



Instituut voor
Engineering en Applied Science

Naam deelnemer:

Studentnummer:

--	--	--	--	--	--	--	--

Opleiding	:	Elektrotechniek
Cursusnaam	:	Basis Elektrotechniek
Cursuscode	:	ELEELE20
Tentamenperiode	:	HT2 Online toets
Toetsdatum	:	16 april 2020
Begintijd	:	14:30 - 16:30 uur
Duur (in minuten)	:	120 min
Docent	:	LogEH
Collegiale review	:	BaRoy, RoeLJ, MuiKO, StrJG
Cesuur	:	Zie cursushandleiding, Cijfer = $\max\left(1, \frac{\text{Punten}}{6}\right)$
Aantal pagina's	:	8 (exclusief voorblad)
Toetsen inleveren	:	Nee
Kladpapier inleveren	:	Nee

Toegestane hulpmiddelen:

- Normale rekenmachine, geodriehoek.
- Mobiele telefoon uitsluitend om scan/foto van de uitwerking te maken.
- PC uitsluitend om de toets weer te geven.

**Overige
opmerkingen:**

- Maak deze on-line toets individueel en NIET samen met iemand anders.
Het om hulp vragen tijdens de toets wordt als fraude aangemerkt.
- **Ook het geven van hulp tijdens de toets aan anderen, wordt als fraude gezien.**
- Scan/foto van de handgeschreven uitwerking inleveren in Teams.
- Zie verder uitleg studentnummer op pagina 1 bovenaan.

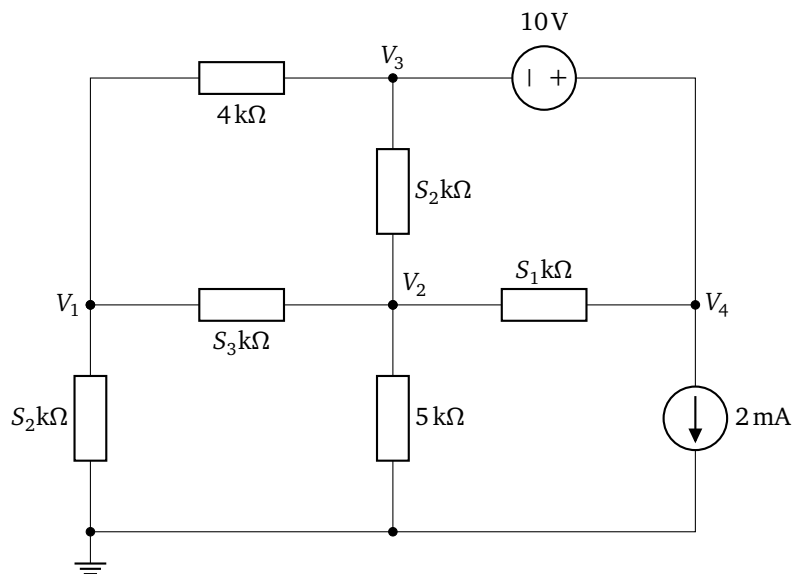
UITLEG STUDENTNUMMER; je studentnummer bestaat uit 7 cijfers, bijv. 0978344. We gebruiken nu de volgende codering: $097S_3S_2S_1S_0$. Dus als je studentnummer 0978344 is, dan is $S_3 = 8$, $S_2 = 3$, $S_1 = 4$ en $S_0 = 4$. **Als een van deze cijfers nul is, vervang deze dan door een vier (4).**

Tabel 1: Schrijf hier de door jou gebruikte cijfers. Deze worden gebruikt bij **ALLE** vragen

Code	Cijfer
S_3	
S_2	
S_1	
S_0	

1. (Leerdoel 1)

- a. [10 punten]** Gegeven het netwerk in schakeling 1. Stel met behulp van de knooppuntmethode de netwerkvergelijkingen op. Schrijf het stelsel in matrixvorm.



Schakeling 1: Schakeling bij vraag 1

Antwoord: Weerstand in $k\Omega$, stromen in mA. Verder geldt dat $V_4 = V_3 + 10$. **[2p]**

Knooppunt V_1 : $\frac{0 - V_1}{2} + \frac{V_2 - V_1}{3} + \frac{V_3 - V_1}{4} = 0$ **[1p]**

$$-6V_1 + 4V_2 - 4V_1 + 3V_3 - 3V_1 = 0$$

$$-13V_1 + 4V_2 + 3V_3 = 0$$
 [1p]

Knooppunt V_2 : $\frac{V_1 - V_2}{3} + \frac{0 - V_2}{5} + \frac{V_4 - V_2}{3} + \frac{V_3 - V_2}{2} = 0$ **[1p]**

$$10V_1 - 10V_2 - 6V_2 + 10V_4 - 10V_2 + 15V_3 - 15V_2 = 0$$

$$10V_1 - 41V_2 + 15V_3 + 10V_4 = 0$$

$$10V_1 - 41V_2 + 15V_3 + 10(V_3 + 10) = 10V_1 - 41V_2 + 25V_3 + 100 = 0$$
 [1p]

Ground knooppunt: $\frac{V_1 - 0}{2} + \frac{V_2 - 0}{5} + 2 = 0$ [2p]

$5V_1 + 2V_2 + 20 = 0$ [1p]

$$\begin{pmatrix} -13 & 4 & 3 \\ 10 & -41 & 25 \\ 5 & 2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -100 \\ -20 \end{pmatrix} \quad [1p]$$

- b. [4 punten]** Bepaal de waarden van V_1 , V_2 , V_3 en V_4 , bijvoorbeeld met behulp van de regel van Kramer (je mag ook een andere manier gebruiken om het stelsel vergelijkingen op te lossen).

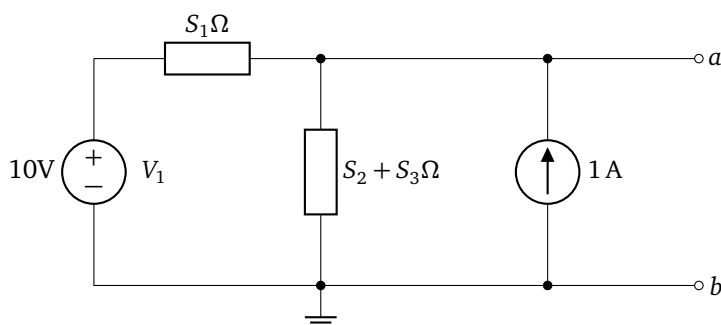
Antwoord: $V_1 = \frac{D_1}{D} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & 4 & 3 \\ -100 & -41 & 25 \\ -20 & 2 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -13 & 4 & 3 \\ 10 & -41 & 25 \\ 5 & 2 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{-5060}{1825} = -2,773 \text{ V}$ [2p]

$V_2 = \frac{D_2}{D} = \frac{\begin{vmatrix} -13 & 0 & 3 \\ 10 & -100 & 25 \\ 5 & -20 & 0 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -13 & 4 & 3 \\ 10 & -41 & 25 \\ 5 & 2 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{-5600}{1825} = -3,068 \text{ V}$ [1p]

$V_3 = \frac{D_3}{D} = \frac{\begin{vmatrix} -13 & 4 & 0 \\ 10 & -41 & -100 \\ 5 & 2 & -20 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -13 & 4 & 3 \\ 10 & -41 & 25 \\ 5 & 2 & 0 \end{vmatrix}} = \frac{-14460}{1825} = -7,923 \text{ V}$ [1p]

$V_4 = V_3 + 10 = 2,077 \text{ V}$

2. [6 punten] (Leerdoel 1) Gegeven het netwerk in schakeling 2. Bepaal hiervan het Thévenin vervangingscircuit, gezien vanuit de punten a en b .



Schakeling 2: Schakeling bij vraag 2

Antwoord: Noem de spanning op het knooppunt rechtsboven U_{OC} . Dan geldt:

$$\frac{10 - U_{OC}}{6} + \frac{0 - U_{OC}}{10} + 1 = 0 \quad [2p].$$

$$50 - 5U_{OC} - 3U_{OC} + 30 = 0$$

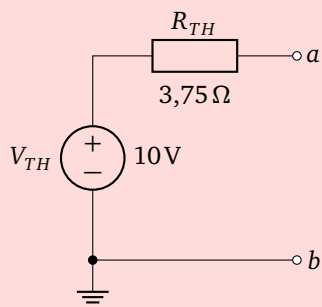
$$8U_{OC} = 80$$

$$U_{OC} = 10V \quad [1p]$$

Nu kortsluitstroom I_{SC} bepalen:

$$I_{SC} = \frac{10 - 0}{6} + 1 = 2,67A \quad [1p]$$

$$\text{De Thévenin weerstand is nu gelijk aan: } R_{TH} = \frac{U_{OC}}{I_{SC}} = \frac{10}{2,67} = 3,75\Omega \quad [1p]$$



[1p]

3. (Leerdoel 2) Gegeven de opamp schakeling van schakeling 3.

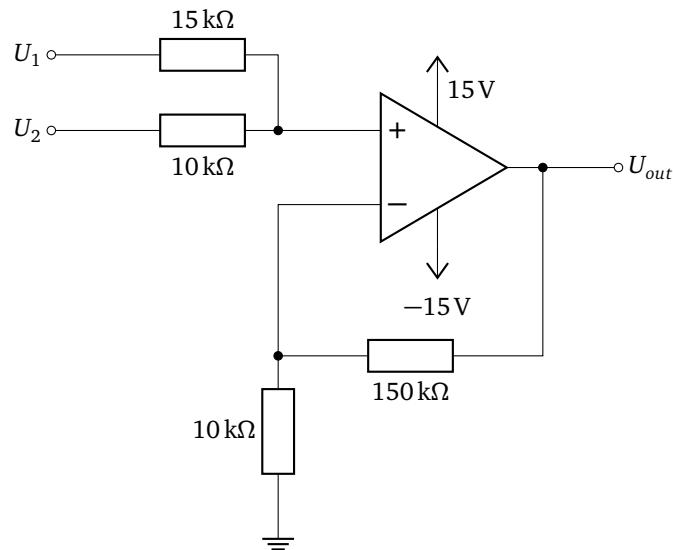
- a. [8 punten] Leid een vergelijking af voor U_{out} als functie van U_1 en U_2 .

Antwoord: Knooppunt U_+ : $\frac{U_1 - U_+}{15} + \frac{U_2 - U_+}{10} = 0 \quad [2p]$

$$2U_1 - 2U_+ + 3U_2 - 3U_+ = 0$$

$$U_+ = 0,4V_1 + 0,6U_2 \quad [1p]$$

$$U_- = U_+ \quad [1p], \text{ dus: } \frac{0 - U_+}{10} + \frac{U_{out} - U_+}{150} = 0 \quad [2p]$$



Schakeling 3: Opamp schakeling bij vraag 3

$$-15U_+ + U_{out} - U_+ = 0 \quad [1p]$$

$$U_{out} = 16U_+ = 6.4U_1 + 9.6U_2 \quad [1p]$$

- b. [7 punten]** Noem de weerstand bij U_1 van $15 \text{ k}\Omega$ nu R_1 , noem de weerstand bij U_2 van $10 \text{ k}\Omega$ nu R_2 en pas de bovenstaande schakeling aan, zodanig dat $U_{out} = U_1 + 4U_2$. De andere weerstanden mogen ook veranderd worden. Tip: stel eerst een algemene vergelijking op voor de versterking waar R_1 en R_2 in zitten.

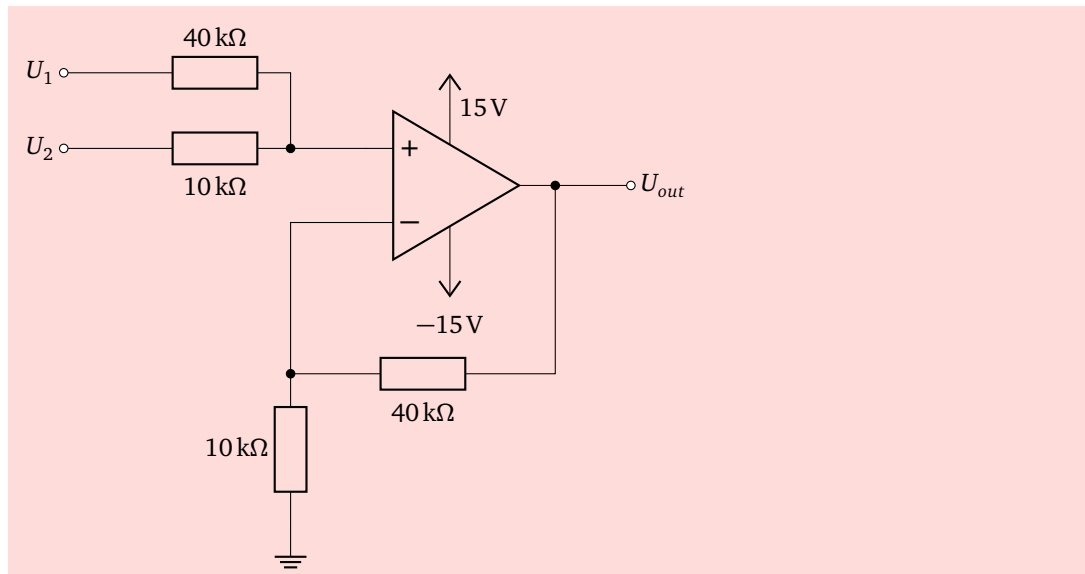
Antwoord: $\frac{U_1 - U_+}{R_1} + \frac{U_2 - U_+}{R_2} = 0 \quad [1p]$

$$U_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_2 \quad [2p]$$

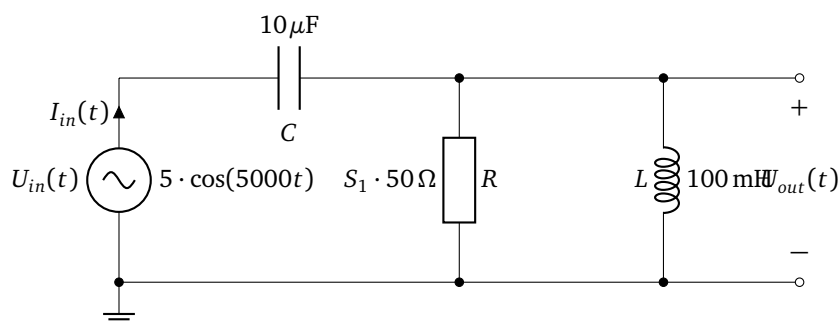
De spanningsversterking van U_2 moet 4 keer zo groot zijn als van U_1 , dus $R_1 = 4R_2$. Maak R_2 gelijk aan $10 \text{ k}\Omega$, dan wordt R_1 gelijk aan $40 \text{ k}\Omega$. De vergelijking gaat dan over in:

$$U_+ = \frac{1}{5} U_1 + \frac{4}{5} U_2 \quad [2p]$$

De spanningsversterking van U_+ naar U_{out} is gelijk aan $1 + \frac{150}{10} = 16$ keer. Dit moet $1 + \frac{40}{10} = 5$ keer worden om op de gevraagde vergelijking uit te komen. **[2p]**



4. [10 punten] (Leerdoel 4) Gegeven schakeling 4. Bereken de spanning $U_{out}(t)$ en de stroom $I_{in}(t)$.



Schakeling 4: Schakeling bij vraag 4

Antwoord: $\omega = 5000 \text{ rad/s}$ [1p]

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

$$Z_L = j\omega L = j5000 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 500j \quad [1p]$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j5000 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = -20j \quad [1p]$$

$$Z_{R//L} = \frac{R \cdot Z_L}{R + Z_L} = \frac{25000j}{50 + 500j} = \frac{500j}{1 + 10j} = 4.95j(1 - 10j) = 49.5 + 4.95j = 49.75 \angle 5.71^\circ \quad [2p]$$

$$R_{\text{totaal}} = Z_C + Z_{R//L} = -20j + 4.95j + 49.5 = 49.5 - 15.05j = 51.74 \angle -16.9^\circ \quad [2p]$$

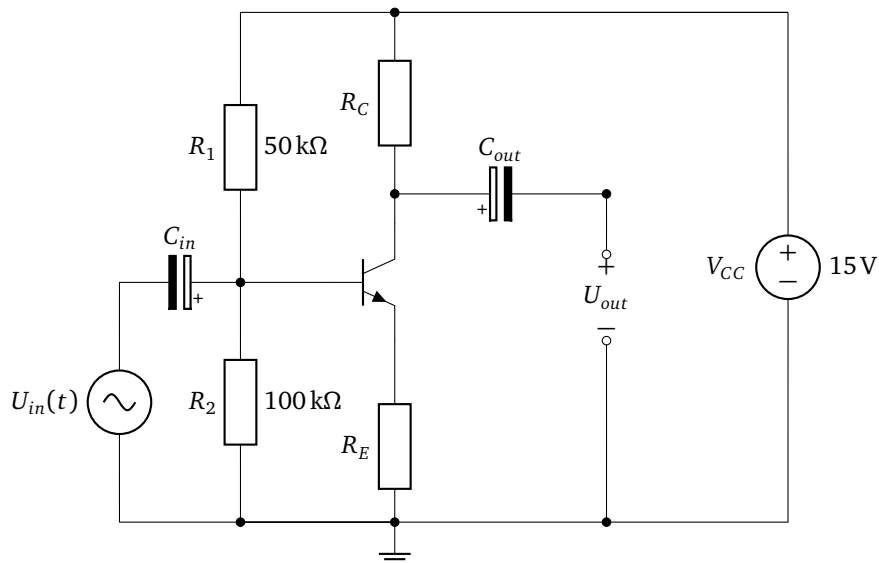
$$U_{out} = \frac{Z_{R//L}}{R_{\text{totaal}}} \cdot U_{in} = \frac{49.75 \angle 5.71^\circ}{51.74 \angle -16.9^\circ} \cdot 5 \angle 0^\circ = 4.81 \angle 22.61^\circ \quad [1p]$$

$$U_{out} = 4.81 \cdot \cos(5000t + 22.61^\circ) \quad [1p]$$

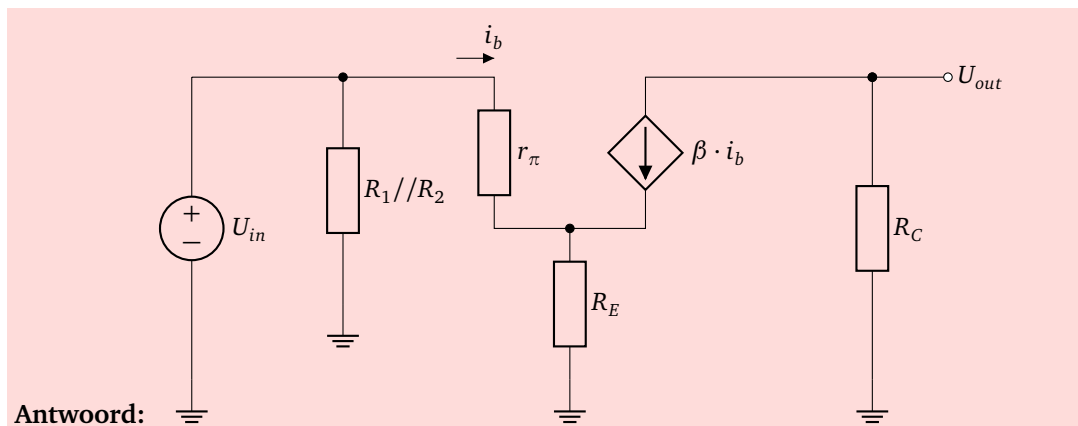
$$I_{in}(t) = \frac{U_{in}(t)}{R_{\text{totaal}}} = \frac{5 \angle 0^\circ}{51.74 \angle -16.9^\circ} = 96.6 \text{ mA} \angle 16.9^\circ \quad [1p]$$

5. (Leerdoel 3) De transistorversterker van schakeling 5 is een common-emitterschakeling. De gebruikte transistor heeft de volgende eigenschappen: $\beta = 100$, $U_{BE} = 0.7 \text{ V}$, $U_{CE,sat.} = 0.2 \text{ V}$ en $r_\pi = 20 \Omega$.

- a. [5 punten] Teken het klein signaal vervangingsschema van deze versterker.



Schakeling 5: Schakeling bij vraag 5



- b. [4 punten]** Geef aan wat er gedaan moet worden om de uitgangsimpedantie Z_{out} van een versterker te bepalen en leid vervolgens een formule af voor de uitgangsimpedantie van deze schakeling.

Antwoord: 1) Geen ingangssignaal ($U_{in} = 0$)

2) testspanning U_{test} op de uitgang

3) stroom I_{test} meten

4) $Z_{uit} = \frac{U_{test}}{I_{test}}$ [2p]

Met $U_{in} = 0V$ wordt stroombron 0, er is alleen een weerstand R_C aanwezig op de uitgang, dus $Z_{uit} = R_C$ [2p].

- c. [6 punten]** Leid een formule af voor de versterking A voor wisselspanning: $A = \frac{U_{out}}{U_{in}}$.

Antwoord: $\beta \cdot i_b + \frac{U_{out} - 0}{R_C} = 0 \Rightarrow U_{out} = -\beta \cdot i_b \cdot R_C$ [2p]

$U_{in} = U_{R_E} + U_{r_\pi} = (\beta + 1) \cdot i_b \cdot R_E + r_\pi \cdot i_b$ [2p]

$$A = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{-\beta \cdot i_b \cdot R_C}{(\beta + 1) \cdot i_b \cdot R_E + r_\pi \cdot i_b} = \frac{-\beta \cdot R_C}{(\beta + 1) \cdot R_E + r_\pi} \quad [2p]$$

Einde van dit tentamen.

Vraag:	1	2	3	4	5	Totaal
Punten:	14	6	15	10	15	60