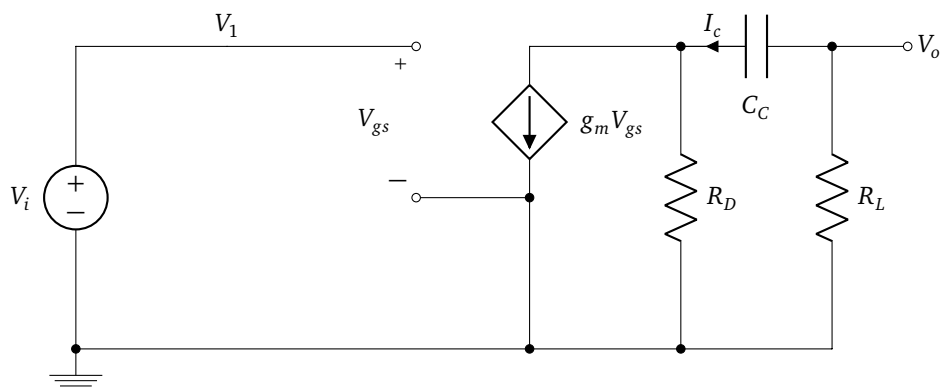
Beschouw de onderstaande logische NAND-poort, schakeling 2, met twee ingangen A en B en één uitgang O . In deze schakeling is $V_{DD} = 5\text{ V}$ en $R_D = 10\text{ k}\Omega$. De beide FETs zijn identieke n-channel MOSFETs en bezitten de volgende eigenschappen: $K_n = 0,1\text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1,5\text{ V}$.



Schakeling 2: NAND-schakeling met twee FETs

- [15 punten]** Bepaal V_{DS} van de beide FETs als $V_A = V_B = V_{DD}$. Controleer hierbij of de aanname die je maakt over het werkingsgebied van de FET correct is.
- [5 punten]** Stel de uitgang V_O wordt op een vervolgschakeling aangesloten die een logische nul registreert tot een spanning van $1,0\text{ V}$. Leg uit of deze het uitgangssignaal V_O in het geval $V_A = V_B = V_{DD}$ als een logische nul zal opvatten.

- 3. Frequentieafhankelijk gedrag van een NFET-versterker (Leerdoel 2: 20 punten)** Beschouw het klein-signaalmodel van een versterkerschakeling gebouwd rond een n-channel MOSFET gegeven in schakeling 3. De koppelingscondensator C_C op de uitgang wordt in deze opgave niet verwaarloosd.



Schakeling 3: Klein-sigtaal model van een NFET-versterker met een koppelingscondensator

De volgende weerstandswaarden zijn gegeven: $R_D = 1 \text{ k}\Omega$ en $R_L = 1,2 \text{ k}\Omega$.

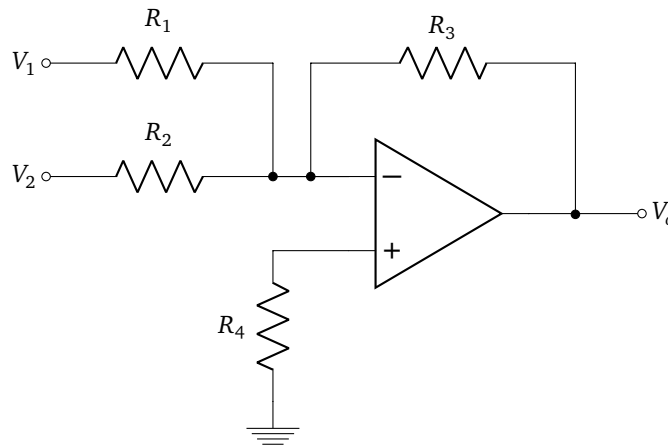
- [9 punten]** Bereken de frequentieafhankelijke versterkingsfactor $A_V(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$.
- [5 punten]** Bepaal of dit een hoog- of laagdoorlaatfilter is.
- [6 punten]** Bepaal de waarde van de koppelingscondensator zodat de kantelfrequentie bij $f_c = 20 \text{ Hz}$ ligt.

4. Niet ideale summing amplifier (Leerdoel 3; 20 punten)

De onderstaande niet-ideale op-amp schakeling 4 heeft twee ingangsspanningen V_1 en V_2 en één uitgang V_o . De enige niet-ideale eigenschap van deze op-amp is dat zijn versterkingsfactor $A_{ol} < \infty$ eindig is:

$$V_o = A_{ol}(V_+ - V_-)$$

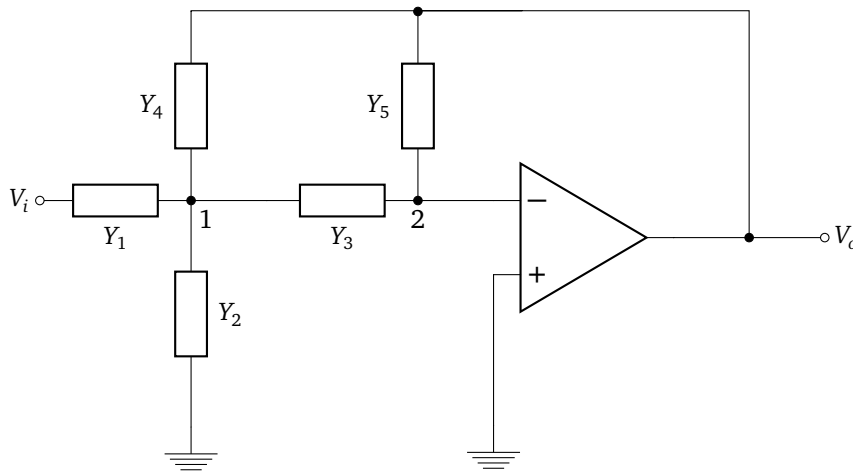
Dat betekent dus in het bijzonder dat in het algemeen $V_+ \neq V_-$.



Schakeling 4: Op-amp-schakeling met een niet-ideale op-amp

- a. [14 punten] Bepaal de uitdrukking voor V_o in termen van V_1 en V_2 .
- b. [6 punten] Laat zien dat in de limiet $A_{ol} \rightarrow \infty$ het standaard resultaat van een summing amplifier verkregen wordt:

- 5. Multiple feedback-filter (Leerdoel 4: 20 punten)** Gegeven het onderstaand multiple feedback-filter in schakeling 5 met admittanties Y_1 tot en met Y_5 :



Schakeling 5: Multiple feedback-filter

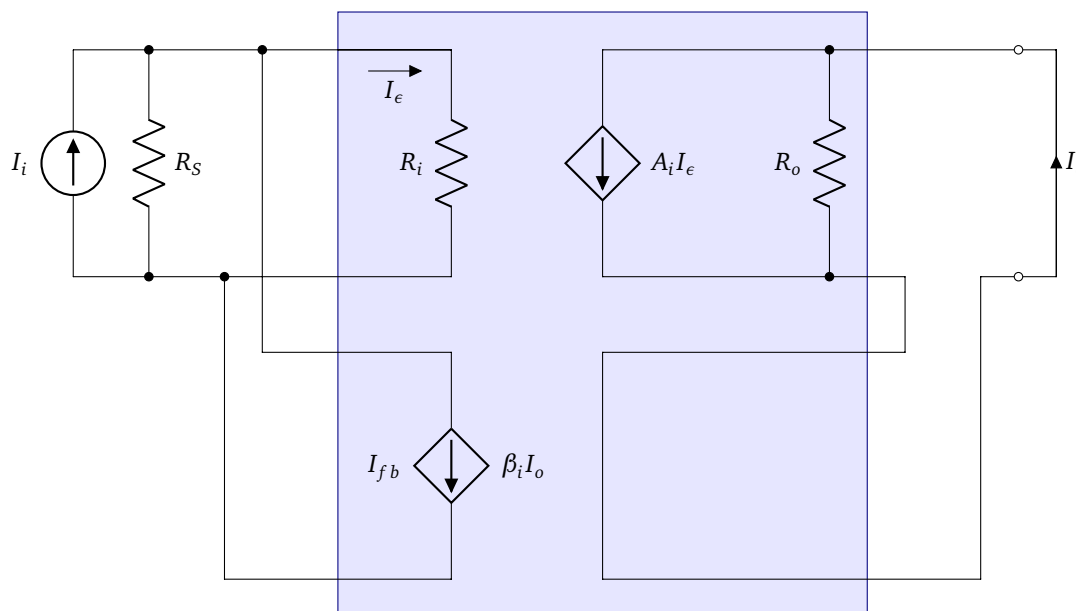
- [7 punten]** Stel de knooppuntvergelijkingen op voor de knooppunten 1 en 2 waarin alleen de spanningen V_i , V_1 , en V_o en de admittanties Y_1 tot en met Y_5 voorkomen.
- [6 punten]** Bepaal de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ met behulp van de regel van Cramer.
- [7 punten]** De opdrachtgever wil dat hiermee een tweede orde laagdoorlaatfilter wordt ontworpen met de overdrachtsfunctie:

$$H(s) = \frac{-k}{\left(1 + \frac{s}{\omega_c}\right)\left(1 + 2\frac{s}{\omega_c}\right)} \quad (1)$$

waarbij ω_c de kritische frequentie voorstelt en $k > 1$ de versterkingsfactor.

Geef een keuze voor componenten Y_1 tot en met Y_5 zodanig dat zo'n type filter verkregen wordt.

- 6. Feedback (Leerdoel 5: 20 punten)** Beschouw de onderstaande shunt-series-schakeling, zie schakeling 6. De weerstand van de bron R_S mag verwaarloosd worden. Alleen de vette knooppunten zijn echte knooppunten; snijdende lijnen zonder vet knooppunt zijn niet met elkaar verbonden.



Schakeling 6: Shunt-series-stroomversterkerschakeling

Het doel van deze opgave is het bepalen van de uitgangsimpedantie R_{of} met feedback.

- [6 punten]** Leg uit hoe deze schakeling veranderd moet worden om de uitgangsimpedantie R_{of} met feedback te bepalen en teken hierbij de benodigde schakeling.
- [6 punten]** Bepaal de drie vergelijkingen behorend bij de tekening van de vorige deelopgave (6a.) en geef ze weer in de matrixvergelijking van de vorm:

$$\begin{pmatrix} & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_x \\ I_e \\ I_{fb} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} & & \end{pmatrix}$$

- [8 punten]** Bereken de closed-loop uitgangsimpedantie R_{of} met behulp van de regel van Cramer en leg uit waarom dit een gewenst resultaat is.

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

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: $H(s) = k \frac{1 + \frac{s}{\omega_A}}{1 + \frac{s}{\omega_B}}$

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.