ترانزستور أثر المجال المعدني الأكسيدي شبه الموصل MOSFET

Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

ترانزستور تأثير المجال معزول البوابة IGFET

- يتميز بصغر حجمه عن JFET وبالتالي يستخدم بكثرة في الدوائر المتكاملة IC.
- مقاومة دخل عالية جداً (في حدود $10^{10} - 10^{15}\ \Omega$).

التعزيزي The Enhancement MOSFET

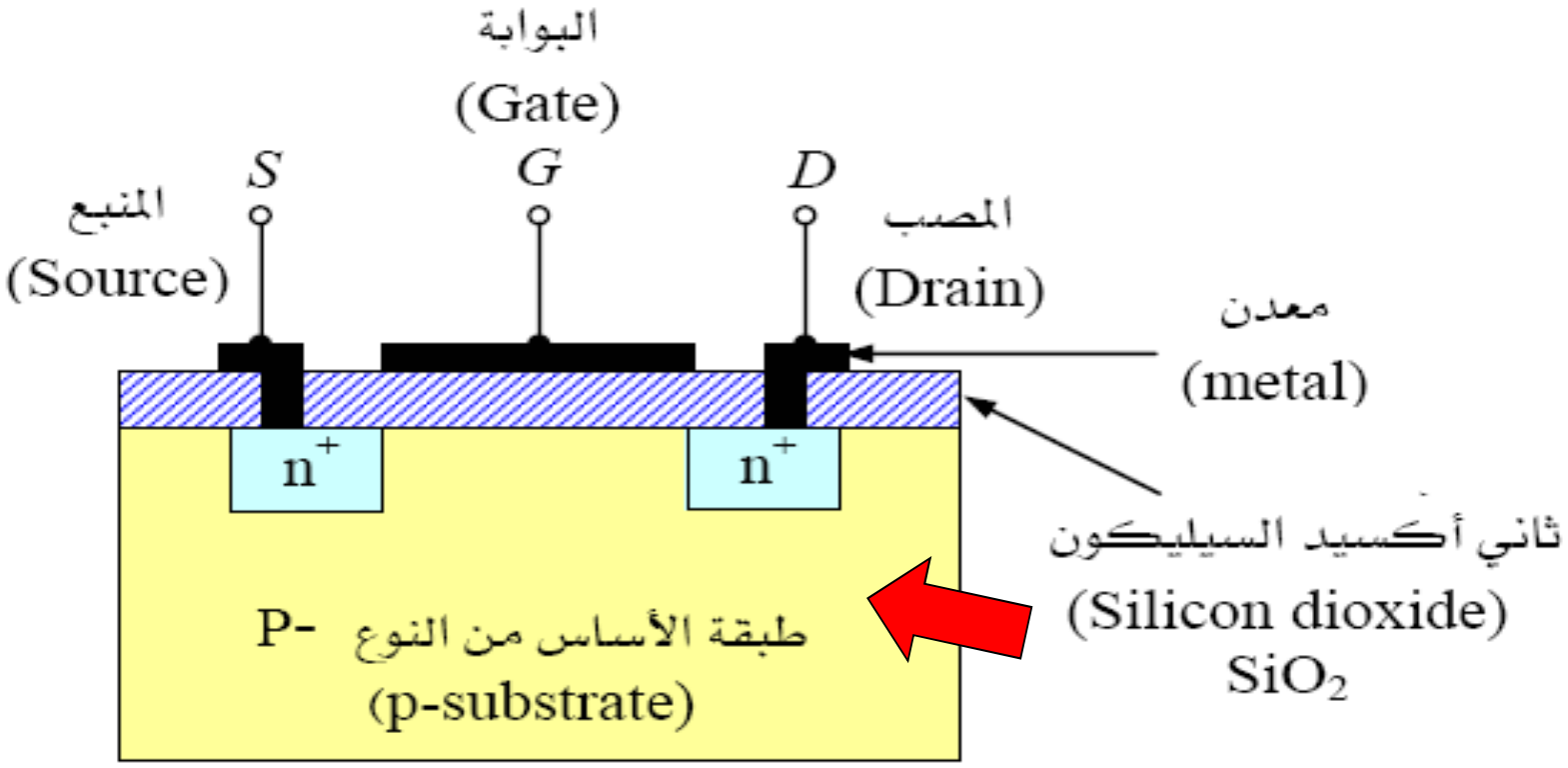
الإستترافي The Depletion MOSFET

ترانزستور أثر المجال المعدني الأكسيدي شبه الموصل MOSFET

Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

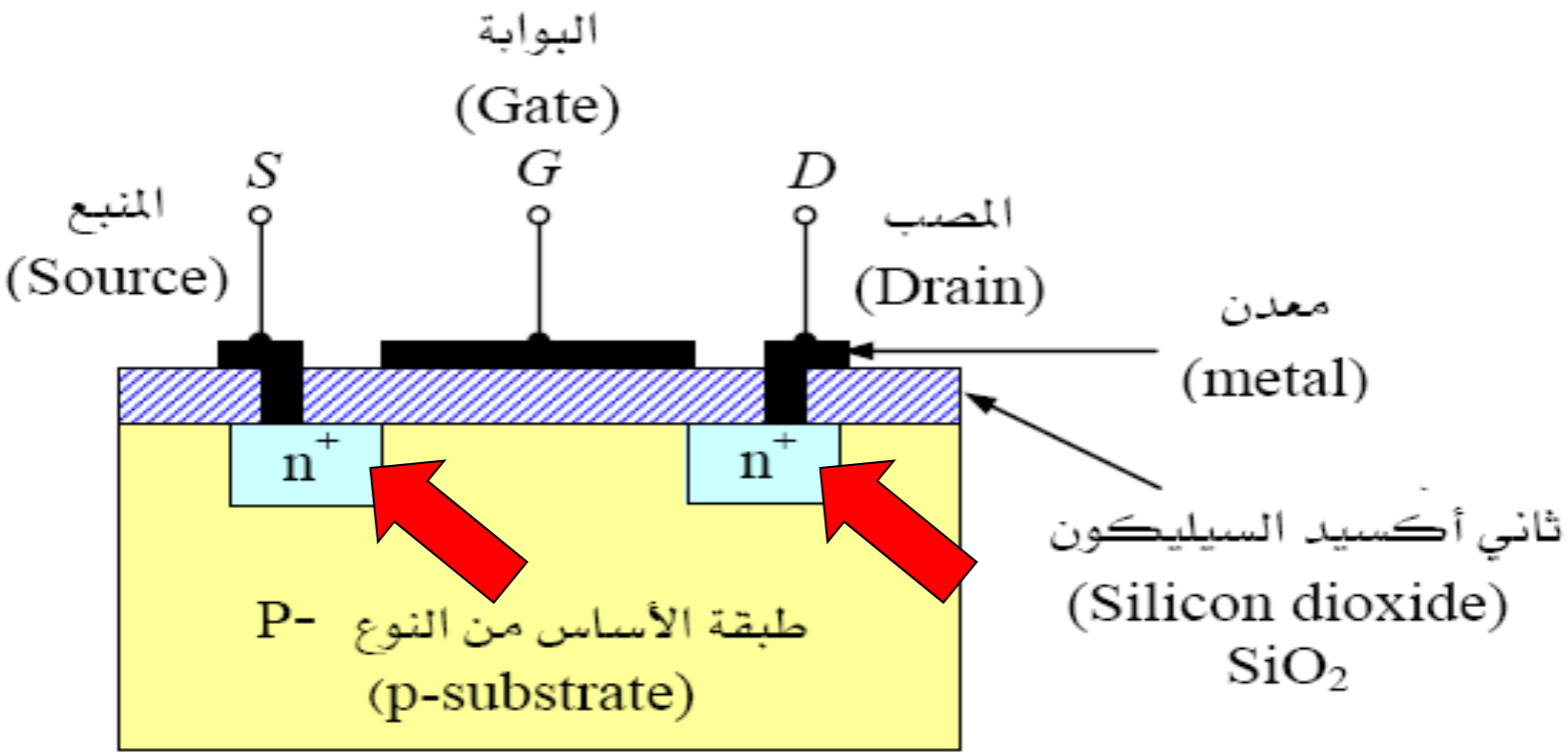
The Enhancement MOSFET التعزيزي

طبقة أساس من النوع p (للقناة n) ذات تركيز شوائب منخفض



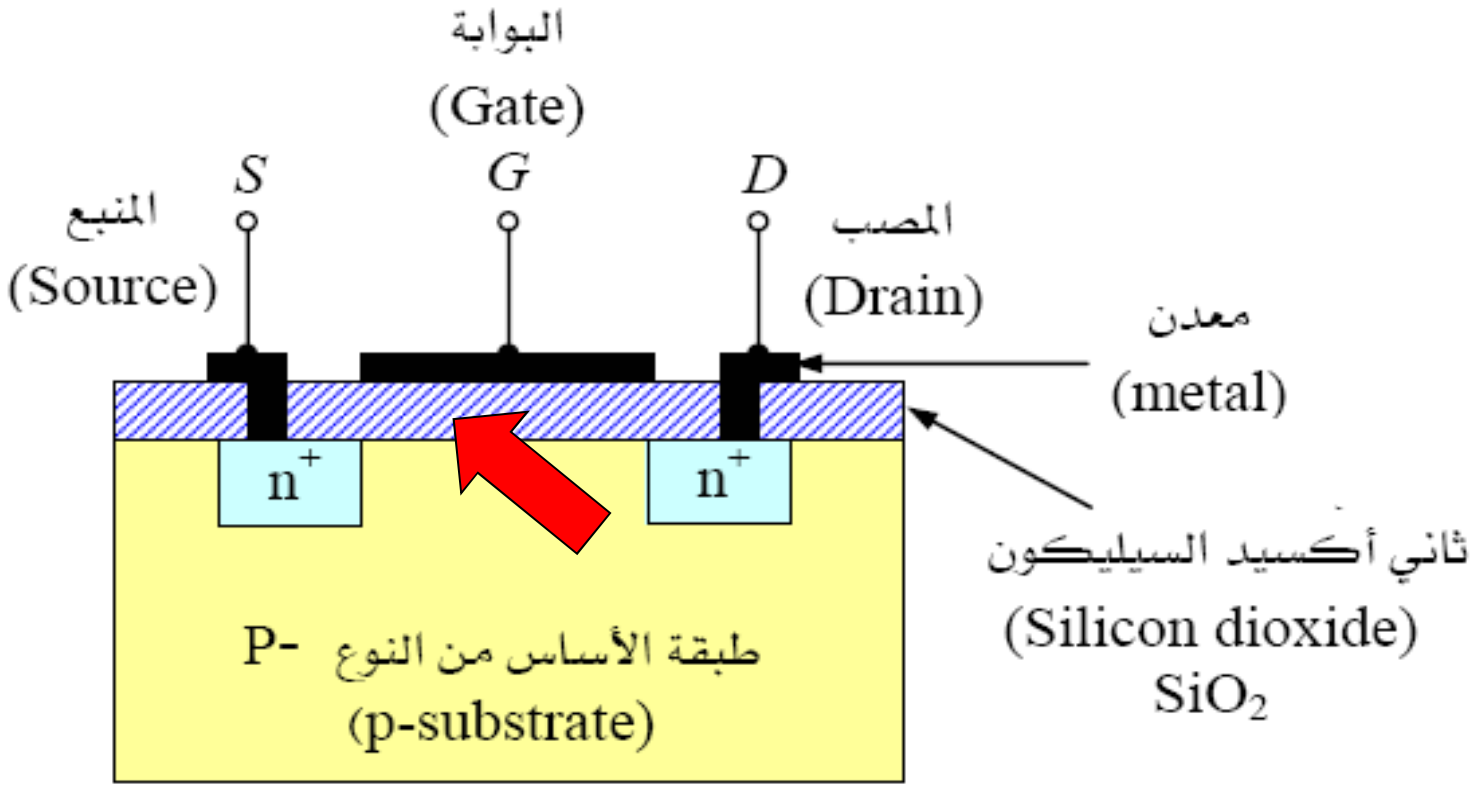
التعزيزي The Enhancement MOSFET

منطقتين ذات شوائب من نوع معاكس تمثل المنبع والمصب



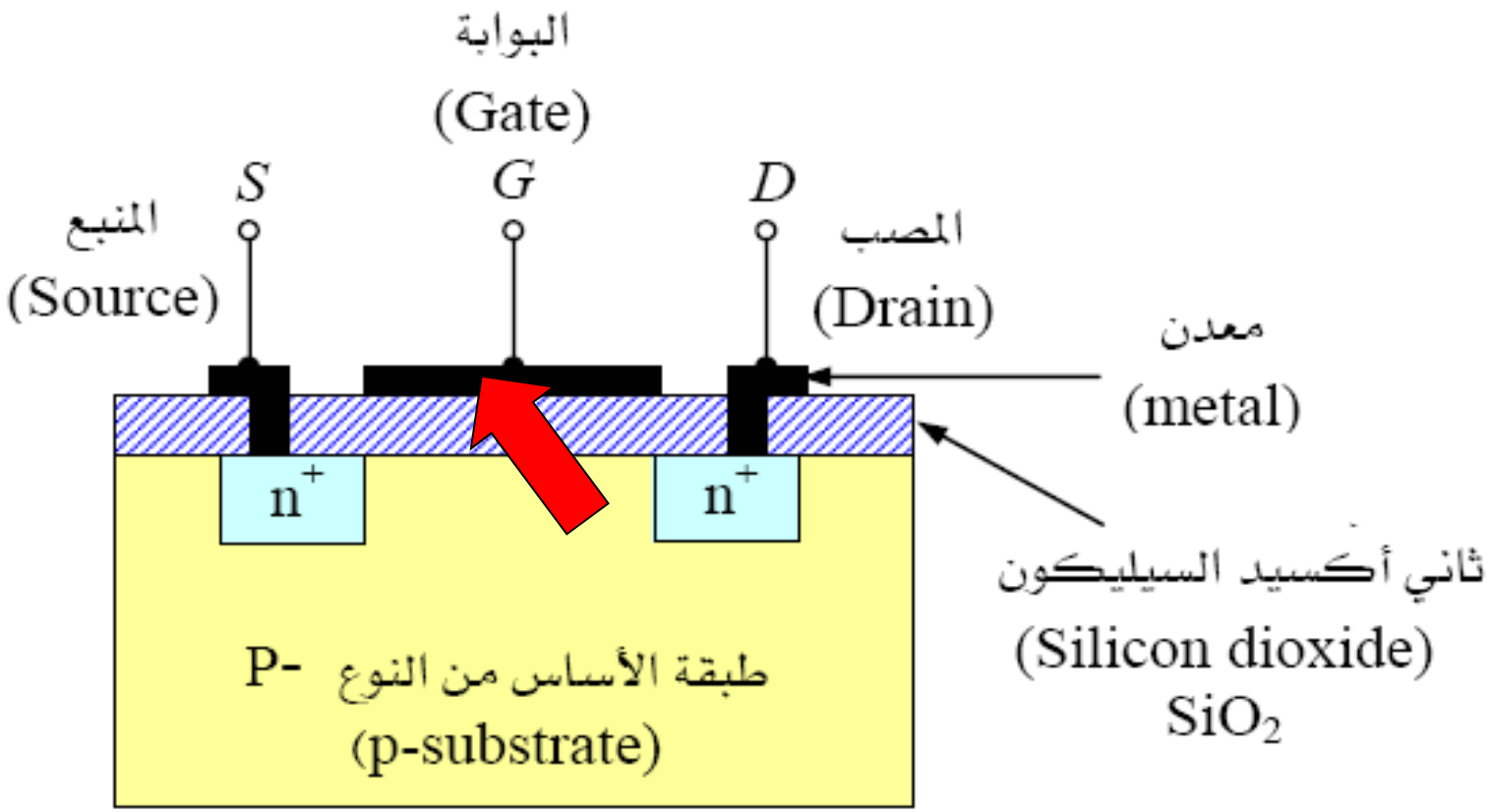
التعزيزي The Enhancement MOSFET

طبقة ثاني أكسيد السليكون العازل



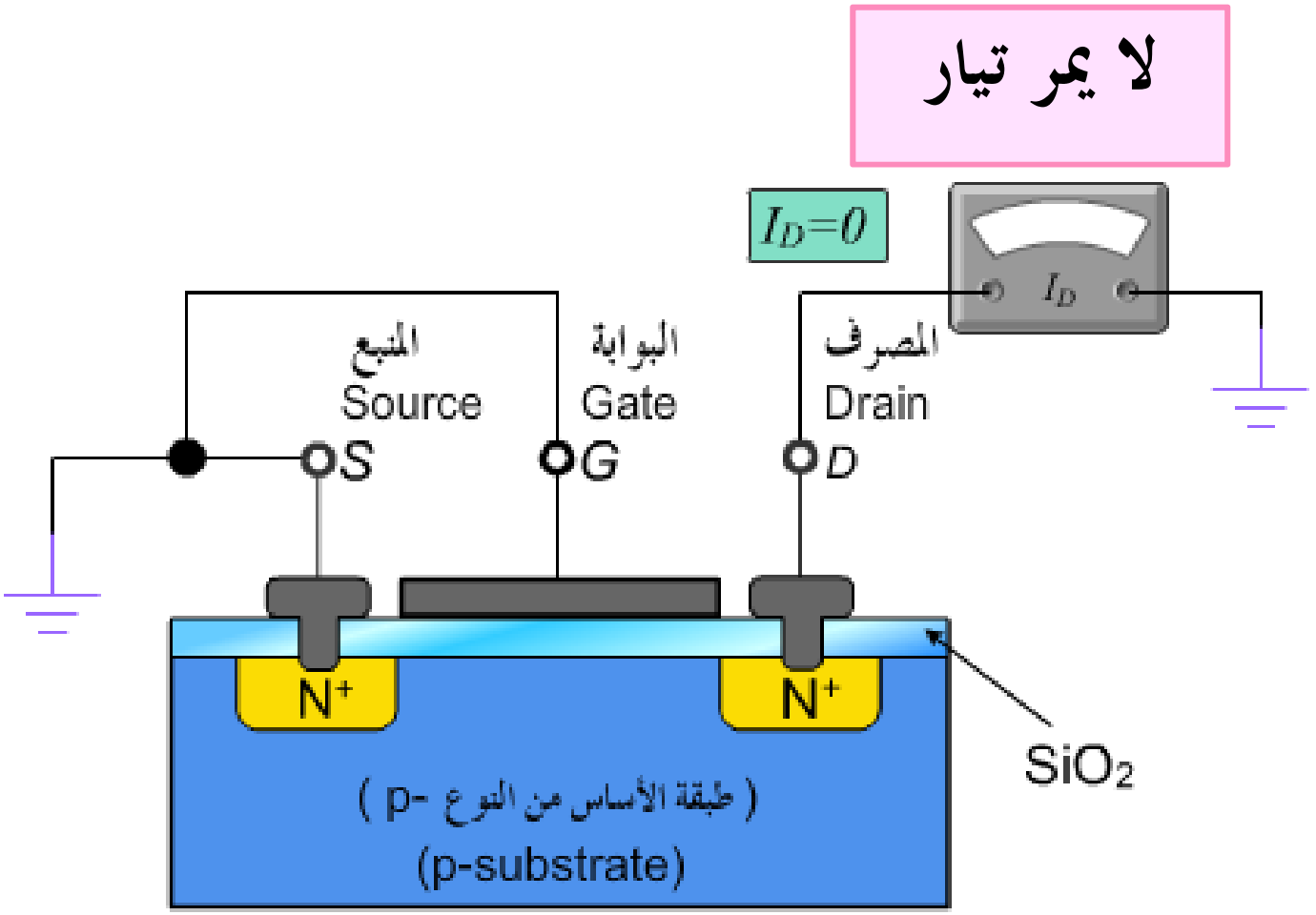
The Enhancement MOSFET التعزيزي

طبقة معدن موصلة تمثل البوابة



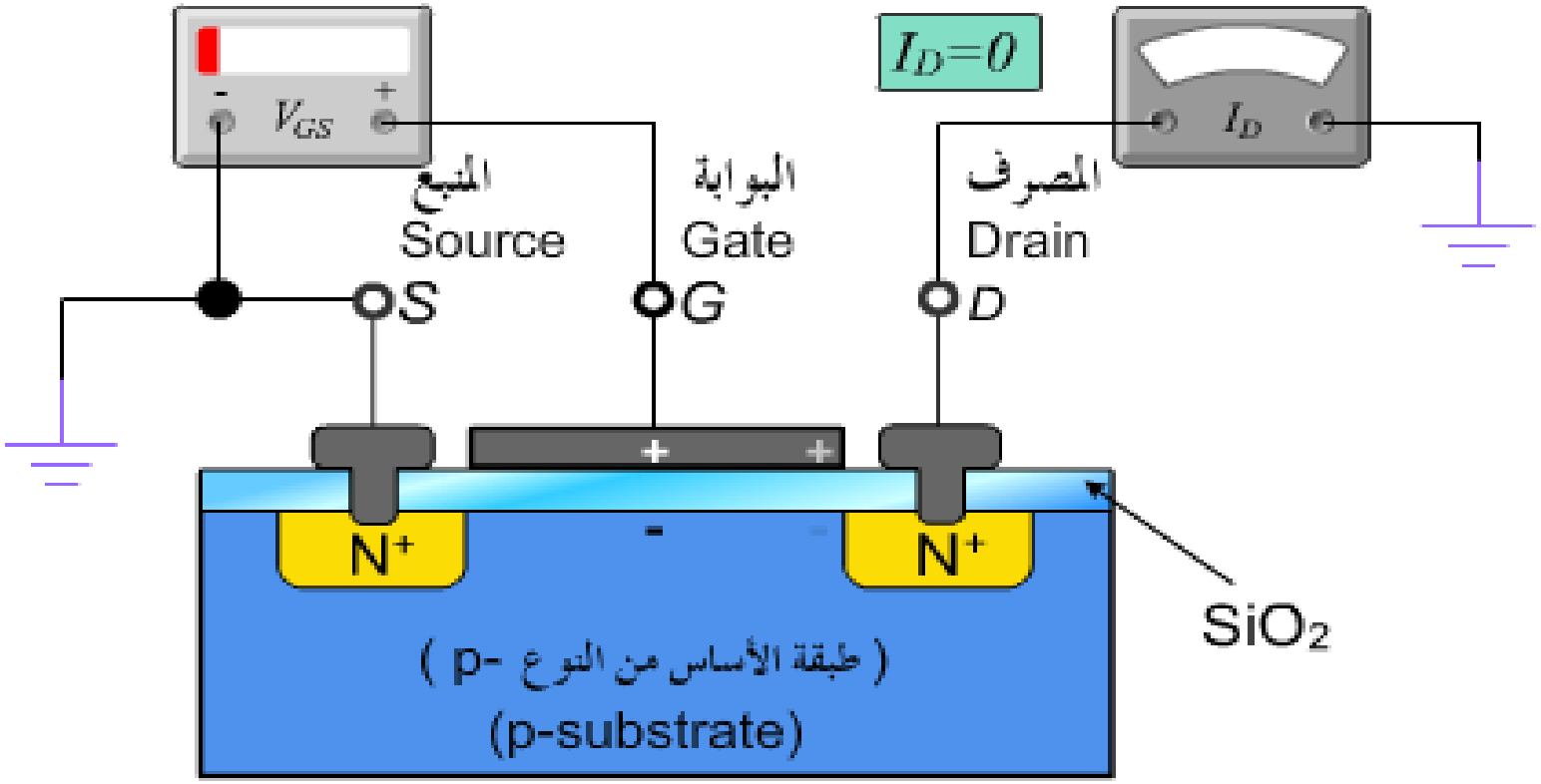
تشغيل ترانزستور MOSFET Operation of The Enhancement

ماذا يحدث عند توصيل المصرف والمنبع والبوابة بالأرضي ؟



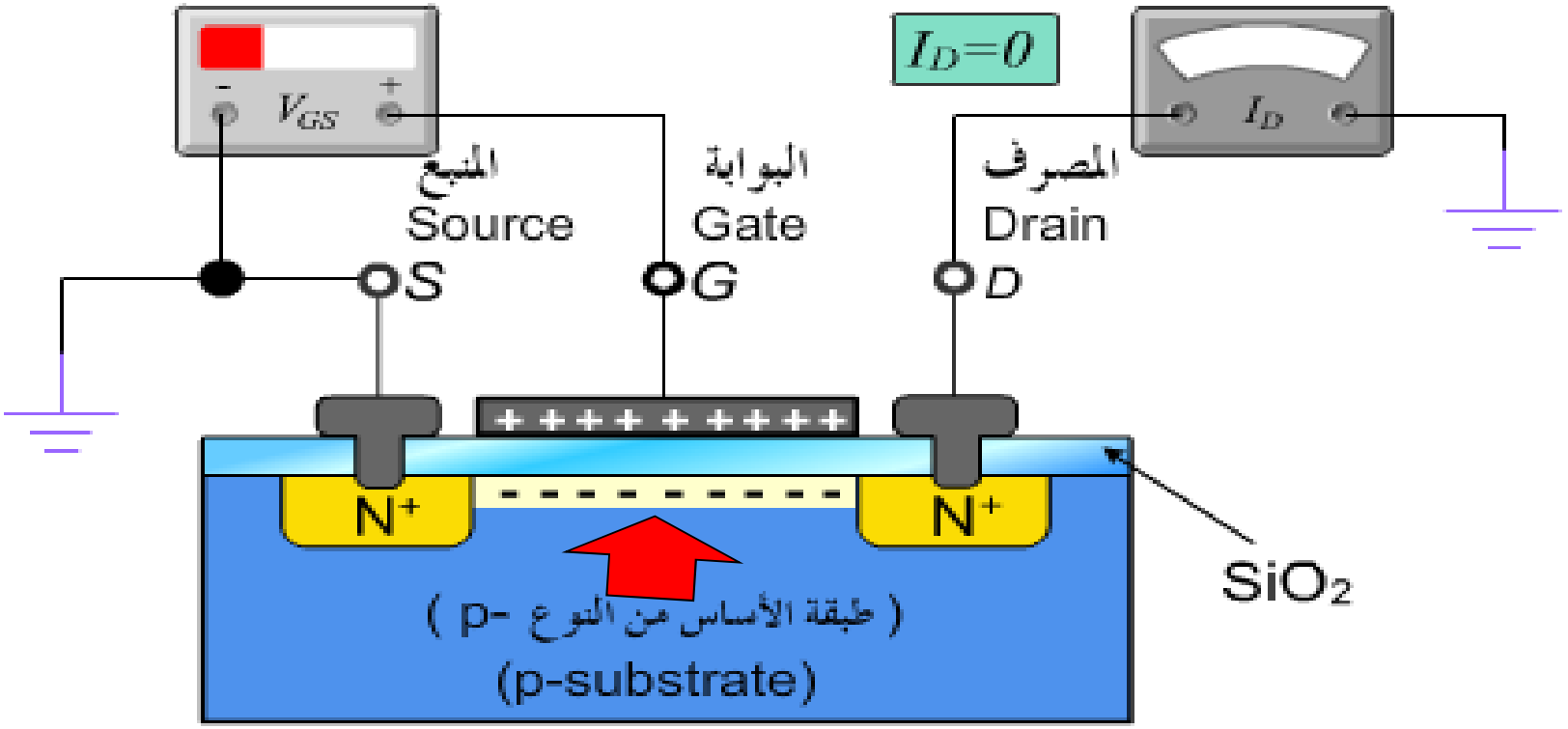
Operation of The Enhancement MOSFET تشغيل ترانزستور

ماذا يحدث عند توصيل البوابة بجهد موجب، وزيادة هذا الجهد؟



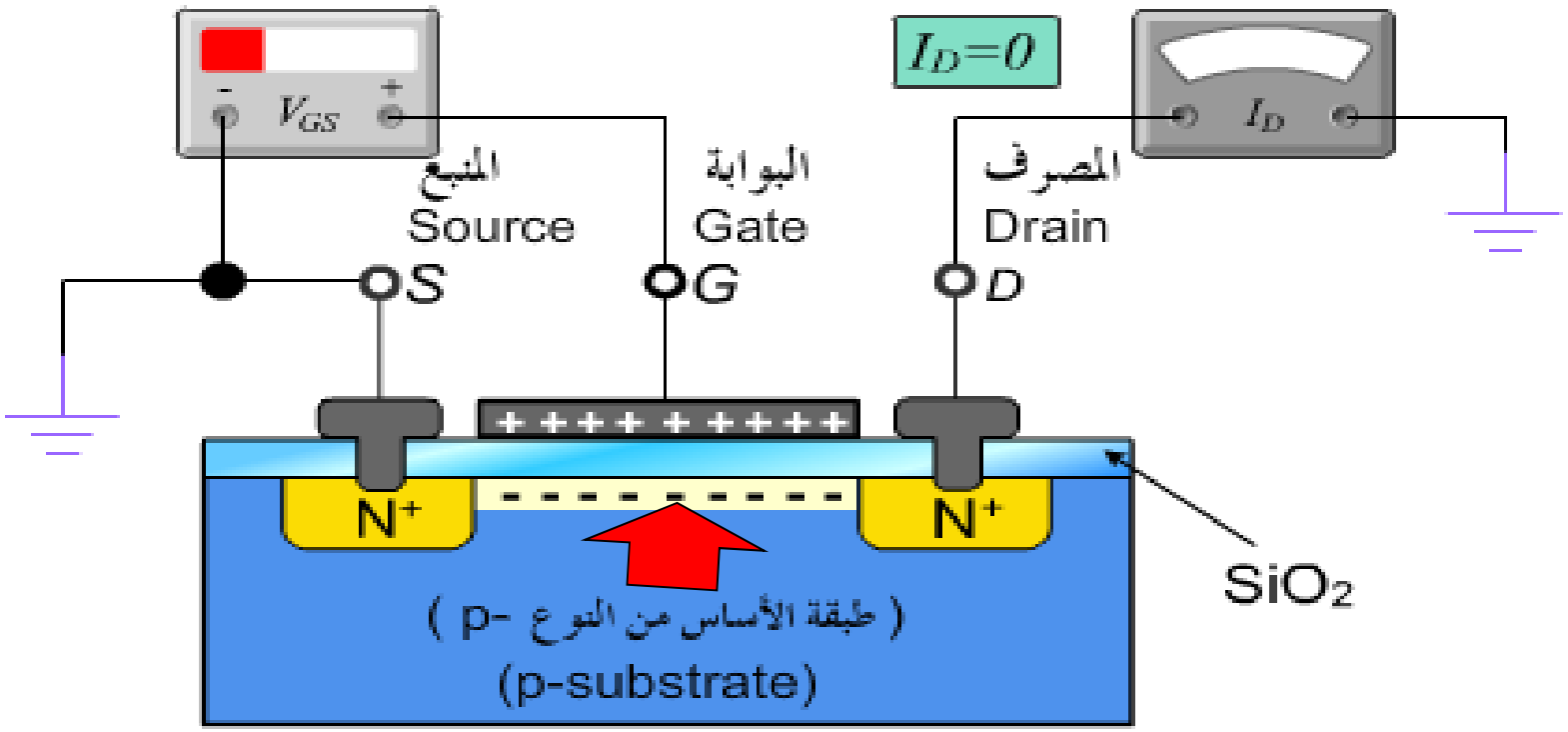
Operation of The Enhancement MOSFET تشغيل ترانزستور

تتجمع الشحنة الموجبة على البوابة وبالمقابل تتجمع الالكترونات التي تمثل الشحنات الأقلية على سطح طبقة الأساس



تشغيل ترانزستور MOSFET Operation of The Enhancement

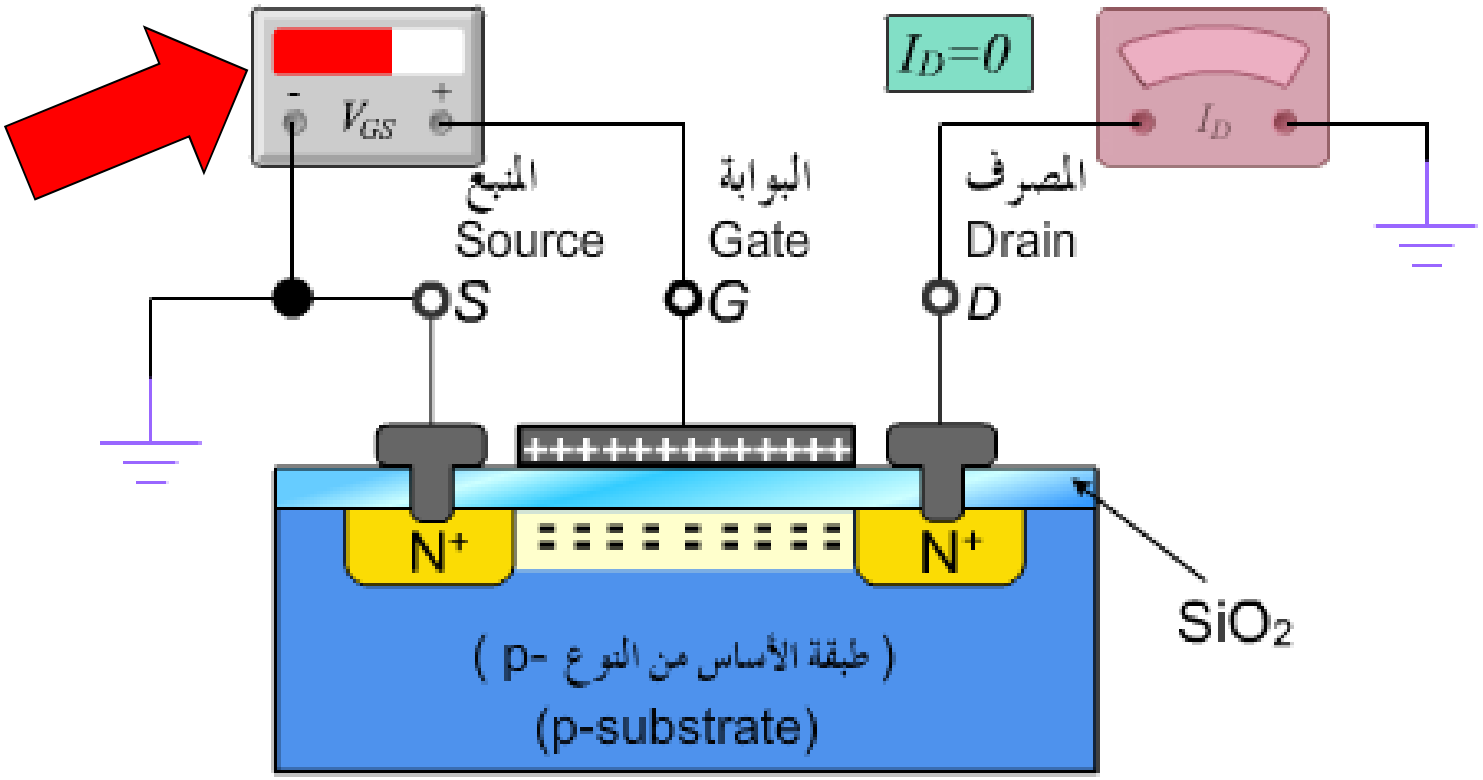
تتكون قناة تأثيرية بين المصرف والمنبع عند قيمة للجهد يسمى الجهد الفاصل V_T



تشغيل ترانزستور MOSFET Operation of The Enhancement

ماذا يحدث عند زيادة جهد البوابة؟ هل يمر تيار؟

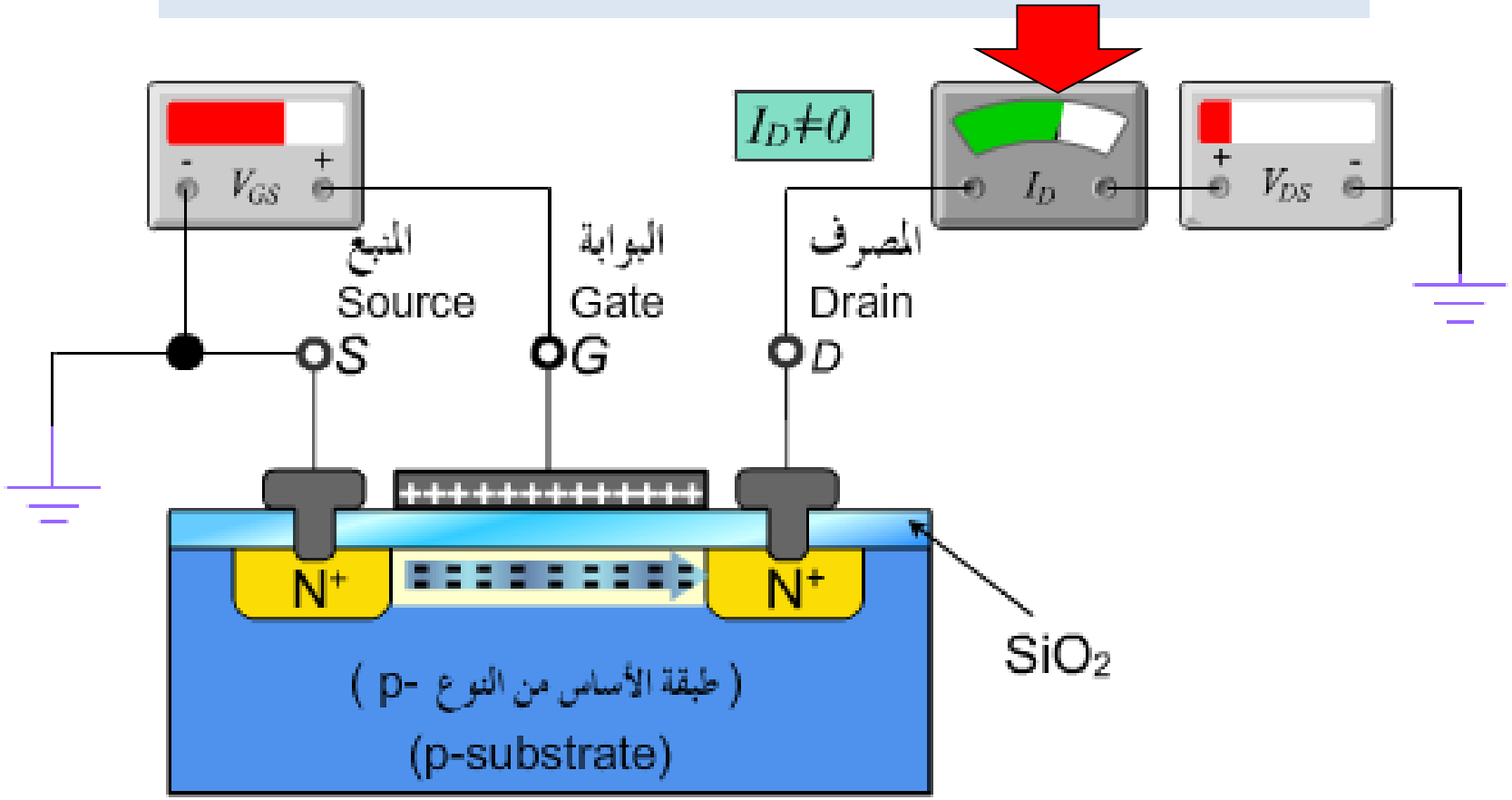
عند زيادة جهد البوابة يزداد عرض القناة لكن لا يمر تيار



Operation of The Enhancement MOSFET تشغيل ترانزستور

ماذا يحدث عند توصيل المصرف بجهد موجب؟

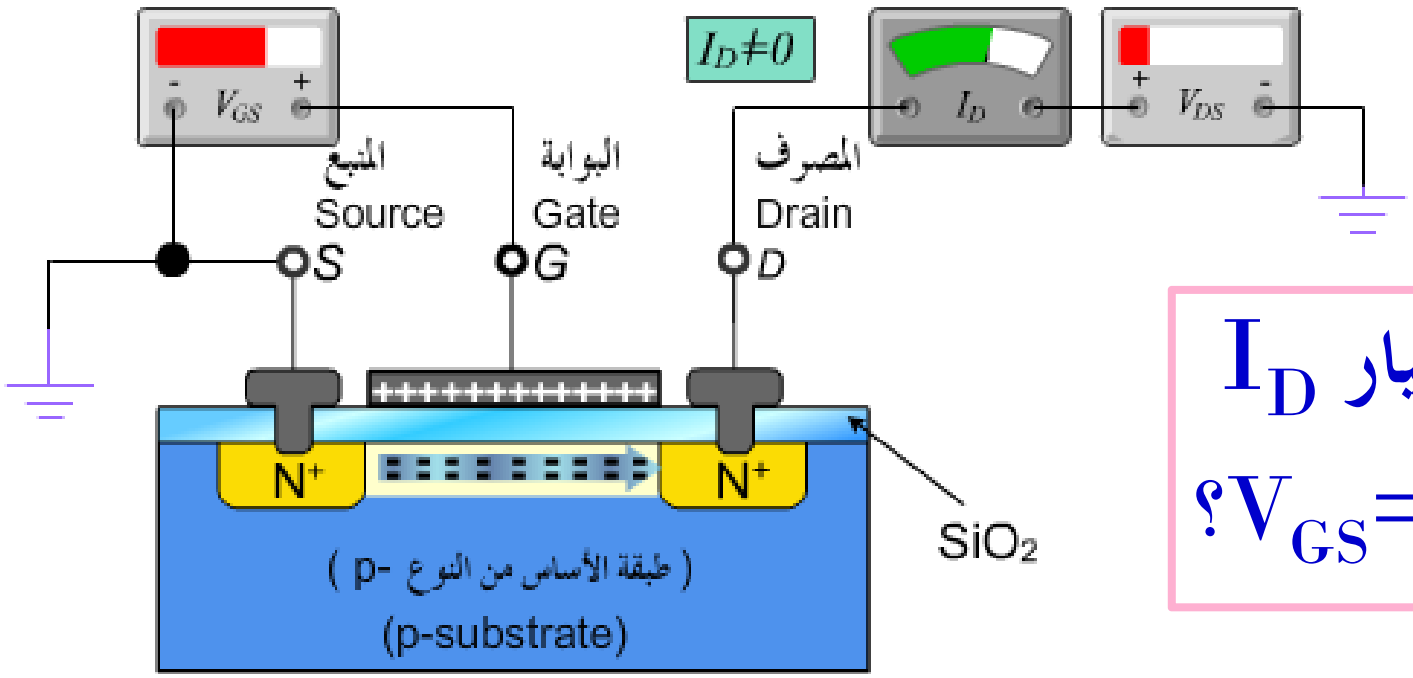
يمر تيار المصرف الذي يزداد مع زيادة V_{DS}



Operation of The Enhancement MOSFET تشغيل ترانزستور

ماذا يحدث عند زيادة جهد البوابة؟

يزيد تيار المصرف أي أن جهد البوابة يحسن قيمة التيار

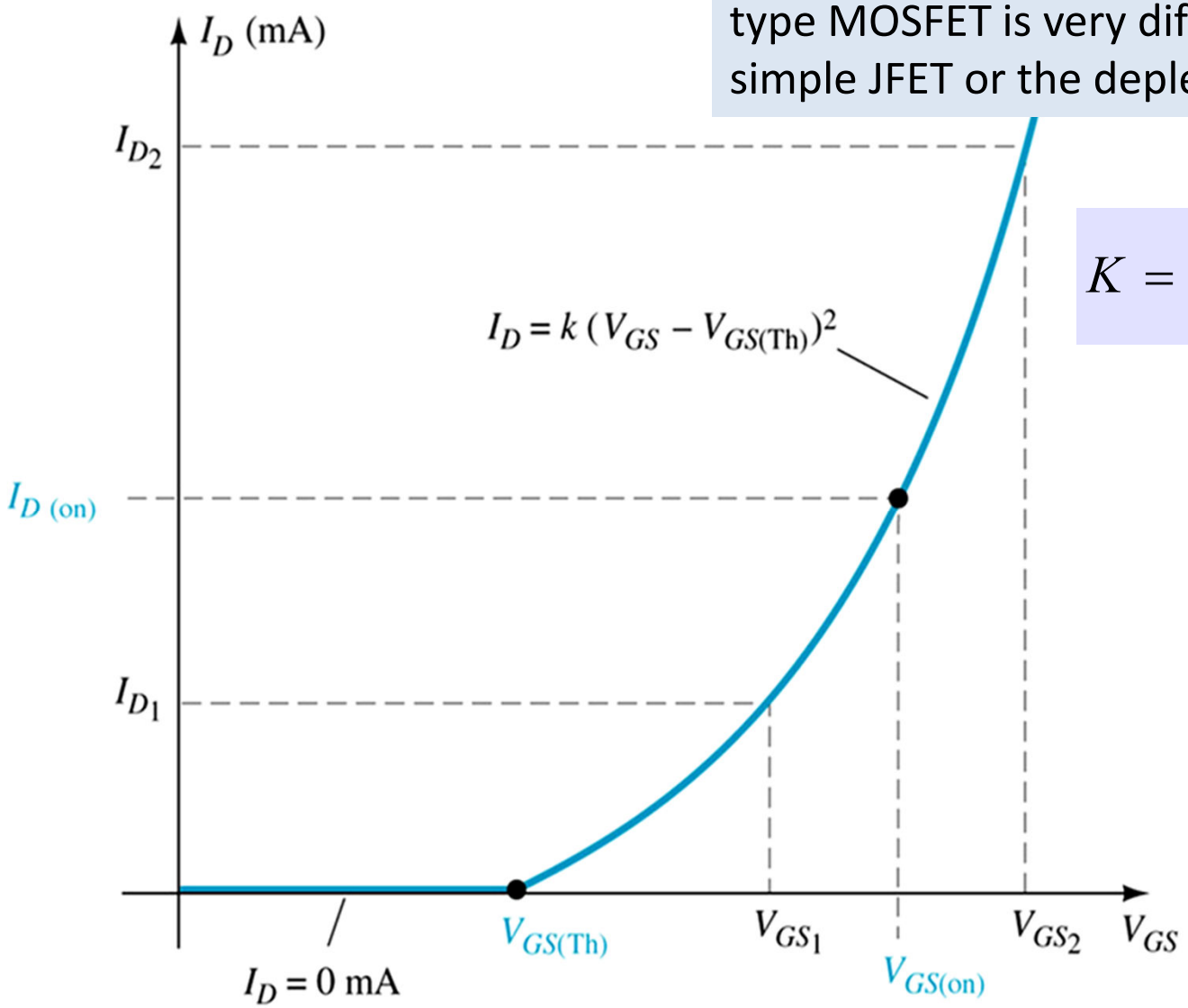


هل يمر التيار I_D اذا كان $V_{GS}=0$؟

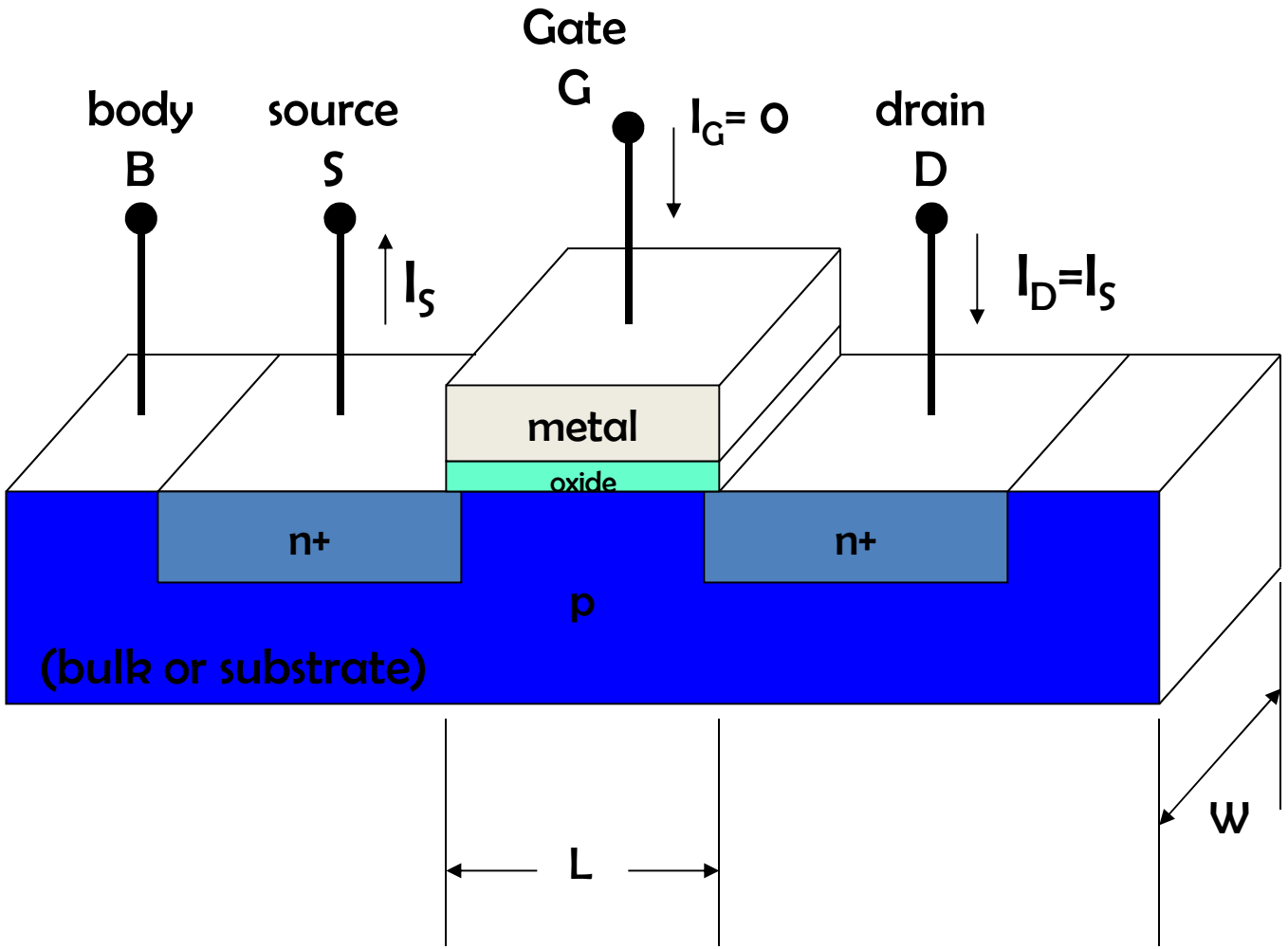
منحنى التحويل للترانزستور MOSFET التعزيزي

I_D-V_{GS} Characteristics of The Enhancement MOSFET

The transfer characteristic for the enhancement-type MOSFET is very different from that of a simple JFET or the depletion-type MOSFET.

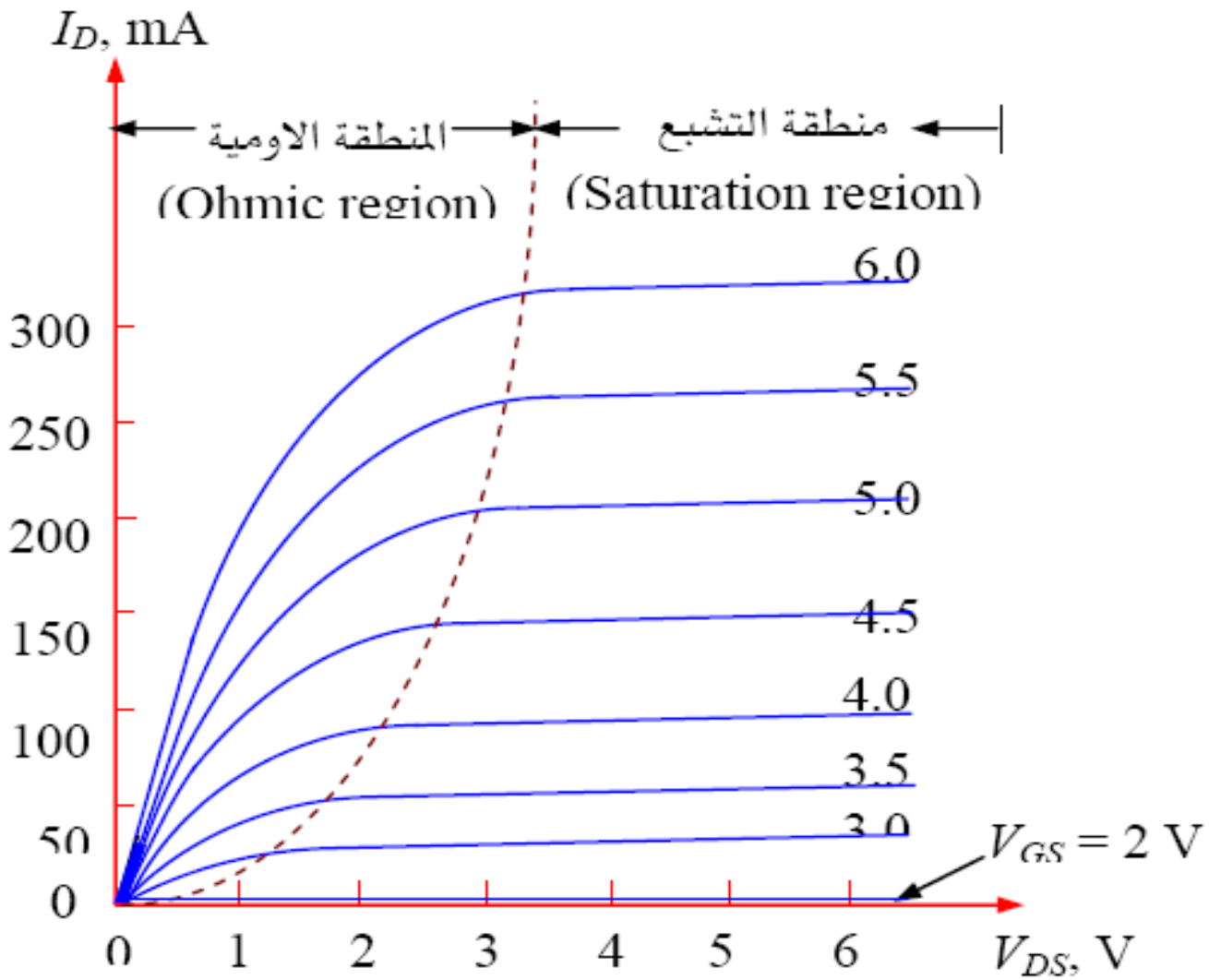


$$K = \frac{1}{2}\mu_e C_{ox}\frac{W}{L}$$


Gate
G
body
B
source
S
drain
D
$I_G = 0$
I_S
$I_D = I_S$
metal
oxide
n+
n+
p
(bulk or substrate)
L
W

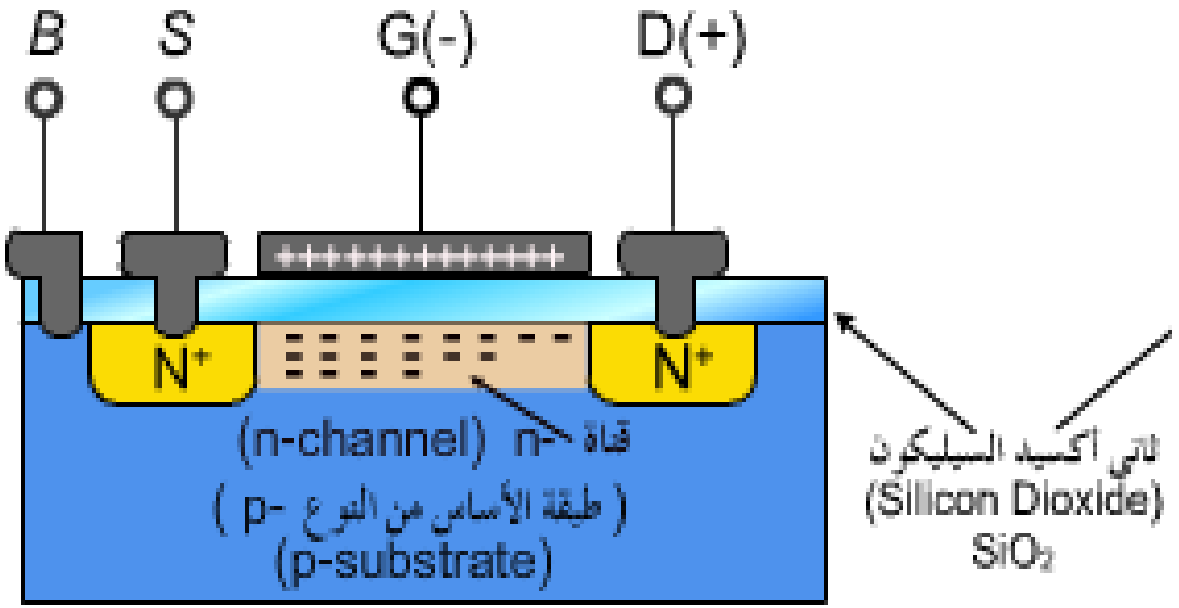
منحنيات خواص ترانزستور MOSFET التعزيزي

I_D-V_{DS} Characteristics of The Enhancement MOSFET



الاستنزافي The Depletion MOSFET

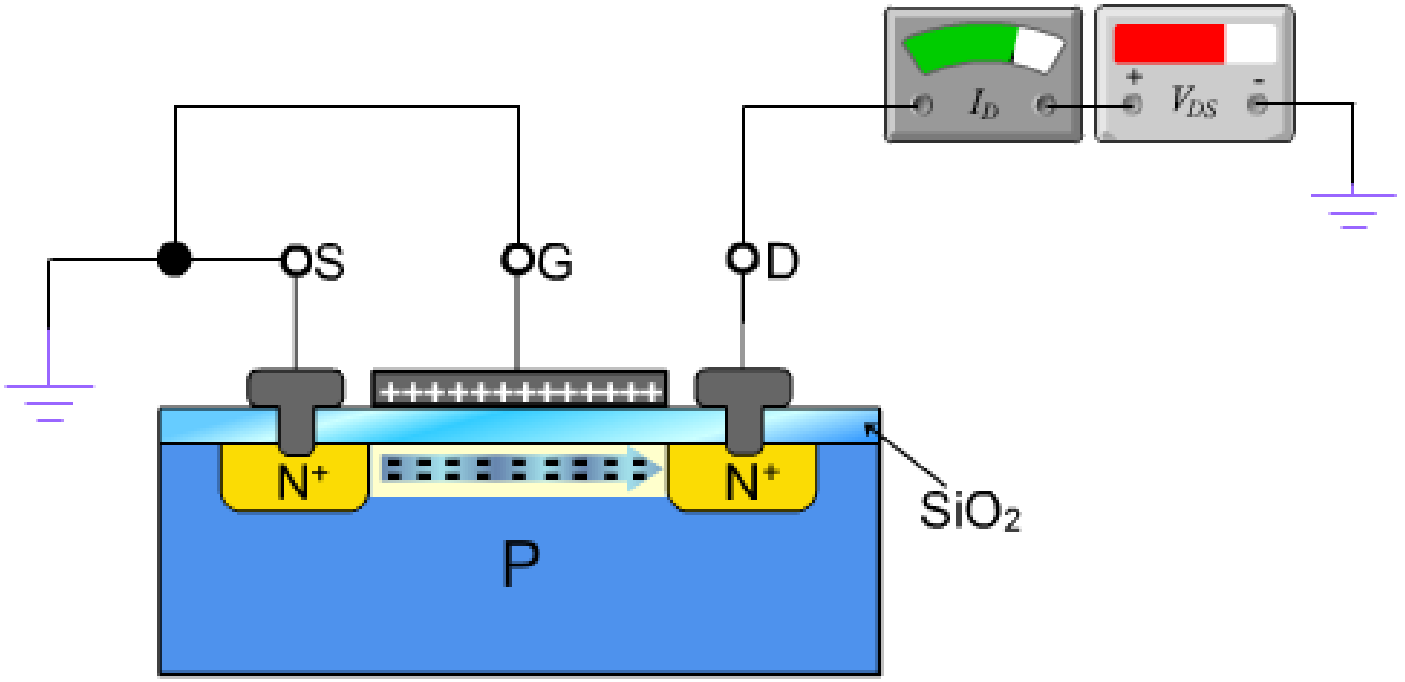
يختلف عن النوع التعزيزي بوجود قناة من شبه موصل من نفس نوع المصرف والمنبع



الاستترافي The Depletion MOSFET

هل يمر تيار في حالة عدم تطبيق جهد موجب على البوابة؟

يمرر تيار المصرف دون الحاجة لتطبيق جهد موجب على البوابة

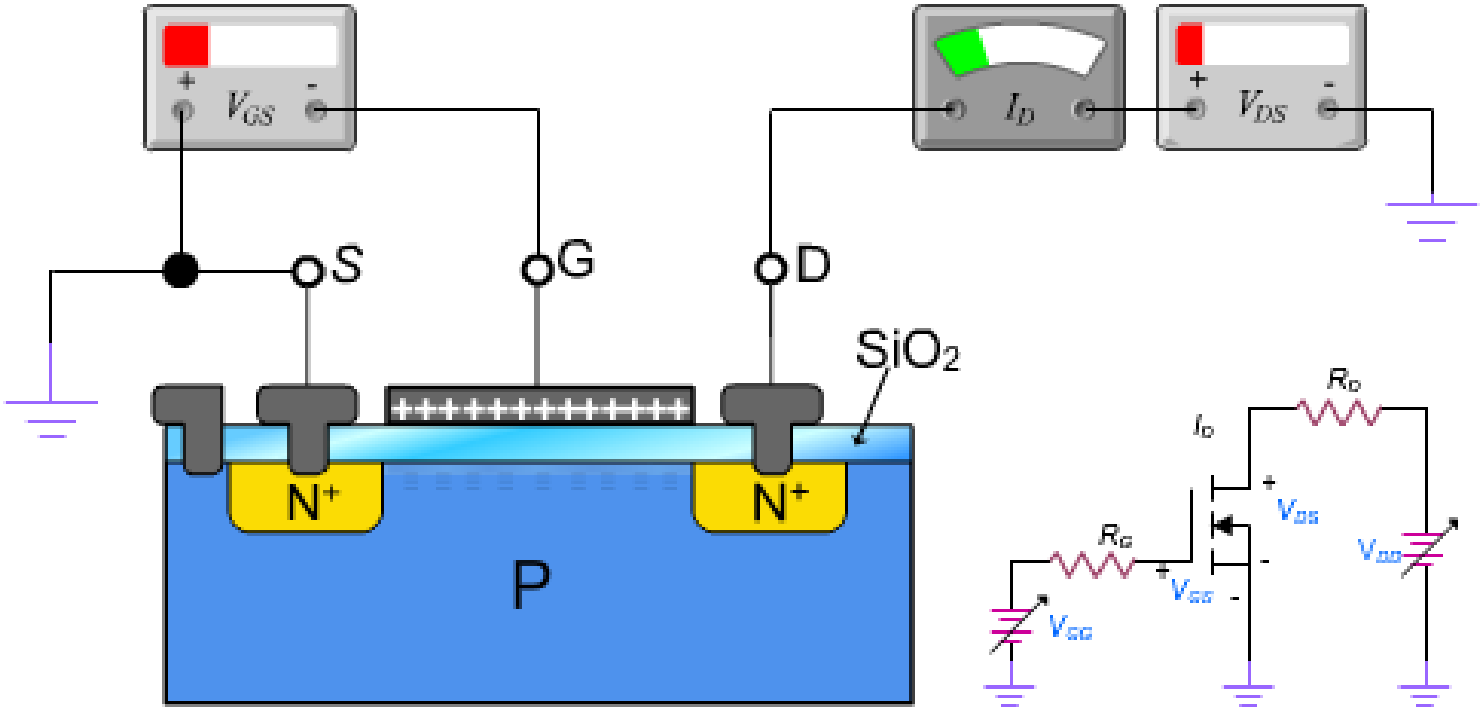


الاستترافي The Depletion MOSFET

ماذا يحدث إذا طبقنا جهد سالب أو جهد موجب على البوابة؟

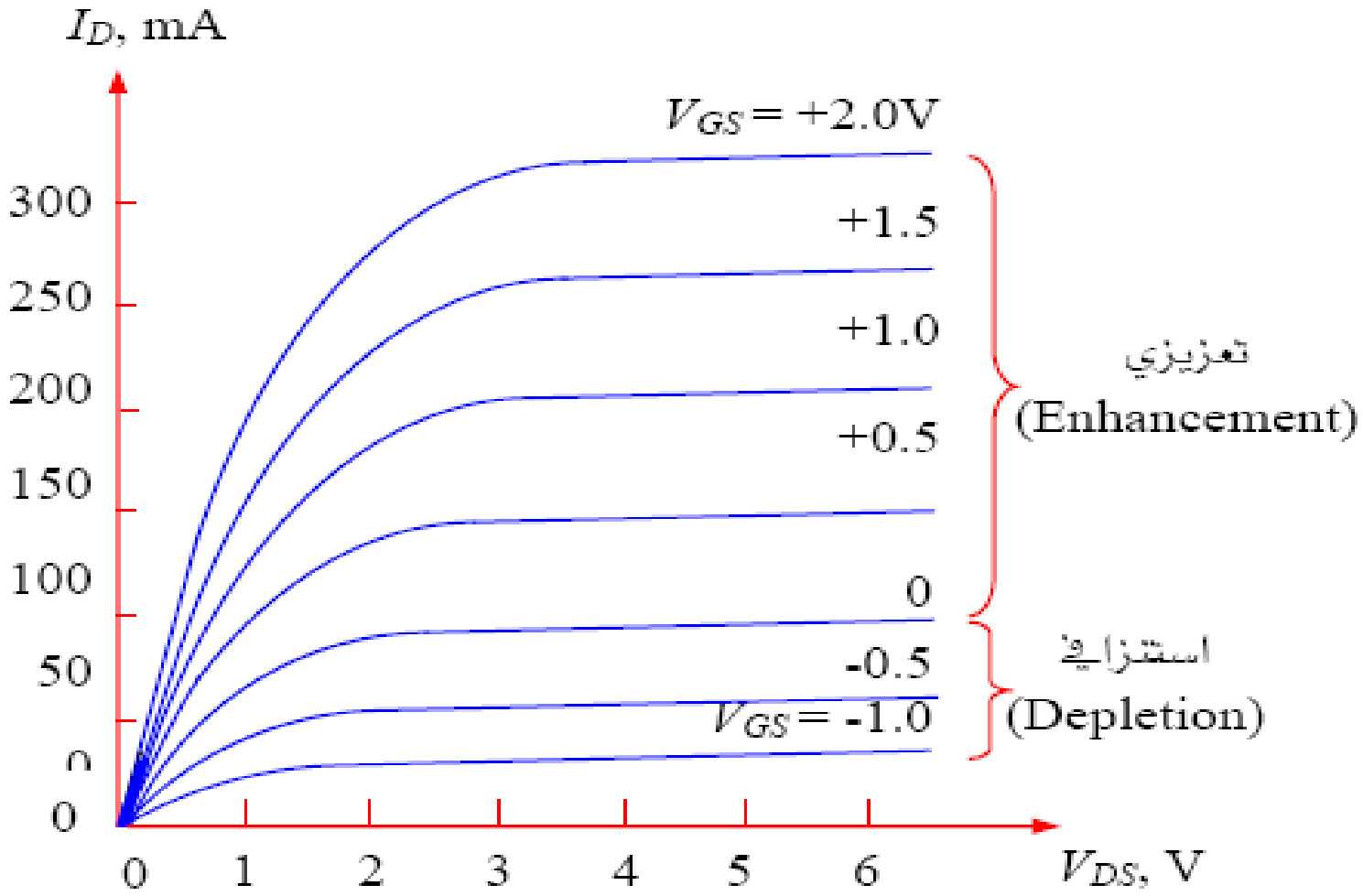
إذا طبقنا جهد سالب يقل عرض القناة ويقل التيار المار.

إذا طبقنا جهد موجب يزداد عرض القناة ويزداد تيار المصرف.



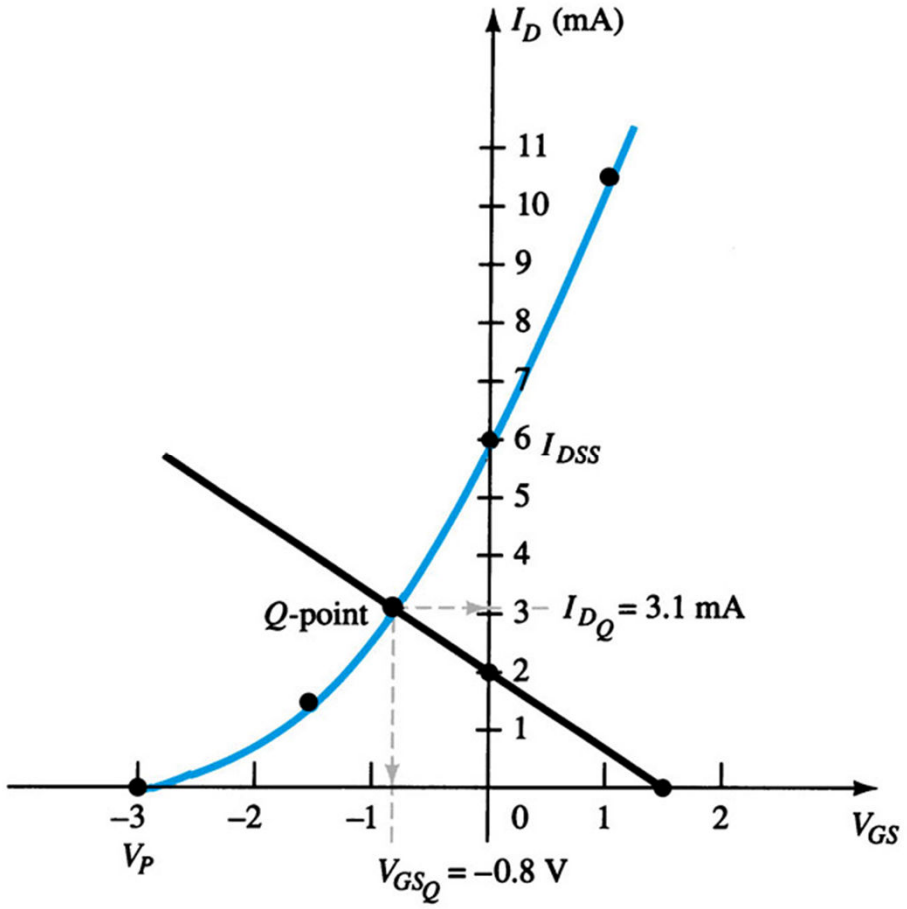
منحنيات خواص ترانزستور MOSFET الاستزافي

I_D-V_{DS} Characteristics of The Depletion MOSFET



Depletion-Type MOSFET

منحنى خواص التحويل



General Relationships

- For all FETs:

$$I_G \approx 0\,A \qquad I_D = I_S$$

- For JFETs and Depletion-Type MOSFETs:

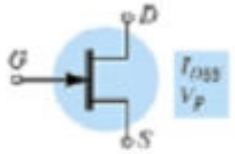
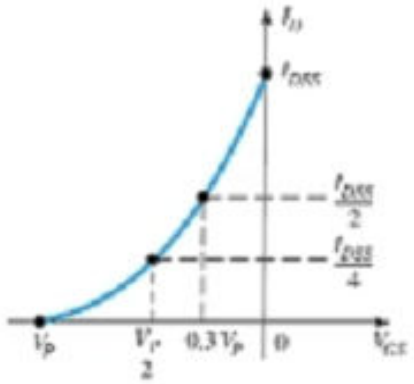
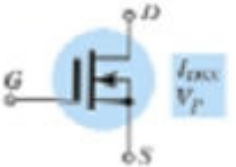
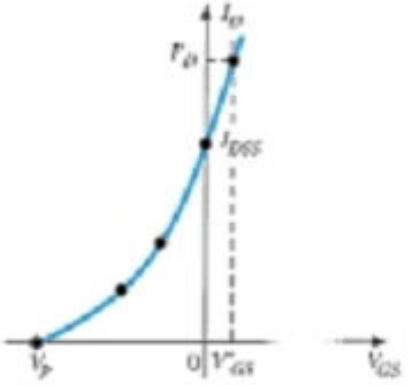
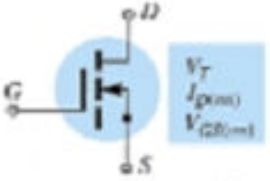
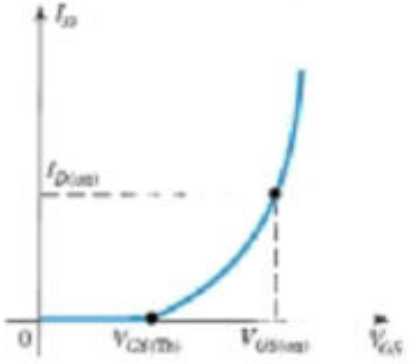
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

- For Enhancement-Type MOSFETs:

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

The constant K, called the conductance parameter, is measured in units of mA/V^2.

$$K = \frac{1}{2}\mu_e C_{ox}\frac{W}{L}$$

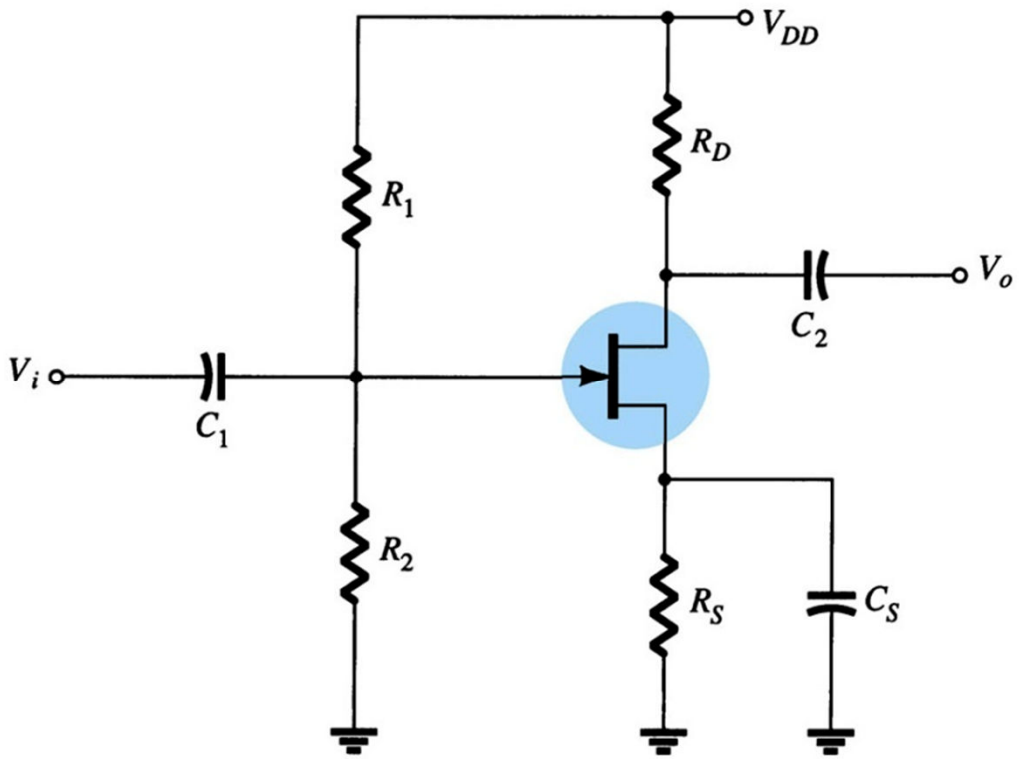
Type	-Symbol- Basic Relationships	Transfer Curve	Input Resistance and Capacitance
JFET (n-channel)	$I_G = 0\ \text{A}, I_D = I_S$  $I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$		$R_i > 100\ \text{M}\Omega$ C_i: (1 – 10) pF
MOSFET depletion-type (n-channel)	$I_G = 0\ \text{A}, I_D = I_S$  $I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$		$R_i > 10^{10}\ \Omega$ C_i: (1 – 10) pF
MOSFET enhancement-type (n-channel)	$I_G = 0\ \text{A}, I_D = I_S$  $I_D = k(\ _{GS} - V_{GS(\text{Th})})^2$ $k = \frac{I_{D(\text{on})}}{(V_{GS(\text{on})} - V_{GS(\text{th})})^2}$		$R_i > 10^{10}\ \Omega$ C_i: (1 – 10) pF

دوائر تحيز ترانزستور أثر المجال الأكثر استخداماً
Common FET Biasing Circuits

- JFET
  - Fixed – Bias
  - Self-Bias
  - Voltage-Divider Bias
- Depletion-Type MOSFET
  - Self-Bias
  - Voltage-Divider Bias
- Enhancement-Type MOSFET
  - Feedback Configuration
  - Voltage-Divider Bias

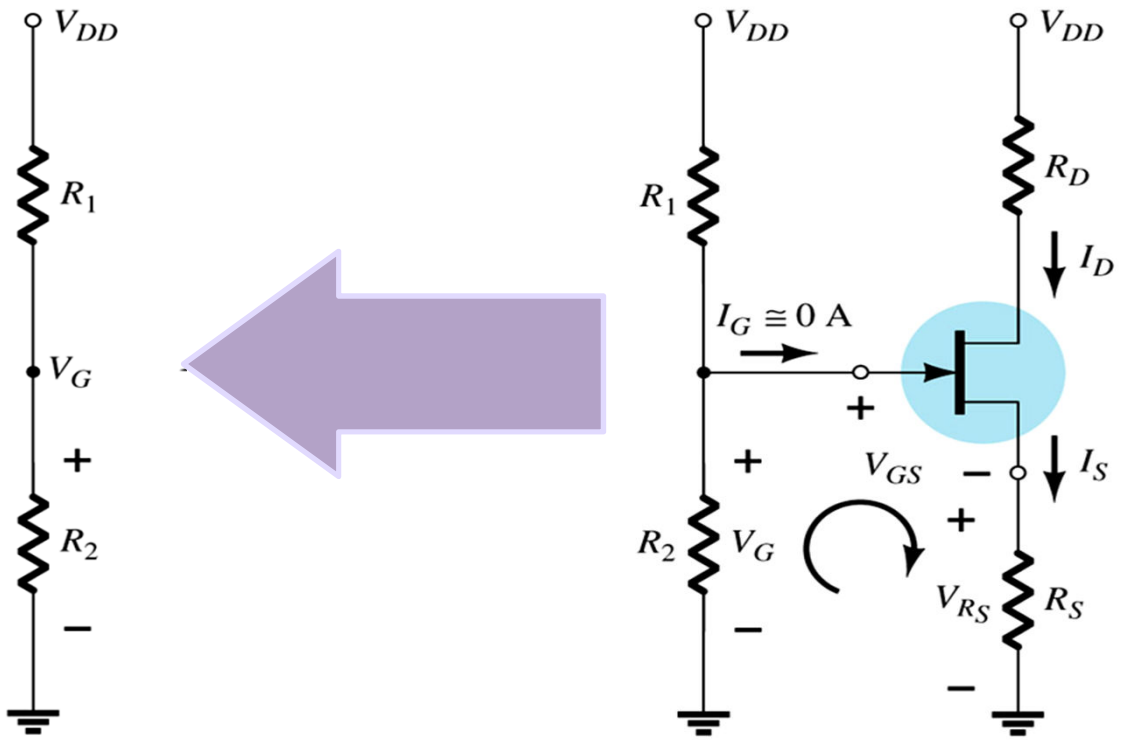
انحياز مقسم الجهد

JFET Voltage-Divider Bias تحييز JFET باستخدام مجزئ الجهد

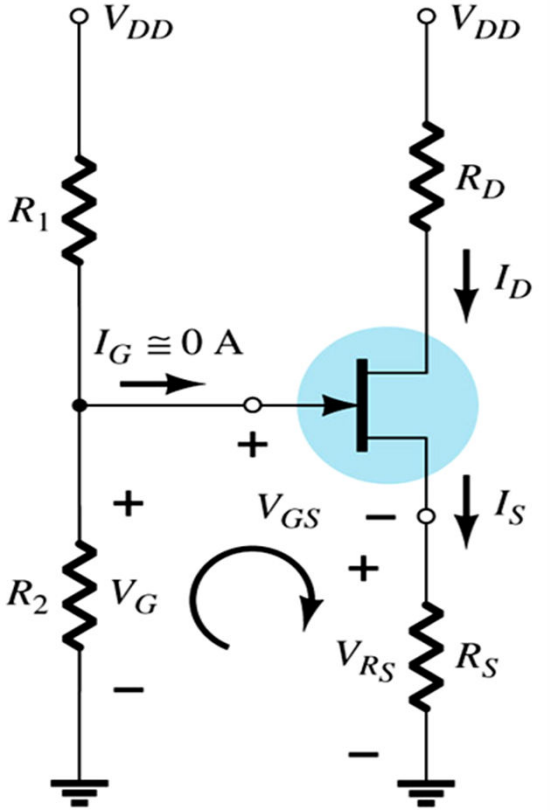


تحييز JFET باستخدام مجزئ الجهد JFET Voltage-Divider Bias

حيث أن التيار $I_G=0$ ، وحسب KCL فإن $I_{R1}= I_{R2}$



تحييز JFET باستخدام مجزئ الجهد JFET Voltage-Divider Bias



تحليل الدائرة:

لإيجاد V_G نستخدم قانون مقسم الجهد:

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

بتطبيق KVL في دائرة الدخل:

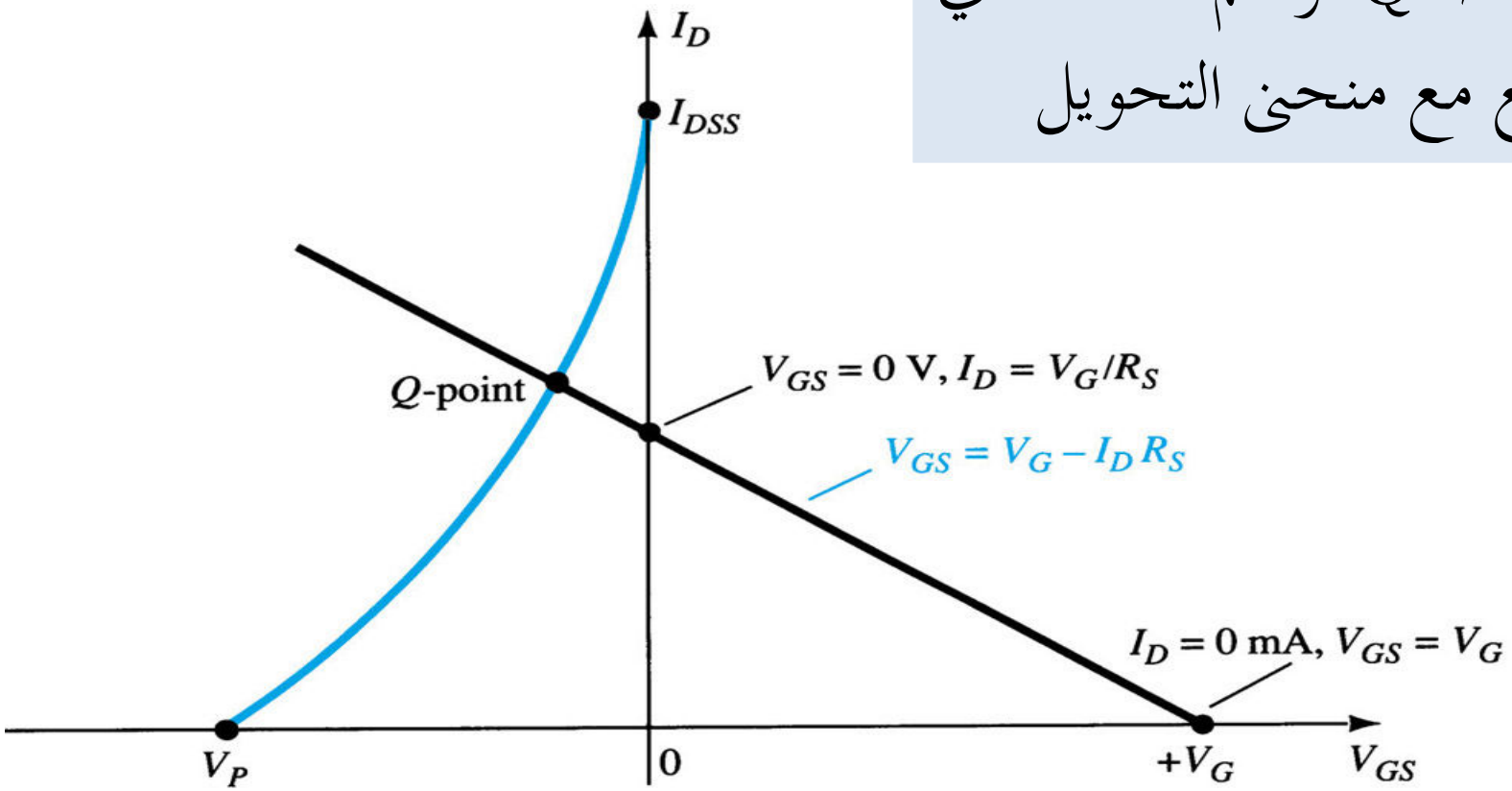
$$V_G - V_{GS} - V_{RS} = 0$$

بوضع $I_S = I_D$

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S$$

تحليل الدائرة

لتعيين النقطة Q نرسم الخط الذي يتقاطع مع منحنى التحويل

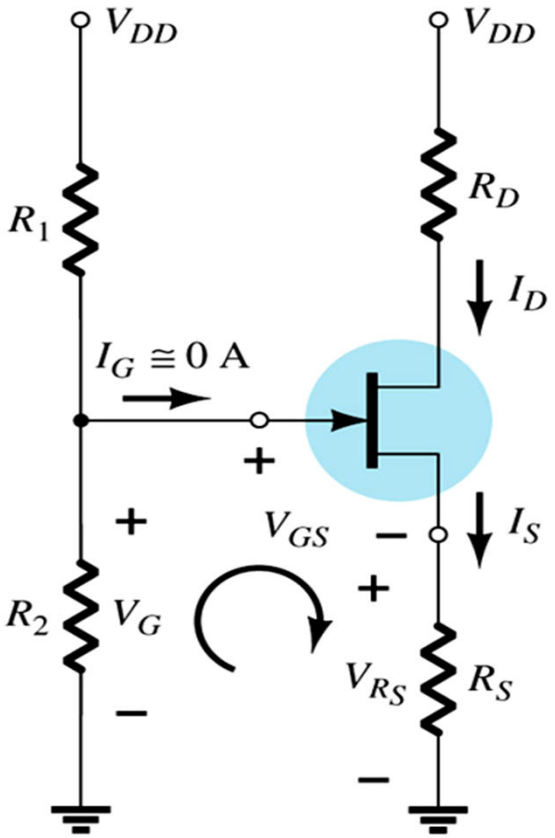


1. Plot the line: By plotting two points: $V_{GS} = V_G$, $I_D = 0$ and $V_{GS} = 0$, $I_D = V_G/R_S$
2. Plot the transfer curve by plotting I_{DSS}, V_P and calculated values of I_D.
3. Where the line intersects the transfer curve is the Q point for the circuit.

تحليل الدائرة

- Once the quiescent values of I_{DQ} and V_{GSQ} are determined, the remaining network analysis can be found.

$$I_{R1} = I_{R2} = \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2}$$

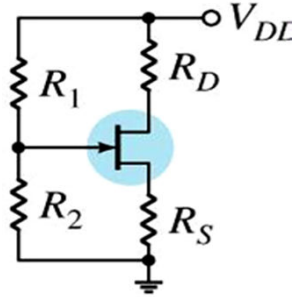
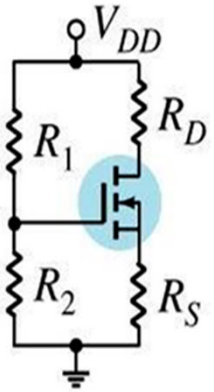
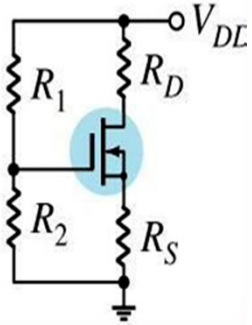
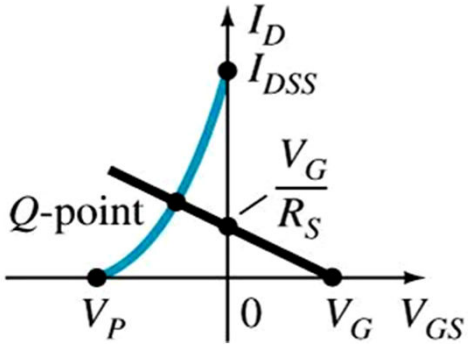
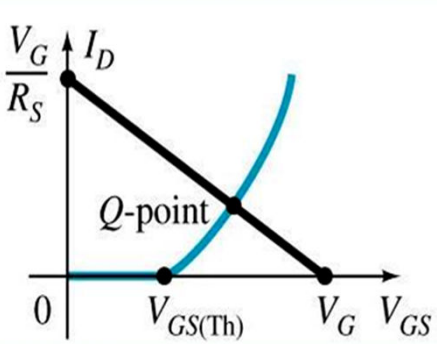
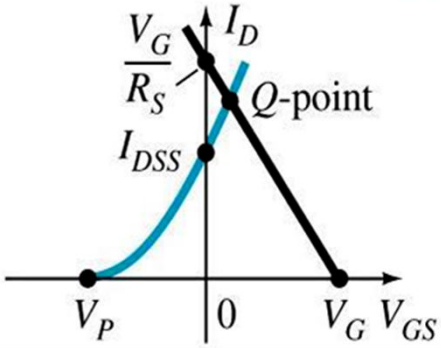


- Output loop:

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

$$V_S = I_D R_S$$

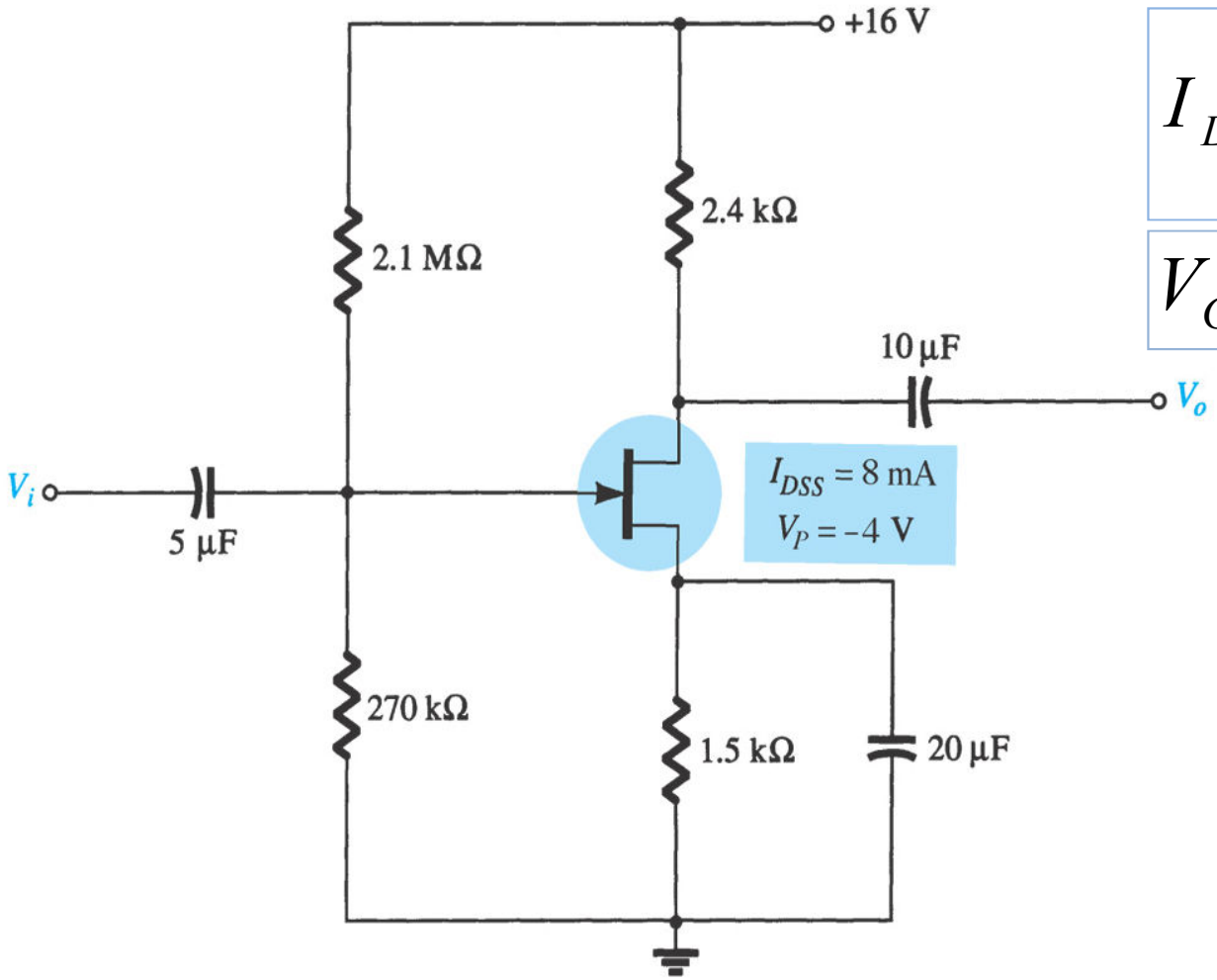
Type	JFET voltage-divider bias	Enhancement MOSFET voltage-divider bias	Depletion MOSFET voltage-divider bias
Configuration			
Graphical Solution			
Pertinent Equations	$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$	$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$	$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$

$$V_G = R_2 \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} \qquad V_{GS} = V_G - I_D R_S \qquad V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$

تحيز ترانزستور أثر المجال باستخدام مجزئ جهد

تدريب

Determine I_{DQ}, V_{GSQ}, V_D, V_S, V_{DS} and V_{DG}.



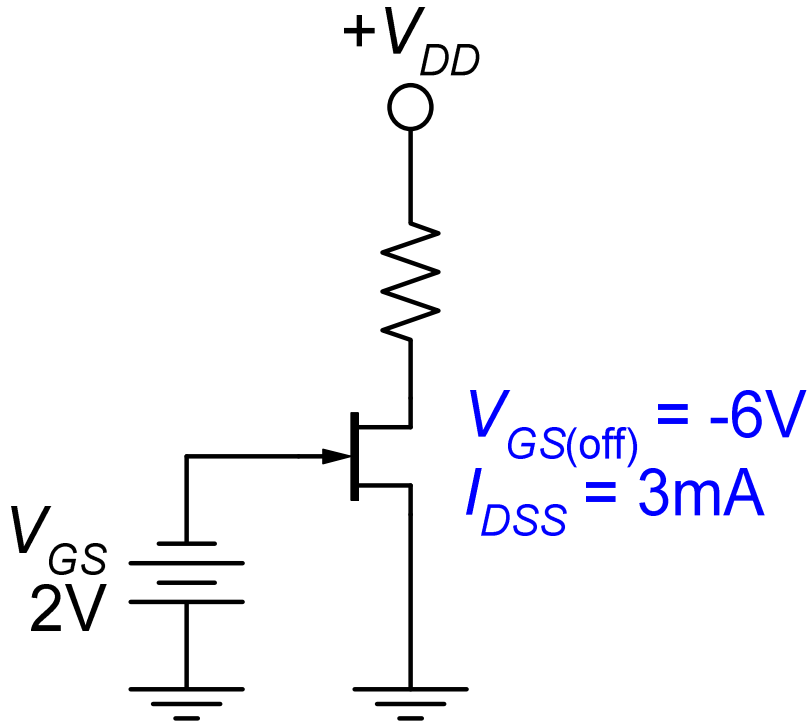
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S$$

تحيز ترانزستور أثر المجال باستخدام مجزئ جهد

تدريب

أحسبي قيمة تيار المصرف للدائرة الموضحة



$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$$

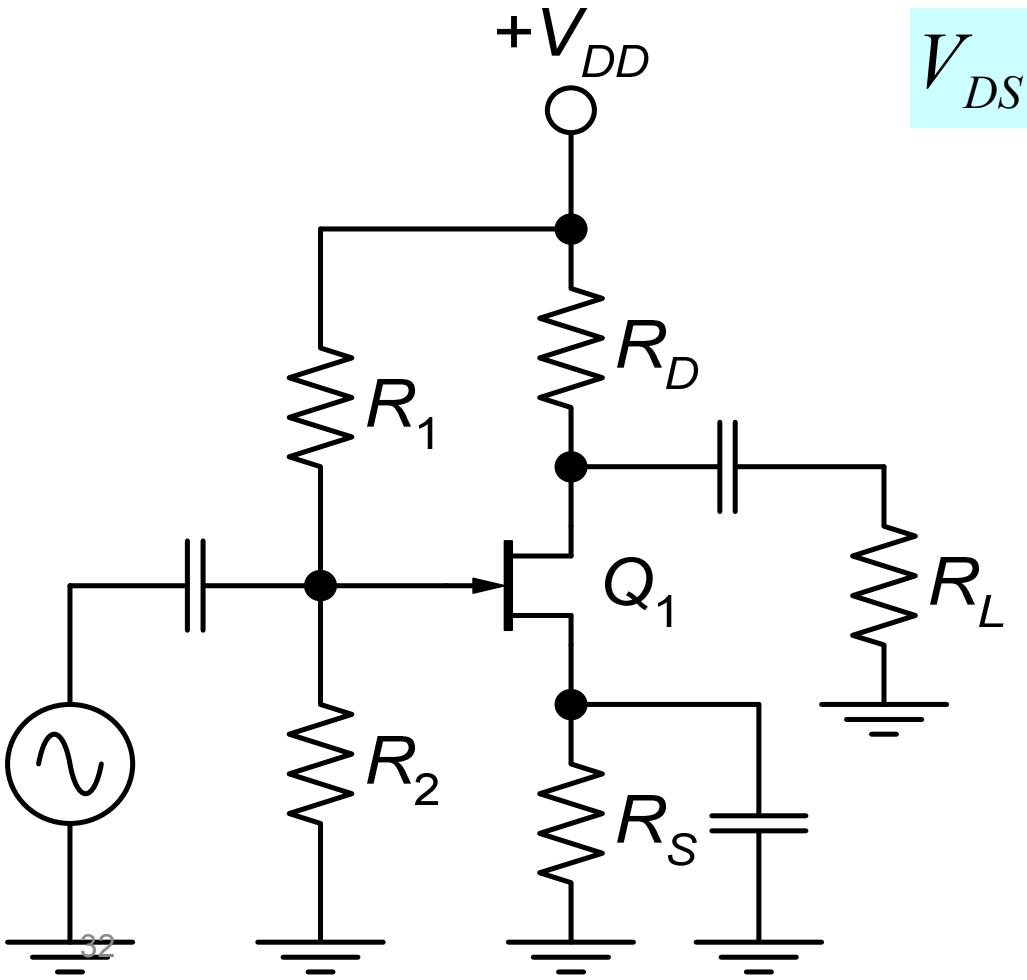
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(\text{off})}}\right)^2$$

$$= (3\text{mA})\left(1 - \frac{-2\text{V}}{-6\text{V}}\right)^2 = 1.33\text{mA}$$

تحيز ترانزستور أثر المجال باستخدام مجزئ جهد

تدريب

ما هي قيمة جهد البوابة وتيار المصرف وجهد المصرف المنبع؟



$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S}$$

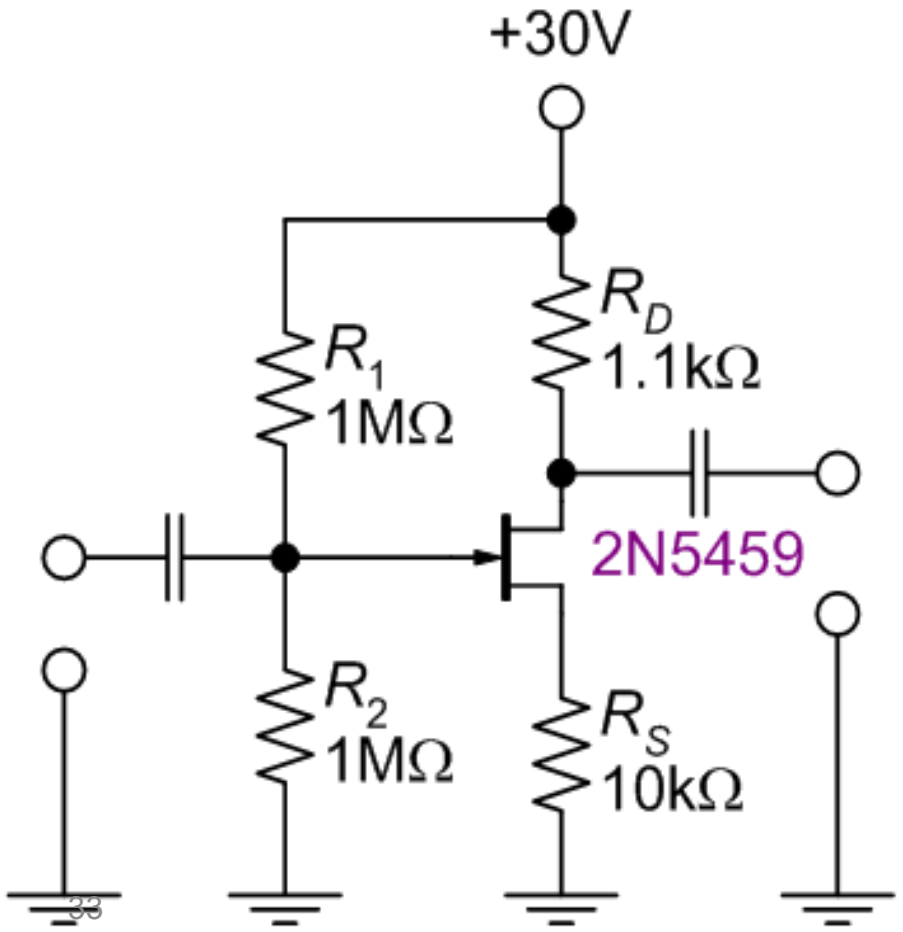
$$V_G = V_{DD}\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

تحيز ترانزستور أثر المجال باستخدام مجزئ جهد

تدريب

ما هي قيمة جهد البوابة وتيار المصرف وجهد المصرف المنبع؟

عند V_{GS}= -2V



$$V_G = \frac{30}{2} \times 1 = 15V$$

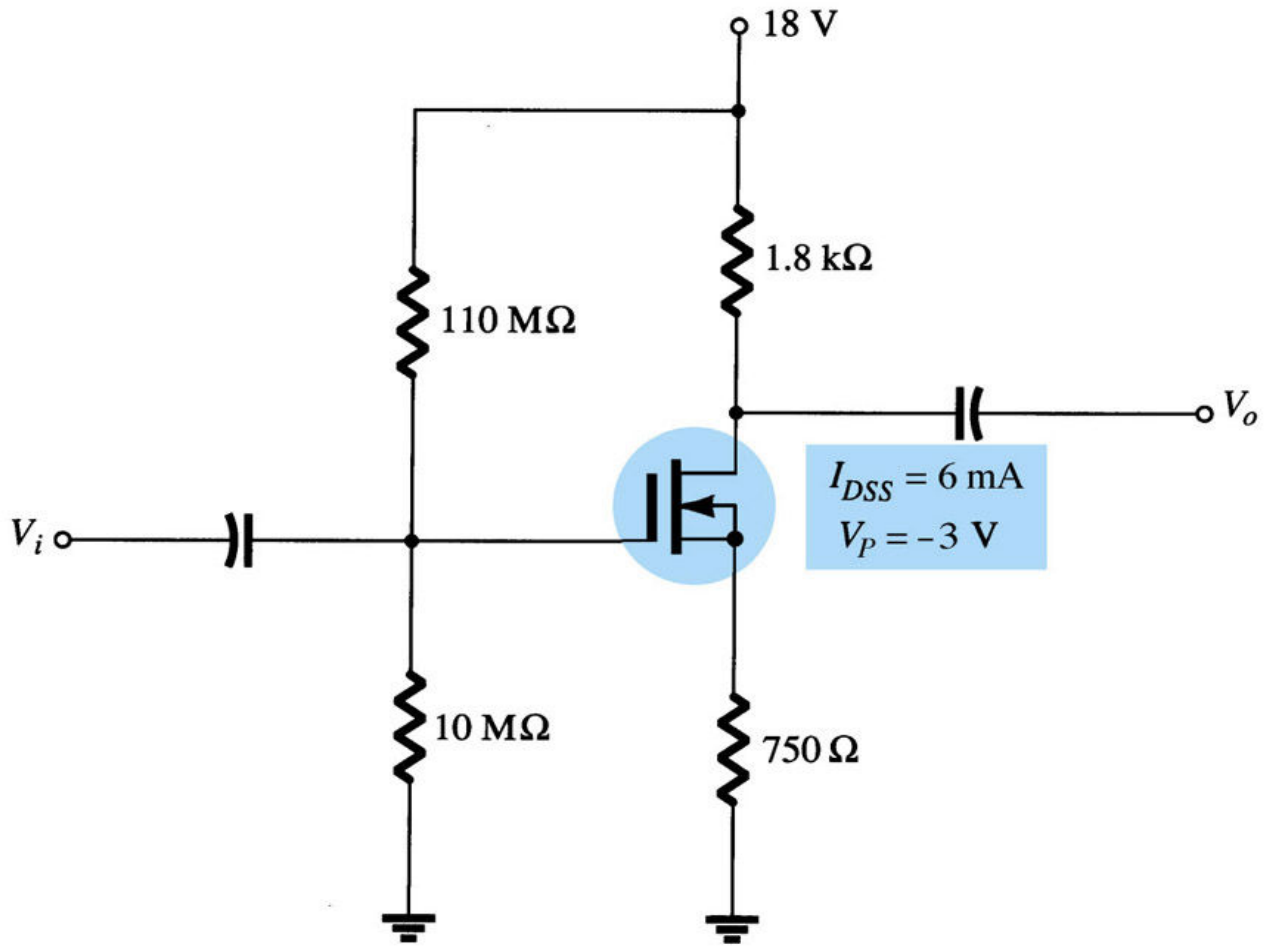
$$I_D = \frac{15+2}{10} = 1.7mA$$

$$V_{DS} = 30 - 1.7(1.1 + 10)$$

$$V_{DS} = 11.13V$$

Depletion-Type MOSFETs

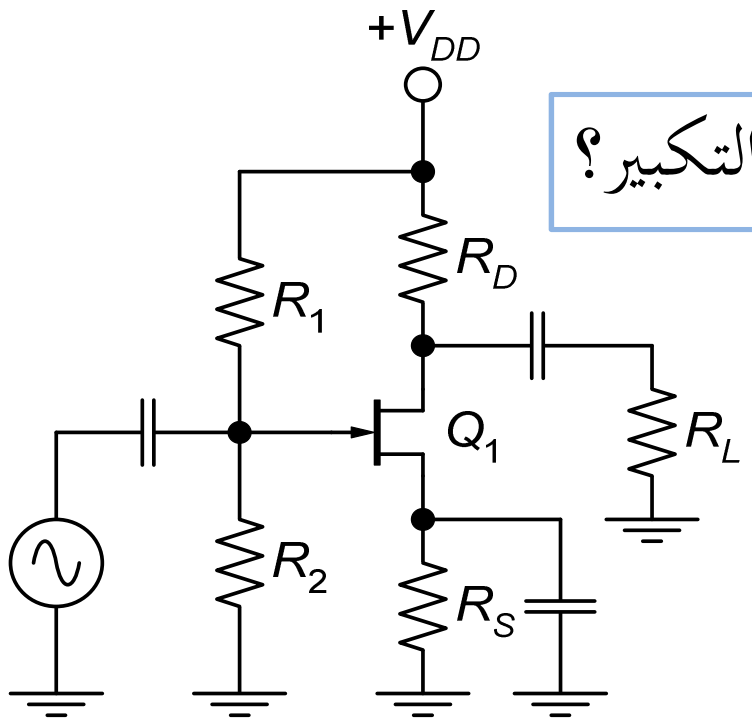
Depletion-type MOSFET bias circuits are similar to JFETs. The only difference is that the depletion-Type MOSFETs can operate with positive values of V_{GS} and with I_D values that exceed I_{DSS}.

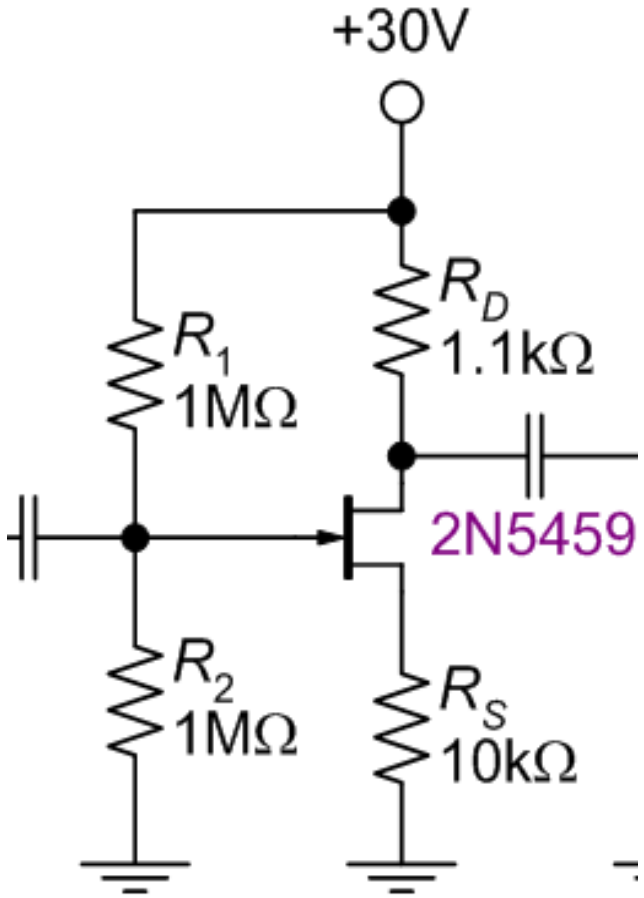


تحيز ترانزستور أثر المجال باستخدام مجزئ جهد

تدريب

ما قيمة مقاومة المصرف، الموصلية معامل، التكبير؟





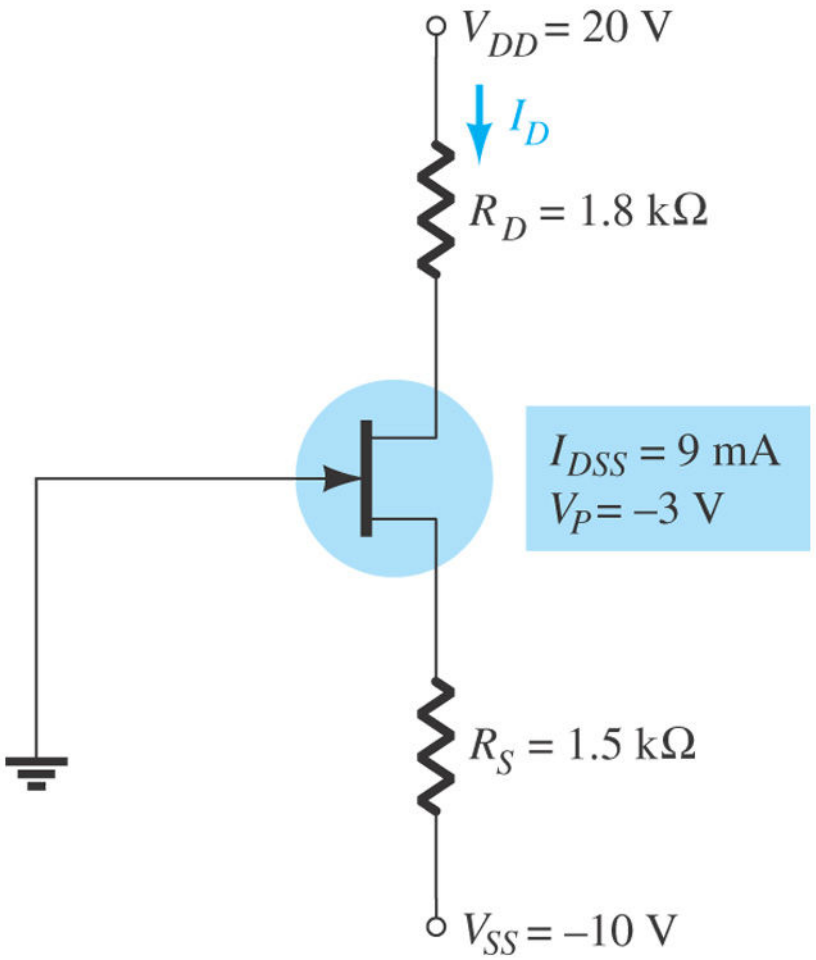
$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$r_D = R_L \,//\, R_D$$

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{-g_m v_{gs} r_D}{v_{gs}} = -g_m r_D$$

تدریب

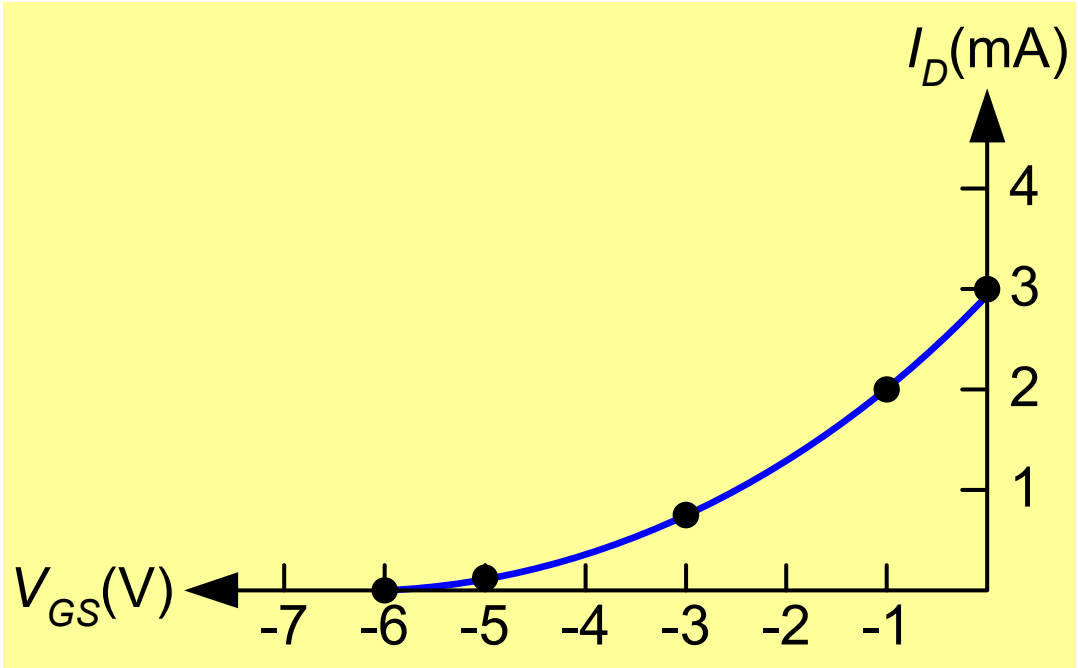
Determine I_{DQ}, V_{GSQ}, V_{DS}, V_D and V_S



تدريب

أرسمي منحنى خواص التحويل لترانزستور أثر المجال

$V_{GS(OFF)}$ = -6V and I_{DSS} = 3mA.



V_{GS}(V)	I_D(mA)
-6	0
-5	0.083
-3	0.75
-1	2.08
0	3