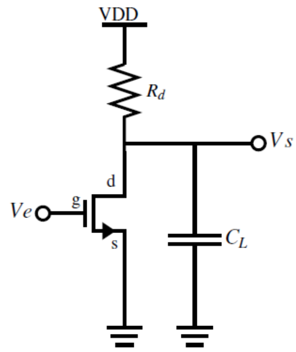
ELEC101 – Corrigés exos LG2 Amplification 1

Ex. 1 : Amplificateur élémentaire



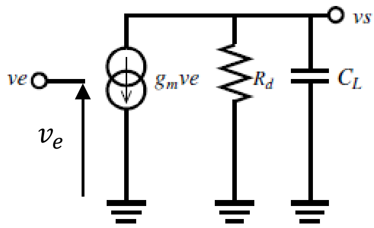
Objectif : amplificateur avec un gain DC (à la fréquence f = 0 Hz) de 500 (54 dB). La capacité CL modélise la capacité de charge de l'amplificateur qui inclut les capacités parasites de l'amplificateur lui-même et des autres blocs connectés à la sortie de l'amplificateur.

1. *Tracer le montage petit signal de l'amplificateur, déterminer son gain $G_1(p) = \frac{v_s(p)}{v_e(p)}$*

   Le modèle petit signal du transistor est une source de courant contrôlée par la tension v_{gs} avec une transconductance qu'on notera g_m.

   $$v_s = (R_d // C_L)(-g_m v_e) = \frac{-g_m R_d v_e}{1 + R_d C_L p}$$

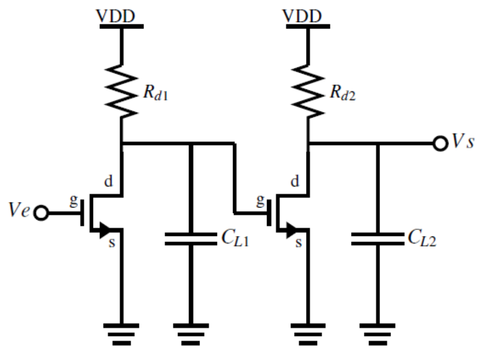
   $$\Longrightarrow \; G_1(p) = \frac{-g_m R_d}{1 + R_d C_L p}$$



2. *En déduire l'expression du module du gain dans le domaine de Fourier. Quel est le filtrage réalisé par l'amplificateur ? Quel est son gain DC pour g_m = 3* mS et R_d = 10 kΩ ?

   $$|G_1(j\omega)| = \frac{g_m R_d}{\sqrt{1 + (R_d C_L \omega)^2}}$$

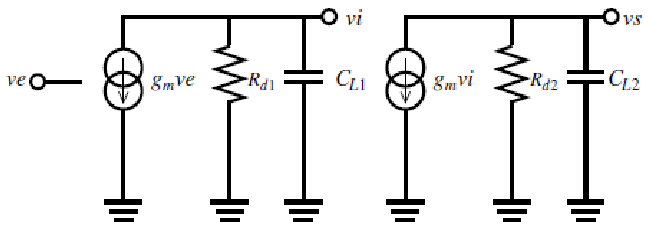
   Le filtrage réalisé est un filtrage passe bas. En fait, tous les amplificateurs à cause de leurs capacités parasites intrinsèques ont forcément un comportement passe bas au-delà d'une certaine fréquence fixée par la résistance et la capacité de charge. Le gain DC vaut $|G_1(0)| = g_m R_d = 30 \rightarrow$ insuffisant vs « cahier des charges ».



3. *Tracer le montage petit signal du montage à 2 étages et calculer son gain $G_2(p) = \frac{v_s(p)}{v_e(p)}$. Calculer son gain DC pour g_m = 3* mS et $R_{d1} = R_{d2} = 10$ kΩ.

   $$G_{tot}(p) = G_1(p)G_2(p) = \frac{g_m^2 R_{d1} R_{d2}}{(1 + R_{d1}C_{L1}p)(1 + R_{d2}C_{L2}p)} = \frac{g_m^2 R_{d1} R_{d2}}{1 + (R_{d1}C_{L1} + R_{d2}C_{L2})p + R_{d1}R_{d2}C_{L1}C_{L2}p^2}$$

   Le Gain DC vaut $|G_{tot}(0)| = R_{d1} R_{d2} g_m^2 = 900$.



4. *Quels sont les conditions sur R_{d1}, R_{d2}, C_{L1} et C_{L2} qui permettent de garantir la stabilité de l'amplificateur 2 étages ?*

   $$(1 + R_{d1}C_{L1}p)(1 + R_{d2}C_{L2}p) = 0$$

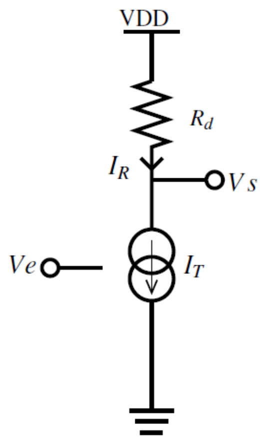
   Donne les pôles : $p_{1,2} = -\frac{1}{R_{d1,2}C_{L1,2}} < 0 \; \rightarrow$ Ampli inconditionnellement stable.

Ex. 2 : Etude de la précision d'un amplificateur

On considère un montage d'un amplificateur élémentaire composé d'une source de courant commandée par la tension d'entrée V_e, d'une résistance (R = 10 kΩ) et d'une tension d'alimentation constante V_{dd} = 3.3 V (figure 1.3). Le courant I_s est donné par : $I_s = K(V_e - V_T)^2$, K = 500 µA/V², V_T = 0.7 V.

Nous appliquons un signal d'entrée $V_e(t) = B + A\cos\omega t$ avec B = 1:65 V.

1. *Déterminer l'expression du signal de sortie V_s.*



Maille de sortie :

$V_s = V_{dd} - RK(V_e - V_T)^2 = V_{dd} - RK(B - V_T + A\cos\omega t)^2$

$\quad = V_{dd} - RK(B - V_T)^2 - 2RKA(B - V_T)\cos\omega t - RKA^2\cos^2\omega t$

de la forme : $V_s = \alpha_0 + \alpha_1 \cos\omega t + \alpha_2 \cos 2\omega t$

avec : $\alpha_0 = V_{dd} - RK(B - V_T)^2 - RK\frac{A^2}{2}$, $\alpha_1 = -2RKA(B - V_T)$, $\alpha_2 = -RK\frac{A^2}{2}$.

Le bruit thermique de la résistance et du transistor se manifeste en sortie avec une puissance P_B de 10^{-4} V^2.

2. *Calculer le gain, le SNR, la TDH et le SNDR pour A = 0.01 V puis pour A = 0.1 V.*

Le « gain à la fondamentale » (ou « gain linéaire ») est défini par : $G_1 = \left|\frac{\alpha_1}{A}\right| = 2RK(B - V_T)$

Le THD est défini par : $THD = \left|\frac{\alpha_2}{\alpha_1}\right| = \frac{A}{4(B-V_T)} \;\rightarrow\; THD_{dB} = 20\log\frac{A}{4(B-V_T)}$

La puissance d'une sinusoïde est donnée par $\frac{A^2}{2}$. Donc la puissance du signal en sortie est : $P_s = G_1^2\frac{A^2}{2}$

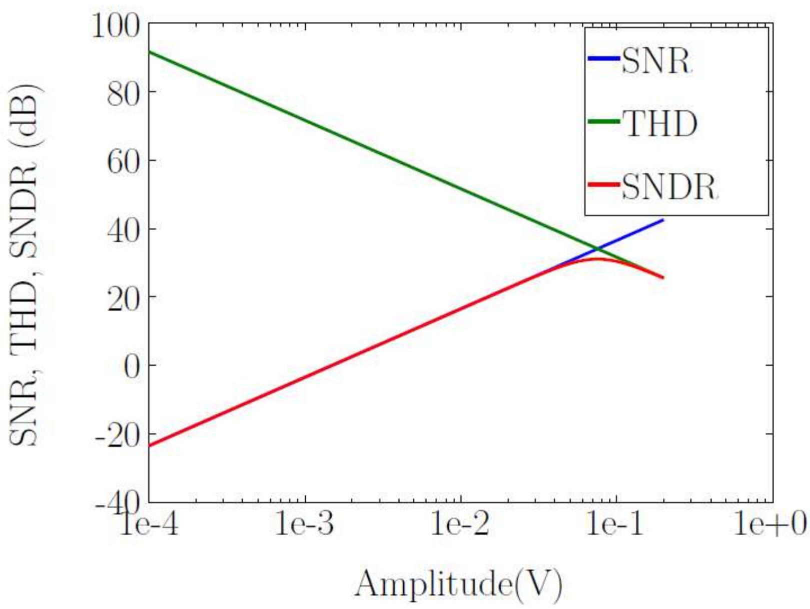
Le SNR est donc : $SNR_{dB} = 10\log\frac{P_s}{P_B} = 10\log\frac{G_1^2\frac{A^2}{2}}{P_B}$

Et le SNDR : $SNDR_{dB} = 10\log\frac{P_s}{P_B+P_D} = 10\log\frac{G_1^2\frac{A^2}{2}}{P_B+\frac{\alpha_2^2}{2}}$

Rappel : l'expression pour convertir le TDH en dB est $10\log THD$ ($= 10\log THD^2$) car le TDH est défini en amplitudes ; en revanche, le SNR et le SNDR sont définis en puissance, donc on utilise la définition standard du dB.

A.N. : pour A = 0:01 V : G_1 = 9:5, *TDH* = –51:6 dB, *SNR* = 16:5 dB, ***SNDR* = 16:5 dB**.

pour A = 0:1 V : G_1 = 9:5, *TDH* = –31:6 dB, *SNR* = 36:5 dB, ***SNDR* = 30.4 dB**.



Dans la figure ci-contre, nous avons tracé le SNR, SNDR et la THD en fonction de l'amplitude. Comme on peut le constater, l'augmentation de l'amplitude du signal d'entrée engendre une augmentation du SNR car cela augmente la puissance du signal d'entrée alors que la puissance du bruit reste constante. Par ailleurs, on remarque qu'à faible amplitude, le SNDR est presque égal au SNR car la contribution des distorsions est négligeable. Au fur et à mesure qu'on augmente l'amplitude, la contribution des distorsions devient de plus en plus importante, leur augmentation est quadratique car les non-linéarités présentes sont d'ordre 2. Passé une certaine valeur de A, la contribution des distorsions devient plus importante que celle du bruit et ainsi l'augmentation de l'amplitude résulte en une diminution du SNDR.