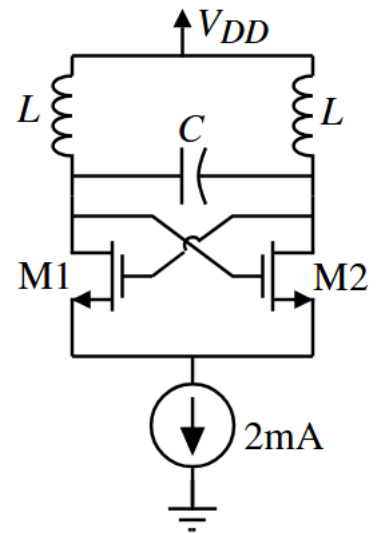


Exercice 3 – Oscillateur LC

Pour oscillateur LC est montré dans la figure, $L = 5 \text{ nH}$ et $C = 5 \text{ pF}$. Si le facteur de qualité Q de chaque inductance vaut 5, trouvez :

- La fréquence d'oscillation, ω_0
- La valeur de la résistance négative R_n qui doit être fournie par la paire à couplage croisé (M1 et M2) pour permettre l'oscillation,
- Dimensionnez les rapports W/L de M1 et M2 pour réaliser cette résistance négative.



Solution détaillée :

- (a) Le circuit équivalent vu par le circuit à résistance négative est : $(2L)$ en série avec $(2R_s)$, le tout en parallèle avec C .

La fréquence d'oscillation est donnée par

$$\frac{1}{\sqrt{2LC}} \quad \text{ou} \quad \omega_0 = 2\pi \times 10^9 \text{ rad/s.}$$

Correction:

$$\omega_0 \approx 4,47 \times 10^9 \text{ rad/s (soit } f_0 \approx 712 \text{ MHz)}$$

- (b) Par conséquent, la résistance série R_s vaut

$$R_s = \frac{\omega L}{Q} = \frac{2\pi \times 10^9 \cdot 5 \times 10^{-9}}{5} = 2\pi \Omega.$$

En convertissant l'impédance série de $2L$ et $2R_s$ en une impédance parallèle, on obtient :

$$Y = \frac{1}{2R_s + j\omega 2L} = \frac{0,5}{R_s + j\omega L} \cdot \frac{R_s - j\omega L}{R_s - j\omega L}$$

$$= \frac{0,5 R_s}{R_s^2 + \omega^2 L^2} - j \frac{0,5 \omega L}{R_s^2 + \omega^2 L^2}.$$

L'inverse de la conductance est la résistance en parallèle R_p , donnée par

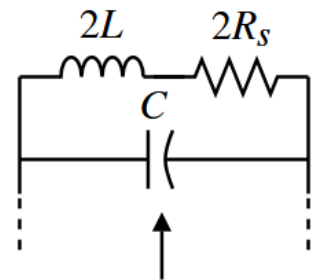
$$= \frac{R_s^2 + \omega^2 L^2}{0,5 R_s} = \frac{4\pi^2 + 4\pi^2 \cdot 25}{\pi} = 4\pi(26) = 326,7 \Omega.$$

Donc,

$$R_n = -R_p = -326,7 \Omega$$

Note: les calculs suivants sont toutefois cohérents avec $\omega_0 = 2\pi \times 10^9 \text{ rad/s}$.

Note : Pour un résonateur RL (ou plus généralement RLC), le facteur de qualité, noté Q , est un indicateur de la capacité du circuit à stocker de l'énergie par rapport à l'énergie qu'il dissipe.

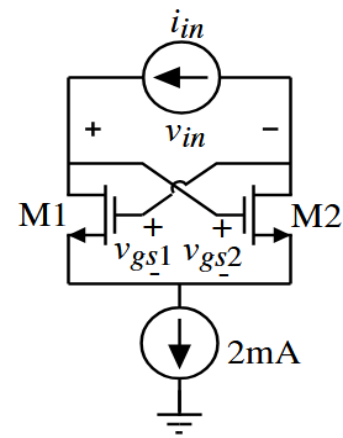


(c) La résistance négative vue par le circuit RLC se détermine comme suit.

$$i_{in} = g_{m1}v_{gs1} - g_{m2}v_{gs2} = g_m (v_{gs1} - v_{gs2}) = -g_m v_{in}$$

d'où

$$R_{in} = -\frac{1}{g_m}$$



Relation avec la définition illustrée au cours : A partir du moment où on considère un appariement parfait de M1 et M2, on peut remplacer :

$$i_1 = \frac{i_{in}}{2} \quad \text{dans} \quad i_{in} = -g_m v_{in},$$

on retrouve exactement la relation du cours $R_{in} = -\frac{2}{g_m}$

Les deux résultats sont donc **parfaitement cohérents** :

- l'exercice donne $R_{in} = -1/g_m$ parce que le courant de port est défini comme $i_{in} = i_1 - i_2$;
- le cours donne $R_{in} = -2/g_m$ parce que le courant de port est pris égal au courant d'une branche $i = i_1 = -i_2$.

Le but de l'exercice est de vous montrer les deux configurations possibles pour l'excitation du port (couple de bornes par lequel le reste du circuit "voit" l'ampli) et les conditions d'appariement à imposer.

Calcul g_m

Pour chaque transistor, on suppose que le courant de 2 mA se partage également entre M1 et M2 :

$$I_{D1} = I_{D2} = 1 \text{ mA.}$$

En utilisant le modèle de MOS en région saturation (donné)

$$g_m = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \frac{W}{L} I_D} = \sqrt{2 \cdot (110 \times 10^{-6}) \cdot \frac{W}{L} \cdot 1 \text{ mA}},$$

En règle générale, les paramètres technologiques doivent être indiqués dans l'énoncé de l'exercice

En égalant avec la valeur imposée par le résonateur :

$$\frac{\sqrt{W/L}}{2132} = \frac{1}{104\pi} \Rightarrow \sqrt{\frac{W}{L}} = \frac{2132}{104\pi},$$

d'où :

$$\frac{W}{L} = \left(\frac{2132}{104\pi} \right)^2 \approx 42,6.$$

Pour satisfaire la condition d'oscillation avec ce résonateur, chaque transistor du couple croisé doit avoir

$$\frac{W}{L} \approx 42,6.$$

Ce calcul reste **strictement identique** que l'on parte de la forme

$R_{in} = -1/g_m$ ou de la forme du cours $R_{in} = -2/g_m$, dès lors qu'on tient compte de la différence de définition du courant de port.

De manière générale, pour un exercice de ce type, il suffit d'identifier la manière dont le circuit est excité au port, de vérifier si la condition d'appariement de M1 et M2 est spécifiée, puis de calculer R_{in} en conséquence.