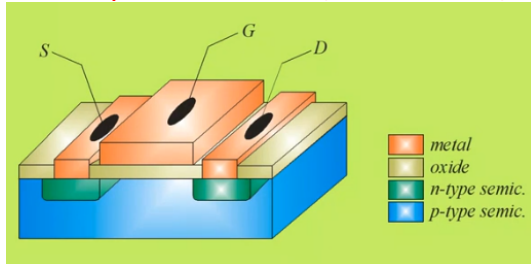


Mosfet

martedì 1 agosto 2023 16:37

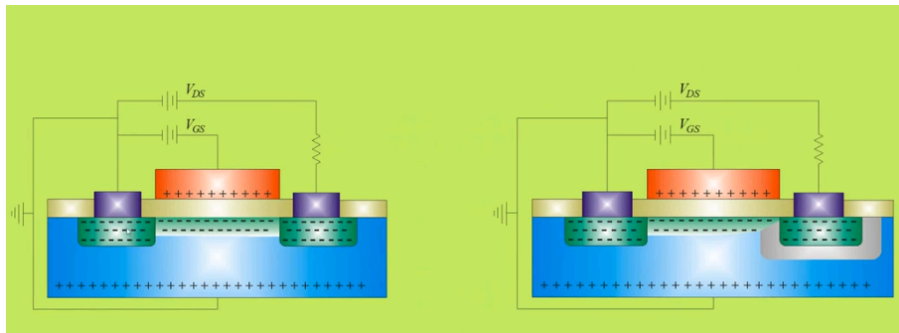
Secondo tipo di transistor più usato (opposto al bjt) . Permette di simulare gli altri componenti. Si comporta come un generatore di corrente controllato in tensione . Funziona per effetto di campo(fet) e all'interno ha una sezione a metallo con semi-conduttore (mos).

Source è equivalente di emettitore, Drain è collettore , Gate è equivalente della base.

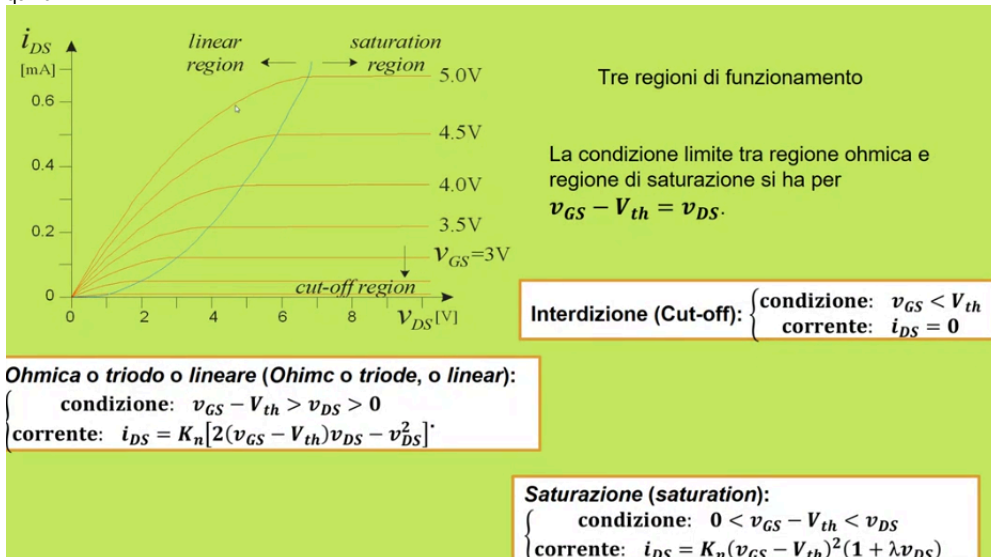


Da notare che nel semi-conduttore drogato di tipo p(lacune) , vengono realizzati due pozzetti, che sono drogati in modo n(elettroni).

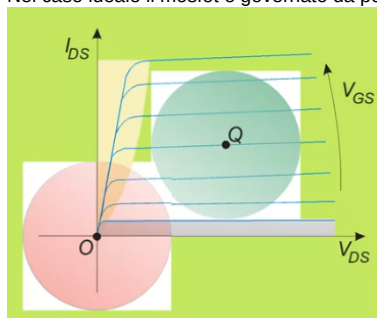
Se applico una ddp tra source e drain, vi deve scorrere una corrente ma non è così , ma visto che funziona inversamente del bjt, non voglio che mi si sopravvivono cariche , quindi si devono ricombinare tutte. Quindi decide tutto il gate, e se applico una tensione tra gate e sub-strato si accumulano cariche positive a ridosso dell'ossido (sopra) , mentre sotto ossido (volumetrico) si avrà accumulo di cariche negative , creando lo strato di inversione , quindi un canale diretto tra source e drain. In dettaglio :

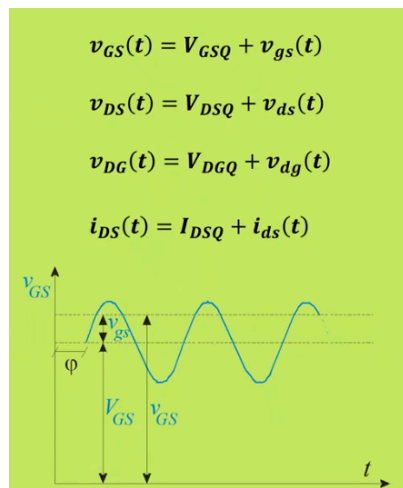


Il suo parametro fondamentale è G_m (transconduttanza) in quanto è un rapporto tra corrente di uscita su tensione di ingresso. Da notare che la parte nel sotto-pozzetto di drain è la zona svuotata che si oppone alla tensione del gate , quindi ho un contrasto tra le tensioni. Da notare che il canale si può chiudere fino ad un limite , ma senza chiudersi (effetto di campo/ pinch-off) quindi :



Nel caso ideale il mosfet è governato da potenza 0, ma in realtà non lo è.





Analogamente a quanto fatto nel bjt, si usa Taylor per sviluppo in serie:

$$i_{DS}(t) = f\{v_{GS}(t); v_{DS}(t)\}$$

$$I_{DS,Q} = f\{V_{GSQ}; V_{DSQ}\}$$

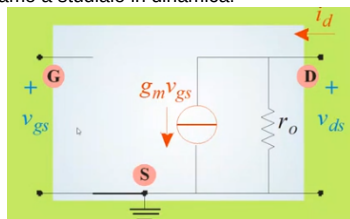
$$i_{DS}(t) \cong I_{DSQ} + \left. \frac{\delta i_{DS}}{\delta v_{GS}} \right|_{V_{GSQ}; V_{DSQ}} v_{gs}(t) + \left. \frac{\delta i_{DS}}{\delta v_{DS}} \right|_{V_{GSQ}; V_{DSQ}} v_{ds}(t)$$

Dato che possiamo applicare la sovrapposizione degli effetti, possiamo trattare separatamente le quantità DC, focalizzandoci ora alle sole componenti AC

$$i_{ds}(t) = \left. \frac{\delta i_{DS}}{\delta v_{GS}} \right|_{V_{GSQ}; V_{DSQ}} v_{gs}(t) + \left. \frac{\delta i_{DS}}{\delta v_{DS}} \right|_{V_{GSQ}; V_{DSQ}} v_{ds}(t)$$

g_m **g_d**
transconduttanza conduttanza di canale

Andiamo a studiarlo in dinamica:



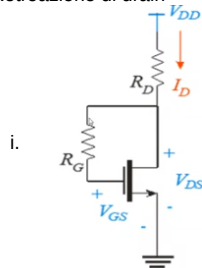
Non c'è corrente in ingresso.

$$r_o \stackrel{\text{def}}{=} \left. \left(\frac{\delta i_{DS}}{\delta v_{DS}} \right)^{-1} \right|_{V_{GSQ}; V_{DSQ}} = \frac{1}{\lambda K_n (v_{GS} - V_{th})^2} \cong \frac{1}{I_{DS}}$$

regione di saturazione $\begin{cases} \text{condizione: } 0 < v_{GS} - V_{th} < v_{DS} \\ \text{corrente: } i_{DS} = K_n (v_{GS} - V_{th})^2 (1 + \lambda v_{DS}) \end{cases}$

Vediamo ora come polarizzarlo (sulla falsa lega del bjt):

a. Retroazione di drain

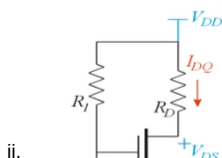


i.

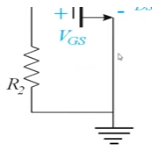
ii. Da notare che $V_{GS} = V_{DS}$ in quanto sulla resistenza non ci va corrente

b. Partitore di tensione

i. Manca la R_E (R_S) nel nostro caso



ii.



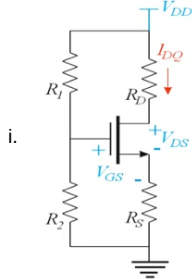
iii. Nel gate non scorre corrente

$$V_{GS} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_{DD}$$

iv.

$$V_{DD} = R_D I_D + V_{DS}$$

c. Partitore di tensione con stabilizzazione in temperatura:



i.

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

$$ii. \quad V_G = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_{DD}$$

$$iii. \quad V_{DD} = R_D I_D + V_{DS} + R_S I_D$$

iii. Ricordando che il mosfet lavora in saturazione e che l'equazione di uscita è la seguente e con condizioni di stabilità:

$$iv. \quad V_{GSQ} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{DD} - R_S I_{DSQ}$$

$$v. \quad Q \equiv \{I_{DSQ}; V_{DSQ}; V_{GSQ}\}$$

vi. Quindi mettendo a sistema e vedendo che è equazione di secondo grado, si ha come soluzione:

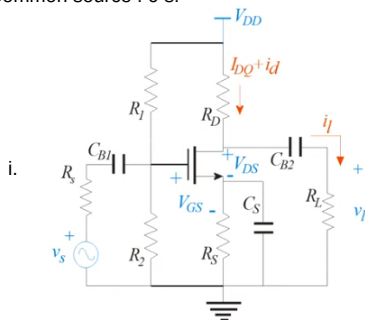
$$I_{DSQ1} \cong K_n (V_{GSQ1} - V_{th})^2$$

1.

$$I_{DSQ2} \cong K_n (V_{GSQ2} - V_{th})^2$$

Andiamo a studiarlo con i circuiti :

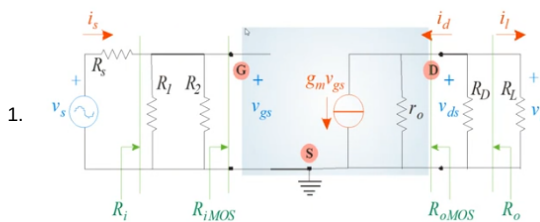
a. Common source : c-s:



i.

ii. Per la statica a 4 resistenze

iii. Per la dinamica :



1.

a.

$$\left[\begin{array}{ll} R_{iMOS} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{v_{gs}}{i_g} & R_{iMOS} = \infty \\ R_i \stackrel{\text{def}}{=} \frac{v_{gs}}{i_i} & R_i = R_1 || R_2 \end{array} \right]$$

$$I_S$$

b.

$$R_{oMOS} \stackrel{\text{def}}{=} \left. \frac{v_{ds}}{i_d} \right|_{R_L \text{ "open"}} \quad R_{oMOS} = r_o$$

$$R_o \stackrel{\text{def}}{=} \left. \frac{v_{ds}}{i_l} \right|_{R_L \text{ "open"}} \quad R_o = r_o || R_D$$

c.

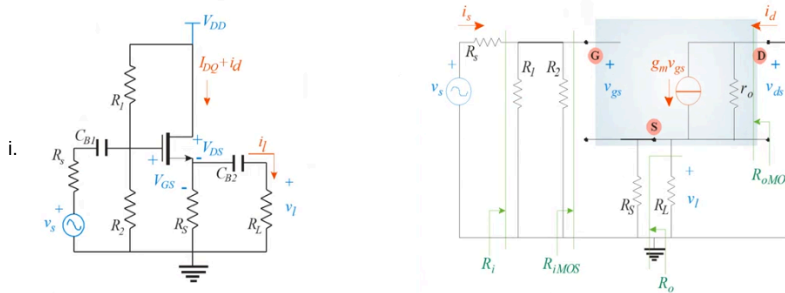
$$A_v = \frac{v_l}{v_s} = \frac{v_{ds}}{v_s} = \frac{v_{ds}}{v_{gs}} \frac{v_{gs}}{v_s} = A_{vMOS} \alpha_{v,i}$$

$$A_{vMOS} = -g_m(r_o || R_D || R_L)$$

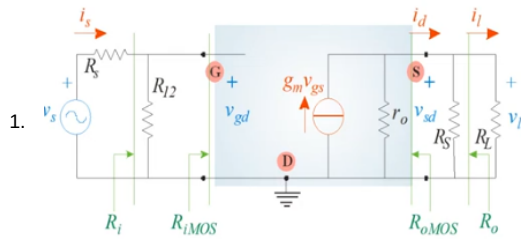
$$\alpha_{v,i} = \frac{R_G}{R_G + R_S}$$

d. Amplificazione in corrente non c'è, in quanto non c'è corrente di ingresso

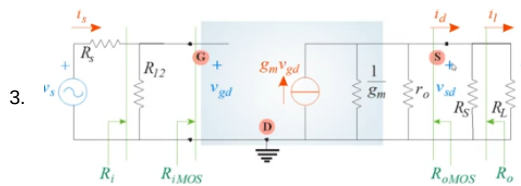
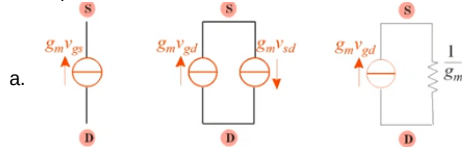
b. Drain comune : c-d:



ii. Visto che la configurazione è difficile da studiare, invertiamo source e drain:



2. Data equivalenza tra nodi :



$$R_{iMOS} = \infty \quad R_i = R_1 || R_2$$

iii.

$$R_{oMOS} = \frac{1}{g_m} || r_o \quad R_o = \frac{1}{g_m} || r_o || R_S$$

$$A_{vMOS} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{v_{sd}}{v_{gd}} = \frac{g_m(r_o || R_S || R_L)}{1 + g_m(r_o || R_S || R_L)}$$

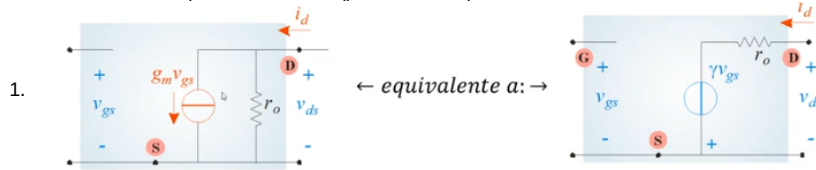
$$A_v = \frac{g_m(r_o || R_S || R_L)}{1 + g_m(r_o || R_S || R_L)} \frac{R_G}{R_G + R_S}$$

c. Gate comune : c-g

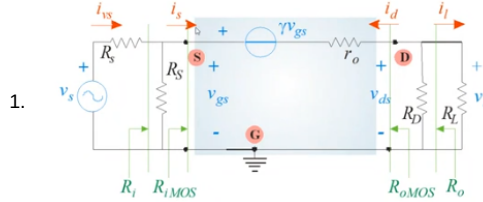




- ii. Per analizzarlo in dinamica, un'idea potrebbe essere scambiare il generatore di uscita in corrente con quello di tensione (parallelo/serie)



- iii. Quindi il circuito, diventa il seguente, avete il gate a massa :



$$R_{iMOS} = \frac{v_{sg}}{i_s} = \frac{-v_{gs}}{-i_d} = \frac{r_o + (R_D || R_L)}{1 + \gamma} = \frac{r_o + R_D || R_L}{1 + g_m r_o}$$

2.

$$R_i = R_S || R_{iMOS} = R_S || \frac{r_o + R_D || R_L}{1 + g_m r_o}$$

3.

$$R_{oMOS} = \frac{v_{dg}}{i_d} = r_o + (1 + g_m r_o)(R_S || R_S)$$

$$R_o = R_D || R_{oMOS} = R_D || [r_o + (1 + g_m r_o)(R_S || R_S)]$$

4.

$$A_{vMOS} = \frac{v_{dg}}{v_{sg}} = (1 + g_m r_o) \frac{R_D || R_L}{r_o + (R_D || R_L)}$$

$$A_v = (1 + g_m r_o) \frac{R_D || R_L}{r_o + (R_D || R_L)} \frac{R_S}{R_S + R_S}$$

5. Da notare che in questa configurazione, l'amplificazione in corrente, viene considerata unitaria.

Riassumendo :

Amplificatore	CS	CD	CG
A_{vMOS}	> 1 $-g_m(r_o R_D R_L)$ degraded by R_S	$\cong 1$ $\frac{g_m(r_o R_S R_L)}{1 + g_m(r_o R_S R_L)}$	> 1 $(1 + g_m r_o) \frac{R_D R_L}{r_o + (R_D R_L)}$ degraded by R_S
A_{iMOS}	-	-	$\cong 1$
R_{iMOS}	∞	∞	basso + moderatam. basso $\frac{r_o + R_D R_L}{1 + g_m r_o}$ decreased by R_S
R_{oMOS}	Moderato + alto r_o	basso + moderatam. basso $\frac{1}{g_m} r_o R_S$ decreased by R_S	Moderato + alto + molto alto $r_o + (1 + g_m r_o)(R_S R_S)$
Parametro	Ampli di tensione transconduttanza	Buffer di tensioner	Buffer di corrente
Sfasamento	π or $(2n + 1)\pi$	nessuno o 2π	nessuno o 2π

