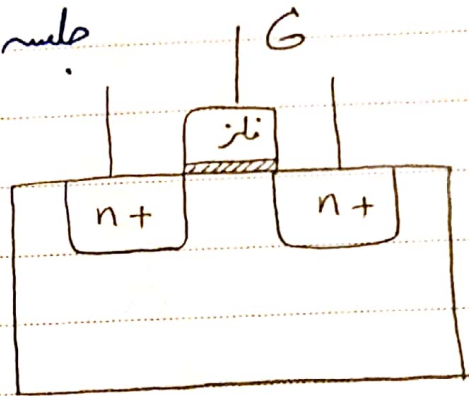
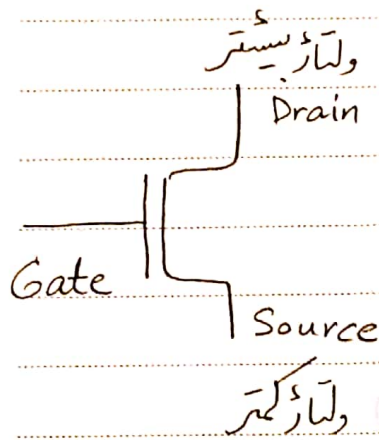


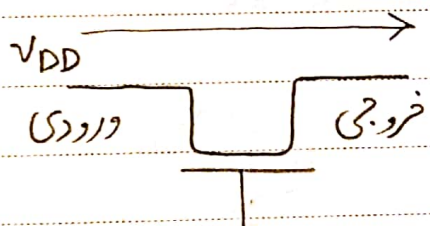
مبانی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

جلسه 21 ام

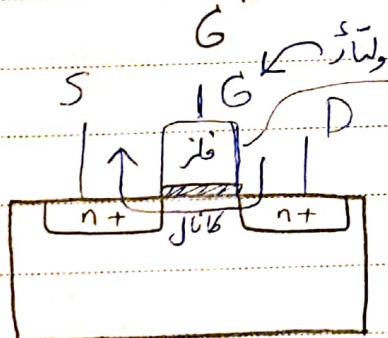


Source و Drain در مدار تعین می شود.

(معمولا در بالا ولتاژ بیستر V_{DD} و در پایین ولتاژ کمتر GND قرار دارد.)



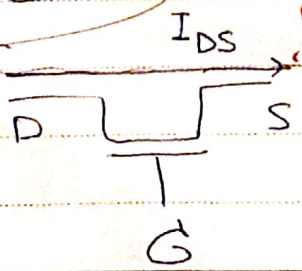
بسته به ولتاژ اعمال شده به پایه ها، جای Source و Drain می تواند عوض شود.



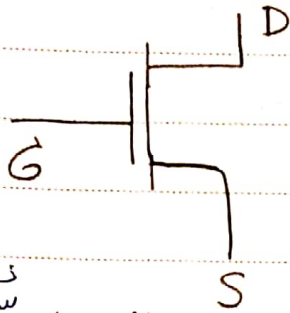
Metal
Oxide (SiO_2)
Semi Conductor
→ MOS

ترانزیستورهای اثر میدانی (Field Effect Transistor)

MOSFET



$V_{GS} > V_{TH}$
ولتاژ threshold

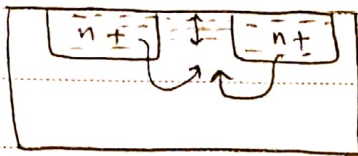


$$V_{GS} \geq V_{TH} \rightarrow$$

ترانزیستور ON
کانال وجود دارد.
مسیر عبور جریان

اگر روشن باشد

$$I_{DS} = f(V_{GS}, V_{DS})$$



V_{GS} بزرگتر

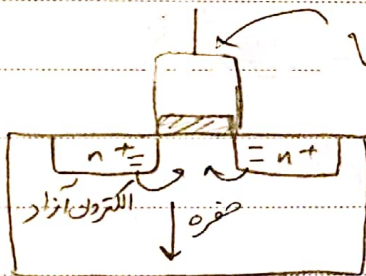
$V_{GS} \uparrow \rightarrow$ عرض کانال \uparrow
سطح مقطع \uparrow

$V_{DS} \uparrow$

مقاومت $\downarrow \leftarrow$ جریان \uparrow



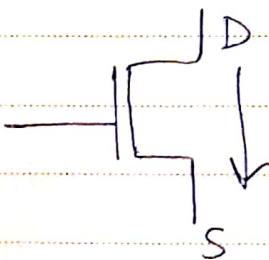
$$V_{GS} \uparrow \rightarrow R \downarrow \rightarrow I_{DS} \uparrow$$



$V_G \uparrow$

V_{GS} باید از یک حدی بیشتر باشد تا بتواند

الکترون های آزاد را بکشد!

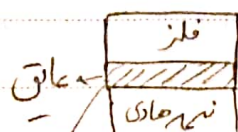
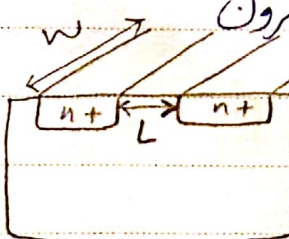


اگر ترانزیستور روشن باشد $V_{GS} \geq V_{TH}$

$$I_{DS} = \left(\frac{w}{L}\right) \mu_n C_{ox} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

$$\frac{\epsilon_{ox}}{t_{ox}}$$

موبالتی الکترون

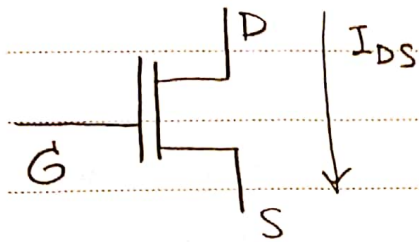


$$\epsilon \frac{A}{d}$$

$$\epsilon \frac{A}{d} = \frac{C}{A}$$

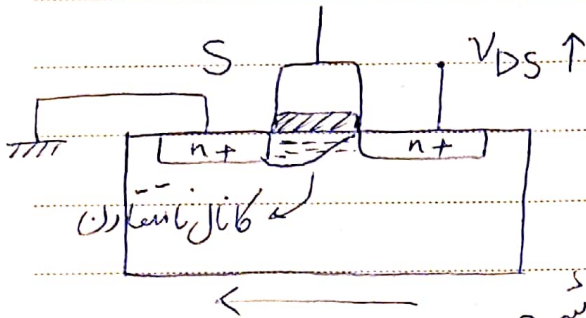
$\downarrow I \leftarrow R \uparrow \leftarrow L \uparrow$
 $\uparrow I \leftarrow R \downarrow \leftarrow w \uparrow$

C_{ox} ظرفیت خازن در واحد سطح



$$V_{GS} \geq V_{TH} \rightarrow \text{ON} \checkmark$$

روشن $\rightarrow I_{DS} = \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$



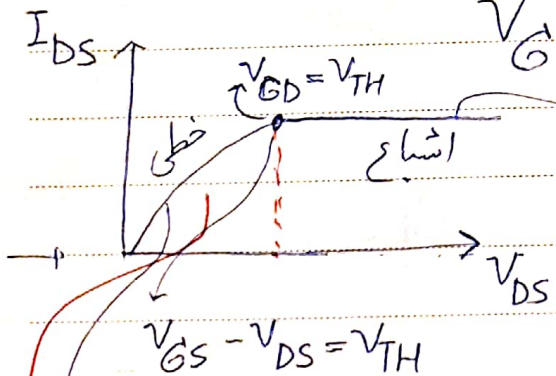
$\uparrow V_{DS} \leftarrow$ کانال نااستقرار می شود

اگر $V_G - V_D < V_{TH}$ کانال یک طرفه می شود

و دیگر الکترون از قسمت D جدا نمی شود.

$$\rightarrow I_{DS} = \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

تا زمانی بقرار است که $V_G - V_D > V_{TH}$



در این ناحیه: $V_{GS} - V_{DS} < V_{TH}$

$$I_{DS} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2$$

(با جایگذاری $V_{GS} - V_{TH}$ به جای V_{DS})

در این ناحیه: $V_{GS} - V_{DS} > V_{TH}$

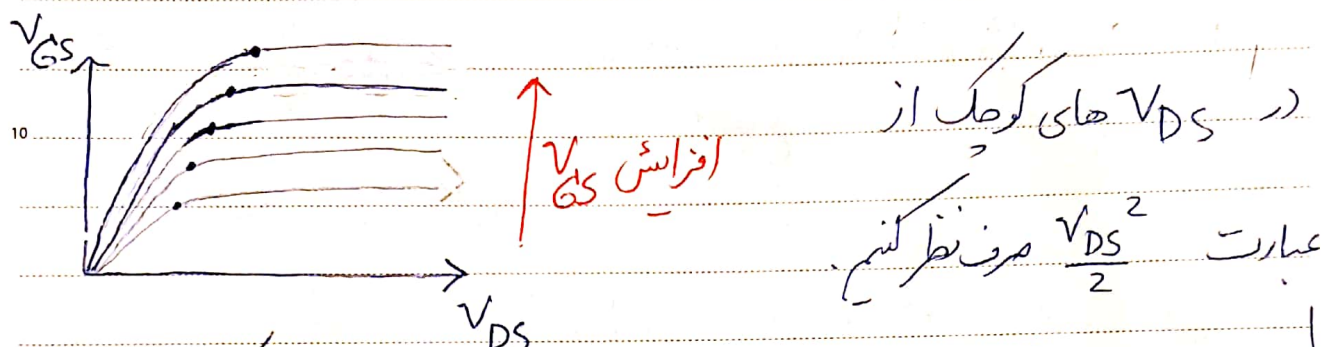
در این ناحیه جریان تابعی از ولتاژ V_{DS} است - رفتار متفاوتی

$$\rightarrow I_{DS} = \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

جمع بندی
 $V_{GS} < V_{TH}$: وضعیت خاموش
 $V_{GS} \geq V_{TH}$: وضعیت روشن

خطی : $I_{DS} = \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right], V_{DS} \leq V_{GS} - V_{TH}$

اشباع : $I_{DS} = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{w}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2, V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$

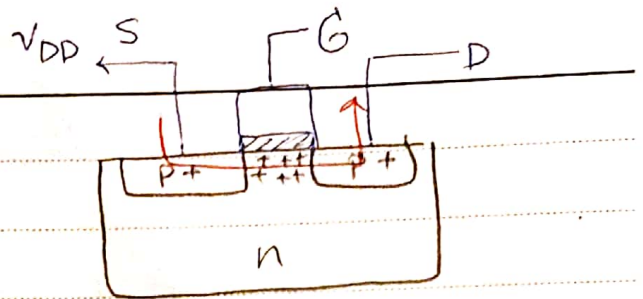


کوچک $V_{DS} \sim \rightarrow I_{DS} \approx \underbrace{\mu_n C_{ox} \frac{w}{L} (V_{GS} - V_{TH})}_{\frac{1}{R}} V_{DS}$

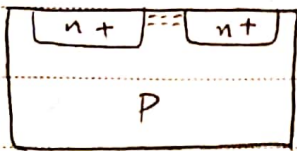
در ناحیه خطی و V_{DS} های کوچک
 $R = \frac{1}{\mu_n C_{ox} \frac{w}{L} (V_{GS} - V_{TH})}$

در ناحیه اشباع : \leftarrow جریان الحان وابسته به ولتاژ آن نیست
 اما جریان آن وابسته به ولتاژ جای دیگری است
 \leftarrow منبع جریان وابسته!

ترانزیستور روشن
 \leftarrow Mode خطی \leftarrow معادل می شود با یک مقاومت
 \leftarrow Mode اشباع \leftarrow معادل می شود با یک منبع جریان وابسته



الکترون آزاد



حفره آزاد

nMOS
چون کانال ایجاد شده از جنس n است

pMOS
کانال ایجاد شده از جنس p است

منفی است!

$$V_{GS} \geq V_{TH} : \text{شرط ON}$$

$$V_{GS} \leq V_{tp} : \text{شرط ON}$$

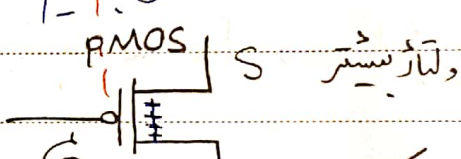
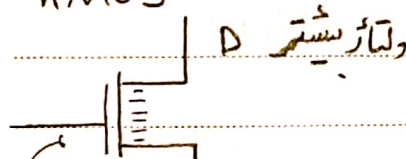
$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_{TH} \quad \text{خطی}$$

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TH} \quad \text{اشباع}$$

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_{tp} \quad \text{خطی}$$

$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_{tp} \quad \text{اشباع}$$

اگر در pMOS قدر مطلق بگذاریم روابط مشابه nMOS خواهد شد.



ولتاژ کمتر S
مثبت تر از S
(اگر ON)

ولتاژ کمتر D
منفی تر از Source
(اگر ON)

$$I_{DS} = \mu C_{ox} \frac{w}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2 \quad \text{حالت اشباع}$$

$$\begin{matrix} \text{nMOS} & \longleftrightarrow & \text{pMOS} \\ \mu_n & & \mu_p \end{matrix}$$

$$I_{DS} = \mu C_{ox} \frac{w}{L} \left[(V_{GS} - V_{TH}) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \quad \text{حالت خطی}$$

اشباع: $V_{DS} \geq V_{GS} - V_{TH}$ برای nMOS (برای pMOS قدر مطلق لازم است)

خطی: $V_{DS} \leq V_{GS} - V_{TH}$ برای nMOS (برای pMOS قدر مطلق لازم است)