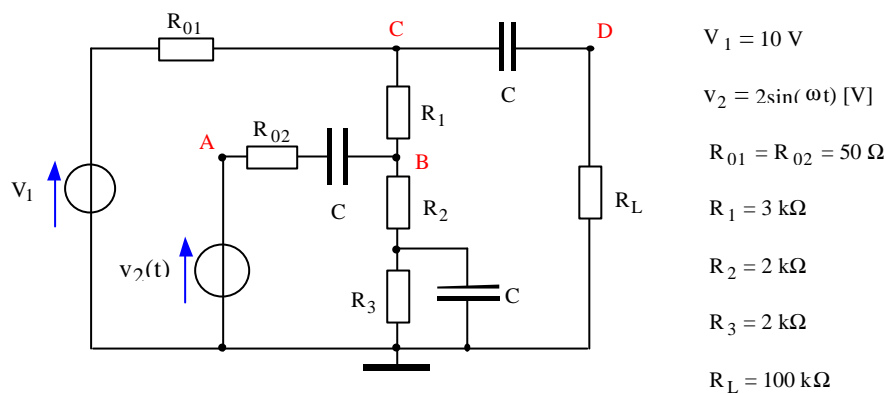


TD d'électronique analogique 1A : Diodes

Ex 1 : Analyse statique / dynamique d'un circuit

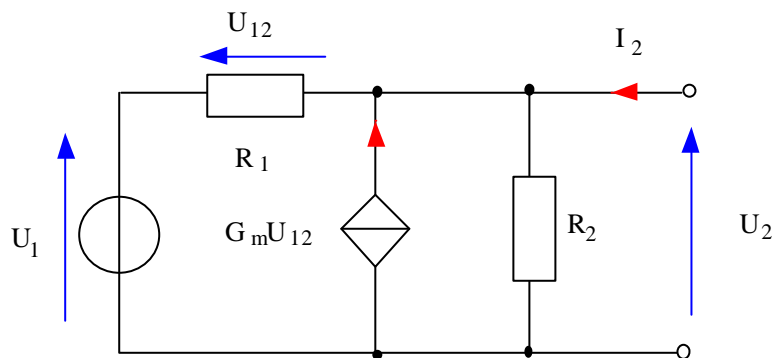
On donne le circuit suivant avec une source de tension continue V_1 et une source de tension alternative $v_2(t)$ sinusoïdale.



- 1) Etablir le schéma équivalent en continu et déterminer la composante continue du potentiel aux noeuds A, B, C et D.
- 2) Etablir le schéma équivalent en alternatif à des fréquences assez hautes pour que les capacités puissent être remplacées par des courts-circuits. Déterminer la composante alternative du potentiel aux noeuds A, B, C et D.

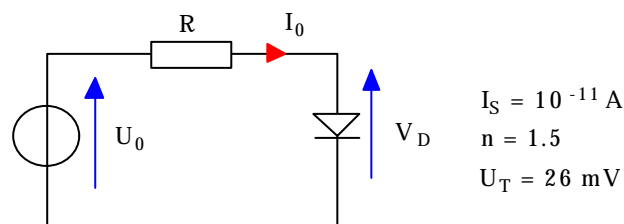
Ex 2 : Thévenin

Déterminer la source de Thévenin équivalente du circuit ci-dessous :



Ex 3 : Point de fonctionnement d'une diode

Soit le circuit à diode suivant :



On veut imposer un courant $I_0 = 1 \text{ mA}$ à partir d'une source $U_0 = 2 \text{ V}$.

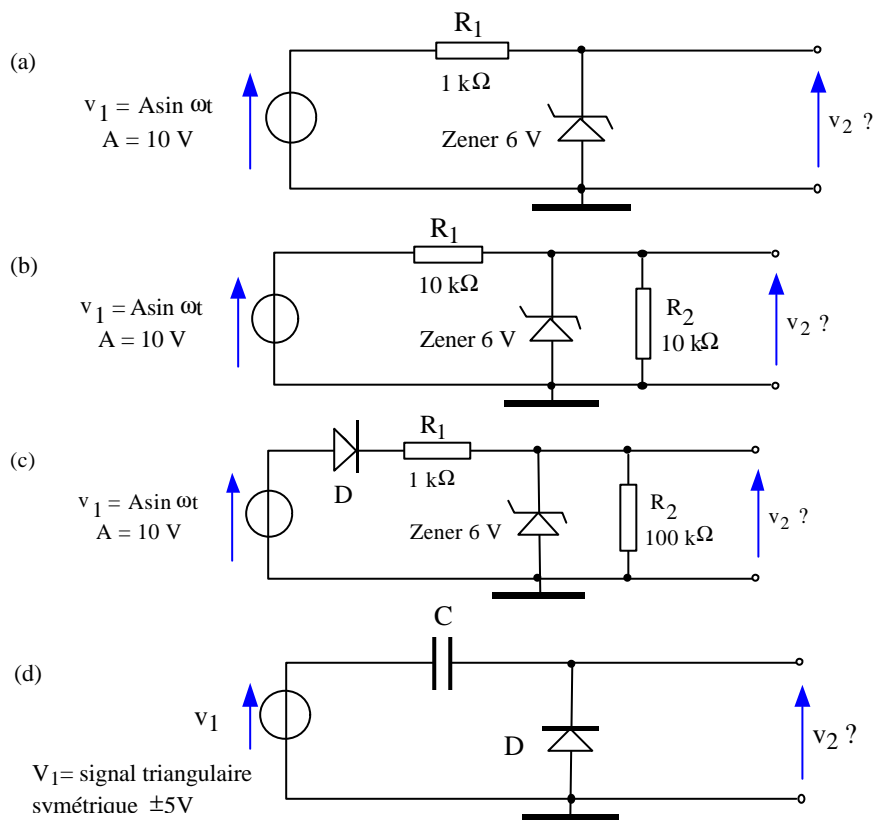
1.1 En utilisant le modèle exponentiel de la diode, calculer

- la chute de tension aux bornes de la diode
- la résistance R nécessaire pour imposer le courant I_0
- la résistance dynamique de la diode au point de fonctionnement

1.2 En utilisant le modèle simplifié (à segments linéaires) de la diode ($U_D = U_j = 0.7$ V), calculer le courant I_0 en prenant la même résistance que celle trouvée précédemment.

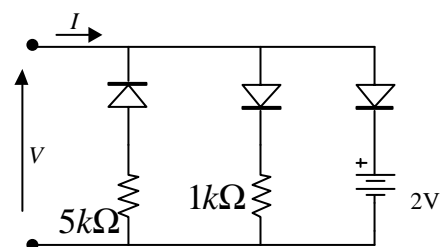
Ex 4 : Modélisation des diodes

En utilisant le modèle simplifié des diodes et des diodes Zener (chute de tension constante de $U_j = 0.7$ V dans le sens direct et, pour les diodes Zener, chute de tension constante U_Z dans le sens inverse), étudier le comportement des circuits suivants en traçant un diagramme de la tension de sortie en fonction du temps.



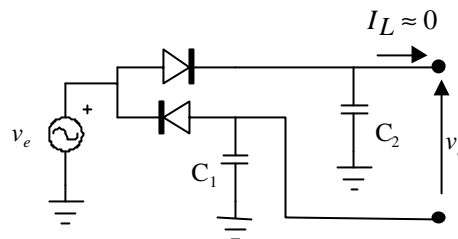
Ex 5 :

Tracer la caractéristique $I=f(V)$ du dipôle représenté ci-contre. Les diodes sont considérées comme idéales.



Ex 6 : Multiplieur

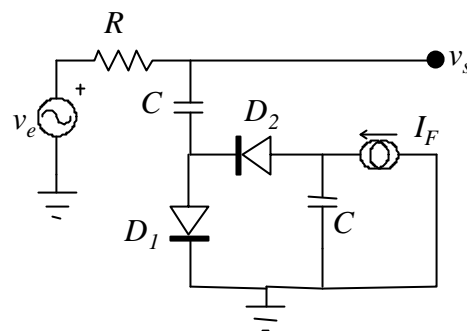
Soit le montage ci contre avec $v_e = 240V_{eff}$. Les diodes sont supposées idéales et le courant dans la charge est négligeable ($I_L = 0$). Donner la forme et l'amplitude de v_s . Quelle est la tension inverse maximale que doit supporter chaque diode ? Qu'advierait-il si le courant I_L était non-nul?



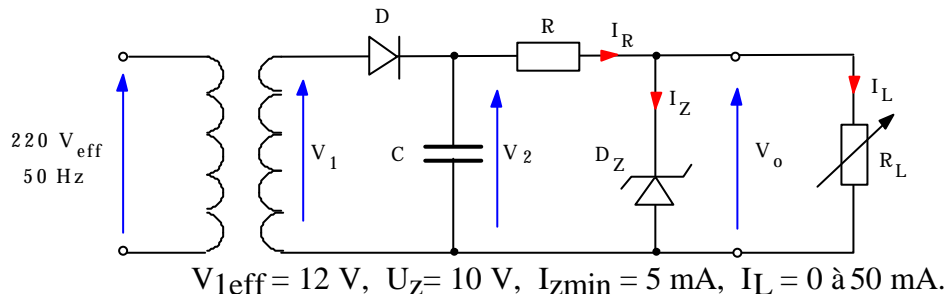
Ex 7 : Atténuateur variable

Montrer que le montage ci-contre se comporte pour de petits signaux approximativement comme un atténuateur dont le rapport η d'atténuation dépend de I_F .

On suppose que les diodes se comportent comme des jonctions PN idéales (caractéristiques exponentielles). Les capacités sont prises très grandes de manière à pouvoir les négliger en dynamique. I_F varie de 0,1 à 1 mA et $v_e^{c.a.c} < 10mV$.



Ex 8 : Circuit d'alimentation



- Dessiner l'allure de V_1 , V_2 et V_0 indiqués dans la figure, en supposant que le courant I_Z ne s'annule jamais et que les diodes D et D_Z ont une résistance différentielle nulle.
- En admettant que V_2 ne descende pas en dessous de 14 V, calculer R pour que le courant I_Z ne descende jamais au dessous du minimum spécifié.
- Calculer la capacité de filtrage pour assurer que la tension V_2 ne descende pas au dessous de 14 V.
- Déterminer les conditions de charge qui entraînent un courant I_Z maximum. Calculer I_{Zmax} et en déduire la puissance moyenne maximum dissipée dans la diode Zener.

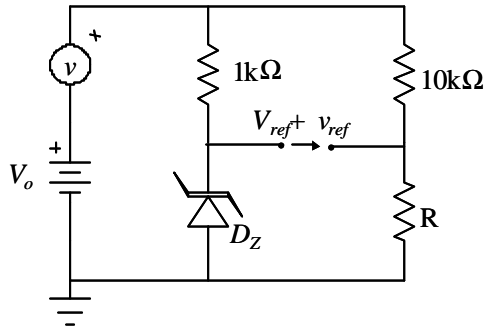
Ex : 9

Le montage ci-dessous est destiné à délivrer une tension de référence V_{ref} .

D_Z est une diode Zener de valeur $U_Z = -10V$ et dont la pente caractéristique, au delà du coude Zener, est de $0,1 A/V$.

$V_o = 50V$.

En considérant l'aspect dynamique, établir l'expression littérale de $F = \frac{v_{ref}}{v}$.



Pour quelle valeur de R a-t-on $F = 0$?

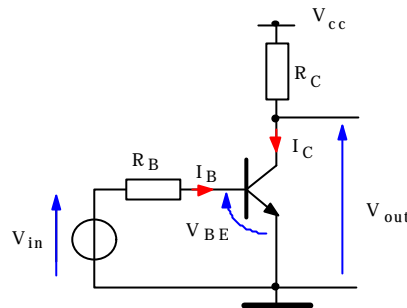
Quelle est la valeur de V_{ref} quand $v = 0$?

Quelle est la résistance de sortie du montage ?

TD d'électronique analogique 1A : Transistors n°1

Ex1 : Mode de fonctionnement

Soit le circuit suivant, où $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, $R_B = 27 \text{ k}\Omega$, $\beta = 100$



- a) Déterminer les différents modes de fonctionnement du transistor lorsque V_{in} évolue de 0 à V_{CC} , en adoptant, pour la jonction base-émetteur, le modèle simple où $V_{BE} \approx U_j = 0.7 \text{ V}$ dans le sens passant.

En utilisant l'hypothèse simplificatrice $V_{CE,sat} \approx 0 \text{ V}$, calculer les courants I_C et I_B ainsi que la tension V_{out} pour deux valeurs particulières de la tension d'entrée: $V_{in} = 0 \text{ V}$ et $V_{in} = V_{CC}$.

- b) Déterminer la valeur maximum admissible pour R_B de façon à ce que le transistor sature lorsque $V_{in} = V_{CC}$.

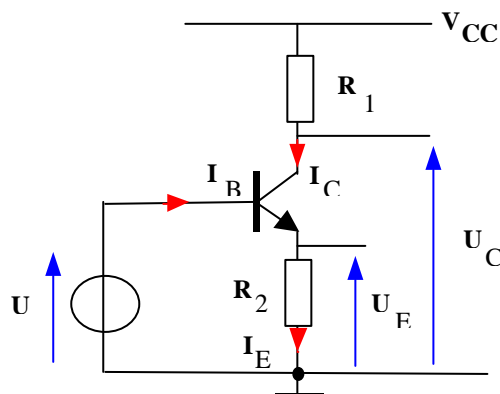
Ex 2 :

Soit la structure de la figure suivante. Sachant que $U_{BE} = U_j$, calculer les courants I_B , I_E et I_C , ainsi que les tensions U_E et U_C .

Quel est le mode de fonctionnement du transistor ?

Valeurs numériques: $U = 3.4 \text{ V}$ $U_j = 0.7 \text{ V}$ $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$

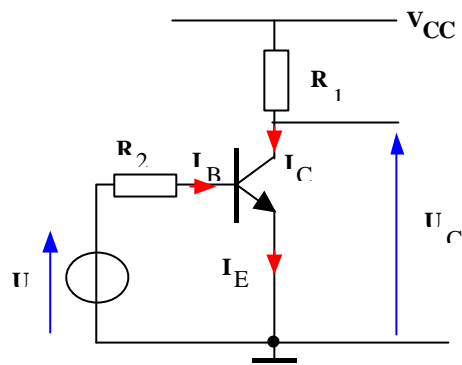
$R_2 = 2.7 \text{ k}\Omega$ $\beta = 200$ $V_{CC} = 10 \text{ V}$



Ex 3 : Point de fonctionnement

Soit la structure de la figure suivante. Sachant que $U_{BE} = U_j$, calculer les courants I_B et I_C , ainsi que les tensions U_B et U_C .

Valeurs numériques: $U = 3.4 \text{ V}$ $U_j = 0.7 \text{ V}$ $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 2.7 \text{ k}\Omega$ $\beta = 200$ $V_{CC} = 10 \text{ V}$



Ex 5 : Source de courant

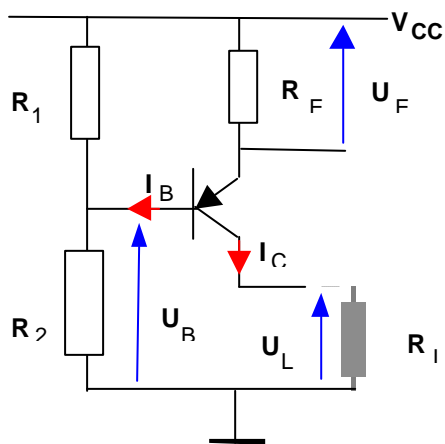
Soit la structure de la figure suivante.

Application numérique:

$\beta = 200$ $U_j = 0.7 \text{ V}$ $R_1 = 8.2 \text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 10 \text{ V}$
 $R_2 = 5.6 \text{ k}\Omega$ $R_E = 2.7 \text{ k}\Omega$

a.) Sachant que $U_{EB} = U_j$ et en négligeant I_B , montrer que le courant I_C ne dépend pas de la charge R_L (source de courant), puis vérifier l'hypothèse.

b.) Quelle est la valeur maximale de R_L .



Ex 6 : Régime dynamique

Soit la structure de la figure suivante.

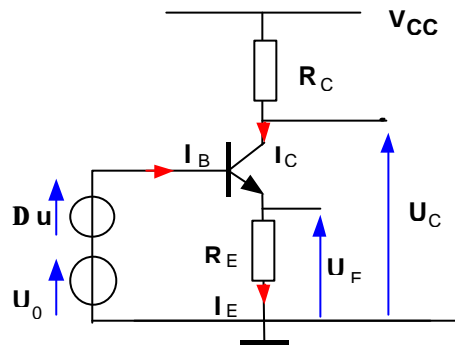
a) Sachant que $U_{BE} = U_j$, calculer le point de repos ($\Delta u=0$) c.à.d. les courants I_B , I_E et I_C , ainsi que les tensions U_E et U_C .

Quelle est le mode de fonctionnement du transistor ?

b) Dessiner le schéma pour accroissements (petits signaux) et déterminer g_m et g_{be} .

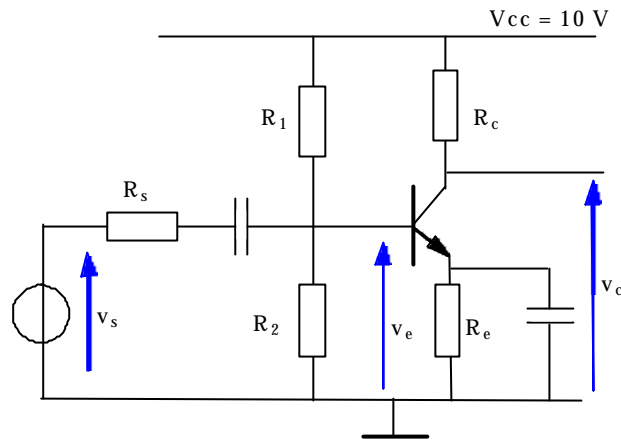
c) Déterminer le gain $G_1 = \Delta u_E / \Delta u$ et $G_2 = \Delta u_C / \Delta u$.

Application numérique: $U_0 = 4.6 \text{ V}$ $U_j = 0.7 \text{ V}$ $R_C = 4.7 \text{ k}\Omega$
 $R_E = 3.9 \text{ k}\Omega$ $\beta = 200$ $V_{CC} = 10 \text{ V}$



TD d'électronique analogique 1A : Transistors n°2**Exercice n° 1: Etage amplificateur**

- a) Concevoir un amplificateur de type "émetteur commun" présentant les caractéristiques suivantes: $Z_{in} = 1k\Omega$ et $A_V = - 50$ avec $h_{fe} = 150$. La source v_s a une résistance interne de 50Ω .



- b)- Après avoir dimensionné les éléments :

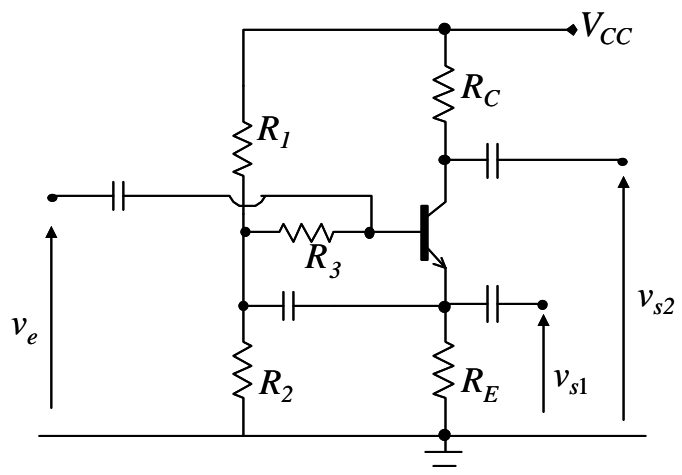
- calculer le point de fonctionnement (V_E , V_C , I_C) avec les valeurs normalisées des résistances (valeurs normalisées : 1 - 1.2 - 1.5 - 1.8 - 2.2 - 2.7 - 3.3 - 3.9 - 4.7 - 5.6 - 6.8 - 8.2).
- calculer Z_{in} et A_V .
- tracer les droites de charge statique et dynamique ($R_L = 5.6 k\Omega$).
- déterminer l'amplitude crête à crête maximale du signal de sortie (avant distorsion).

Exercice n° 2 : Montage bootstrap

Donner un exemple de polarisation (ordres de grandeurs et composants) du montage.

Calculer :

- le gain $\frac{v_{s1}}{v_e}$
- le gain $\frac{v_{s2}}{v_e}$
- l'impédance d'entrée Z_e .



On négligera l'impédance des condensateurs.

Exercice n° 3:

Soit le montage ci –contre où T_1 et T_2 sont des transistors bipolaires au silicium fonctionnant à température ambiante ($T = 300 \text{ K}$)..

Pour T_1 et T_2 , $h_{fe} = 400$

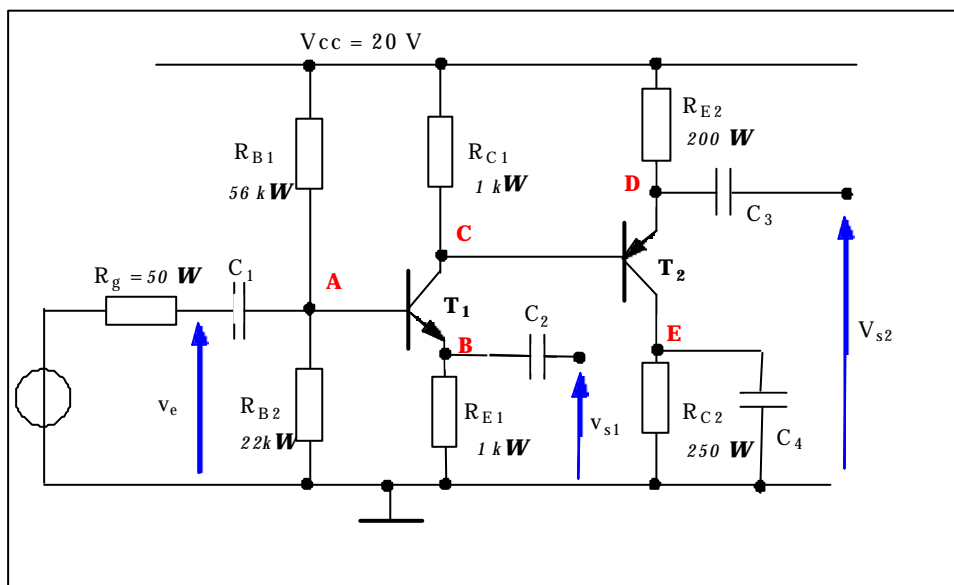
$H_{oe} = h_{re} = 0$

Donner les tensions statiques aux points A, B, C, D, E. Déduire les valeurs de h_{ie1} et de h_{ie2} de T_2 .

Sachant que les capacités peuvent être choisies aussi grande que l'on veut, donner le schéma dynamique petit signaux du montage.

Calculer de façon littérale :

- v_{s1}/v_e et v_{s2}/v_e
- Z_e Impédance d'entrée du montage
- Z_{s1} et Z_{s2} impédances de sortie respectives 1 et 2 sachant que le générateur d'attaque v_e présente une résistance interne R_g de 50Ω .



Exercice n° 4:

Soit l'amplificateur à transistors bipolaires NPN silicium suivant ci-dessous :

Pour T_1 et T_2 , $h_{fe} = 100$, $H_{oe} = h_{re} = 0$.

Déterminer les tensions statiques aux divers points du montage et la valeur du paramètre h_{ie} à température ambiante ($T = 300$ K).

Etablir le schéma équivalent petits signaux sachant que les capacités peuvent être prises aussi grandes que l'on veut.

Dans les deux cas suivants :

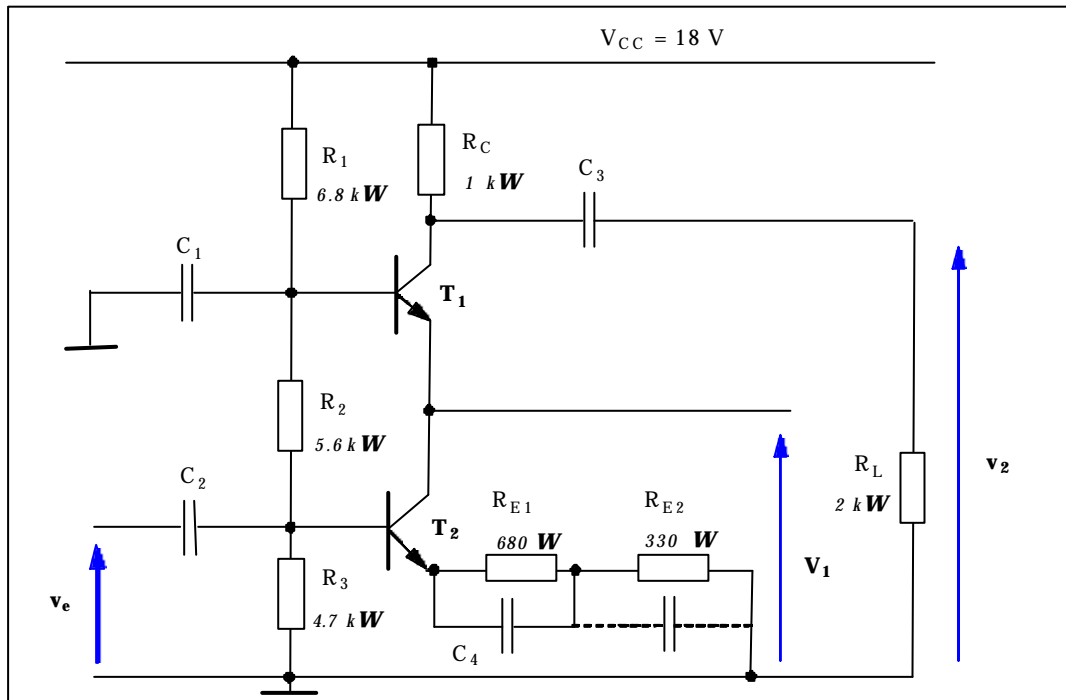
a) R_{e2} court-circuitée par une capacité de valeur élevée

b) R_{e2} seule

Calculer les gains en tensions v_1/v_e et v_2/v_e et les impédances d'entrée et de sortie du montage.

Présenter les résultats sous littérale puis effectuer l'application numérique.

Les approximations employées devront être justifiées.



Exercice n° 5 :

Les éléments actifs sont au silicium et fonctionnent à température ambiante ($T = 300K$).

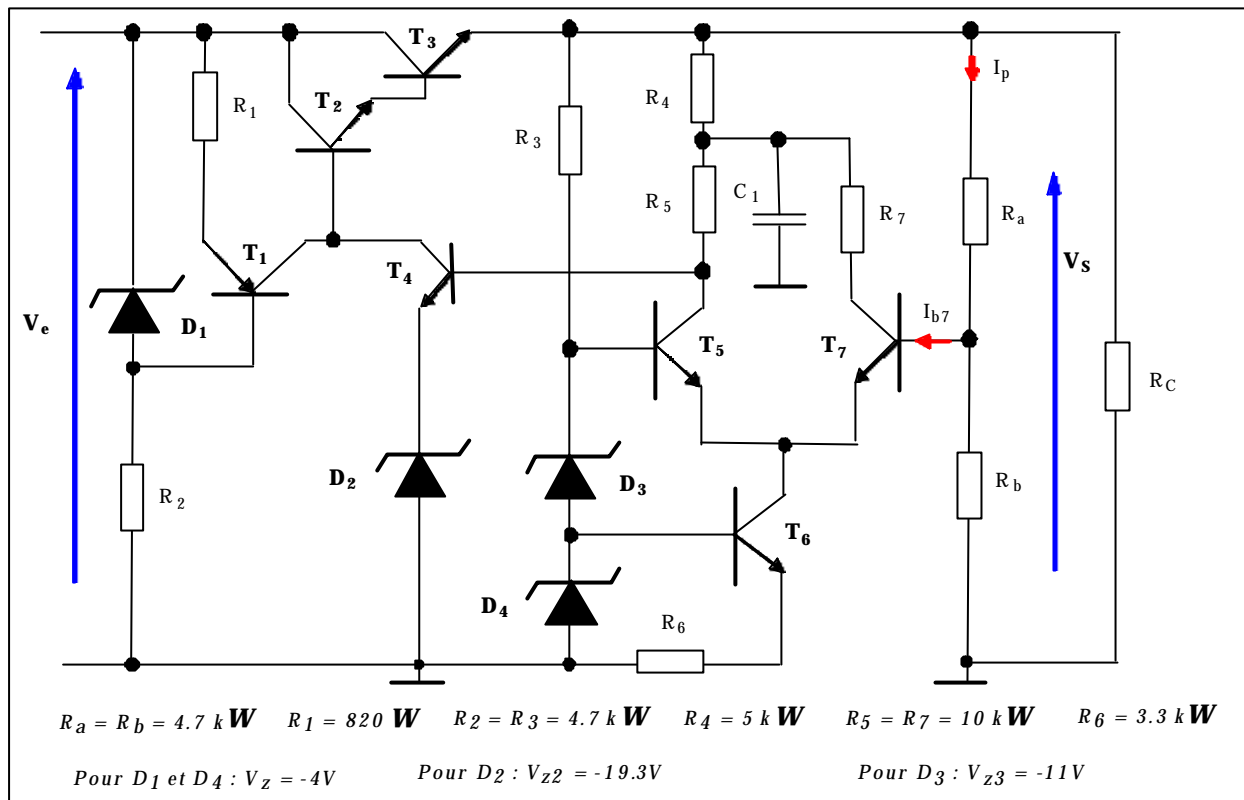
Les diodes Zener sont parfaites.

On utilisera, en les justifiant, les approximations d'usage.

Le montage de la figure ci-dessous représente le régulateur d'une alimentation stabilisée $V_s = 30V$ où V_e qui peut varier autour de $40V$, est la tension continue filtrée d'entrée. La différence de tension entre la fraction de V_s prélevée par R_a et R_b et la tension de référence fournie par D_3 et D_4 est amplifiée par T_4 . T_4 contrôle la conduction de T_2 et T_3 pour annuler cette différence et stabiliser la sortie V_s à sa valeur nominale.

Les transistors sont du type bipolaire, avec les paramètres suivants :

- Pour T_1, T_4, T_5 et T_7 , $h_{fe} = 200, h_{oe} \# h_{re} = 0$,
- Pour T_2 , $H_{fe2} \# h_{fe2} = 50, h_{oe2} \# h_{re2} = 0$.
- Pour T_3 , $H_{fe3} \# h_{fe3} = 20, h_{oe3} = 1/20 \text{ k}\Omega$.
- enfin pour T_6 , $H_{fe6} \# h_{fe6} = 200, h_{oe6} = 1/100 \text{ k}\Omega, h_{re6} = 0$.



- Aspect statique :

On supposera que l'alimentation débite sur une charge R_C d'environ 30Ω telle que T_3 délivre une intensité de 1 A. On prendra $I_{b7} \approx I_p$.

Déterminer, dans l'ordre que vous jugerez le plus judicieux, les courants qui circulent dans les émetteurs des transistors.

Déterminer les valeurs de hie_i ($i = 1$ à 7) des transistors. Vérifiez que $hie_5 = hie_7 = hie$ (attention hie est très grand et hie_3 est très petit)

- Aspect dynamique :

Justifier le fait que T_1 n'intervienne pas en dynamique ; quel est son rôle ?

Montrer que l'ensemble $T_2 - T_3$ peut être assimilé à un seul transistor dont on donnera le schéma dynamique équivalent, préciser les valeurs de hoe_{eq} , hfe_{eq} et hie_{eq} .

Montrer que la partie du montage située entre le collecteur de T_6 et la masse peut être considérée, en dynamique, comme une résistance **RM** élevée mais non infinie dont on calculera la valeur.

Sachant que la capacité est prise aussi grande que souhaité, mais non infinie et en tenant compte des simplifications citées ci-dessus :

Etablir le schéma dynamique

Exercice n° 6 :

Soit le montage ci-dessous où les transistors sont du type bipolaire au silicium.

- T_1, T_2 et T_3 sont presque identiques avec les paramètres suivants : $h_{fe} = 200, h_{oe} \neq h_{re} = 0,$

- Pour $T_3, H_{fe3} \neq h_{fe3} = h_{fe}$

Aspect statique:

Préciser les rôles de T_1 et T_2 .

Déterminer dans l'ordre qui vous paraîtra le plus judicieux, les tensions aux différentes électrodes des transistors.

Calculer hie_1, hie_2 et hie_3 .

Aspect dynamique :

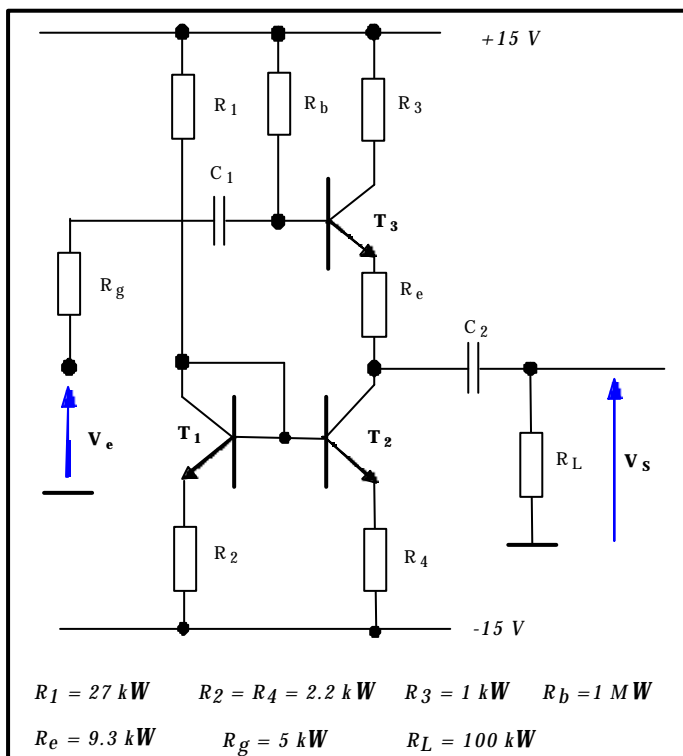
Tracer le schéma dynamique :

Sachant que $C_1 = 1\text{mF}$ et que C_2 peut être considérée comme très élevée, calculer le gain en régime harmonique $T(j\omega)$.

$$T(j\omega) = \frac{v_s(j\omega)}{v_e(j\omega)}$$

En déduire la pulsation de coupure liée à C_1 .

Quelle est l'impédance de sortie du montage lorsque la fréquence est telle que les capacités sont équivalentes à des courts-circuits dynamiques.



TD d'électronique analogique 1A : Transistors à effet de champ

Exercice n° 1:

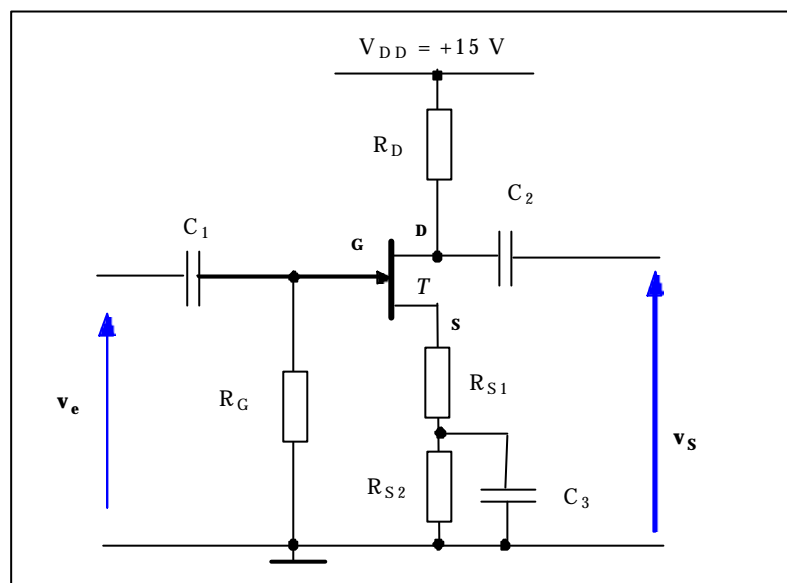
Dans le montage ci-dessous, on utilise un transistor dont les caractéristiques sont :

$$I_{dss} = 0.48 \text{ mA} ; |V_{GSoff}| = 3.6 \text{ V} ; 1/r = 0$$

Le point de fonctionnement est donné par : $V_{DSQ} = 7 \text{ V}$; $I_{DQ} = 0.25 \text{ mA}$; $R_G = 1 \text{ M}\Omega$.

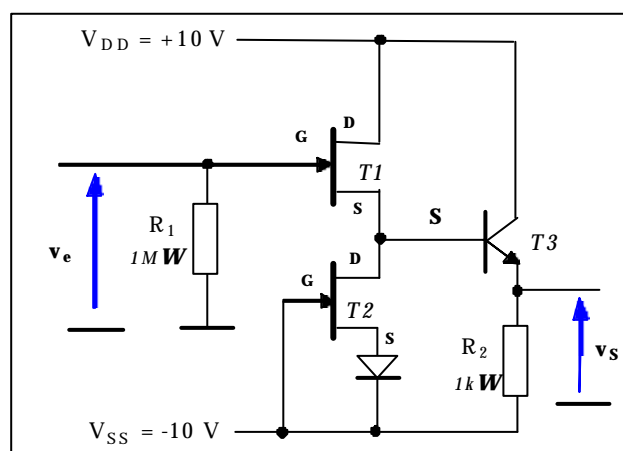
Toutes les capacités sont grandes.

Déterminer $R_{S1} + R_{S2}$ et R_D . Calculer R_{S1} et R_{S2} si $v_s/v_e = -5$



Exercice n° 2:

Soit le montage ci-dessous où T_1 et T_2 sont des transistors à effet de champ, canal N à appauvrissement et T_3 un transistor bipolaire. La diode est au silicium et serait parfaite si elle n'avait pas de seuil.



Pour T_1 et T_2 : $V_p = 3.5 \text{ V}$, $I_{dss} = 7 \text{ mA}$, $1/r = 0$

R.BENBRAHIM

Pour T_3 : $H_{fe} \propto h_{fe} = 200$, $h_{oe} = h_{re} = 0$.

Aspect statique :

Déterminer, dans l'ordre que vous jugerez le plus judicieux, les tensions par rapport à la masse, aux différentes électrodes ainsi que les courants dans les trois transistors quand v_e est nulle.

Aspect dynamique : Calculer v_s / v_e , l'impédance d'entrée et l'impédance de sortie.

Exercice n° 3:

Soit le montage ci-dessous, où T_1 et T_2 sont des transistors à effet de champ, canal N à appauvrissement fonctionnant en régime linéaire, $D_Z = -8V$.

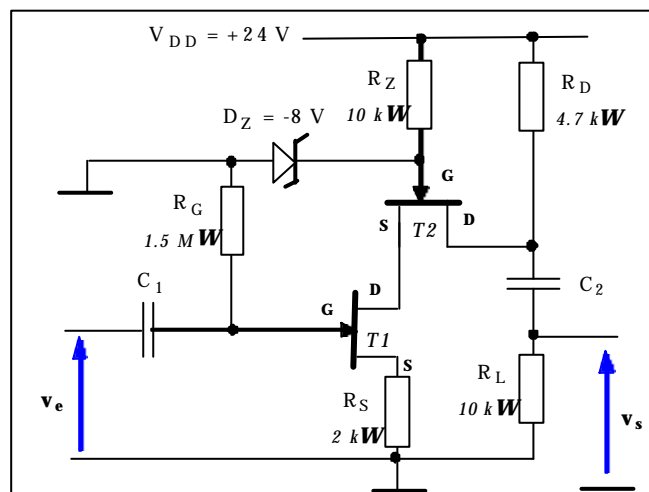
Pour T_1 et T_2 : $V_p = 4V$, $I_{dss} = 4mA$, $1/r = 0$.

Aspect statique :

Déterminer, dans l'ordre que vous le jugerez le plus judicieux, les tensions, par rapport à la masse, aux différentes électrodes.

Aspect dynamique :

Etablir le schéma dynamique dans les cas où les capacités C_1 et C_2 sont prises aussi grandes que souhaité mais non infinies.



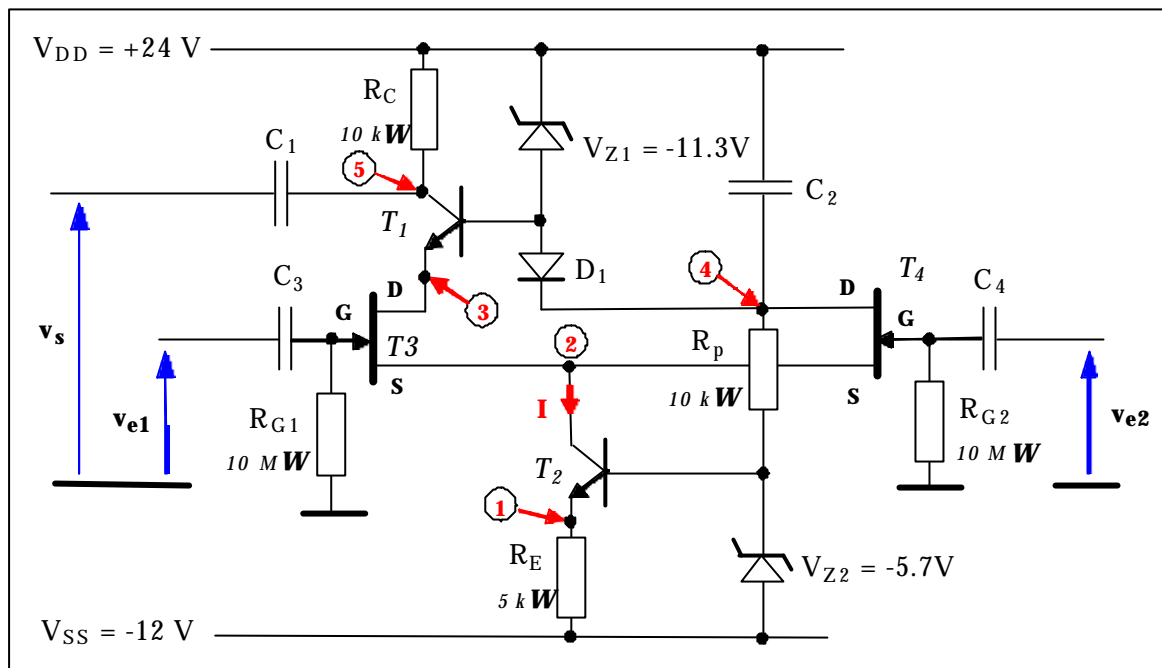
Exercice n° 4:

Soit le montage ci-dessous, où les diodes Zener ont une résistance directe et une résistance inverse nulles au-delà du coude Zener. Les transistors T_1 et T_2 sont des transistors bipolaires et T_3 et T_4 des transistors à effet de champ, canal N à appauvrissement.

Pour T_1 : $h_{fe} = 400$, $h_{oe} = 0$, $h_{re} = 0$

Pour T_2 : $h_{fe} = 100$, $h_{oe} = 1/50 k\Omega$, $h_{re} = 0$

Pour T_3 et T_4 , $V_p = 4V$, $I_{dss} = 2mA$, $1/r = 0$



Aspect statique :

- Déduire du fonctionnement de T_2 la différence de potentiel V_1 entre ① et la masse et la valeur du courant I .
- Sachant que les courants statiques sont identiques dans T_3 et T_4 , déterminer les V_{GS} de ces derniers ainsi que la ddp V_2 entre ② et la masse.
- Déterminer les ddp V_3 , V_4 , V_5 des points ③, ④, et ⑤ par rapport à la masse puis V_{DS3} , V_{DS4} , V_{CE1} et V_{CE2} .

Aspect dynamique :

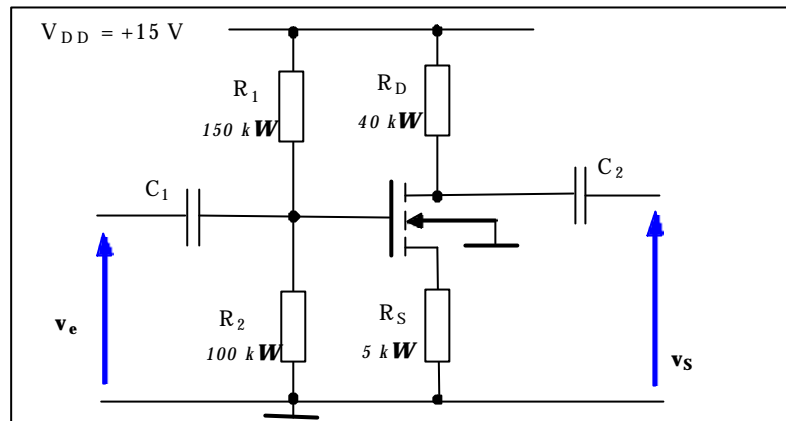
- Etablir le schéma dynamique sachant que les capacités sont prises aussi grandes que possible.
- Déterminer la transconductance g_m de T_3 et T_4 et h_{ie2} de T_2 .
- Déterminer la résistance dynamique R_{CM} que constitue, entre ② et la masse, le montage de T_2 vu de son collecteur.
- Déterminer $(v_{GS3} - v_{GS4})$ et $(v_{GS3} + v_{GS4})$ (v_{GS} = tension dynamique entre grille et source) en fonction de v_{e1} et v_{e2} et éventuellement g_m et R_{CM} .

- e) Montrer que v_s peut être mis sous la forme $v_s = A_d \cdot (v_{e1} - v_{e2}) + A_C \cdot (v_d + v_{e2})$. Donner les expressions et les valeurs de A_d et A_C . Les approximations devront être justifiées.

Exercice n° 5:

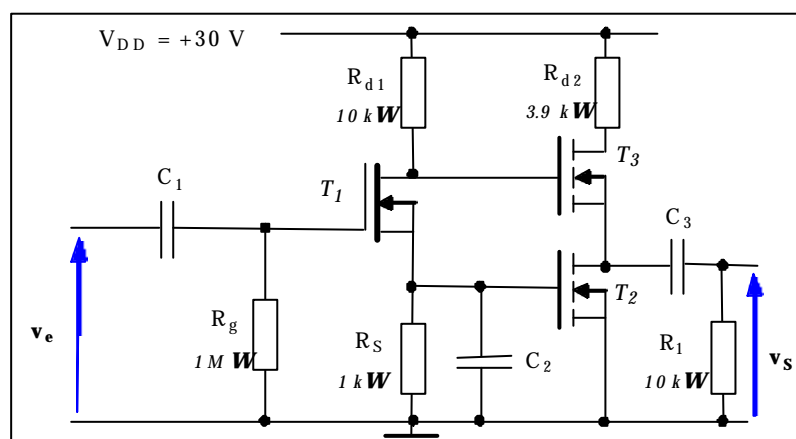
Pour le transistor : $K = 20 \text{ mA/V}^2$, $W/L = 1$, $V_T = 2 \text{ V}$

Déterminer le point de fonctionnement.



Exercice n° 6:

Soit le montage de la figure ci-dessous, où les transistors sont des transistors MOSFETs. T_1 est du type canal -N à appauvrissement avec $I_{dss} = 8 \text{ mA}$, $V_p = 4 \text{ V}$, $1/r = 0$. T_2 et T_3 sont des MOSFETs du type canal -N, à enrichissement, avec $K = 2.04 \text{ mA/V}^2$, $V_T = 0.6 \text{ V}$, $1/r = 0$.



- Aspect statique :

Déterminer, dans l'ordre que vous jugerez le plus judicieux, les tensions par rapport à la masse, aux différentes électrodes des transistors, ainsi que les courants.

- Aspect dynamique :

Etablir le schéma dynamique petits signaux

R.BENBRAHIM

Déterminer v_s/v_e en considérant que les capacités sont prises aussi grandes que souhaité, mais non infinies.

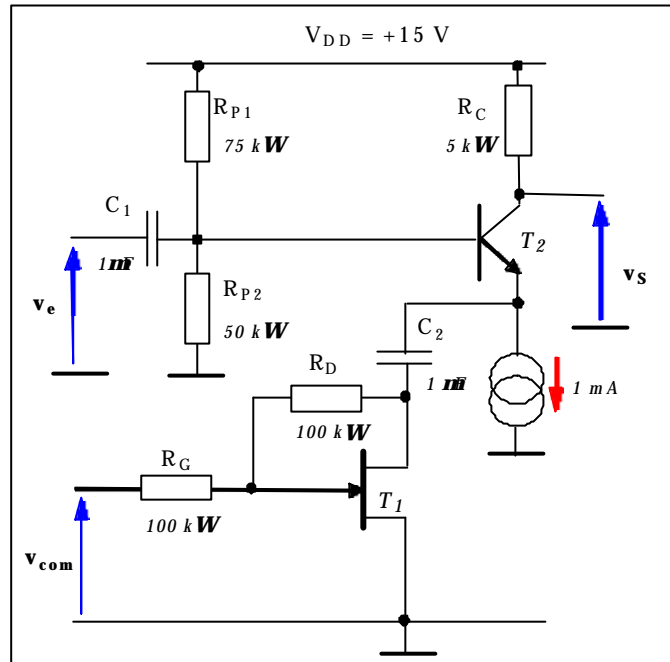
Déterminer l'impédance de sortie Z_s du montage.

Exercice n° 7:

Soit le montage ci-dessous.

Expliquer le fonctionnement du circuit.

Faire ensuite l'analyse statique et dynamique du circuit.



R.BENBRAHIM

Exercice n° 8:

Soit le montage ci-dessous.

Expliquer le fonctionnement du circuit.

Faire ensuite l'analyse statique et dynamique du circuit.

