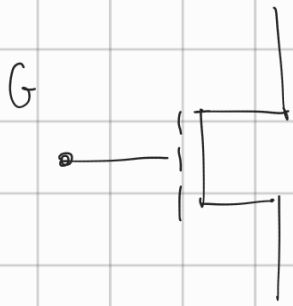


Dato un MOS ci si può fare un amplificatore o porta NOT o un interruttore



segnale che va in ingresso ad un amplificatore è del tipo

segnale in continuo

segnale composto da 2 segnali

$$V_{GS} = V_{GS} + V_{GS}$$

Segnale in continuo
Segnale in alternato

stabilisco il punto di lavoro in quale punto io voglio la linearizzazione, per determinare i parametri operativi del mio amplificatore

Divido dunque l'analisi circuitale in due parti:

← stabilisco punto di lavoro

1) POLARIZZAZIONE

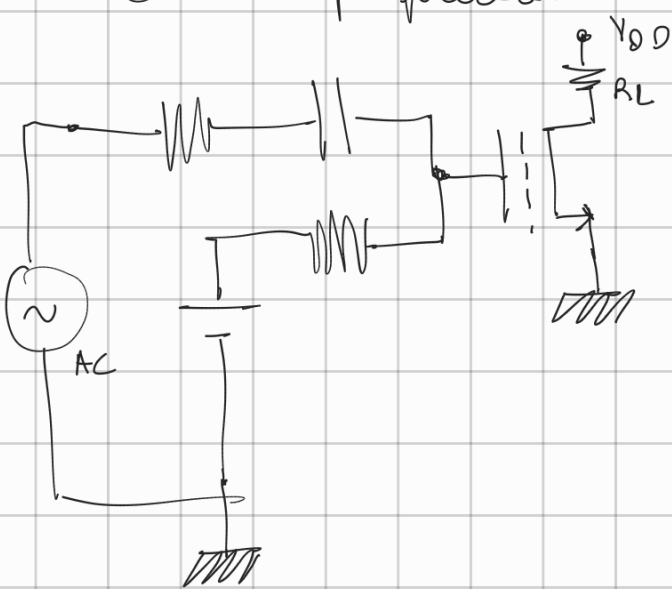
Segnali continui, ho bisogno di analisi a due fasi

2) AC

→ stabilito punto di lavoro, linearizzato l'ampli nel punto di lavoro, so quanto valgono i parametri dell'amplific. e posso fare analisi in AC, di quanto è amplificato il mio segnale in ingresso

non è detto che i segnali agiscano insieme, contemporaneamente

Es. amplificatore



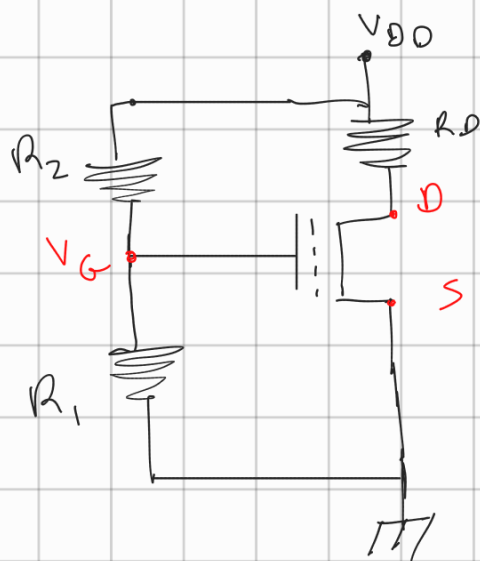
• Per polarizzare ho solo generatore e resistenza, la parte AC

• Per l'AC non uso il generatore V, sono interessato ad una risposta in AC

Per usare MOS come Amp, deve essere polarizzato in saturazione. ←

① Polarizzazione : Fissare il punto di lavoro del dispositivo

MOS a canale N ed arricchimento, voglio polarizzarlo. Lo metto in una rete con 3 resistenze, molto semplice, con un portatore Tensione



La corrente è sempre funzione di

V_{GS}

(corrente in saturazione)

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} [V_{GS} - V_{TH}]^2$$

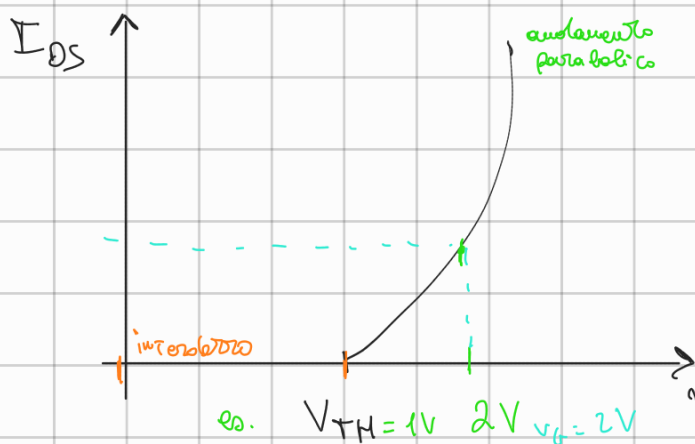
corrente che scorre una volta fissata V_{GS} , in sat.

• $V_{GS} = V_G - V_S$, ma V_S a terra = 0

$$\Rightarrow V_G = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

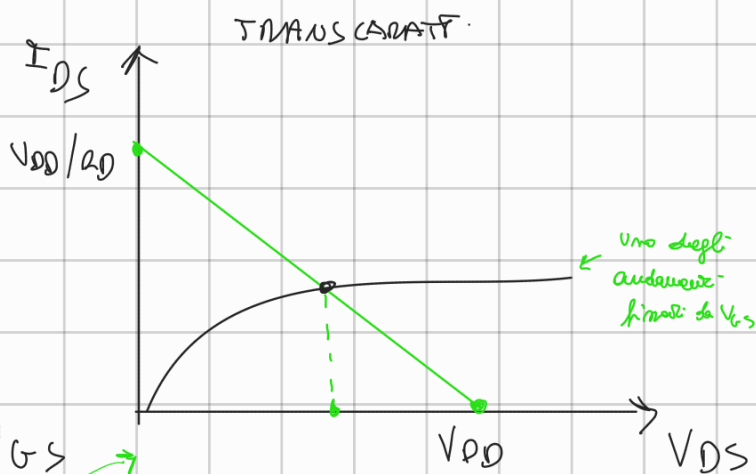
Tensione del partitore e per essere in saturazione $V_{DS} > V_G - V_{TH}$

=> Fissate le resistenze ho fissato un punto di lavoro, perché nel mio diagramma...



es. $V_{TH} = 1V$ $2V$ $V_G = 2V$

fissata V_{GS} con le resist.



$$V_{DD} = R_D \cdot I_{DS} + V_{DS}$$

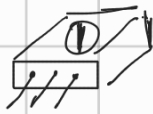
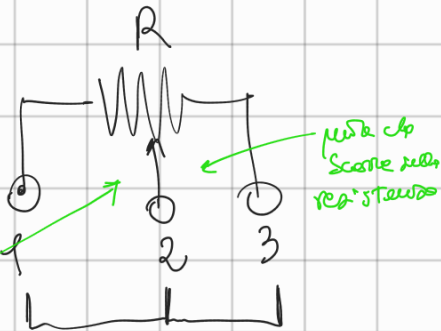
di segno

• Fissato V_{GS} , allora ho fissato I_{DS} , allora so quanto vale V_{DS} allora => devo sempre stare sulla rete di carico

• In pratica come scelgo V_{GS} ? Ho $V_{DD} = 4V$, voglio $V_{DS} = 2V$

es. Scelgo $R_1, R_2 = 1k\Omega$. cambio le resistenze per VGS

• **TRIUMER**, Resistenza a 3 morsetti;



la somma tra $R_{1-2} + R_{2-3} = R$

tra 1 e 3 ho resistenza R.

V_{DS}, V_{GS} non possono mai essere più grandi dell'alimento.

• Non so dove sono, V_{TH} , 2 sono vicino a V_{TH}

$V_{DS} > V_{GS} - V_{TH} = 1V$. Se questo è vero, mi trovo in saturazione.

Forma equaz. corrente in saturazione:

$$I_{DS} = \frac{k_n}{2} [V_{DS} - V_{TH}]^2$$

da qui ricavo V_{DS}
avendo questo di carico, avendo I_{DS} , ho V_{DS}

allora ho scelto un valore di tensione che mi permette di capire quanto vale I_{DS}

Se so I_{DS} , so anche quantale V_{DS} , guardo la caratteristica, che non so ancora come è dipendente, ma ho la RETTA di CARICO se ho I_{DS} , so quantale $V_{DS} \Rightarrow$ tiro su, la caratteristica la trovo...

$V_{GS} > V_{GS} + V_{GS}$ Fissato V_{GS} so V_{DS}, I_{DS} , ho scelto un punto preciso. Voglio amplificatore, sono in SAT, I_{DS} non lineare

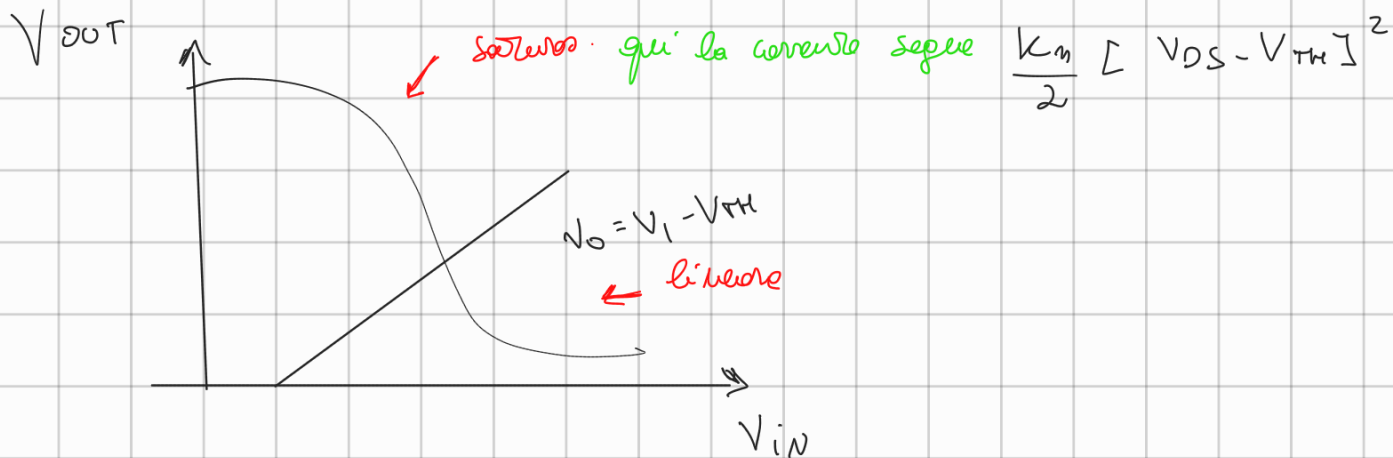
non mi piace per sovrapporsi V_{GS} , allora invece P.d. Lavoro, linearizzazio

Circuito di polarizzazione: ho trovato in maniera univoca, fissato V_{GS} , so quanto vale V_{DS} e I_{DS} ho scelto un punto preciso nella caratteristica

Se cambio V_{GS} , cambio il punto, mi sposto sulla caratteristica, volo da lavoro in lineare

ecc

es. **Transcond. porta NOT**



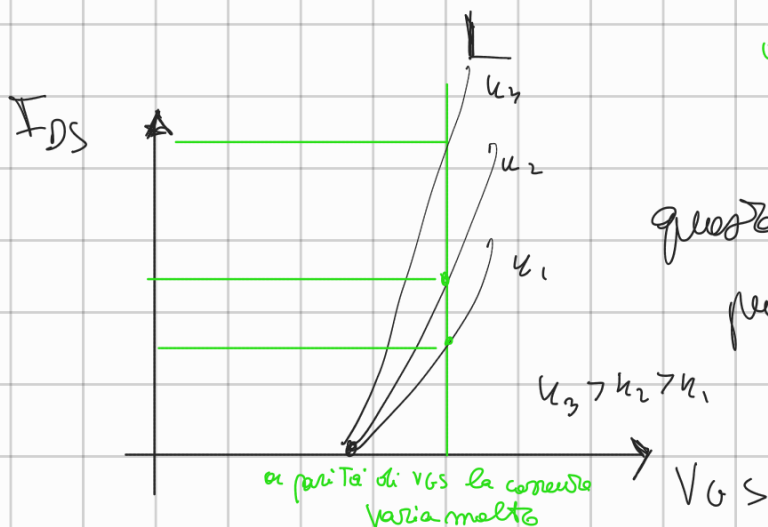
Da cosa dipende la corrente I_{DS} data V_{GS} ?

$$k_n = \frac{C_{ox} \mu_n W}{L}$$

al variare dell'oggetto...

avrei $k_{n1}, k_{n2}, \dots$ oggetti con k_n diversi, ma V_{GS} è la stessa!

k_n diversi anche per MOS identici



questa tecnica è poco utilizzabile, per variare troppo la corrente, MANCA UN SISTEMA di controllo

Corrente varia in un range troppo alto

$k_n = \frac{C_{ox} \mu_n W}{L}$ a' difficile che due MOS siano diversi

Retroaz. Negativa

Cambio circuito, serve controllo, aggiungo resistenza al source

può a ridurre effetto della variabilità su I_{DS}

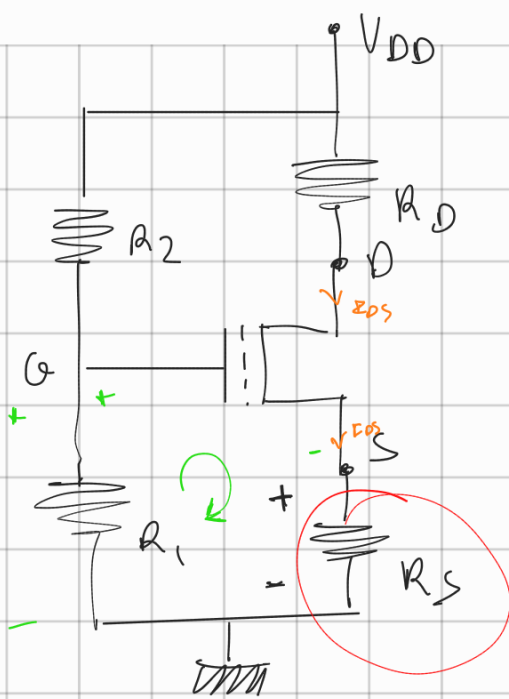
inserire R_S tra source e drain

• Cosa fa R_S ? Retrazione

lega il potenziale V_G alle
sua dei potenziali nelle maglie

• Anche R_S , come R_D , è
attraversata da I_{DS}

$$\Rightarrow V_G = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{DD}$$

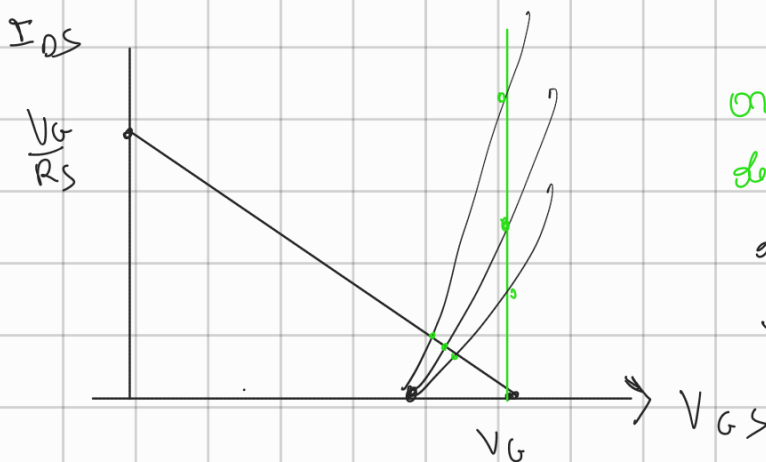


$$V_G = V_{GS} + R_S I_{DS}$$

$$-V_G + V_{GS} + R_S I$$

è una caratteristica I_{DS}, V_{GS}

$$\Rightarrow I_{DS} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S}$$



ma però tra i possibili valori
di corrente ho una RETTA
di CARICO! L'impedisce
l'escursione della mia

corrente. INDEPENDENTI
DEL DISPOSITIVO

R_S stabilisce il punto di lavoro
del MOS

Perché è una retroazione? V_G è costante

$$V_G = V_{GS} + R_S I_{DS} \text{ costante} \quad \text{Se } V_{GS} \text{ scende, } I_{DS} \text{ diminuisce}$$

Se I_{DS} aumenta, V_{GS} diminuisce, ma se V_{GS} diminuisce
diminuisce anche I_{DS} da transcorrenti

I_{DS} non può aumentare senza che diminuisca V_{GS} .

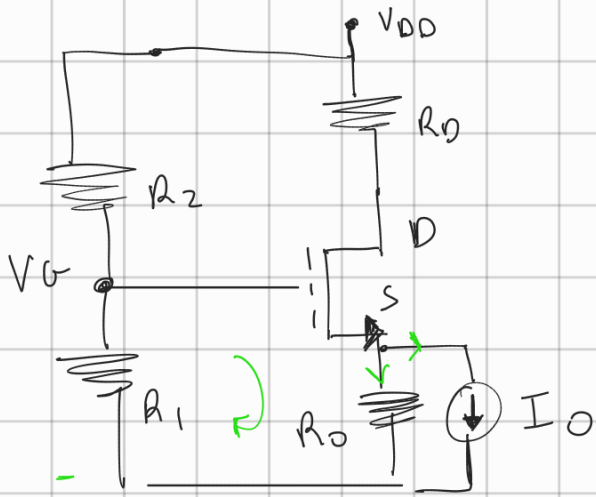
SI AUTOREGOLA VINCOLO LA CORRENTE A

stare nella RETTA di CARICO.

Se aumenta I_{DS} , V_{GS} diminuisce,
e per la caratteristica
 V_{GS}, I_{DS} , diminuisce I_{DS}

per un MOS sono 2 transcorrenti. $I_{DS} V_{DS}$, e $I_{DS} V_{GS}$

Polarizzar. con un GENERATORE DI CORRENTE
 invece di un resistore, posso usare generatore corrente



- Mettendo al generatore di corrente, ho imposto un valore di I_{DS} , ho scelto dunque allora anche V_{DS}

Par. n. con.

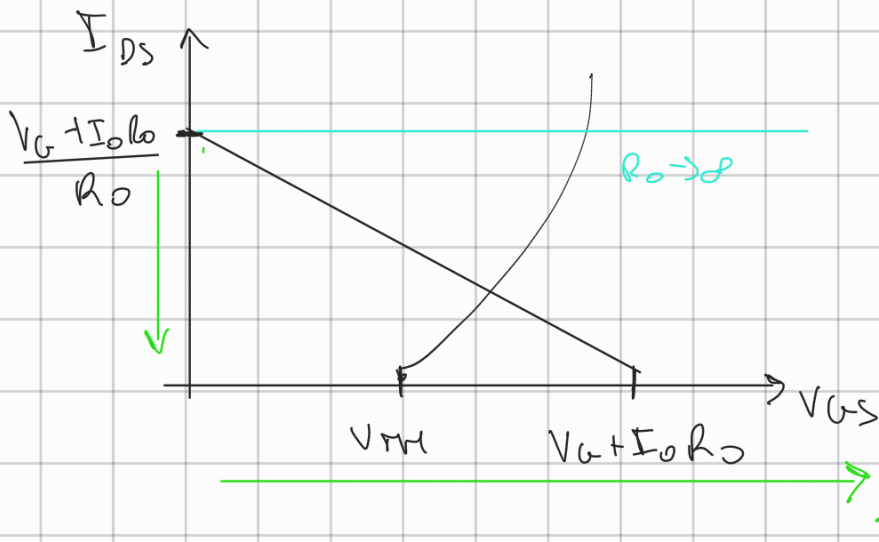
$$I_{DS} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_O} + I_O$$

risolvendo
$$I_{DS} = \frac{V_G + I_O R_O}{R_O} - \frac{V_{GS}}{R_O}$$

$$\begin{cases} I_{DS} = I_O + V_{DS} \cdot R_O \\ -V_G + V_{GS} + V_{DS} = 0 \Rightarrow V_{DS} = V_G - V_{GS} \end{cases}$$

R_O, kV, kI

- Posso dunque Rappresentare Caratteristica I_{DS}, V_{GS}



Retta di carico con pendenza R_O

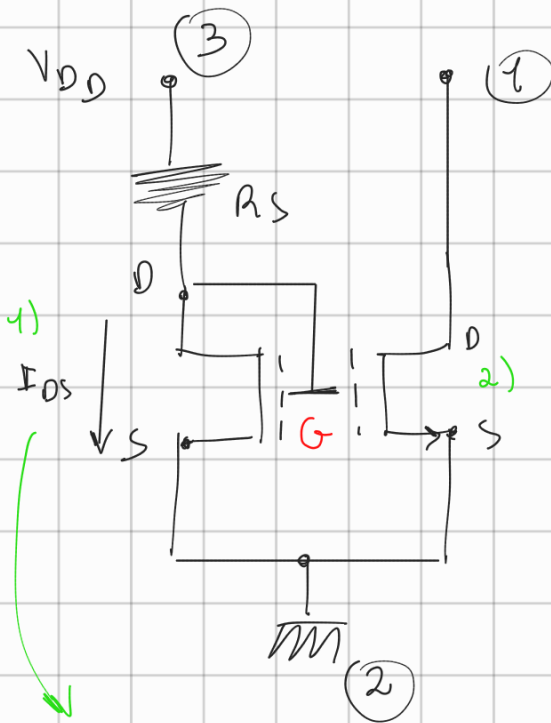
- R_O in un generatore di corrente è molto grande.

- La corrente I_{DS} è fissata, imposta da I_O

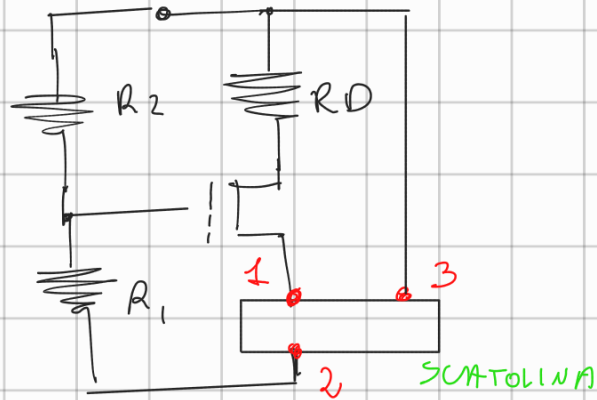
R_O è molto grande, ci porta poca corrente, necessariamente I_O impone I_{DS} , FISSA I_{DS} , non posso muovermi da questo valore di corrente I_O FISSA I_{DS}

SPECCHIO DI CORRENTE

- Due MOS N al arricchimento, supponiamo identici



MORSETTO 1 e 2 tira la corrente che voglio io, fissando V_{DD} e R_S



Ho realizzato gen. corrente

$$I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_{DS}}{R_S}$$

$$\Rightarrow I_{DS} = \frac{V_{DD} - V_{GS}}{R_S}$$

• D è cortocircuitato con G, dunque $V_{DS} = V_{GS}$

Se V_{GS} è uguale, I_{DS} uguale

$\Rightarrow$ Fissando V_{GS} , ho fissato I_{DS} V_{DD} e R_D sono liberi

ma le V_{GS} sono uguali tra i due MOS
allora LA CORRENTE I_{DS} sarà UGUALE anche dell'altra parte, ecco perché SPECCHIO DI CORRENTE

Le correnti dei due rami sono identiche.

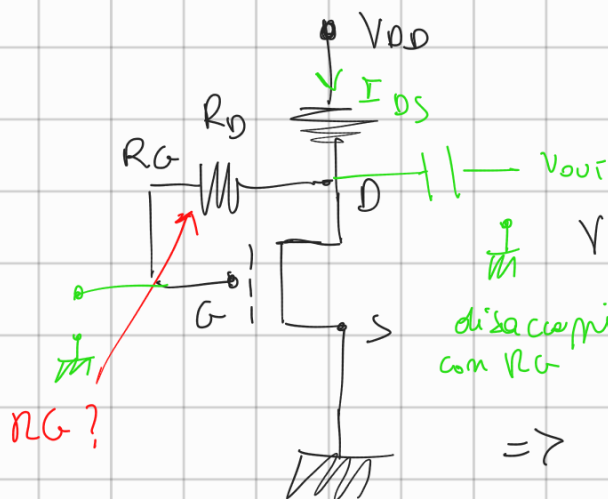
$\Rightarrow$ Ho fatto il mio GENERATORE di CORRENTE

Morsetto 1 e 2 tirano la corrente che voglio I_O , che scelgo, impongo fissando le comoliz.

Bra morsetto 3 e morsetto 2.

A L'NO CIRCITO di Polarizzazione, RESIST. DI GATE

mi permette di determinare I_{DS} e V_{DS}
 I_{DS} e V_{DS} , infatti si potrebbe di determinare

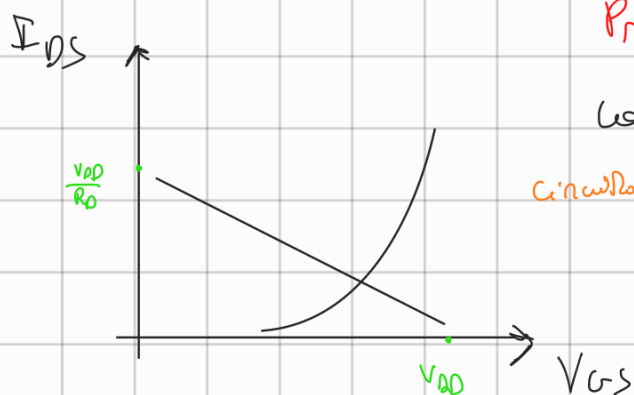


$$V_{DD} = R_D \cdot I_{DS} + V_{DS}$$

disaccoppiato con R_G

D è cortocircuitato con G

$$\Rightarrow V_{DD} = R_D \cdot I_{DS} + V_{GS} \quad \text{retta di carico}$$



Presenza di R_G , anche se non scorre corrente; il gate non assorbe corrente

Circolo è preso da un Amplificatore

Se voglio amplificare però, nello studio in ac, le capacità sono come C.C.

Se non metto R_G come disaccoppiatore, il segnale me lo ritrovo direttamente in uscita, devo separare i segnali.

$\Rightarrow$ Potenziale V_G zona diversa del potenziale in uscita, che deve essere amplificato rispetto al segnale di ingresso.

in AC il segnale è iniettato nel gate e estratto dal drain se non ci fosse R_G , $V_{in} = V_{out}$, senza alcun amplif.

• Usare MOS come carico ATTIVO

$$V_{in} = V_{GS1}$$

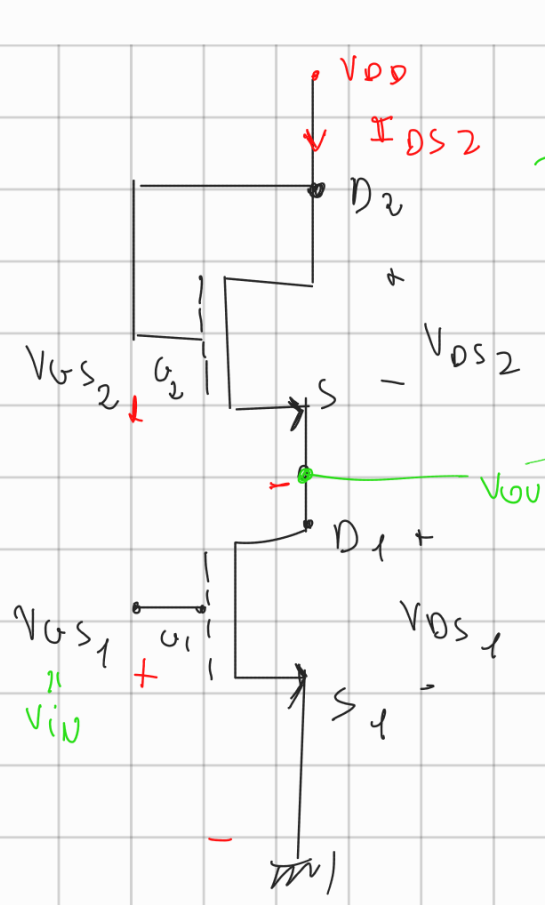
$$V_{out} = V_{DS1}$$

$$I_{DS2} = \frac{k_{n2}}{2} [V_{GS2} - V_{TH2}]^2$$

$$V_{DS2} \geq V_{GS2} - V_{TH}$$

$\Downarrow$

ma $V_{DS2} = V_{GS2}$, condizione SEMPRE VERIFICATA



è una corrente di drain
Suppongo che anche 2) sia in saturazione

$$I_{DS1} = \frac{k_{n1}}{2} [V_{GS1} - V_{TH1}]^2$$

$$V_{GS2} = V_{DS2}$$

$$\Rightarrow V_{DD} = V_{DS1} + V_{DS2}$$

$$\Rightarrow V_{DS2} = V_{DD} - V_{DS1}$$

$$\Rightarrow I_{DS2} = \frac{k_{n2}}{2} [V_{DD} - V_{DS1} - V_{TH2}]^2$$

$$I_{DS1} = I_{DS2}$$

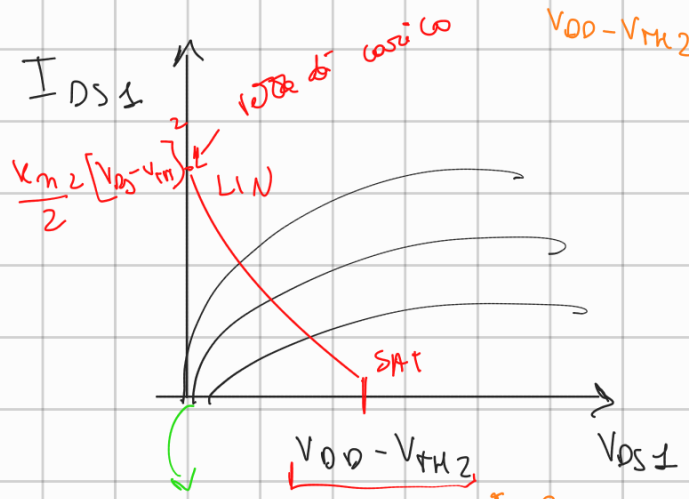
le due transconduzze
viaggiano sulla stessa
curva

Se prendo la transconduzza

I_{DS1}, V_{DS1}
Per MOSFET 2 ho
una parabola
ROVESCIATA
centrata in
 $V_{DD} - V_{TH2}$

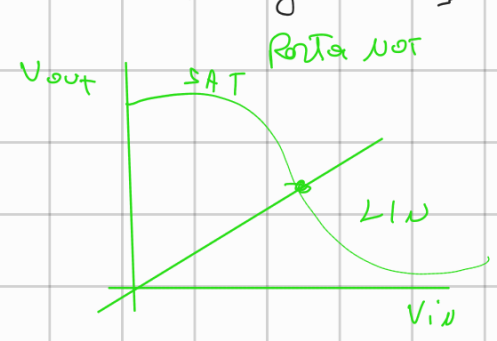
Per MOS1 una curva, dipendente da V_{GS1}

Ma mano che scorro in basso
non mano che aumento V_{GS1}
 V_{GS1} per far scorrere corrente,
Penso della saturazione di V_{GS1}
fino alla zona lineare di V_{GS1}



una le due curve in f di V_{GS1}

Se le correnti sono uguali?
SI



dunque Relazione $V_{in} - V_{out}$ Fd t

$$V_{in} = V_{GS1} \quad V_{out} = V_{DS1}$$

$$\Rightarrow \frac{k_{n1}}{2} [V_{in} - V_{TH1}]^2 = \frac{k_{n2}}{2} [V_{DD} - V_{TH2} - V_{out}]^2$$

$$V_{out} = - \sqrt{\frac{k_{n1}}{k_{n2}}} [V_{in} - V_{TH1}] + V_{DD} - V_{TH2}$$

LA RELAZIONE $V_{IN} - V_{OUT}$ è LINEARE finché le 2 correnti sono uguali in sp.

Finché siamo in saturazione. Relazione Lineare

Per V_{IN} e V_{OUT} se siamo in entrambi in SATURAZIONE

⇒ Il primo MOS, è in SATURAZ. per costruzione, la seconda dipende da come mi muovo sulla retta di carico, poiché all'aumentare di V_{GS} , è più difficile che $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$

• V_{DS} all'aumentare di V_{GS} difficilmente sopra $V_{GS} - V_{TH}$, dunque non meno, allora man mano che V_{GS} aumenta, tendo ad uscire dalla zona di saturazione, vado in LIN

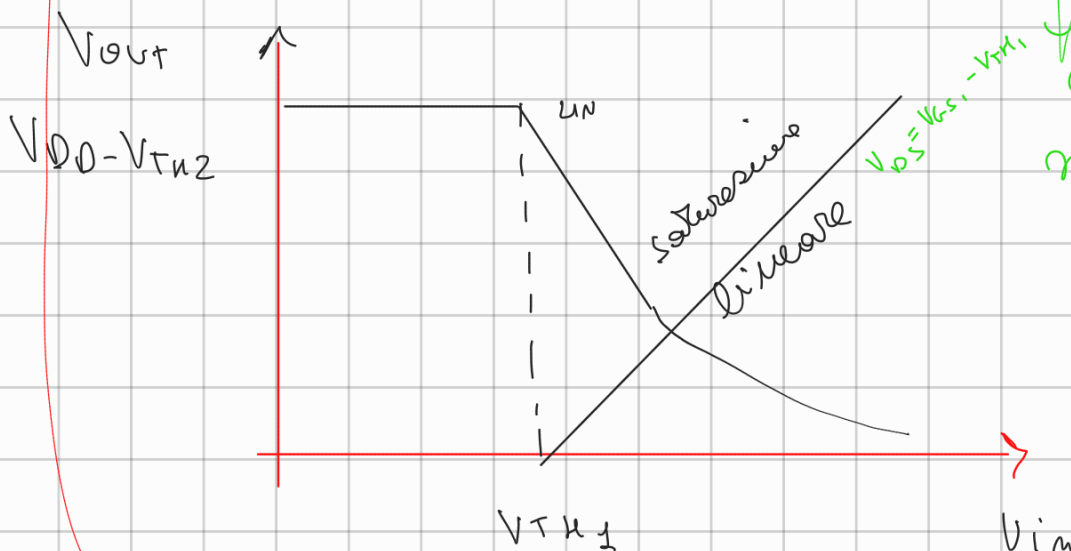
$$I_1 = \frac{K_n}{2} [V_{GS} - V_{TH}] V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2$$

non è più lineare

Se aumento troppo V_{GS} , non c'è più una relazione lineare tra $V_{IN} - V_{OUT}$

Ma finché V_{GS} non ci porta sotto la zona di lavoro, la $V_{IN} - V_{OUT}$ è lineare su tutto il range

Il punto di lavoro che fissi, calcolate le caratteristiche del mio amplificatore, quelle rimangono in tutto il range



Una volta che ho fissato la caratteristica in AC del mio amplificatore, queste rimangono per tutto il range in SD.

UGUALI 2D

$$\sqrt{\frac{k_{n1}}{k_{n2}}} [V_1 - V_{TH1}] = V_{DD} - V_{TH2} - V_{out}$$

$$\Rightarrow V_{out} = V_{DD} - V_{TH2} - \sqrt{\frac{k_{n1}}{k_{n2}}} (V_1 - V_{TH1})$$

• Sempre invertente, V_1 ha un segno, V_{out} ha un segno

→ è il mio guadagno

$$k_{n1} = C_{ox}^n \mu_n \left(\frac{W}{L} \right)_1$$

$$k_{n2} = C_{ox}^n \mu_n \left(\frac{W}{L} \right)_2$$

Ma sullo stesso substrato, sono
 C_{ox}^n e μ_n

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{\frac{W_1}{L_1}}{\frac{W_2}{L_2}}} = \sqrt{\frac{W_1 \cdot L_2}{W_2 \cdot L_1}}$$

guadagno
dipendente dalla
geometria

Posso determinare il guadagno dell'amplificatore
mediante la geometria del silicio

$$\frac{W}{L} = \text{Parametro di Forma}$$