

TD d'électronique analogique

Série N°:4

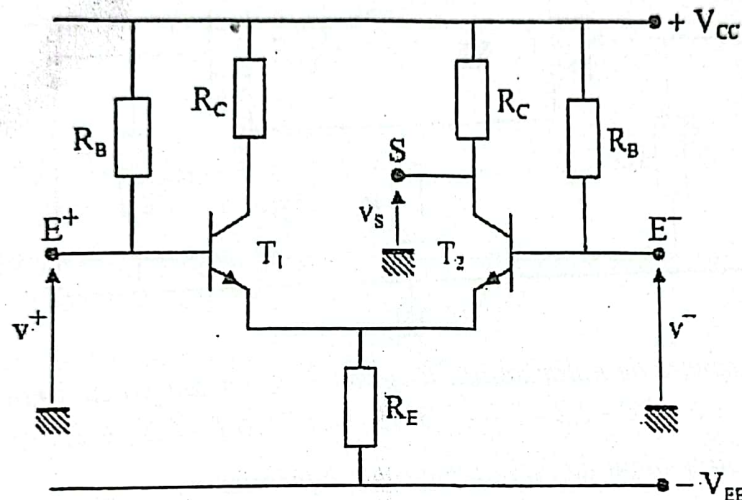
Les amplificateurs

EX_1 Amplificateur opérationnel

Les tensions d'alimentation sont $+V_{CC} = +15\text{ V}$ et $-V_{EE} = -15\text{ V}$.

Les transistors bipolaires T_1 et T_2 sont identiques. Ils ont un gain en courant $\beta = 100$.

$R_B = 0,56\text{ M}\Omega$, $R_C = 2,7\text{ k}\Omega$, $R_E = 2,7\text{ k}\Omega$

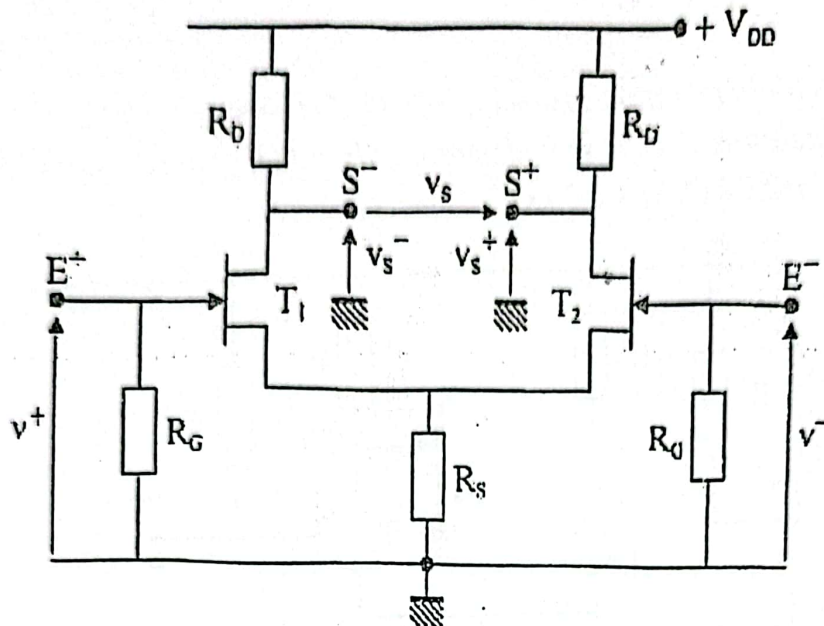


- Calculer les grandeurs de repos des transistors bipolaires T_1 et T_2 et la valeur de repos de la tension de sortie.
- Tracer le schéma équivalent du montage en basse fréquence.
- Calculer le gain en tension de mode différentiel A_d et le gain en tension de mode commun A_{mc} .
- Calculer la résistance d'entrée de mode différentiel R_{ed} et la résistance de sortie R_s .

La tension d'alimentation est $+V_{DD} = +15\text{ V}$.

Les JFET T_1 et T_2 sont identiques. Leurs points de repos désirés sont définis par $V_{GS} = -1,1\text{ V}$, $V_{DS} = 7\text{ V}$ et $I_D = 1\text{ mA}$ et ils ont une transconductance $g_m = 6\text{ mS}$ pour ces points de repos.

$R_G = 1\text{ M}\Omega$



a) Calculer les résistances de polarisation R_D et R_S . Choisir des valeurs normalisées de la série E12 (1,0 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 - 5,6 - 6,8 - 8,2).

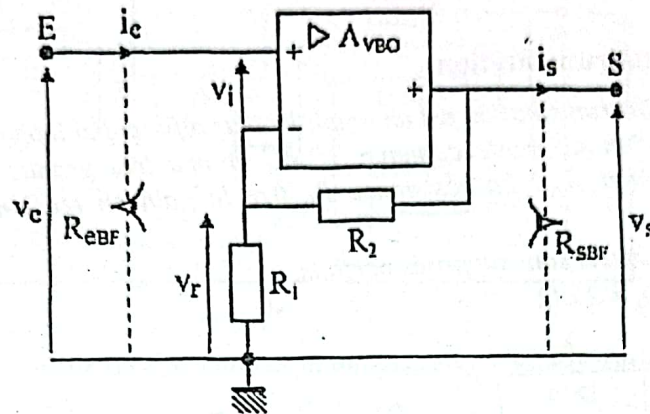
b) Tracer le schéma équivalent du montage en basse fréquence.

c) Calculer le gain en tension de mode différentiel A_d et le gain en tension de mode commun A_{mc} .

d) Calculer la résistance d'entrée de mode différentiel R_{ed} et la résistance de sortie R_s .

EX_2 Contre réaction

L'amplificateur de tension est caractérisé, en boucle ouverte, par un gain en tension $A_{vBO} = 11200$, une résistance d'entrée $R_{eBO} = 348 \text{ k}\Omega$ et une résistance de sortie $R_{sBO} = 18 \text{ k}\Omega$
 $R_1 = 8.2 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 0.82 \text{ M}\Omega$



- Indiquer le type de la contre-réaction. Calculer le taux de contre-réaction B et le gain de boucle BA_{vBO} . Montrer qu'il y a bien une contre-réaction.
- Calculer le gain en tension en boucle fermée A_{vBF} .
- Calculer la résistance d'entrée en boucle fermée R_{eBF} et la résistance de sortie en boucle fermée R_{sBF} .

EX_3 Ampli Op

Notation utilisée

Quand un montage comporte plusieurs circuits intégrés, les tensions d'entrée et de sortie d'un circuit intégré donné ont le même nombre en indice que le circuit intégré.

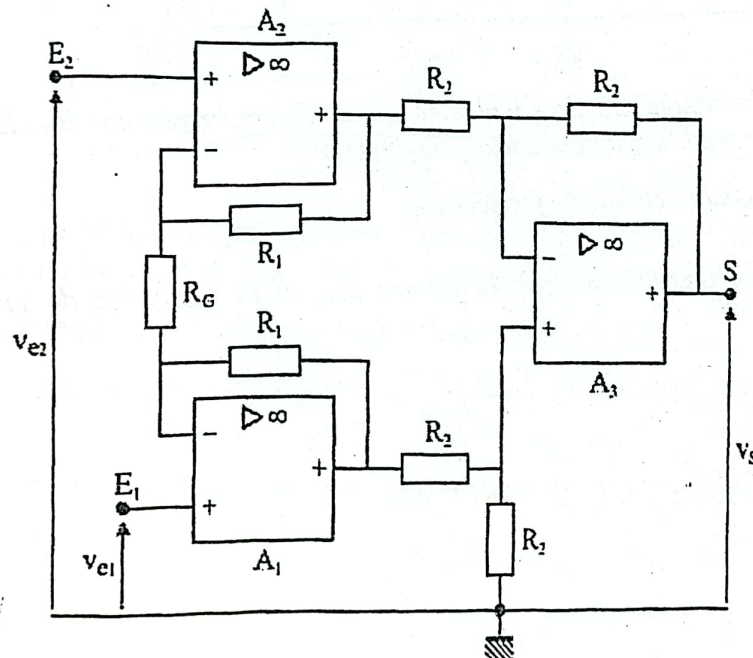
Exemple : v_1^+ , v_1^- et v_{s1} sont respectivement la tension d'entrée v^+ , la tension d'entrée v^- et la tension de sortie v_s du circuit intégré A_1 .

1 - Amplificateur d'instrumentation

Un amplificateur d'instrumentation est un amplificateur différentiel intégré ayant un très grand taux de réjection de mode commun TRMC et une très grande résistance d'entrée de mode différentiel R_{ed} . La résistance R_G fixe le gain en tension de mode différentiel A_d .

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

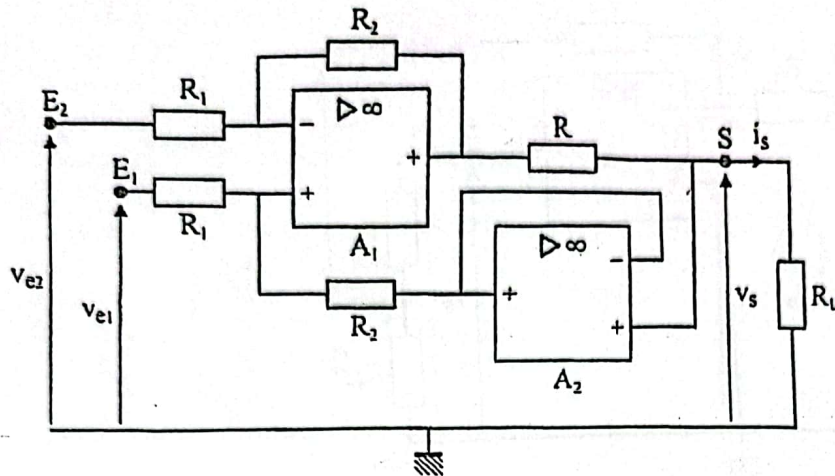
$R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ $R_G = 2 \text{ k}\Omega$



4 - Convertisseur tension-courant

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

$$R = 1 \text{ k}\Omega, R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$



Exprimer le courant de sortie i_s en fonction de la différence $v_{e1} - v_{e2}$ des tensions d'entrée v_{e1} et v_{e2} .

5 - Convertisseur tension-courant de puissance

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

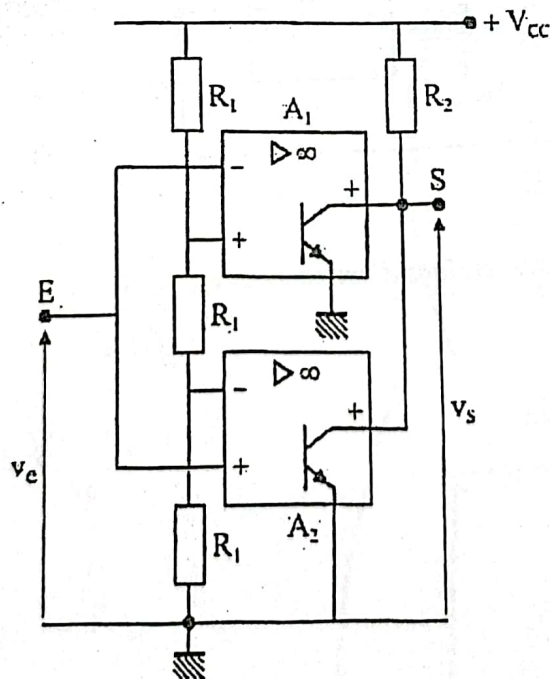
La tension d'entrée v_e est une tension positive.

$$R = 10 \Omega, R_1 = 1 \Omega, R_2 = 1 \Omega$$

Déterminer le courant de sortie i_s en fonction de la tension d'entrée v_e .

6 - Comparateur à fenêtre

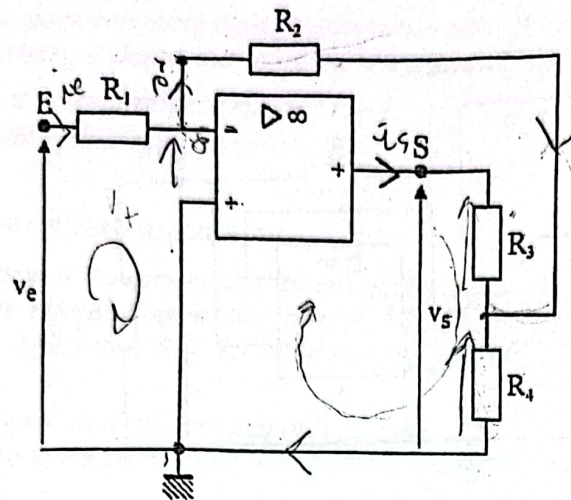
Les comparateurs intégrés sont supposés parfaits.



2 - Amplificateur à grand gain en tension

L'amplificateur opérationnel est supposé parfait.

$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$.

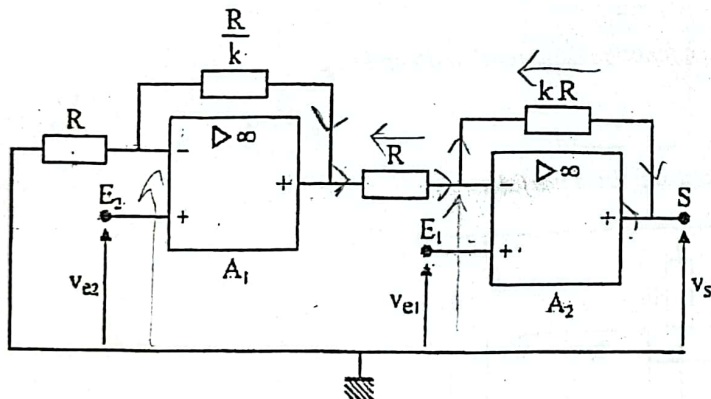


Calculer le gain en tension A_v .

3 - Amplificateur soustracteur à très grandes résistances d'entrée

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.

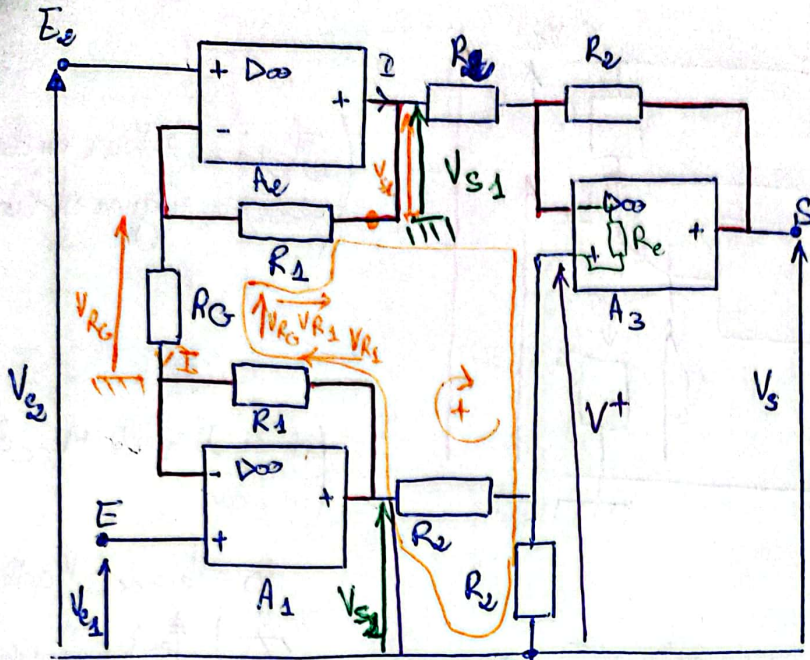
$R = 10 \text{ k}\Omega$, $k = 10$.



Exprimer la tension de sortie v_s en fonction des tensions d'entrée v_{e1} et v_{e2} .

XP3:

(En régime linéaire $V^+ = V^-$)



$$\begin{cases} \text{si } V^+ > V^- \Rightarrow V_{cc} \\ \text{si } V^+ < V^- \Rightarrow -V_{cc} \end{cases}$$

(sortie de l'amplificateur
retour au (-) (exp(1))
 \Rightarrow

(Amp idéal: Gain est l'infini
• résistance d'entrée
infini
• résistance de
sortie faible)

$R_G = V_{e2} - V_{e1}$ Car $V_{e2} = V_{\text{sortie } A_2}$ $V_{e1} = V^+ = V^-$

Régime linéaire pour A_1, A_2 et A_3 (retour vers 0) ($i^+ = i^-$ avec la résistance d'entrée
est égale à l'infini)

$$V^+ = V^-$$

$$i^+ = i^- = 0$$

$$V_S = f(V_{S1}, V_{S2})$$

$$V_S = +V_{S1} \Big|_{V_{S2}=0} + V_{S2} \Big|_{V_{S1}=0}$$

$$V_S \Big|_{V_{S2}=0} = -\frac{R_2}{R_1} V_{S1}$$

$$V_S \Big|_{V_{S1}=0} = \frac{R_2 + R_2}{R_2} \times \frac{R_2}{2R_2} \times V_{S2}$$

$$\Rightarrow V_S = -V_{S1} + V_{S2}$$

$$V_{S2} + V_{R1} + V_{RG} + V_{R1} - V_{S1} = 0$$

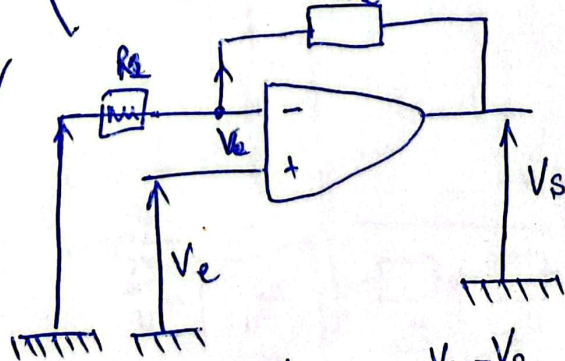
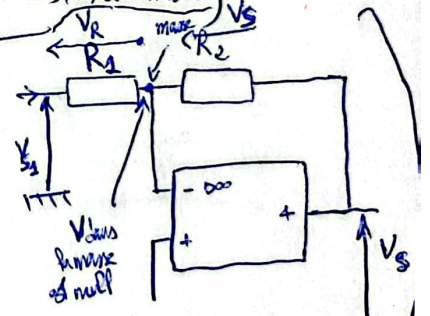
$$\Rightarrow V_{S2} + 2R_2 \frac{(V_{e2} - V_{e1})}{R_G} + (V_{e2} - V_{e1}) - V_{S1} = 0$$

En effet:
 $V_{R1} = R_1 \cdot I = R_1 \cdot \frac{V_{e2} - V_{e1}}{R_G}$

$$V_S \Big|_{V_{S2}=0} = -\frac{R_2}{R_1} V_{S1}$$

($V^+ = V^- = 0 \Rightarrow (-)$ à la masse)

$$\begin{aligned} I &= \frac{V_R}{R_1} = \frac{V_{S1} - 0}{R_1} \\ &= V_S = \frac{R_2}{R_1} V_{S1} \\ &= \frac{V_{e1}}{R_2} = -\frac{V_S}{R_2} \end{aligned}$$



$$I = -\frac{V_{e1}}{R_2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{V_{e1} - V_S}{R_2}$$

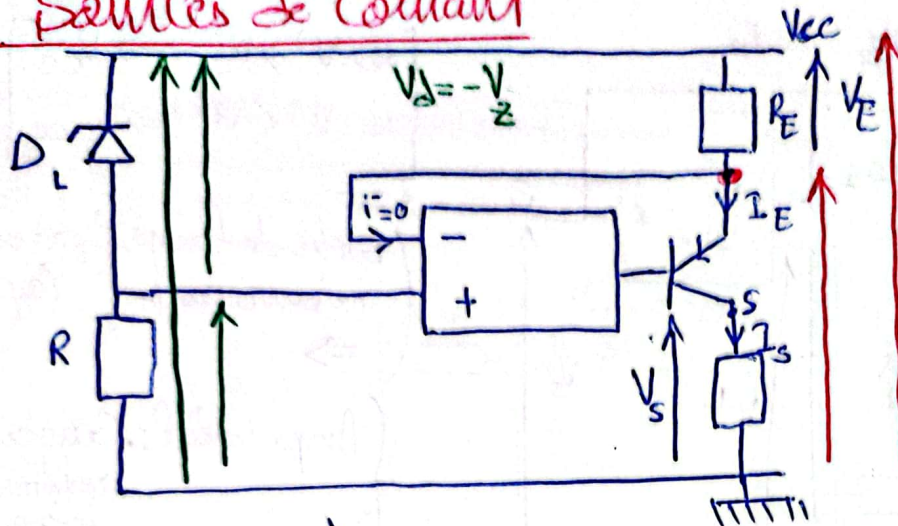
$$V_S = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1} \right) V_{e1}$$

$$\begin{aligned} V^+ &= V^- \\ \frac{V_{e1} - V_S}{R_1 + R_2} &= \frac{V_{e1} - V_S}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

$$\frac{R_1(V_{e1} - V_S)}{R_1 + R_2} = \frac{R_2(V_{e1} - V_S)}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow V_{s2} - V_{s1} = \frac{(2R_1 + R_G)(V_{c1} - V_{c2})}{R_G} \Rightarrow V_s = \frac{(2R_1 + R_G)(V_{c1} - V_{c2})}{R_G}$$

Source de courant



(Il y a un retour en amplificateur donc le régime est linéaire)

$$(V^+ = V^- = V_R)$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_{cc} - V_R}{R_E} ; V^+ = V^-$$

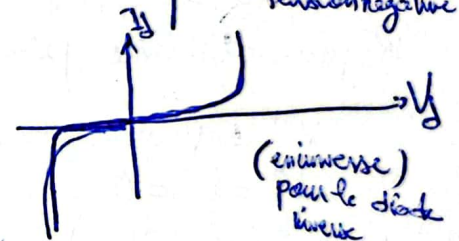
$$V^+ + V_Z = V_{cc}$$

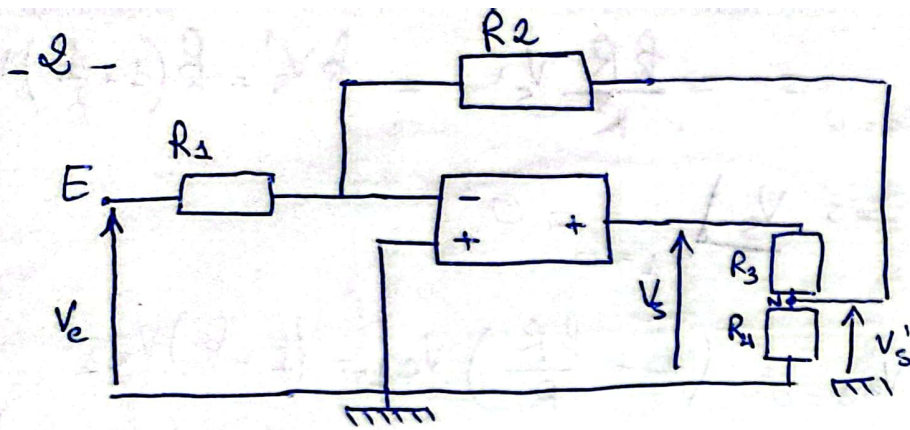
$$\Rightarrow V^+ = V_{cc} - V_Z \Rightarrow I_E = \frac{V_Z}{R_E}$$

(diode Zener + V_{cc} à l'entrée car)

$$V_D = V_{anode} - V_{cathode}$$

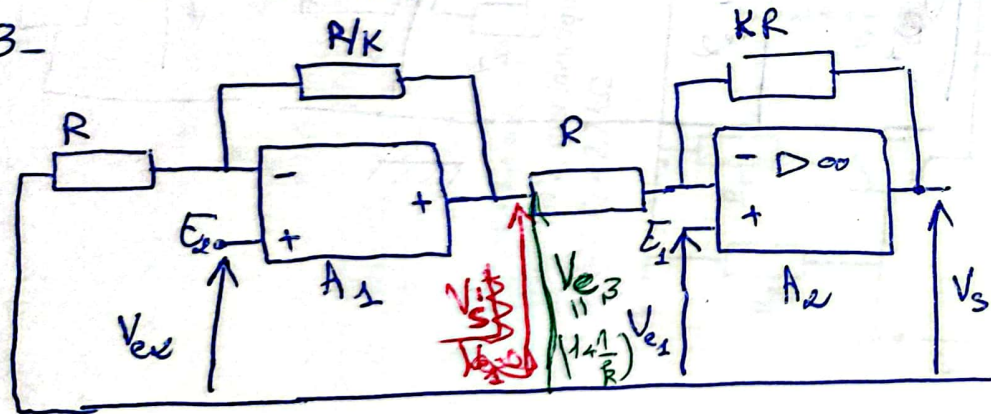
↑ tension positive
↓ tension négative





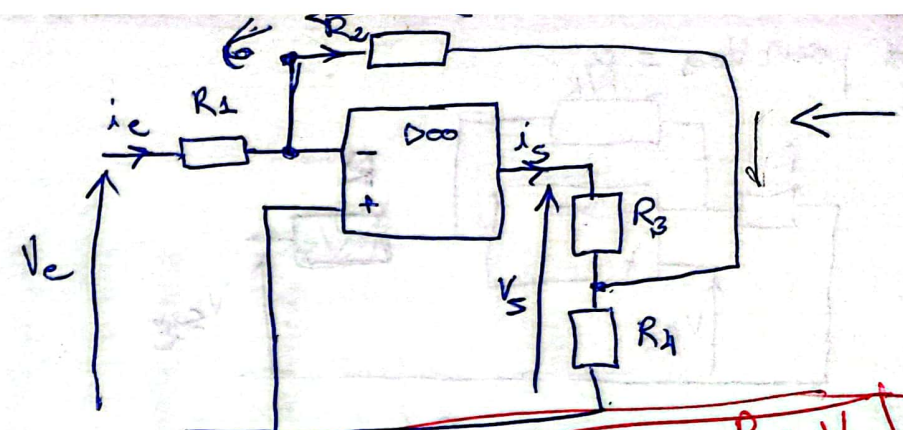
$$A_v = \frac{V_s}{V_e}; \quad V'_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

$$V'_s = \frac{V_s}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \Rightarrow V_s = -\frac{R_2}{R_1} \left(\frac{R_3}{R_4} + \frac{R_3}{R_2} + 1 \right) V_e$$

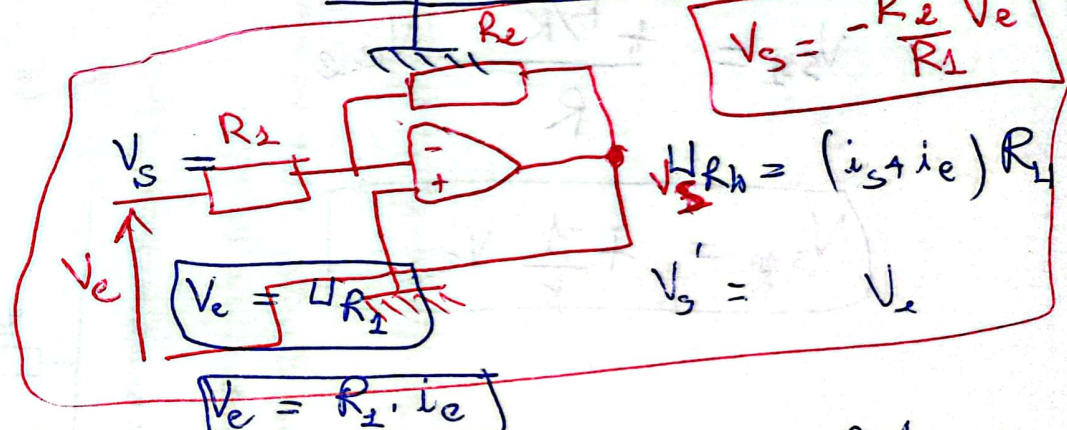


$$V_s = V_{e2} + V_{e1}$$

$$V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) V_{e2} = \left(1 + \frac{R}{K} \right) V_{e2}$$

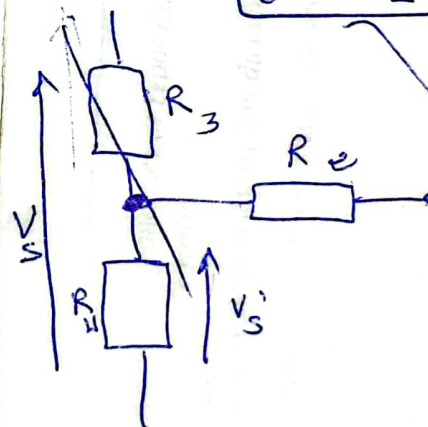


$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

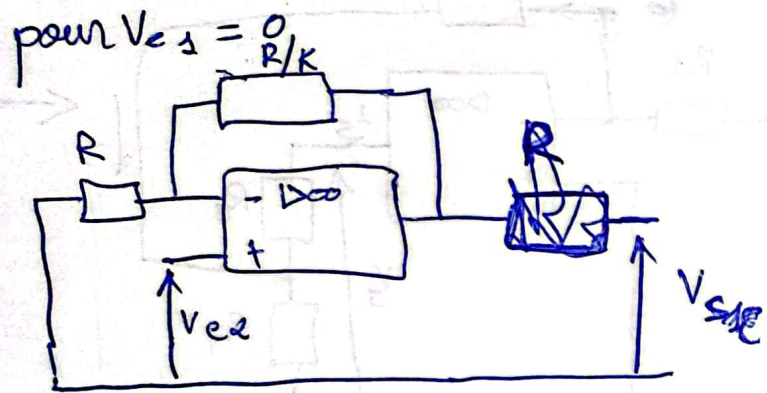


$$V_e = R_1 \cdot i_e$$

$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$



$$V_B = \frac{(V_s - V'_s) \frac{1}{R_3} + \frac{i_e R_2}{R_1} + \frac{V_s}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}}$$



$$V_{s1} = \frac{+R/k}{R} V_{e2}$$

$$V_{s1} = +\frac{1}{k} V_{e2}$$

$$V_s \big|_{V_{e2}=0} = -\frac{kR}{R} V_{s1} = -k V_{s1} = -k \left(1 + \frac{1}{k}\right) V_{e2}$$

$$\Rightarrow V_s \big|_{V_{e1}=0} = 0$$

$$V_s \big|_{V_{e2}=0} \left(1 + \frac{kR}{R}\right) V_{e1} = (k+1) V_{e1}$$

$$V_s = V_s \big|_{V_{e1}=0} + V_s \big|_{V_{e2}=0} = (k+1)(V_{e1} - V_{e2})$$

