



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

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

Opleiding	:	Elektrotechniek
Cursusnaam	:	Basis Elektrotechniek 2
Cursuscode	:	ELEELE20
Tentamenperiode	:	HT2
Toetsdatum	:	18-04-2019
Begintijd	:	10:30
Duur (in minuten)	:	120 min
Docent	:	BaRoy
Collegiale review	:	WitRe/VersD/BerEM
Cesuur	:	$C = \frac{\text{punten}}{6}$, zie cursushandleiding
Aantal pagina's	:	6
Toetsen inleveren	:	ja
Kladpapier inleveren	:	nee

Toegestande hulpmiddelen:

(Niet-Grafische) Rekenmachine, kladpapier, kleurpotloden

**Overige
opmerkingen:**

- Laat bij alle opgaven duidelijk zien hoe je aan je antwoorden komt:
 - Welke methode gebruik je?
 - Geef van formules de volledige afleiding.
 - Geef je volledige berekening.
 - Als je extra variabelen gebruikt, introduceer deze eerst.
- Tentamenblad en uitwerkingen samenvoegen en inleveren.

1. (Leerdoel 1: 10 punten)

Gegeven het netwerk in schakeling 1:

- a. [10 punten] Stel met behulp van de knooppuntmethode of de maasmethode de netwerkvergelijkingen op. Geef in het schema duidelijk aan welke knooppunten of mazen je kiest. Schrijf het stelsel in matrixvorm.

Solution: Knooppuntmethode:

$$\frac{v_1 - 0}{R_1} + \frac{v_1 - v_2}{R_2} + I_A = 0$$

$$\frac{v_2 - 0}{R_4} + \frac{v_2 - v_1}{R_2} + \frac{v_2 - v_3}{R_3} + \frac{v_2 - V_B}{R_6} = 0$$

$$\frac{v_3 - v_2}{R_3} + \frac{v_3 - V_B}{R_5} - I_A = 0$$

$$I_A = 2 \cdot v_x = 2 \cdot (V_B - v_2)$$

Invullen en uitwerken:

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \cdot v_1 - \left(\frac{1}{R_2} + 2\right) \cdot v_2 = -2 \cdot V_B$$

$$-\frac{1}{R_2} \cdot v_1 + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6}\right) \cdot v_2 - \frac{1}{R_3} \cdot v_3 = \frac{1}{R_6} \cdot V_B$$

$$\left(2 - \frac{1}{R_3}\right) \cdot v_2 + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) \cdot v_3 = \left(2 + \frac{1}{R_5}\right) \cdot V_B$$

Matrix:

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} & -\left(\frac{1}{R_2} + 2\right) & 0 \\ -\frac{1}{R_2} & \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6}\right) & -\frac{1}{R_3} \\ 0 & \left(2 - \frac{1}{R_3}\right) & \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5}\right) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \cdot V_B \\ \frac{1}{R_6} \cdot V_B \\ \left(2 + \frac{1}{R_5}\right) \cdot V_B \end{pmatrix}$$

Maasmethode:

$$i_1 = I_A = 2 \cdot v_x = 2 \cdot ((i_2 - i_4) \cdot R_6)$$

$$(i_2 - i_4) \cdot R_6 + (i_2 - i_1) \cdot R_3 + i_2 \cdot R_5 = 0$$

$$i_3 \cdot R_1 + (i_3 - i_1) \cdot R_2 + (i_3 - i_4) \cdot R_4 = 0$$

$$(i_4 - i_3) \cdot R_4 + (i_4 - i_2) \cdot R_6 + V_B = 0$$

Invullen en uitwerken:

$$(R_3 + R_5 + R_6 - 2 \cdot R_3 \cdot R_6) \cdot i_2 + (2 \cdot R_3 \cdot R_6 - R_6) \cdot i_4 = 0$$

$$-2 \cdot R_2 \cdot R_6 \cdot i_2 + (R_1 + R_2 + R_4) \cdot i_3 + (2 \cdot R_3 \cdot R_6 - R_6) \cdot i_4 = 0$$

$$-R_6 \cdot i_2 - R_4 \cdot i_3 + (R_4 + R_6) \cdot i_4 = -V_B$$

Matrix:

$$\begin{pmatrix} R_3 + R_5 + R_6 - 2 \cdot R_3 \cdot R_6 & 0 & 2 \cdot R_3 \cdot R_6 - R_6 \\ -2 \cdot R_2 \cdot R_6 & R_1 + R_2 + R_4 & 2 \cdot R_2 \cdot R_6 - R_6 \\ -R_6 & -R_4 & R_4 + R_6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -V_B \end{pmatrix}$$

2. (Leerdoel 1: 10 punten)

Gegeven het netwerk in schakeling 2:

- a. [4 punten] Bereken de stroom door R_L .

Solution: $R_v = R_1 + R_2 + (R_3 \parallel R_L) = 12 + 4 + \frac{20 \cdot 5}{20 + 5} = 16 + \frac{100}{25} = 20 \Omega$

$$I_{\text{totaal}} = \frac{V_B}{R_v} = \frac{16}{20} = 800 \text{ mA}$$

$$\text{Stroomdeling: } I_{R_L} = \frac{R_3}{R_3 + R_L} \cdot I_{\text{totaal}} = \frac{20}{25} \cdot 0.8 = 640 \text{ mA.}$$

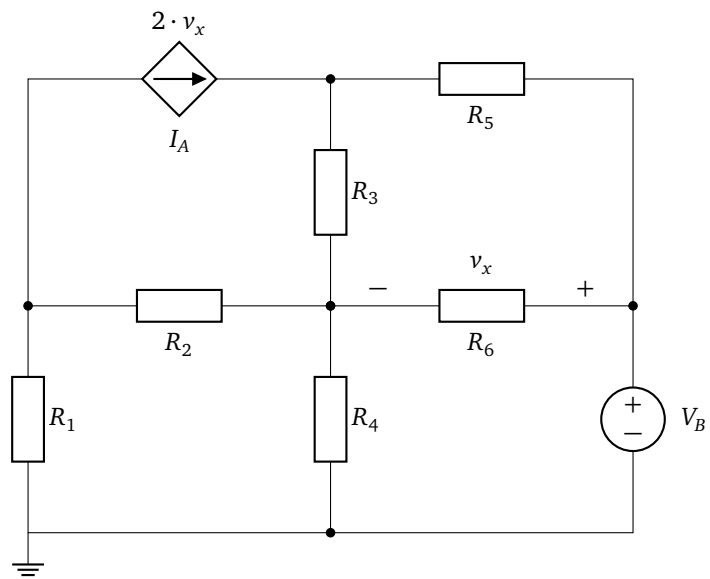
- b. [6 punten] Bepaal het Thevenin equivalent van deze schakeling gezien vanuit de punten a en b.

Solution: Bepalen: $I_{sc}, R_T = R_v, V_T = V_{oc} \Rightarrow V_T = I_{sc} \cdot R_T$

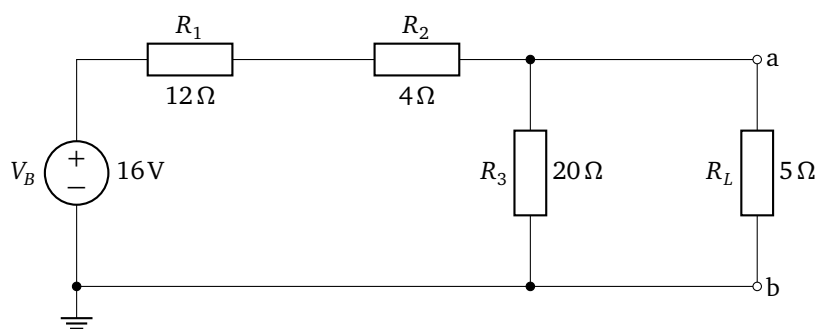
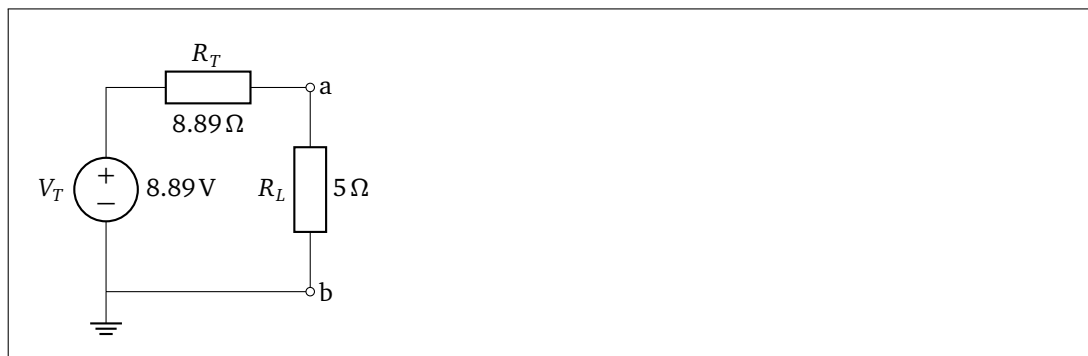
$$I_{sc} = \frac{V_B}{R_1 + R_2} = \frac{16}{16} = 1 \text{ A.}$$

$$V_{oc} = \frac{R_3}{R_3 + (R_1 + R_2)} \cdot V_B = \frac{20}{36} \cdot 16 = \frac{80}{9} \approx 8.89 \text{ V.}$$

$$R_v = (R_1 + R_2) \parallel R_3 = 16 \parallel 20 = \frac{16 \cdot 20}{16 + 20} = \frac{80}{9} \approx 8.89 \Omega.$$



Schakeling 1



Schakeling 2

3. (Leerdoel 2: 15 punten)

- a. [10 punten] Gegeven de opamp schakeling in schakeling 3. Geef v_o als functie van v_1 en v_2 . Laat duidelijk de volledige afleiding zien.

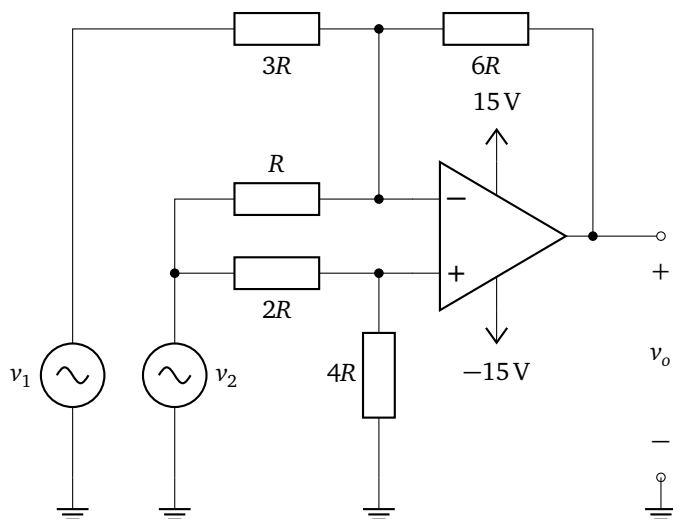
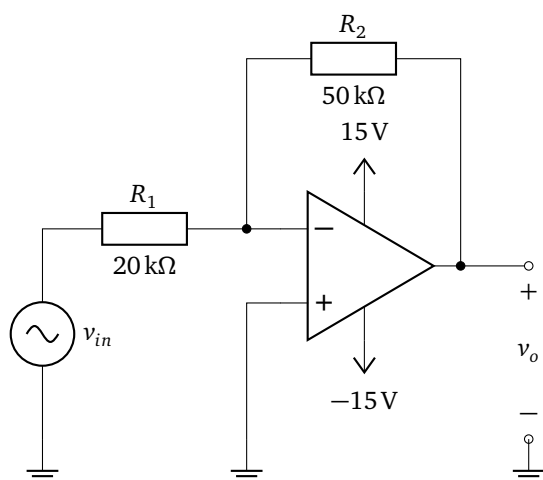
Solution: $v_- = v_+ = \frac{4R}{4R+6R} \cdot v_2 = \frac{2}{3} \cdot v_2$ (spanningsdeling)

Knoopuntvergelijking op v_- , invullen en uitwerken: $\frac{v_- - v_2}{R} + \frac{v_- - v_1}{3R} + \frac{v_- - v_o}{6R} = 0$ ($\times 6R$)

$$6 \cdot (v_- - v_2) + 2 \cdot (v_- - v_1) + (v_- - v_o) = 0 \rightarrow 9 \cdot v_- - 2 \cdot v_1 - 6 \cdot v_2 = v_o \rightarrow 9 \cdot \frac{2}{3} \cdot v_2 = 0 \rightarrow v_o = -2 \cdot v_1$$

- b. [5 punten] Ontwerp een inverterende versterker met een spanningsversterking van 2.5 keer. Dus: $v_o = 2.5 \cdot v_{in}$. Teken de schakeling en bepaal de waarden voor de weerstanden.

Solution: Voor een inverterende versterker geldt: $v_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot v_{in}$, dus $\frac{R_2}{R_1} = 2.5$, dus bijvoorbeeld: $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 50 \text{ k}\Omega$. De schakeling:

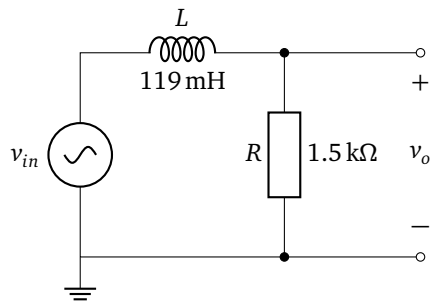


Schakeling 3

4. (Leerdoel 4: 10 punten)

- a. [5 punten] Ontwerp een RL laagdoorlaatfilter met een kantelfrequentie $f_b = 2 \text{ kHz}$. $R = 1.5 \text{ k}\Omega$. Bepaal de waarde voor L en teken het schema.

Solution: Bepalen: $f_b = \frac{R}{2\pi \cdot L} \Rightarrow L = \frac{R}{2\pi \cdot f_b} = \frac{1500}{2\pi \cdot 2000} \approx 119 \text{ mH}$.



b. [5 punten] Gegeven schakeling 4. Bereken de spanning $v_o(t)$

Solution: $\omega = 1000$

$$Z_R = R = 50 + 0j$$

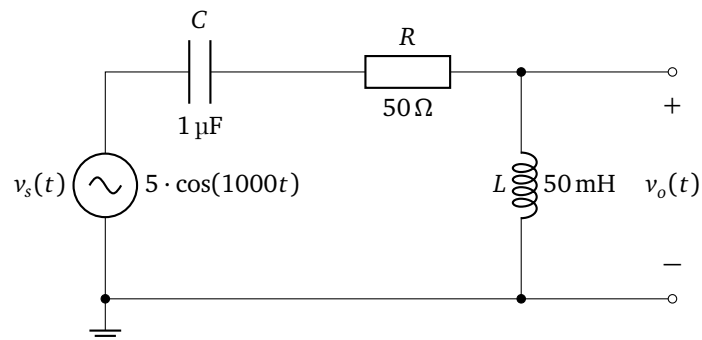
$$Z_C = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} = \frac{1}{\frac{1}{1000} \cdot j} = 0 - 1000j$$

$$Z_L = j \cdot \omega \cdot L = 0 + 50j$$

$$V_S = 5 \angle 0^\circ$$

$$V_o = \frac{Z_L}{Z_L + (Z_R + Z_C)} \cdot V_S = \frac{0 + 50j}{50 - 950j} \cdot 5 \angle 0^\circ = \frac{50 \angle 90^\circ}{950.31 \angle -86.99^\circ} \cdot 5 \angle 0^\circ = 52.61 \cdot 10^{-3} \angle 176.99^\circ \cdot 5 \angle 0^\circ = 253.05 \angle 176.99^\circ \text{ mV}$$

$$v_o(t) = 253.05 \cdot \cos(1000t + 176.99^\circ) \text{ mV}$$



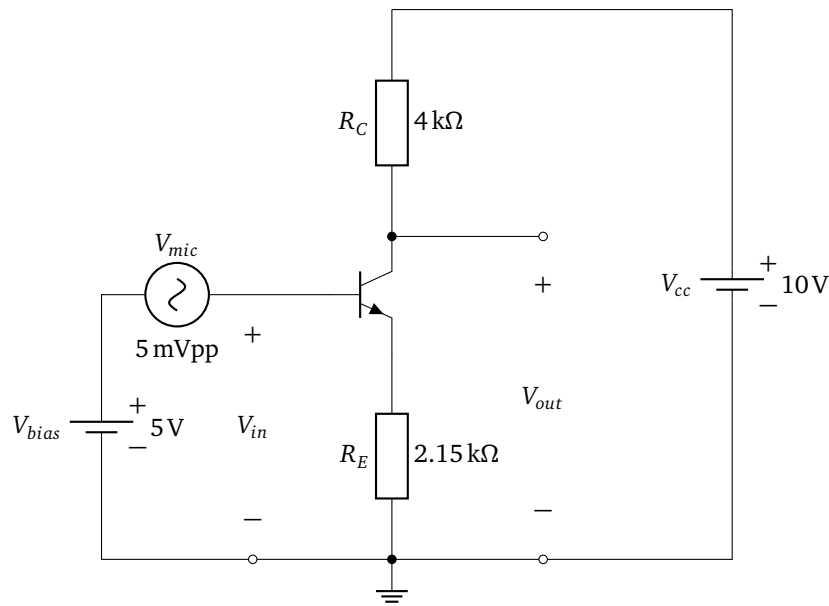
Schakeling 4

5. (Leerdoel 3: 15 punten)

De BJT schakeling in schakeling 5 versterkt een microfoon signaal.

De transistor heeft de volgende eigenschappen: $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7\text{V}$, $V_{CEsat} = 0.2\text{V}$ en $V_T = 25\text{mV}$.

- [4 punten]** Teken het groot signaal vervangingsschema, leid op basis hiervan een formule af voor I_B en bereken deze.
- [3 punten]** Teken het klein signaal vervangingsschema gegeven dat de microfoon een uitgangsimpedantie heeft van $1\text{ k}\Omega$.
- [4 punten]** Leid een formule af voor de ingangsimpedantie en bereken deze.
- [4 punten]** Leid de spanning V_{out} af en bereken deze. Geef zowel het DC component (offset) als het AC component. De microfoon heeft nog steeds een uitgangsimpedantie van $1\text{ k}\Omega$.



Schakeling 5

Solution:

$$-V_{bias} + V_{BE} + (1 + \beta)I_B \cdot R_E = 0 \quad (1)$$

$$I_B = \frac{V_{bias} - V_{BE}}{(1 + \beta)R_E} \quad (2)$$

Ingangsimpedantie:

$$r_{in} = \frac{v_{test}}{i_b} \quad (3)$$

$$-v_{test} + r_{\pi}i_b + (1 + \beta)R_E \cdot i_b = 0 \quad (4)$$

$$r_{in} = r_{\pi} + (1 + \beta)R_E \quad (5)$$

Versterking:

$$v_{out} = -\beta i_b R_C \quad (6)$$

$$v_{out} = \frac{\beta v_{in} R_C}{r_\pi + (1 + \beta) R_E} \quad (7)$$

$$v_{in} = \frac{v_{mic} \cdot r_{in}}{r_{mic} + r_{in}} \quad (8)$$

$$v_{out,ac} = \frac{\beta \frac{v_{mic} \cdot r_{in}}{r_{mic} + r_{in}} R_C}{r_\pi + (1 + \beta) R_E} \quad (9)$$

totaal:

$$V_{out,dc} = V_{cc} - I_B R_C \quad (10)$$

$$V_{totaal} = V_{out,dc} + V_{out,ac} \quad (11)$$

Vraag:	1	2	3	4	5	Totaal
Punten:	10	10	15	10	15	60