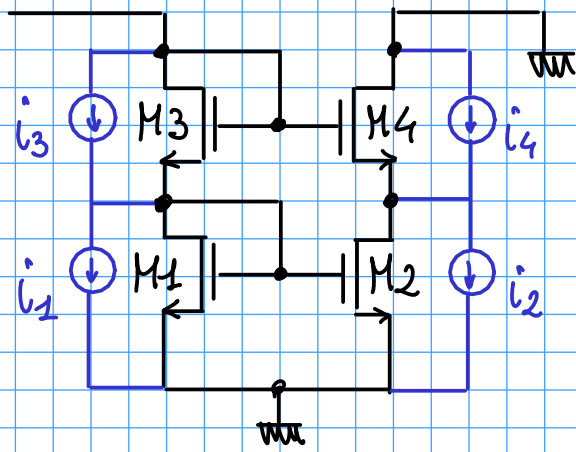


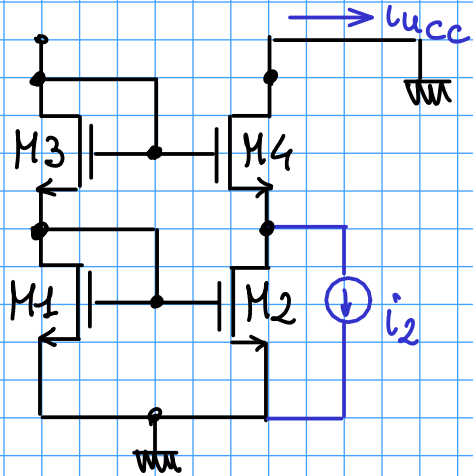
Analisi dei circuiti - Specchio Cascode

24 OTT

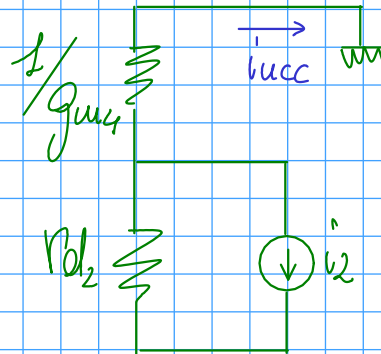


introduco generatori di rumore sul circuito
alle variazioni, con cortocircuito sull'uscita

→ contributo i_2



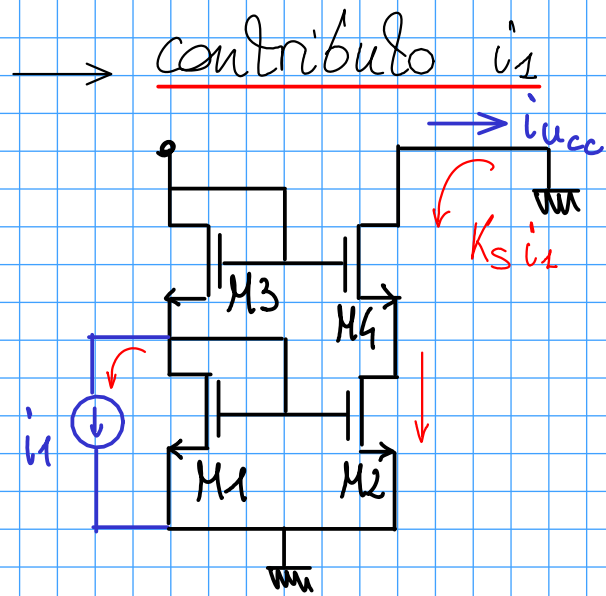
in basso r_{d2} , in alto $1/g_{m4}$



per ragionamenti su rumore
si accettano approssimazioni
("errore su errore")

$$i_{ucc(2)} = -i_2 \frac{r_{d2}}{r_{d2} + 1/g_{m4}} = -i_2 \frac{r_{d2} g_{m4}}{1 + r_{d2} g_{m4}} \sim -i_2$$

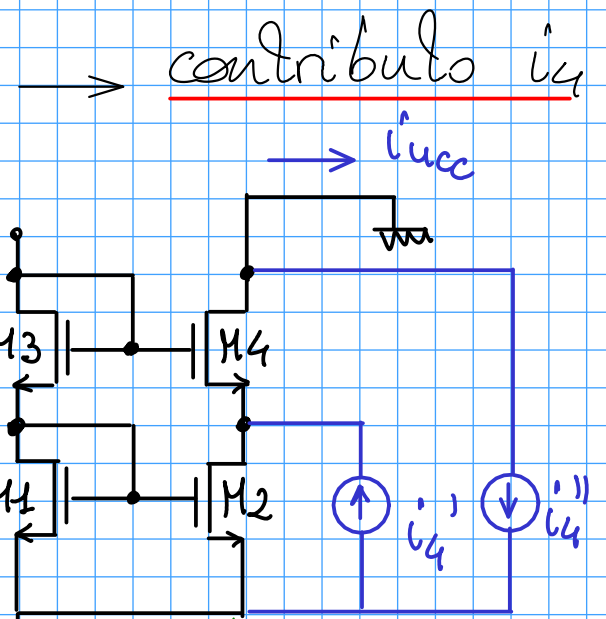
contributo completo
sull'uscita



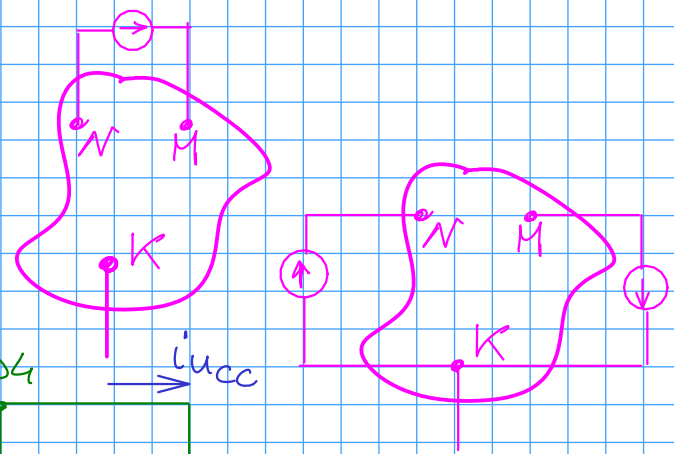
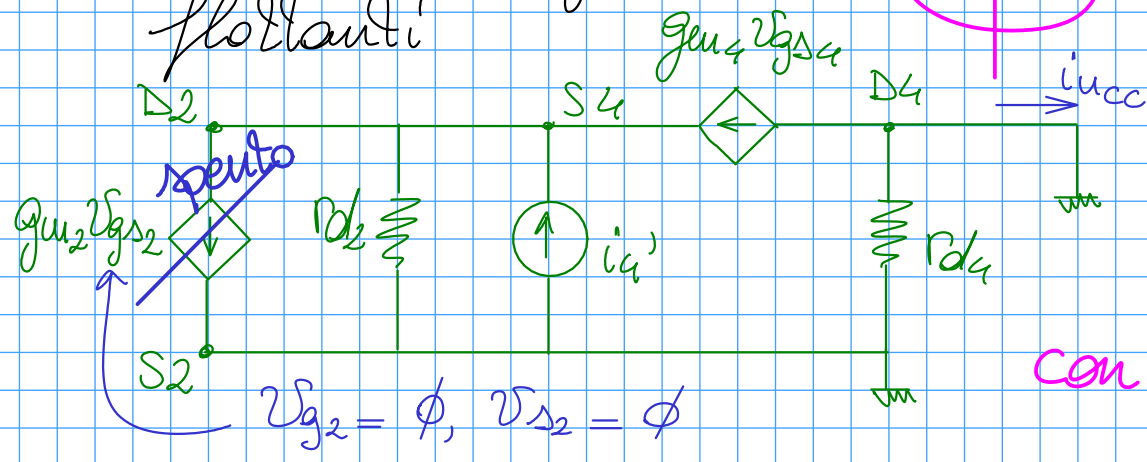
verso l'alto M1 vede un circuito aperto, la i_1 viene specchiata su M2
 da $i_1 \rightarrow i_{ucc1} = -K_S i_1$

complessivamente, con i_1 e i_2

$$i_{ucc(1)} = -i_2 - K_S i_1$$



teorema dei generatori flottanti



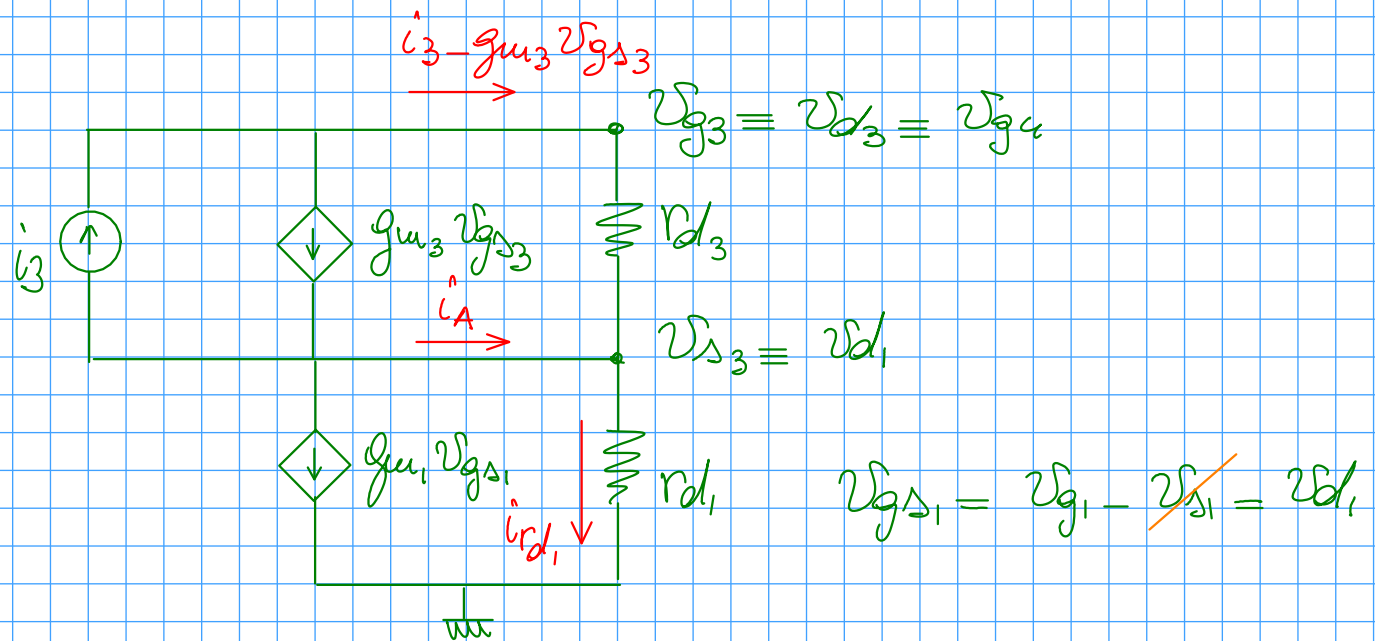
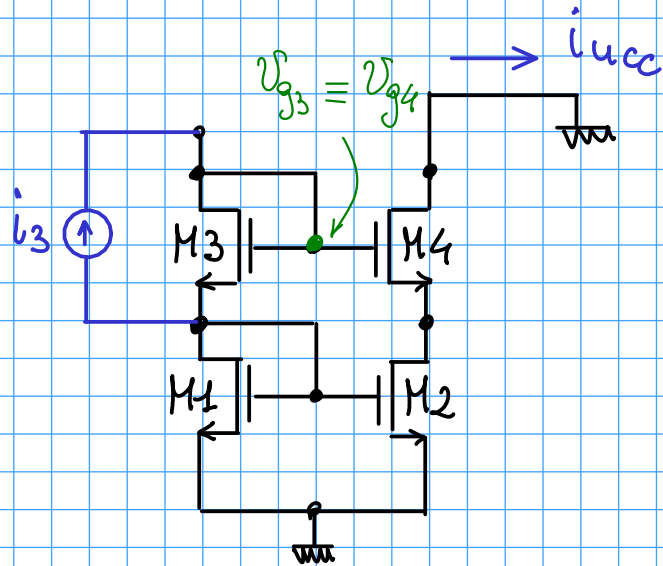
con $i_4' = i_4'' = i_4$

$$V_{ds4} = (i_4' + g_{m4} V_{gs4}) r_{d2} = [i_4' + g_{m4} (V_{gs4} - V_{ds4})] r_{d2} \rightarrow V_{ds4} = \frac{r_{d2}}{1 + g_{m4} r_{d2}} i_4'$$

$$i_{ucc} = -g_{m4} V_{gs4} - i_4'' = g_{m4} V_{ds4} - i_4'' \rightarrow i_{ucc(4)} = i_4 \left(1 - \frac{g_{m4} r_{d2}}{1 + g_{m4} r_{d2}} \right) \approx \phi$$

contributo M4 limitato da $g_{m4} r_{d2}$!

→ contributo i_3



$$v_{gs3} = (i_3 - g_{m3} v_{gs3}) r_{d3} \rightarrow v_{gs3} = \frac{r_{d3}}{1 + g_{m3} r_{d3}} i_3 \approx \frac{i_3}{g_{m3}}$$

dimostro che v_{d1} è costante (proprietà specchio)

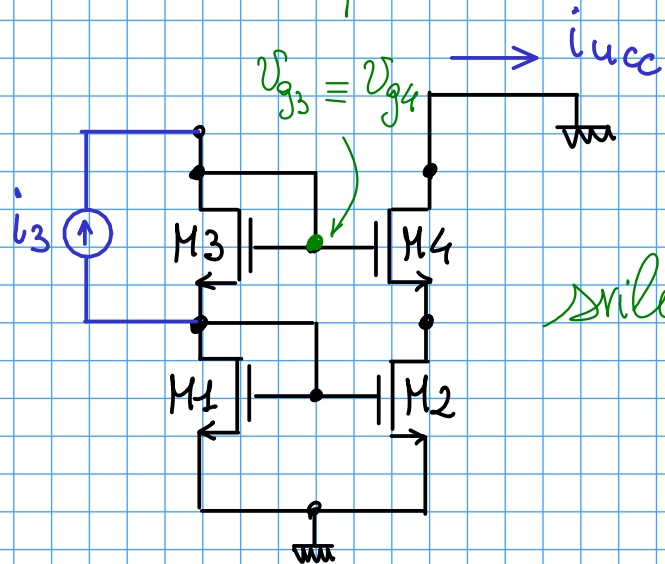
$$i_A = g_{m3} v_{gs3} - g_{m1} v_{gs1} - i_3 \text{ con } v_{gs1} = v_{d1}$$

$$v_{d1} = i_{d1} r_{d1} = (i_A + i_3 - g_{m3} v_{gs3}) r_{d1} = (g_{m3} v_{gs3} - g_{m1} v_{d1} - i_3 + i_3 - g_{m3} v_{gs3}) r_{d1}$$

$$v_{d1} = -g_{m1} r_{d1} v_{d1} \rightarrow \text{unica soluzione } v_{d1} = 0 \text{ ok!}$$

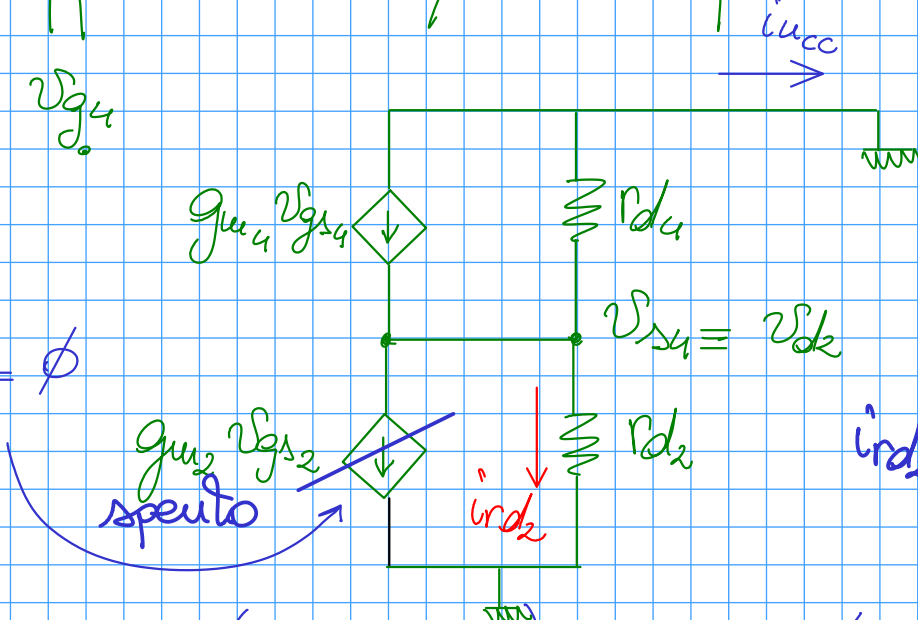
v_{d1} non subisce variazioni assorbite da M3 (anche perché generatore i_3 agisce esclusivamente su M3)

delle espressioni trovate siamo interessati a $v_{gs3} \approx \frac{i_3}{g_{m3}}$



per il collegamento possiamo dire che $v_{g3} = v_{g4}$
 $v_{s3} = v_{d1} = \phi$ (dimostrato)

sviluppo circuito equivalente per M4 e M2



perché $g_{m2} v_{gs2}$ speinto

$$i_{d2} = -i_{ucc}$$

$$v_{gs2} = v_{g2} - v_{s2} = v_{d1} = \phi$$

$$v_{d2} = g_{m4} v_{gs4} r_{d4} = g_{m4} r_{d4} (v_{g4} - v_{s4}) = g_{m4} r_{d4} (v_{g3} - v_{d2})$$

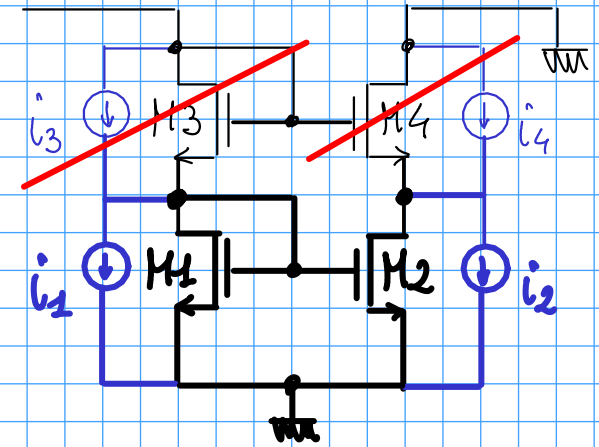
$$\rightarrow \text{ricavo } v_{d2} = \frac{g_{m4} r_{d4}}{1 + g_{m4} r_{d4}} v_{g3} \approx v_{g3} \rightarrow i_{d2} = \frac{v_{d2}}{r_{d2}} = \frac{i_3}{g_{m3} r_{d2}}$$

$$\rightarrow \text{alla fine } i_{ucc} = - \frac{i_3}{g_{m3} r_{d2}}$$

numero M3 ottenuto da un termine $g_m r_d (\sim 1000)$

in conclusione, per specchio Cascode

→ ai fini del rumore
MOS superiori non contano



posso aumentare
dimensioni di M3 e M4
per ridurre flicker

← M3 →
← M4 →

$V_{GS} - V_t$ alta riduce rumore ma limita la
dinamica

contributi M3 e M4
iniziano a manifestarsi
quando M3 e M4 sono in triodo

$$V_{min} = V_t + (V_{GS} - V_t)_2 + \cancel{(V_{GS} - V_t)_4}$$

limite $(V_{GS} - V_t)_4$

osservazione: $i_{out} = i_2 - i_1$ sull'uscita
se intendo come "rumore" una variazione nei parametri, si scopre
che ancora una volta i MOS superiori contribuiscono limitatamente
perché le variazioni sono attenuate da gain