



Instituut voor  
Engineering en Applied Science

**Naam deelnemer:**

**Studentnummer:**

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

|                             |   |                                                                                           |
|-----------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Opleiding</b>            | : | <b>Elektrotechniek</b>                                                                    |
| <b>Cursusnaam</b>           | : | <b>Basis Elektrotechniek</b>                                                              |
| <b>Cursuscode</b>           | : | <b>ELEELE20</b>                                                                           |
| <b>Tentamenperiode</b>      | : | <b>OP2</b>                                                                                |
| <b>Toetsdatum</b>           | : | <b>OP2 Week 5</b>                                                                         |
| <b>Begintijd</b>            | : | <b>PROEFTOETS</b>                                                                         |
| <b>Duur (in minuten)</b>    | : | <b>90 min</b>                                                                             |
| <b>Docent</b>               | : | <b>LogEH</b>                                                                              |
| <b>Collegiale review</b>    | : | <b>BaRoy, VeRon, StrJG</b>                                                                |
| <b>Cesuur</b>               | : | <b>Zie cursushandleiding, Cijfer = <math>\max\left(1, \frac{Punten}{10}\right)</math></b> |
| <b>Aantal pagina's</b>      | : | <b>5 (exclusief voorblad)</b>                                                             |
| <b>Toetsen inleveren</b>    | : | <b>Nee</b>                                                                                |
| <b>Kladpapier inleveren</b> | : | <b>Nee</b>                                                                                |

**Toegestane hulpmiddelen:**

- Normale rekenmachine, geodriehoek.
- Pen, kleurpotloden, markeerstiften.

**Overige  
opmerkingen:**

- Indien een antwoord niet wordt verklaard, worden geen punten toegekend.
- Laat bij alle opgaven duidelijk zien hoe je aan je antwoorden komt en geef dus waar nodig je berekeningen.
- Voor taalfouten worden geen punten afgetrokken.

**1.** (40 punten)

Gegeven het netwerk van schakeling 1.

- a. [10 punten]** Stel met behulp van de knooppuntmethode of de maasmethode de netwerkvergelijkingen op. Schrijf het stelsel in matrixvorm.

**Antwoord:**  $V_1 = 10\text{V}$ .

KP2: **[4p]**

$$\frac{V_2 - 10}{10} + \frac{V_2 - 0}{5} + \frac{V_2 - V_3}{5} = 0$$
$$V_2 - 10 + 2V_2 + 2V_2 - 2V_3 = 0 \Rightarrow 5V_2 - 2V_3 = 10$$

KP3: **[4p]**

$$\frac{V_3 - 10}{5} + \frac{V_3 - V_2}{5} + 1 = 0$$
$$V_3 - 10 + V_3 - V_2 + 5 = 0 \Rightarrow -V_2 + 2V_3 = 5$$

In matrix-vorm:

$$\begin{pmatrix} 5 & -2 \\ -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 10 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \textbf{[2p]}$$

- b. [10 punten]** Los het stelsel vergelijkingen op, bijvoorbeeld met behulp van de regel van Kramer

**Antwoord:**

$$V_2 = \frac{D_1}{D} \quad \textbf{[1p]} = \frac{\begin{vmatrix} 10 & -2 \\ 5 & 2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & -2 \\ -1 & 2 \end{vmatrix}} = \frac{20 + 10}{10 - 2} = 3,75\text{V} \quad \textbf{[3+2p]}$$

$$V_3 = \frac{D_2}{D} \quad \textbf{[1p]} = \frac{\begin{vmatrix} 5 & 10 \\ -1 & 5 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & -2 \\ -1 & 2 \end{vmatrix}} = \frac{25 + 10}{8} = 4,375\text{V} \quad \textbf{[3p]}$$

- c. [20 punten]** Beschouw  $R_4$  als belastingsweerstand van deze schakeling. Geef aan welke stappen je moet volgen om te komen tot een Thévenin en Norton vervangingsschema. Teken beide vervangingsschema's.

**Antwoord:**

- Eerst  $U_{oc}$  uitrekenen: **[1p]**

KP2: **[3p]**

$$\frac{U_{oc} - 10}{10} + \frac{U_{oc} - V_3}{5} = 0$$
$$U_{oc} - 10 + 2U_{oc} - 2V_3 = 0 \Rightarrow 3U_{oc} - 2V_3 = 10$$

KP3: **[3p]**

$$\frac{V_3 - 10}{5} + \frac{V_3 - U_{oc}}{5} + 1 = 0$$
$$V_3 - 10 + V_3 - U_{oc} + 5 = 0 \Rightarrow -U_{oc} + 2V_3 = 5$$

KP3 nu optellen bij KP2:  $2U_{oc} = 15 \Rightarrow U_{oc} = 7,5\text{V}$  **[1p]**

- Dan  $I_{sc}$  uitrekenen: **[1p]**

KP3: **[3p]**

$$\frac{V_3 - 10}{5} + \frac{V_3 - 0}{5} + 1 = 0$$

$$V_3 - 10 + V_3 - 0 + 5 = 0 \Rightarrow 2V_3 = 5 \Rightarrow V_3 = 2,5V$$

KP2: **[3p]**

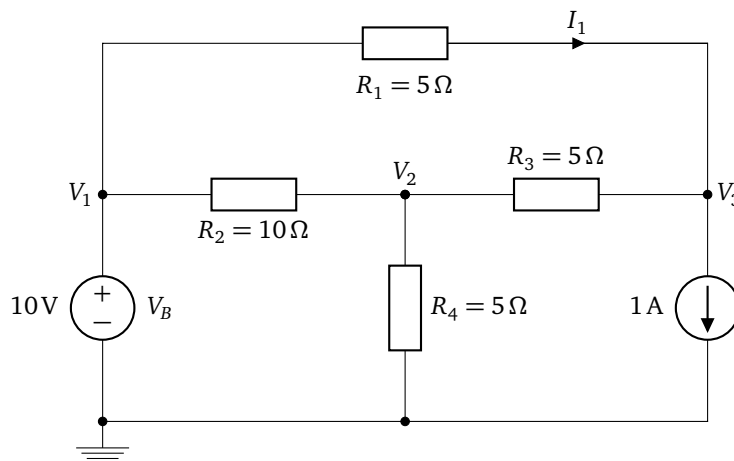
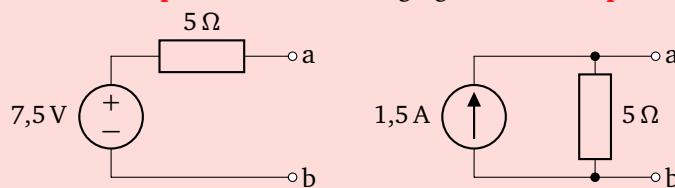
$$\frac{0 - 10}{10} + I_{sc} + \frac{0 - V_3}{5} = 0$$

$$-10 + 10I_{sc} - 2V_3 = 0 \Rightarrow 10I_{sc} - 2V_3 = 10$$

$$10I_{sc} = 10 + 2V_3 \Rightarrow I_{sc} = 1,5A \quad \textbf{[1p]}$$

- Dan  $R_{th} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} \quad \textbf{[1p]} = \frac{7,5}{1,5} = 5\Omega \quad \textbf{[1p]}$

Thévenin **[1p]** en Norton vervangingsschema **[1p]**:



**Schakeling 1:** Schakeling bij vraag 1

## 2. (25 punten)

Gegeven de opamp-versterker van schakeling 2.

- a. [17 punten] Geef de algemene vergelijking voor de versterking van deze opamp schakeling, dus  $v_o$  als functie van  $v_1$ ,  $v_2$  en  $R$ . Laat duidelijk je stappen en methode zien.

**Antwoord:** Noem de uitgang van opamp 1  $V_{o1}$  [1p]

Benoem dat er bij beide opamps sprake is van negatieve terugkoppeling [1p] en dat daarvoor geldt dat  $V_+ = V_- = 0V$  [2p], omdat  $V_+$  op de ground aangesloten is [1p].

KCL op - ingang van opamp 1: (geen punten indien alleen de uitkomst gegeven wordt)

$$\frac{v_1 - 0}{3R} + \frac{v_{o1} - 0}{R} = 0 \quad [3p] \Rightarrow v_{o1} = -\frac{v_1}{3} \quad [2p]$$

KCL op - ingang van opamp 2:

$$\frac{v_{o1} - 0}{2R} + \frac{v_2 - 0}{2R} + \frac{v_o - 0}{4R} = 0 \quad [3p] \Rightarrow 2v_{o1} + 2v_2 + v_o = 0 \quad [2p] \Rightarrow v_o = \frac{2}{3}v_1 - 2v_2 \quad [2p]$$

- b. [3 punten] Bereken  $v_o$  als  $R = 10\text{ k}\Omega$ ,  $v_1 = 3V$  en  $v_2 = 2V$

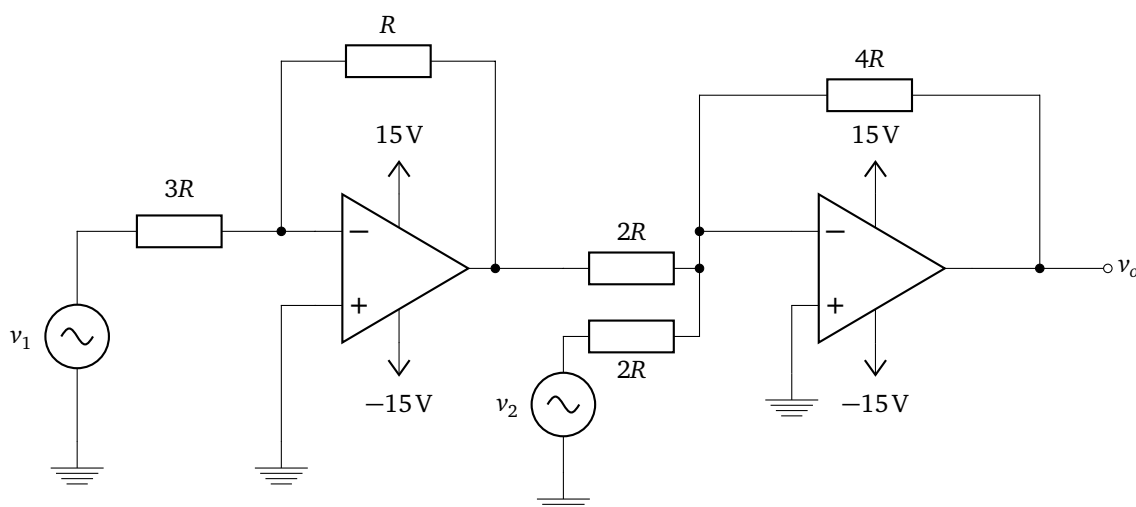
**Antwoord:**

$$v_o = \frac{2}{3}v_1 - 2v_2 \quad [1p] = -2V \quad [2p]$$

- c. [5 punten] Geef aan welke weerstand(en) gewijzigd moet(en) worden om een versterking te krijgen van  $v_o = 3v_1 - 3v_2$ .

**Antwoord:**

- De weerstand  $R$  (terugkoppeling opamp 1) moet als eerste gewijzigd worden [1p]. Deze moet een waarde van  $3R$  krijgen [1p]. Hiermee wordt  $v_{o1} = -v_1$  [1p].
- De weerstand  $4R$  (terugkoppeling opamp 2) moet nu ook gewijzigd worden [1p]. Deze moet een waarde van  $6R$  krijgen [1p].

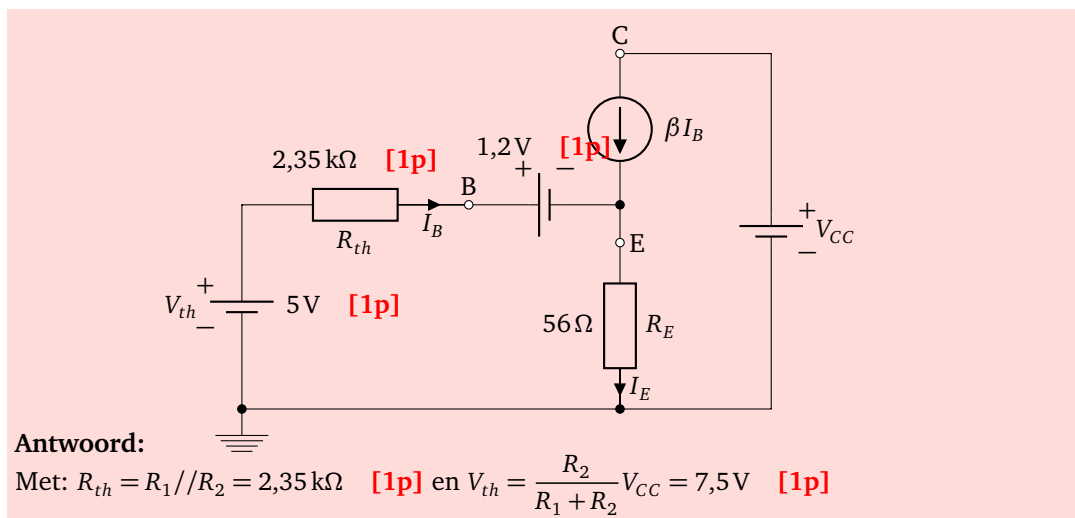


**Schakeling 2:** Schakeling bij vraag 2

### 3. (35 punten)

Gegeven de emittervolger van schakeling 3. De TIP122 transistor is een Darlington en heeft een  $V_{BE}$  spanning van 1,2 V en een  $\beta$  van 2500.

- a. [5 punten] Teken het groot-sigitaal vervangingsschema van deze schakeling. Laat duidelijk zien hoe je aan de gevonden waarden komt.



- b. [10 punten] Bereken  $I_B$ ,  $V_E$ ,  $V_B$  en  $r_\pi$ .

**Antwoord:**

$$-V_{th} + R_{th}I_B + 1,2 + (\beta + 1)I_BR_E = 0 \quad [2p]$$

$$I_B = \frac{V_{th} - 1,2}{R_{th} + (\beta + 1)R_E} = 44,2 \mu\text{A} \quad [1+1p]$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = 111 \text{ mA} \quad [1p]$$

$$V_E = I_ER_E = 6,2 \text{ V} \quad [1p]$$

$$V_B = V_E + 1,2 = 7,4 \text{ V} \quad [2p]$$

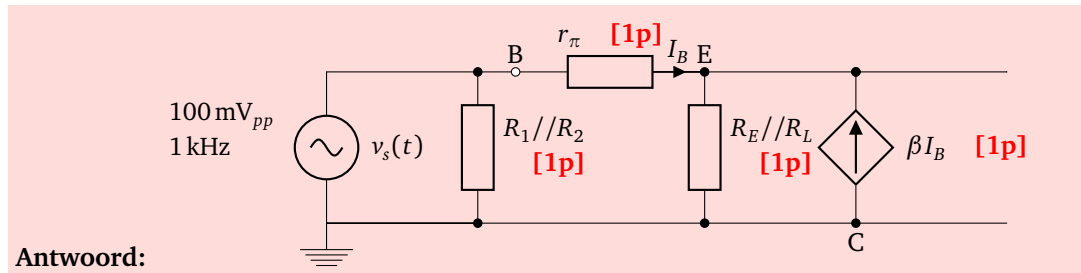
$$r_\pi = \frac{1}{40I_B} = 566 \Omega \quad [2p]$$

- c. [4 punten] In welk werkgebied staat deze transistor ingesteld? Leg uit waarom.

**Antwoord:** De transistor staat in het actieve werkgebied ingesteld [1p], omdat:

- Zowel  $I_B$  als  $I_C(I_E)$  groter dan 0 zijn, er loopt dus een stroom door de transistor [1p]
- De spanning  $V_{CE} = V_C - V_E = 15 - 6,2 = 8,8 \text{ V}$  [1p]. Dit is groter dan 0,2 V [1p]

- d. [4 punten] Teken het klein-sigitaal vervangingsschema van deze transistor



- e. [12 punten] Bereken m.b.v. dit klein-sigitaal vervangingsschema een formule voor de **belaste** wisselspanningsversterking  $A = \frac{v_{out}}{v_s}$ .

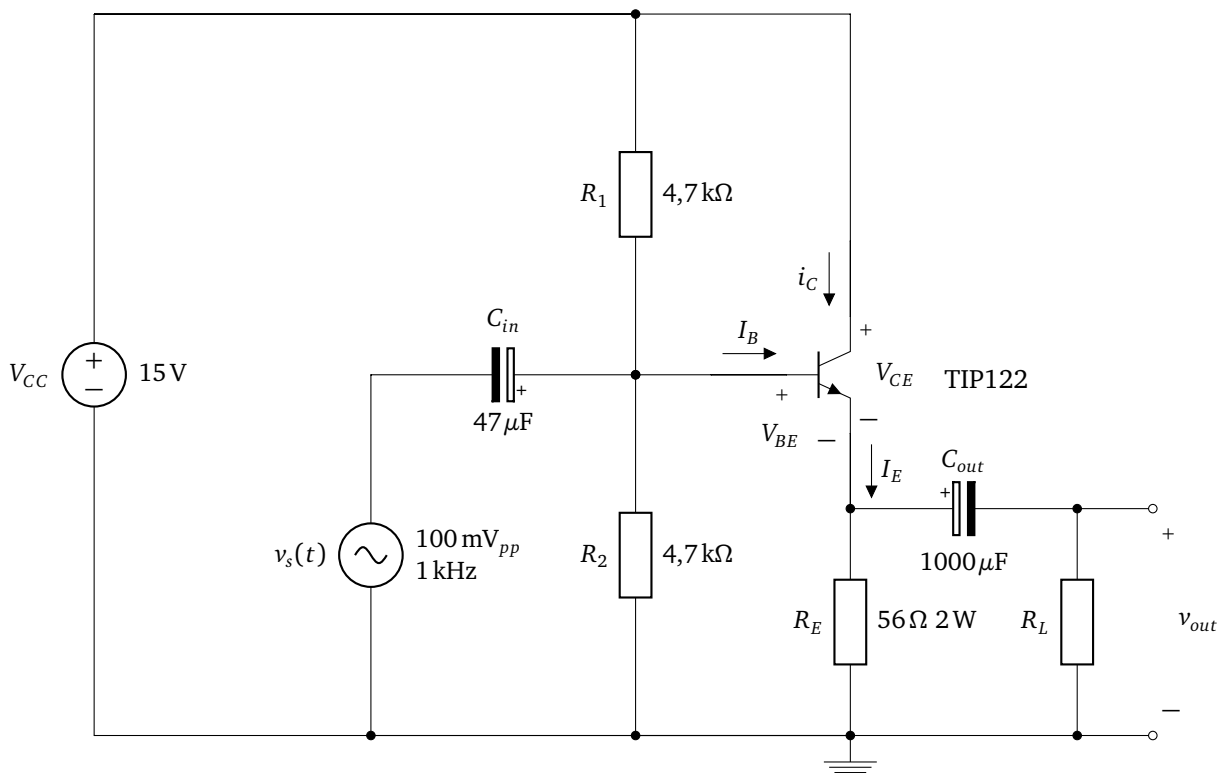
**Antwoord:** KCL op uitgang/Emitter:

$$I_B + \frac{0 - V_{out}}{R_E // R_L} + \beta I_B = 0 \quad [3p] \Rightarrow V_{out} = (\beta + 1) I_B (R_E // R_L) \quad [1p]$$

KVL op ingang:

$$-V_s + V_{r_\pi} + V_{out} = 0 \quad [3p] \Rightarrow V_s = V_{out} + I_B r_\pi \quad [1p]$$

$$A = \frac{V_{out}}{V_s} \quad [1p] = \frac{(\beta + 1) I_B (R_E // R_L)}{(\beta + 1) I_B (R_E // R_L) + I_B r_\pi} \quad [1p] = \frac{(\beta + 1) (R_E // R_L)}{(\beta + 1) (R_E // R_L) + r_\pi} \quad [2p]$$



**Schakeling 3:** Emittervolger

Einde van deze proeftoets.

|                |    |    |    |        |
|----------------|----|----|----|--------|
| <b>Vraag:</b>  | 1  | 2  | 3  | Totaal |
| <b>Punten:</b> | 40 | 25 | 35 | 100    |