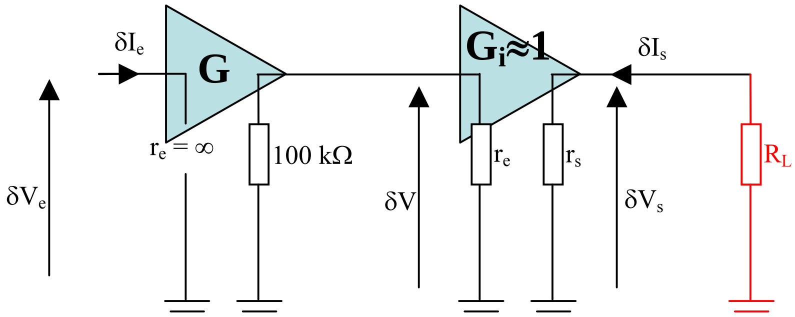
Chapitre 4 : Montage suiveur

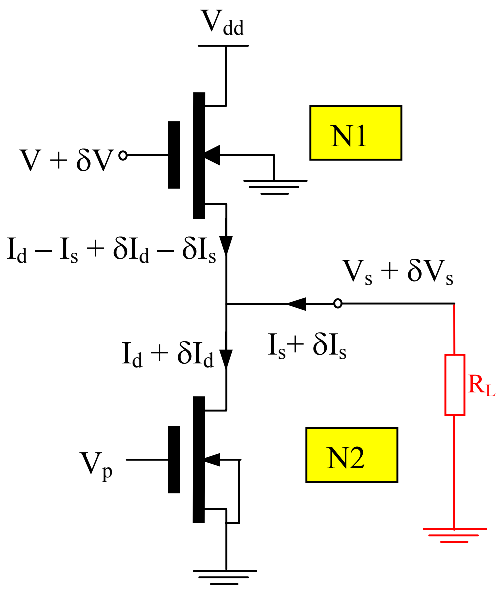
I But

Réaliser l'interface entre un étage de gain G présentant une impédance de sortie élevée (ex $r_{dsn}//r_{dsp} \approx 100\ k\Omega$) et une impédance de charge faible ($\approx 100\ \Omega$) avec un perte de gain minimale, quelle que soit la charge R_L.



II Principe de fonctionnement

On propose comme montage le montage suivant :



Attention : il s'agit bien de deux NMOS

L'impédance d'entrée est $r_e = \infty$

Pour l'obtention du gain intrinsèque et de l'impédance de sortie : on différencie les relations liant $(I_d - I_s)$ et I_d aux tensions de polarisation.

$$(1)\ \delta I_d - \delta I_s = g_{m1}\delta V_{gs}(N1) + g_{mb1}\delta V_{sb}(N1) + \frac{1}{r_{ds1}}\delta V_{ds}(N1)$$

$$(2)\ \delta I_d = g_{m2}\delta V_{gs}(N2) + g_{mb2}\delta V_{sb}(N2) + \frac{1}{r_{ds2}}\delta V_{ds}(N2)$$

Soit $\quad \delta I_d - \delta I_s = g_{m1}[\delta V - \delta V_s] + g_{mb1}\delta V_s + \frac{1}{r_{ds1}}[-\delta V_s]$

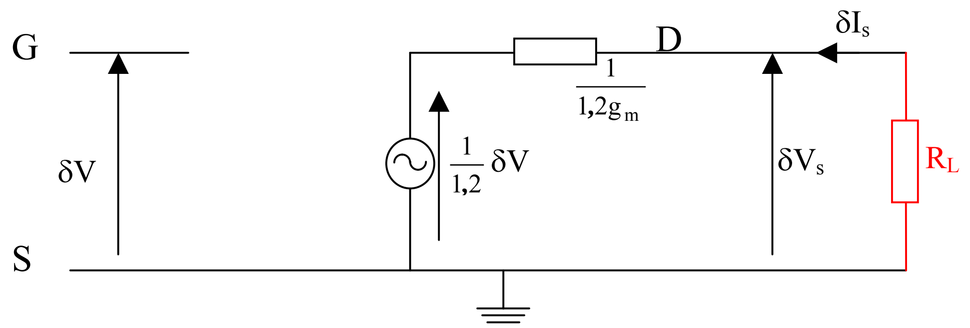
Et $\quad \delta I_d = \frac{1}{r_{ds2}}[\delta V_s]$

D'où $\quad \delta I_s = -g_{m1}\delta V + \left[g_{m1} - g_{mb1} + \underbrace{\frac{1}{r_{ds1}} + \frac{1}{r_{ds2}}}_{\text{négligeable}}\right]\delta V_s$

<u>Ordre de grandeurs :</u>
$r_{ds} \approx 100$ kOhm
g_m est de l'ordre de 1 à 5 mS
g_{mb} est de l'ordre de 0,2 à 1 mS

D'où $\boxed{r_s = \frac{\delta V_s}{\delta I_s} = \frac{1}{[g_{m1} - g_{mb1}]} = \frac{1}{1{,}2 g_m} \cong \frac{0{,}8}{g_m}}$ et $\boxed{G_i = \frac{\delta V_s}{\delta V} = \frac{g_{m1}}{[g_{m1} - g_{mb1}]} = \frac{1}{1{,}2} \cong 0{,}8}$

Le schéma équivalent petit signal est le suivant :



Une fois chargé par R_L, cet étage suivra alors la loi suivante (en remplaçant δI_s par $-\delta V_s/R_L$) :

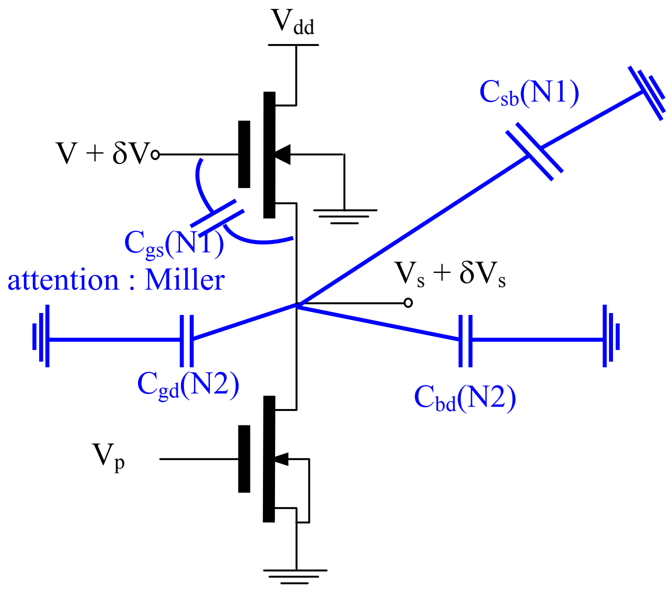
$$-\frac{1}{R_L}\delta V_s = -g_{m1}\delta V + \left[g_{m1} - g_{mb1} + \frac{1}{r_{ds1}} + \frac{1}{r_{ds2}}\right]\delta V_s$$

$$\Leftrightarrow \quad G_{chargé} = \frac{\delta V_s}{\delta V} = \frac{g_{m1}}{\left[\frac{1}{R_L} + g_{m1} - g_{mb1}\right]}$$

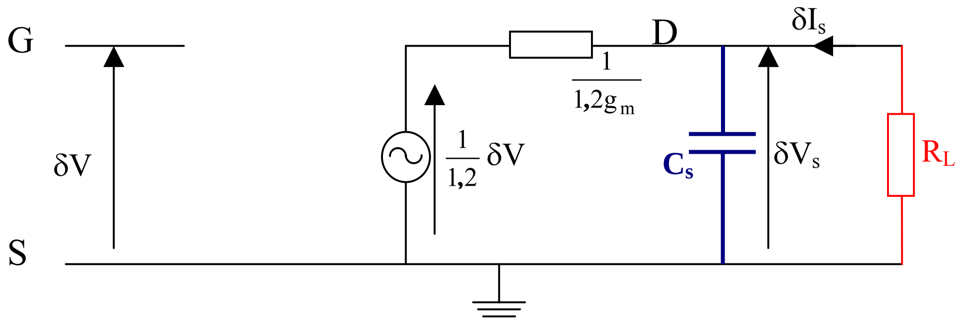
$$\Leftrightarrow \quad \boxed{G_{chargé} = \frac{g_{m1}.R_L}{[1 + 1{,}2\, g_{m1}.R_L]}}$$

<u>Ordre de grandeurs :</u>
$R_L \approx 100$ Ohm
Si R_L est proche de 200 Ohm et g_m proche de 5mS, $G_{chargé}$ est de l'ordre de 0,5. On perd un rapport 2.
Si R_L est proche de 100 Ohm et g_m proche de 1mS, $G_{chargé}$ est de l'ordre de 0,1. On perd un rapport 10. Toutefois, cela reste moins gênant que si l'on avait chargé directement R_L sur l'ampli de grand gain.
Plus R_L sera grand et plus le gain du montage suiveur se rapprochera de 1.

III Comportement en fréquences



Il existe donc une capacité en sortie en parallèle avec R_L.



Pour voir l'influence sur le gain chargé, on remplace donc R_L par $R_L//C_s$.

Avec $C_s = C_{gd}(N2) + C_{bd}(N2) + C_{gd}(N1)*[1-G_{chargé}^{-1}] + C_{bs}(N1)$

$C_s = C_{gd}(N2) + C_{bd}(N2) - 0,2 * C_{gd}(N1) + C_{bs}(N1)$

Soit $$G_{chargé} = \frac{g_{m1}.[R_L // 1/j\omega C_s]}{1+1,2\, g_{m1}.[R_L // 1/j\omega C_s]}$$

$$\Leftrightarrow \quad G_{chargé} = \frac{g_{m1}.R_L}{1+1,2\, g_{m1}.R_L} \cdot \frac{1}{1+j\omega C_s \dfrac{R_L}{1+1,2 g_{m1}.R_L}}$$

$$\Leftrightarrow \quad \boxed{G_{chargé} = \frac{g_{m1}.R_L}{1+1,2\, g_{m1}.R_L} \cdot \frac{1}{1+j\omega C_s.\left[R_L // \frac{1}{1,2 g_m}\right]}}$$

On a donc comme fréquence de coupure $\boxed{f_c = 1/[2\pi.C_s.(R_L // \frac{1}{1,2 g_m})]}$

Ordre de grandeurs :

Par ex, R_L=1kOhm négligé devant g_m=5mS. On a $C_s \approx 100fF$. D'où $f_c \approx 10$ GHz. Pas de souci.