

NOM:

PRENOM:

SECTION

Place N°:

A.KOUKAB

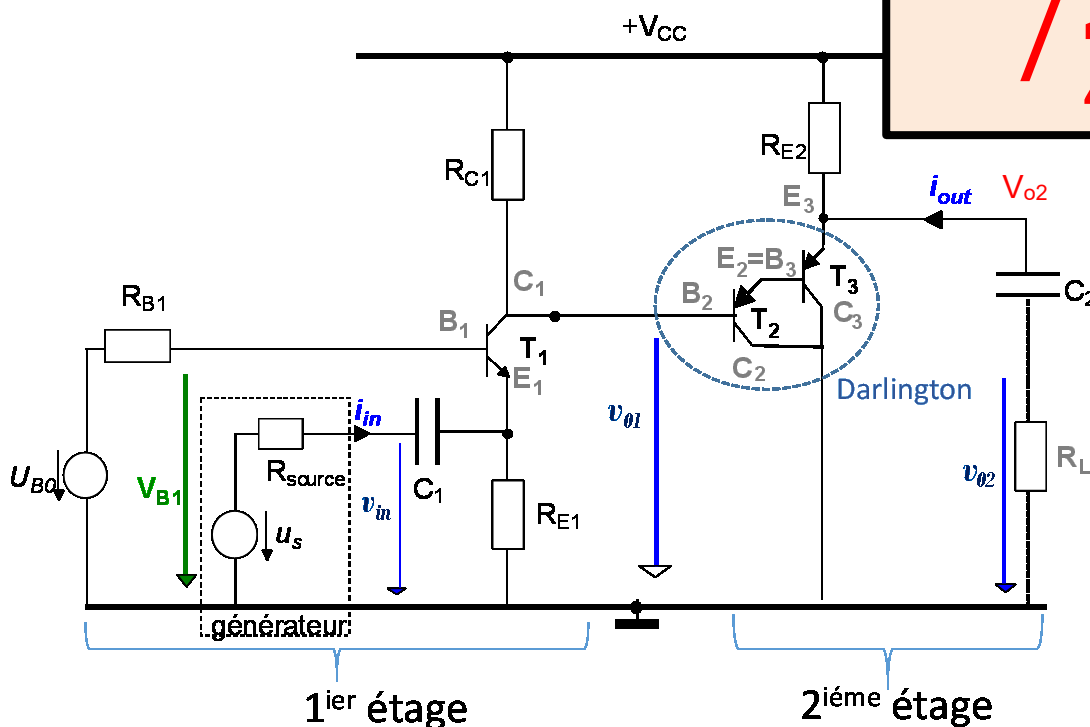
Examen Printemps 2021

Durée : 2h30
(8h15 à 10h45)

ELECTRONIQUE II : EE-203

Partie circuits (80% ~2h)

Dr. Adil KOUKAB

Seul le résultat final est rapporté dans la case dédiéePartie I (Circuits en Bipolaire ~ 1h):

Avec:

 $V_{CC} = +10V$, $U_{B0} = 2.7V$; $R_{B1} = R_{C1} = 5k\Omega$, $R_{E1} = R_{E2} = 2k\Omega$, $C_1 = C_2 = 2.2\mu F$;Transistors $T_{1,2}$: $\beta_{1,2,3} = 300$; $|V_{BE}| = U_J = 0.7V$; Tension d'Early $U_A \rightarrow \infty$.a. Etude statique Point de fonctionnement du montage

Les courants de base étant négligés ($\beta = \infty$), exprimer et calculer les tensions et courants de polarisation. Les potentiels dans le tableau ci-dessous seront rapportés à la masse.

	V_{E1} [V]	I_{C1} [mA]	V_{C1} [V]	V_{CE1} [V]	V_{E3} [V]	I_{C3} [mA]
Expressions analytiques	$U_{B0} - U_J$	V_{E1} / R_{E1}	$V_{CC} - R_{C1} I_{C1}$	$V_{C1} - V_{E1}$	$V_{C1} + 2U_J$	$(V_{CC} - V_{E3}) / R_{E2}$
Valeurs numériques	2	1	5	3	6.4	1.8

1

1

NOM:

PRENOM:

SECTION

Place N°:

b. Donner le type de montage pour chaque étage.

2

Etage 1 : Base commune (dégénérée)

Etage 2 : Collecteur commun (Emetteur suiveur)

2.1 Etude dynamique dans la bande passante : (Les résistances notées $R_x // R_y$).

a. Exprimer et calculer les paramètres petits signaux ainsi que les résistances d'entrée et de sortie.

	g_{m1} [mA/V]	g_{m3} [mA/V]	g_{be1} [μA/V]	g_{be2} [μA/V]	$R_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}}$	$R_{out} = \frac{v_{o2}}{i_{out}} (U_s = 0)$
Expressions analytiques	I_{c1} / U_T	I_{c3} / U_T	g_{m1} / β	$g_{m2} / \beta = g_{m3} / \beta^2$	$(g_{m1}^{-1} + R_{B1} / \beta) // R_{E1}$	$(2g_{m3}^{-1} + R_{C1} / \beta^2) // R_{E2}$
Valeurs numériques	40	72	133	0.8	40 Ω	30 Ω

b. En admettant que les deux transistors saturent à $|V_{CE,sat}| = 0$ V, donner les valeurs limites $V_{o2,min}$ et $V_{o2,max}$ pour une amplification linéaire sans la charge R_L . En déduire l'amplitude max du signal ac de sortie $v_{o,max}$.

Tenir compte de l'effet du premier étage et négliger l'effet du signal ac à l'entrée.

$V_{o2,max} =$	V_{CC}	(Expression)
$V_{o2,max} =$	10V	(Valeur)
$V_{o2,min} =$	$V_{o1min} + 2U_j = V_{E1} + 2U_j$	(Expression)
$V_{o2,min} =$	3.4 V	(Valeur)
$v_{o,max} =$	$\text{Min}(V_{o2,max} - V_{E3}, V_{E3} - V_{o2,min})$	(Expression)
$v_{o,max} =$	3 V	(Valeur)

C. Exprimer et calculer les gains en tension dans la bande passante (sans charge R_L) :

Expressions analytiques	$A_{v1} = v_{o1}/v_{in} = \frac{R_{C1} // \left(\frac{2}{g_{be2}} + \beta^2 R_{E2} \right)}{\frac{1}{g_{m1}} + \frac{R_{B1}}{\beta}}$	$A_{v2} = v_{o2}/v_{o1} = \frac{\frac{\beta^2 R_{E2}}{2} + \beta^2 R_{E2}}{2 + g_{m3} R_{E2}} = \frac{g_{m3} R_{E2}}{2 + g_{m3} R_{E2}} \approx 1$
Valeurs numériques	120	1

NOM:

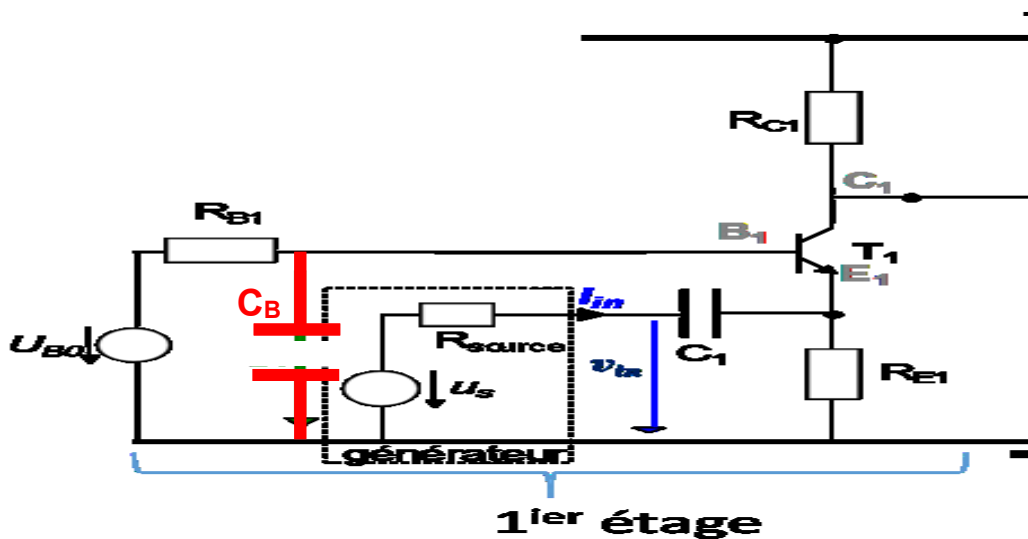
PRENOM:

SECTION

Place N°:

- d. Quel élément doit-on ajouter au premier étage pour améliorer significativement son gain.
Expliquer votre choix en indiquant l'expression et la valeur du nouveau gain.

Elément ajouté (schéma explicatif):



2

Expression et valeur du nouveau Gain :

$$A_v = v_{02}/v_{in}$$

$$g_{m1} R_{C1} = 200$$

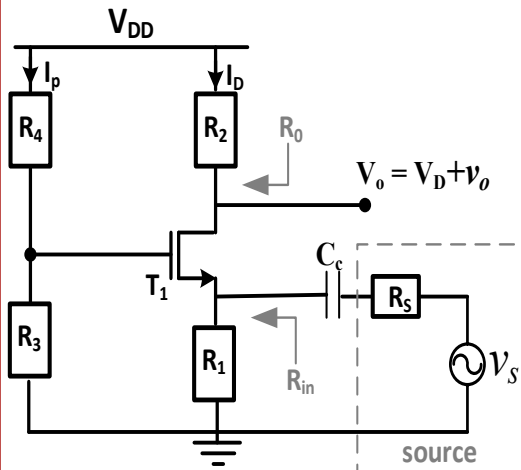
2

NOM:

PRENOM:

SECTION

Place N°:

Partie II (Circuits en MOS 1 h):**/26****Données de la technologie CMOS:** $V_{DD} = 5\text{ V}$, $L_{\min} = 1\text{ }\mu\text{m}$;**nMOS:** $k_{p,n} = 120\text{ }\mu\text{A/V}^2$; $V_{Tn} = 0.8\text{ V}$; $U_{a,n} = 50\text{ V}/\mu\text{m}$ **pMOS:** $k_{p,p} = 40\text{ }\mu\text{A/V}^2$; $V_{Tp} = 0.9\text{ V}$; $U_{a,p} = 40\text{ V}/\mu\text{m}$ **Circuit I (~35 mn 15pts):** Soit l'amplificateur ci-dessous conçu pour avoir : $I_D = 100\text{ }\mu\text{A}$, $V_D = 2.5\text{ V}$, $V_G = 2\text{ V}$, $V_{ov} = V_{GS} - V_{Tn} = 0.4\text{ V}$, $I_p = 10\text{ }\mu\text{A}$; $R_s = 2\text{ k}\Omega$ 

1. Dimensionner ses Résistances (Donner juste les valeurs):

$R_1 = 8\text{ k}\Omega$	1	$R_2 = 25\text{ k}\Omega$	1
$R_3 = 200\text{ k}\Omega$	1	$R_4 = 300\text{ k}\Omega$	1

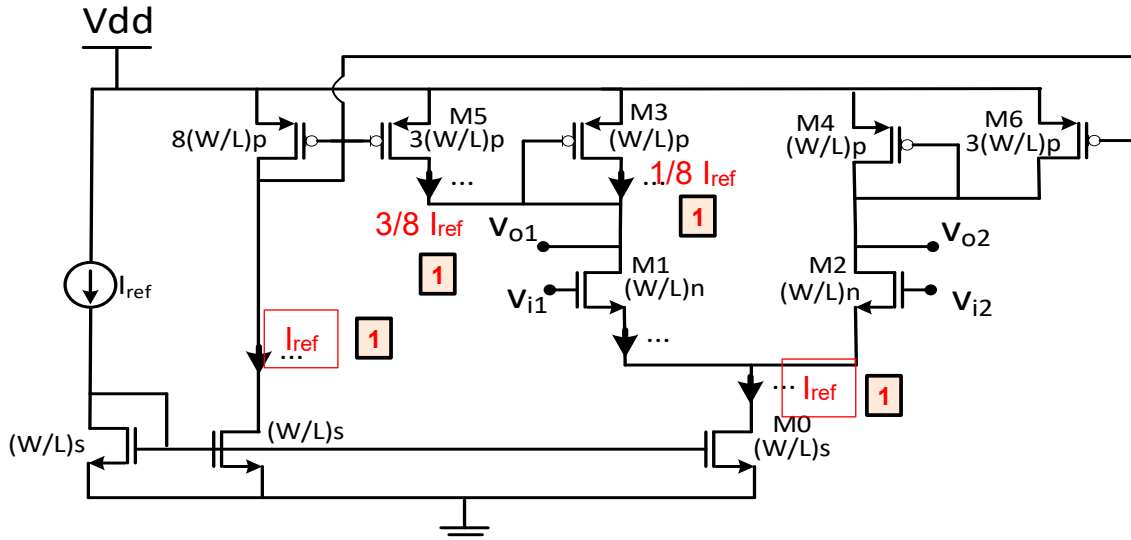
2. Donner les caractéristiques de T_1 (expression et valeur) :

$\frac{W}{L}$	$\frac{2I_D}{k_{p,n}(V_{GS} - V_{Tn})^2} = 10.4 = \frac{20.8}{2}$	1
g_m	$\sqrt{2k_{p,n}\frac{W}{L}I_D} = 499\text{ }\mu\text{S}$	1
r_o ($L=2\text{ }\mu\text{m}$)	$\frac{U_{aL}}{I_D} = 1\text{ M}\Omega$	1

3. Donner les caractéristiques de l'amplificateur (tenir compte de r_o)

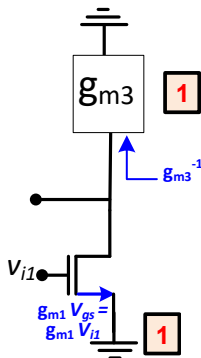
	Expression	Valeur
R_{out}	$r_o(1 + g_m R_s // R_1) // R_2$	1 25 k Ω
R_{in}	$R_1 // \frac{1}{g_m} \left(1 + \frac{R_2}{r_o}\right)$	1 1.6 k Ω
$A_v = \frac{v_o}{v_s}$	$\frac{R_{in}}{R_s + R_{in}} \frac{g_m R_2 + \frac{R_2}{r_o}}{\left(1 + \frac{R_2}{r_o}\right)} \approx \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}} g_m R_2$	1 5.54
$V_{o,max}$	V_{DD}	1 5 V
$V_{o,min}$	$V_s + V_{D,sat} = V_G - V_{Tn}$	1 1.2 V
$v_{o,max}$	$\text{Min} (V_{o,max} - V_D, V_D - V_{o,min})$	1 1.3 V

Circuit II (~ 25 min /11 pts): Soit l'amplificateur différentiel suivant avec : $v_{i1}(t) = -v_{i2}(t)$.



1. Compléter le schéma en mettant les **courants DC** (en fonction de I_{ref}) de toutes les branches.
2. Donner le **schéma petits signaux** du demi-circuit équivalent pour le mode différentiel ainsi que l'expression du **gain différentiel** en fonction de $(W/L)_n$ et $(W/L)_p$ (r_{on} et r_{op} sont infinies).

schéma petits signaux en mode différentiel



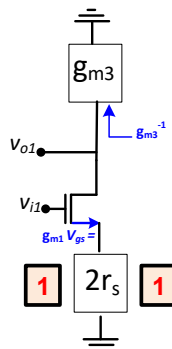
Expression du gain différentiel

$$A_{v,diff} = \frac{v_{o1} - v_{o2}}{v_{i1} - v_{i2}}$$

$$= \frac{v_{o1}}{v_{i1}} = -\frac{g_{m1}}{g_{m3}} = -\frac{\sqrt{2k_{p,n} \left(\frac{W}{L}\right)_1 I_{D1}}}{\sqrt{2k_{p,p} \left(\frac{W}{L}\right)_3 I_{D3}}} = -\sqrt{\frac{\left(\frac{W}{L}\right)_n}{\left(\frac{W}{L}\right)_p}} 12$$

3. Donner le **schéma petits signaux** du demi-circuit équivalent pour le mode commun ainsi que l'expression du **gain mode commun** en fonction de g_{m1} , g_{m3} et de la résistance de sortie r_s de M_0 .

schéma petits signaux en mode commun



Expression du gain mode commun

$$A_{v,mc} = \frac{v_{oc}}{v_{ic}}$$

$$= -\frac{\frac{g_{m1}}{g_{m3}}}{1 + 2r_s g_{m1}} \approx -\frac{1}{2r_s g_{m3}}$$