



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

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

Opleiding : **ELE**

Cursusnaam : **Analoge Elektronica 1**

Cursuscode : **ELEANE10**

Tentamenperiode : **HT2**

Toetsdatum : **16 april 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 : **7 (exclusief voorblad)**

Toetsen inleveren : **Ja**

Kladpapier inleveren : **Ja**

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine
- Balpen
- Kladpapier

**Overige
opmerkingen:**

Deze deelloets bepaalt 60% van het eindcijfer.

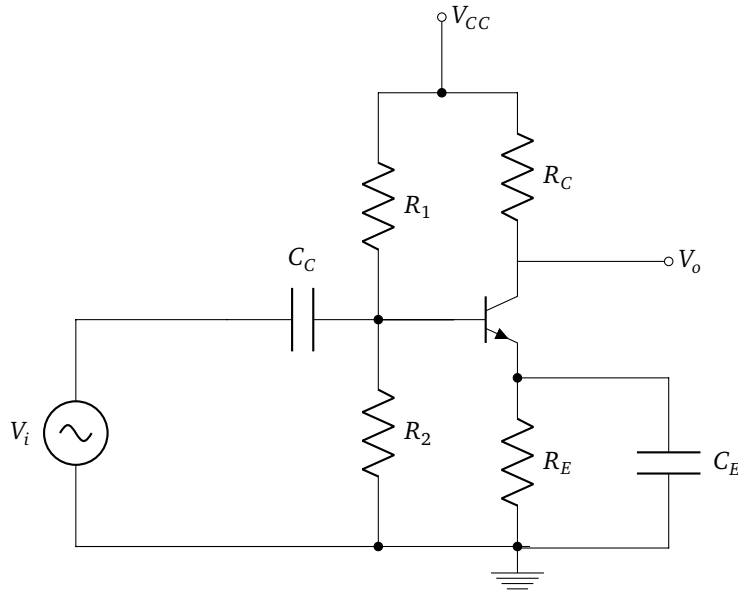
Puntenverdeling:

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 een ontkoppelingscondensator C_C en een bypass-condensator C_E .

De npn-transistor heeft de volgende parameters: $\beta = 100$, $V_{BE(on)} = 0,7\text{V}$, $V_T = 26\text{mV}$ en $V_A = 200\text{V}$. De weerstandswaarden zijn $R_1 = 20\text{k}\Omega$, $R_2 = 20\text{k}\Omega$, $R_C = 1\text{k}\Omega$ en $R_E = 4\text{k}\Omega$. De aangelegde DC-spanning is $V_{CC} = 10\text{V}$.

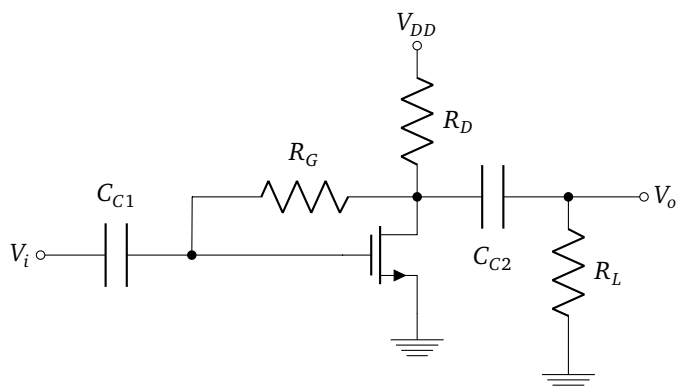


Schakeling 1: Common-emitter-versterker

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

2. FET-versterker (Leerdoel 1: 20 punten)

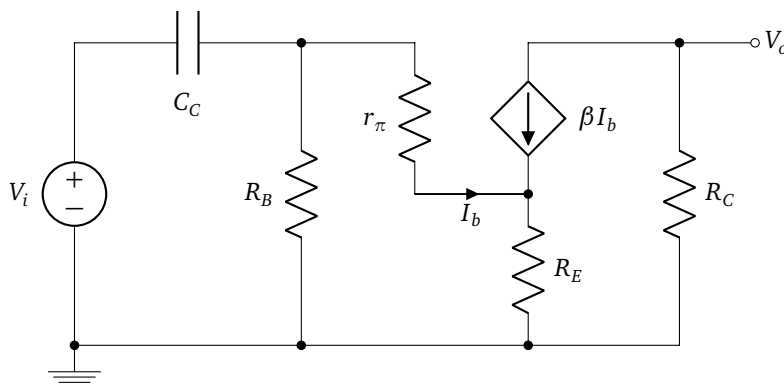
Beschouw de onderstaande FET-versterker, schakeling 2. In deze schakeling is $V_{DD} = 10,25\text{ V}$, $R_G = 1\text{ M}\Omega$ en $R_D = 10\text{ k}\Omega$. De n-channel MOSFET bezit de volgende eigenschappen: $K_n = 0,1\text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1,5\text{ V}$ en $\lambda = 0,02\text{ V}^{-1}$.



Schakeling 2: FET-versterkerschakeling met twee koppelingscondensatoren

- [4 punten]** Teken het grootsignaalmodel behorend bij deze schakeling.
- [6 punten]** Beargumenteer waarom de FET in deze schakeling noodzakelijkerwijs in saturatie zit.
- [10 punten]** Bereken V_{DS} voor deze schakeling.

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



Schakeling 3: Klein-signaal model van een BJT-versterker met een koppelingscondensator

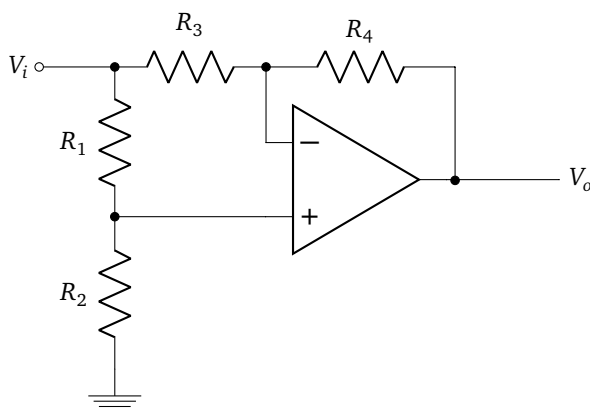
- [8 punten]** Bepaal $V_i(s)$ and $V_o(s)$ in termen van I_b .
- [6 punten]** Bepaal de maximale versterkingsfactor $|A_v(max)|$.
- [6 punten]** Bereken de kantelfrequentie f_c voor een koppelingscondensator $C_C = 10\mu F$. Verder zijn de volgende weerstandswaarden gegeven: $R_E = 5k\Omega$, $R_B = 10k\Omega$ en $R_C = 2k\Omega$ en de parameters van het klein-signaal model van de BJT zijn $\beta = 100$, $r_\pi = 2k\Omega$ en $V_A = \infty$.

4. Niet-ideale opamp schakeling (Leerdoel 3; 20 punten)

Beschouw de onderstaande niet-ideale opamp schakeling 4 met vier weerstanden R_1 t/m R_4 . 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 $V_+ \neq V_-$.



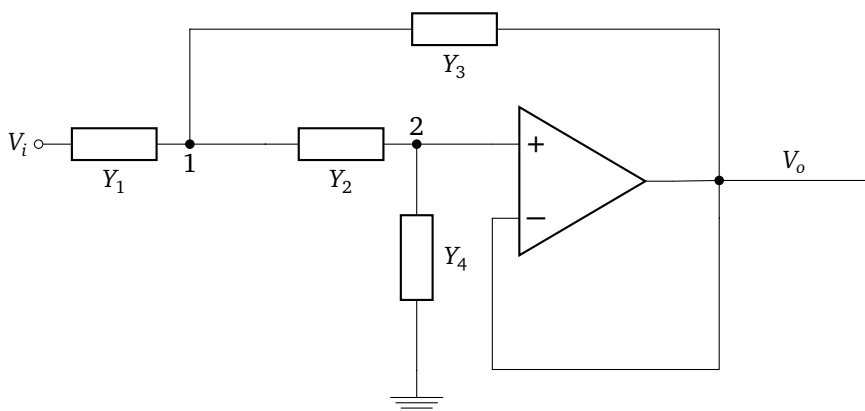
Schakeling 4: Op-amp-schakeling met een niet-ideale op-amp

- a. [4 punten] Stel de twee knooppuntsvergelijkingen op voor de plus- en min-ingangen van de niet-ideale op-amp.
- b. [11 punten] Bepaal de versterkingsfactor $A_V = \frac{V_o}{V_i}$ m.b.v. de regel van Cramer. Schrijf hiertoe eerst de vergelijkingen om als een matrixstelsel:

$$\begin{pmatrix} & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_o \\ V_+ \\ V_- \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \end{pmatrix}$$

- c. [5 punten] Bepaal wat gebeurt in de limiet waarin de niet-ideale opamp-eigenschappen te verwaarlozen zijn.

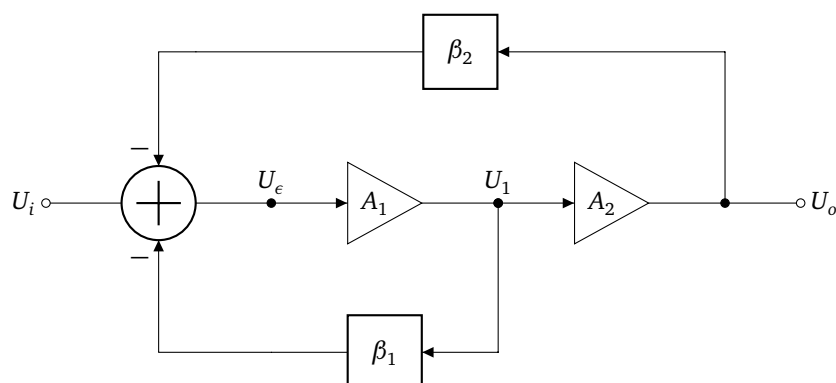
- 5. Sallen-Key-filter (Leerdoel 4: 20 punten)** Gegeven het onderstaande Sallen-Key-filter in schakeling 5 met admittanties Y_1 tot en met Y_4 :



Schakeling 5: Sallen-Key filter zonder versterking

- [6 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.
- [8 punten]** Bepaal de overdrachtsfunctie $H(s) = \frac{V_o}{V_i}$ met behulp van de regel van Cramer.
- [6 punten]** Een opdrachtgever wil dat hiermee een tweede orde hoogdoorlaatfilter wordt ontworpen. Beargumenteer welke admittanties condensatoren en welke weerstanden zijn zodat zo'n filter ontstaat en controleer het antwoord.

- 6. Feedback (Leerdoel 5: 20 punten)** Beschouw het onderstaande dubbele feedback schema, zie schakeling 6, met twee versterkers A_1 en A_2 .



Schakeling 6: Versterkerschakeling met twee terugkoppellussen

- a. [6 punten]** Bepaal drie vergelijkingen voor U_o , U_ϵ en U_1 en schrijf ze in de matrixvergelijking van de vorm:

$$\begin{pmatrix} & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_o \\ U_1 \\ U_\epsilon \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} & & \end{pmatrix}$$

- b. [8 punten]** Laat met behulp van de regel van Cramer zien dat de versterkingsfactor A_f met beide feedbackloops meegenomen, gegeven wordt door:

$$A_f = \frac{A_1 A_2}{1 + \beta_1 A_1 + \beta_2 A_1 A_2}$$

- c. [6 punten]** Het frequentieafhankelijk gedrag van versterker A_2 is gegeven door

$$A_2(s) = \frac{A_2}{1 + \frac{s}{\omega_H}}$$

terwijl de versterker A_1 een strikt constante versterkingsfactor heeft.

Bepaal de frequentieafhankelijke versterking $A_f(s)$ en de kantelfrequentie ω_{fH} in dit feedback-circuit, schakeling 6.

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.