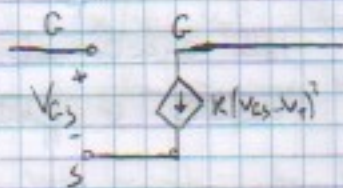


T1 Ricavare espressione del parametro di transconduttanza per piccoli segnali (g_m) del transistor MOS a partire dal modello per grandi segnali.

Modello per grandi segnali:

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$$

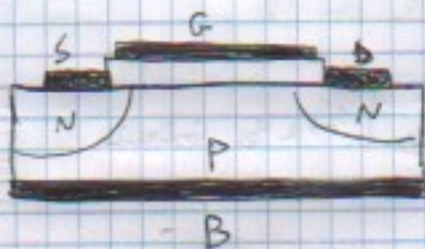


Dato un certo punto di lavoro Q, il parametro di transconduttanza per piccoli segnali è definito come:

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \frac{\partial [K(V_{GS}^2 + V_T^2 - 2V_{GS}V_T)]}{\partial V_{GS}} = \frac{K \partial [V_{GS}^2 + V_T^2 - 2V_{GS}V_T]}{\partial V_{GS}} = K(2V_{GS} - 2V_T)$$

$$\Rightarrow \boxed{g_m = 2K(V_{GS} - V_T)} \text{ con } V_{GS} \text{ relativo al punto di lavoro Q.}$$

T2 Illustrare struttura ed il principio di funzionamento di un transistor MOS esplicitando le relazioni corrente-tensione nelle differenti zone di funzionamento.



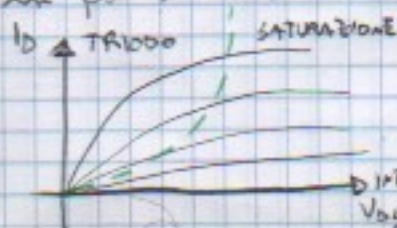
STRUTTURA

Il MOS è composto da un substrato di tipo N fortemente drogato, che costituisce il SOURCE e il DRAIN. La zona tra S e D è la sede del canale di conduzione di canale. Al di sopra del canale viene messo un sottile strato

di isolante sul quale viene posizionato un elettrodo metallico che costituisce il GATE.

FUNZIONAMENTO: Se su G non è applicata tensione, le due giunzioni PN sono corte come quelli in diodi collegati, e qualsiasi tensione applicata tra D e S non genera corrente, ci troviamo in INTERDIZIONE.

Facciamo crescere la tensione sul gate e collegando S e D a massa, otteniamo che le lacune sotto l'ossido sono spinte verso il substrato P, lasciando degli elettroni liberi e attrazione altri dalle regioni N. Quando la tensione tra G e S raggiunge un certo valore, si forma un canale che collega S e D. Tale valore di V_{GS} prende il nome di TENSIONE DI SOGLIA V_T . Certo il canale, si può agire su V_{DS} per influenzare la corrente. Tuttavia la tensione V_{DS} causa una strozzatura del canale, aumentandone con la resistenza. Quando $V_{DS} = V_{GS} - V_T$ il canale si strozza in corrispondenza del DRAIN, tale strozzatura è detta PINCH-OFF, da questa tensione in poi il MOS è detto SATURAZIONE la corrente rimane costante. 3 ZONE DI FUNZIONAMENTO:



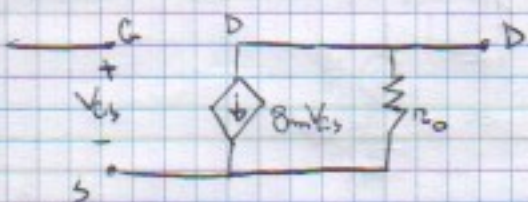
Per $V_{GS} < V_T$: INTERDIZIONE

Per $V_{GS} > V_T$ e $V_{DS} < V_{GS} - V_T$: TRIODO ($I_D = K[2(V_{GS} - V_T)V_{DS} - V_{DS}^2]$)

Per $V_{DS} > V_{GS} - V_T$ e $V_{GS} > V_T$: SATURAZIONE ($I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$)

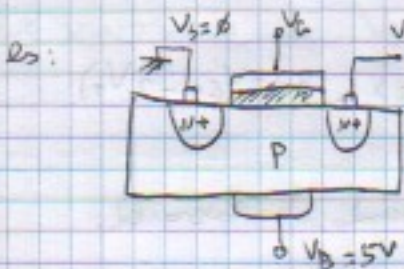
T3 Cosa è l'EFFETTO BODY in un Transistor MOS e come si modifica il circuito equivalente per piccoli segnali

Piccolo segnale Transistor:



Tale circuito subisce una modifica nel caso si verifica l'effetto body.

L'effetto body si presenta quando il S e il Body non sono allo stesso potenziale.

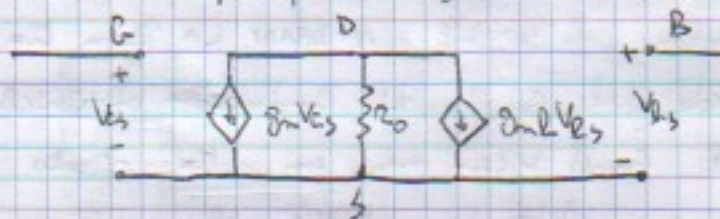


Questo è frequente quando molti MOSFET convivono sulla stessa lamina di silicio, infatti in tal caso il body viene connesso all'alimentazione più negativa (o più positiva in caso di un PMOS) per non mandare in

conduzione le giunzioni PN.

La tensione V_{gs} allunga la regione di svuotamento favorendo la scorrimento della corrente. Questo effetto può degradare sulle prestazioni del circuito.

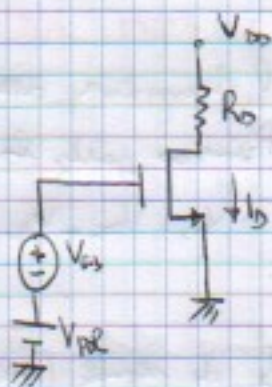
Il modello per piccoli segnali diventa:



$$\text{dove } g_{mb} = \frac{\partial I_D}{\partial V_{bs}} \Big|_{V_{gs} \text{ e } V_{ds} \text{ costanti}}$$

Dato che I_D dipende da V_{gs} risulta che $g_{mb} = \chi g_m$ dove $\chi = \frac{\partial V_T}{\partial V_{bs}}$.

T4) Condizione di piccolo segnale in un amplificatore a MOS



Per funzionare il MOS deve essere in saturazione. La corrente I_D è quindi $K(V_{GS} - V_T)^2$. V_{GS} è composta da due componenti: una continua di polarizzazione V_{GS} e una di segnale V_{gs} .

Tale corrente vale quindi: $I_D = K(V_{GS} + V_{gs} - V_T)^2 =$

$$= K [V_{GS}^2 + 2V_{GS}V_{gs} - 2V_TV_{gs} + V_{gs}^2 - 2V_TV_{gs} + V_T^2]$$

$$\Rightarrow I_D = \underbrace{K(V_{GS} - V_T)^2}_{1^\circ} + \underbrace{K(2V_{GS} - 2V_T)V_{gs}}_{2^\circ} + \underbrace{KV_{gs}^2}_{3^\circ}$$

Tale equazione è composta da tre termini: il 1° è la corrente di polarizzazione in continua, il 2° è direttamente proporzionale al segnale di ingresso, il 3° è una distorsione non lineare che vogliamo eliminare. Si vede che

$$KV_{gs}^2 \ll 2K(V_{GS} - V_T)V_{gs} \quad \text{cioè} \Rightarrow \boxed{V_{gs} \ll 2(V_{GS} - V_T)} \quad \text{ovvero la CONDIZIONE DI PICCOLO SEGNALE}$$

Cio significa che il segnale di ingresso oscilla intorno al punto di lavoro, quindi è piccolo abbastanza da rimanere in zona di saturazione.

T5) Determinare il parametro di transconduttanza g_m di un transistor MOS ad acciamento.

Se la condizione di piccolo segnale è soddisfatta la corrente di drain sarà:

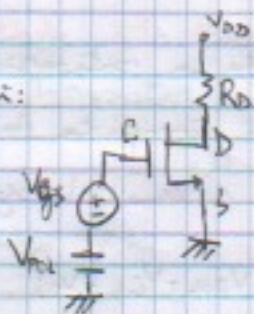
$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2$$

Dato un punto di lavoro Q, il parametro di transconduttanza per piccolo segnale è definito come:

$$g_m = \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} = \frac{\partial K}{\partial V_{GS}} \quad \text{VEDI T1, è la stessa!}$$

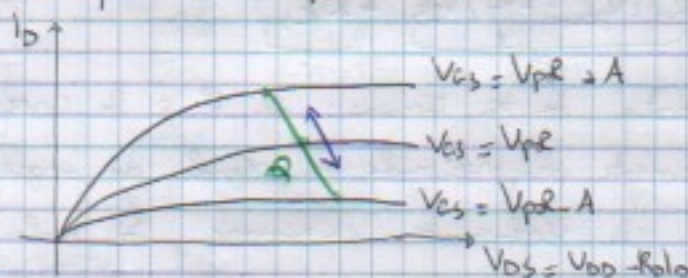
T6 Disegnare e commutare la funzione di trasferimento di un amplificatore NMOS ad accoppiamento.

Modellizziamo così:

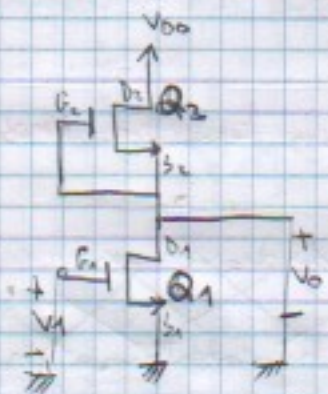


Per funzionare da amplificatore, il transistor deve essere in zona di saturazione. Prendiamo questa V_{GS} è composta da 2 componenti: $V_{GS} = V_{PQ} + v_{gs}$

V_{PQ} è la componente continua di polarizzazione, v_{gs} è quella variabile di segnale (piccola). Le variazioni di V_{GS} spostano il punto di lavoro.

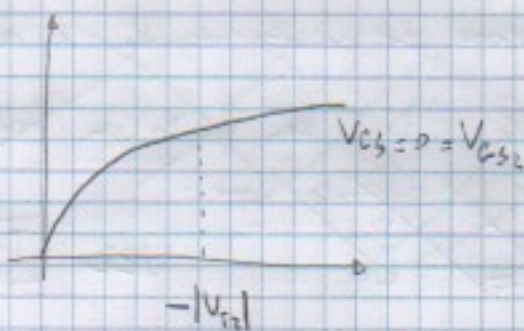


T7 Calcolare guadagno di tensione per piccoli segnali di un amplificatore NMOS con carico a svantaggio, esplicitare la relazione corrente-tensione



R_2 ha il lato collegato al source, quindi fa da generatore di corrente

Caratteristica del MOSFET a svantaggio

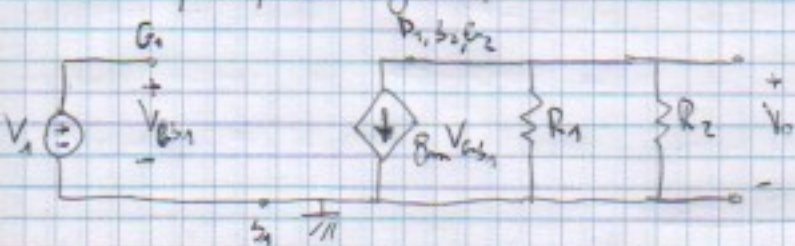


Le correnti dei due transistor devono essere uguali

$$V_{GS1} = V_1$$

La tensione V_1 fa spostare il punto di lavoro

Modello per piccoli segnali.



$$V_o = -g_m V_{GS1} (R_1 // R_2)$$

$$A_v = -(R_1 // R_2)$$

