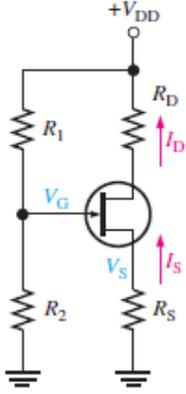


المحاضـ 15 —رة



2. التحيز بمجزء الجهد Voltage-Divider Bias

الشكل المجاور يوضح ترانزستور JFET مربوط بدائرة مجزء جهد محاز بواسطة الجهد V_{DD} الذي يجب ان تكون قيمته اكبر من جهد البوابة وذلك لضمان بقاء الانحياز لوصلة بوابة-مصدر عكسياً.

في هذه الدائرة جهد المصدر V_S يحسب من:

$$V_S = I_D R_S$$

The gate voltage is set by resistors R_1 and R_2 as expressed by the following equation using the voltage-divider formula:

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{DD}$$

The gate-to-source voltage is

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

and the source voltage is

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

The drain current can be expressed as

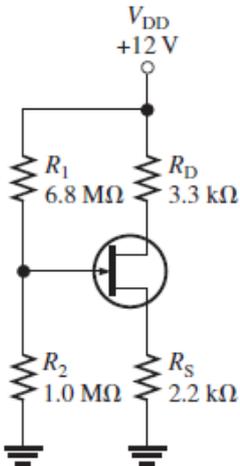
$$I_D = \frac{V_S}{R_S}$$

Substituting for V_S ,

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

مثال: للدائرة المبينة احسب كل من V_{GS} و I_D اذا علمت ان $V_D=7V$.

الحل:



$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R_D} = \frac{12 \text{ V} - 7 \text{ V}}{3.3 \text{ k}\Omega} = \frac{5 \text{ V}}{3.3 \text{ k}\Omega} = 1.52 \text{ mA}$$

Calculate the gate-to-source voltage as follows:

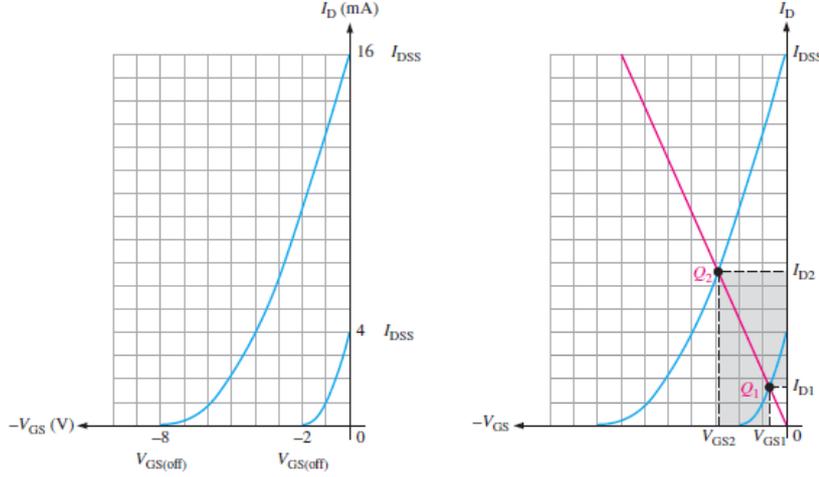
$$V_S = I_D R_S = (1.52 \text{ mA})(2.2 \text{ k}\Omega) = 3.34 \text{ V}$$

$$V_G = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{DD} = \left(\frac{1.0 \text{ M}\Omega}{7.8 \text{ M}\Omega} \right) 12 \text{ V} = 1.54 \text{ V}$$

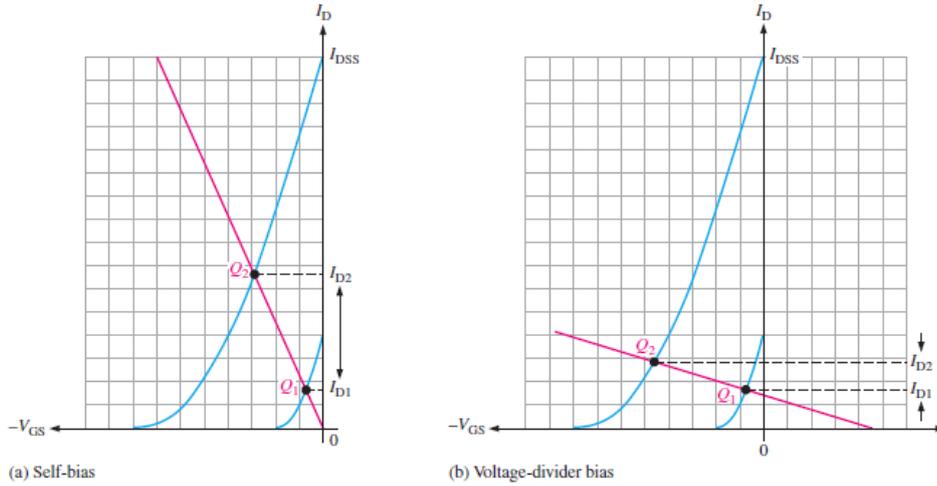
$$V_{GS} = V_G - V_S = 1.54 \text{ V} - 3.34 \text{ V} = -1.8 \text{ V}$$

استقرارية نقطة العمل

استخدام نفس نوع الترانزستور في دائرتين مختلفتين يعطي مخرجات مختلفة بل استعمال نفس النوع لنفس الدائرة يعطي اختلافا في المخرجات (نقطة العمل). الشكل ادناه هو مميزة الاخراج لترانزستور تأثير المجال نوع 2N5459 ويلاحظ ان قيمة نقطة العمل مختلفة.



الشكل ادناه يمثل منحنيات الاخراج لنفس نوع الترانزستور مربوط بانحياز ثابت والآخر بانحياز مجزء جهد ويلاحظ ان التغير في نقطة عمل الترانزستور من حيث تيار الاخراج ID عند انحياز مجزء جهد يكون اقل مما هو عليه بالانحياز الثابت وبالتالي مجزء الجهد سيوفر استقرارية اكثر للدائرة.



علل/ يكون ربط مجزء جهد يوفر استقرارية اكثر لدوائر FET من ربط الانحياز الذاتي.

3. التحيز بتيار المصدر Current-source bias

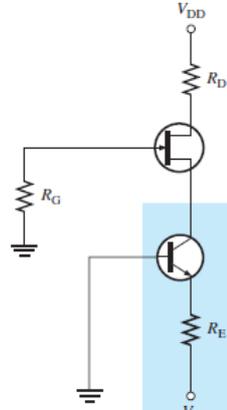
طريقة لزيادة استقرارية نقطة عمل ترانزستور تأثير المجال FET المربوط بالانحياز الذاتي عن طريق تيار المصدر غير معتمد على V_{GS} وذلك بتوفير تيار مصدر ثابت Constant source current. الدائرة ادناه

توفر تيار مصدر ثابت بواسطة ترانزستور ثنائي الوصلة حيث ان تيار الباعث يكون ثابتا في حال $V_{EE} \gg V_{BE}$ وايضا يمكن ان تستعمل FET هنا لتوفير تيار مصدر ثابت.

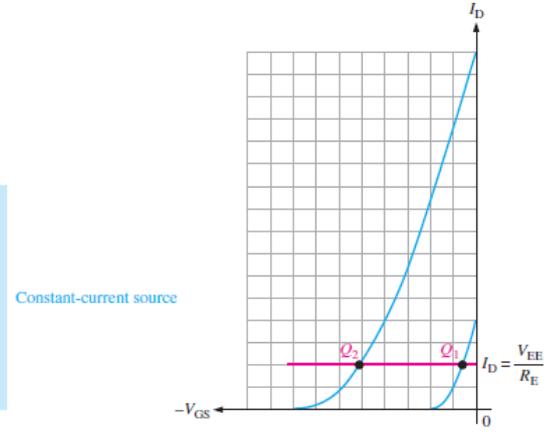
Since $I_E \cong I_D$,

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} \cong \frac{V_{EE}}{R_E}$$

$$I_D \cong \frac{V_{EE}}{R_E}$$



(a) Circuit



(b) Transfer characteristic

EXAMPLE 8–13

A current-source bias circuit like Figure 8–29 has the following values: $V_{DD} = 9\text{ V}$, $V_{EE} = -6\text{ V}$, and $R_G = 10\text{ M}\Omega$. To produce a 10 mA drain current and a 5 V drain voltage, determine the values of R_E and R_D .

Solution

$$R_E = \frac{V_{EE}}{I_D} = \frac{6\text{ V}}{10\text{ mA}} = 600\ \Omega$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{9\text{ V} - 5\text{ V}}{10\text{ mA}} = 400\ \Omega$$

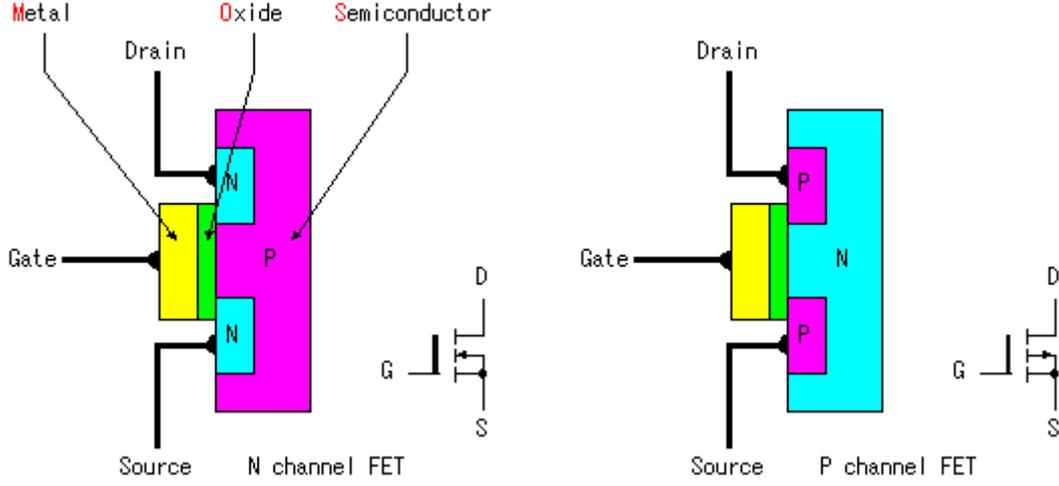
Related Problem If V_{DD} is increased to 12 V, how much does I_D change?

ترانزستور تأثير المجال ذو الاوكسيد المعدني Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor (MOSFET)

يختلف ترانزستور تأثير المجال ذي الاوكسيد المعدني MOSFET عن تانزستور تأثير المجال FET من حيث التركيب كالاتي:

1. طبقة سفلية Substrate وهي إما من النوع N كما يمين الشكل أو من النوع P كما بيسار الشكل ..
2. منطقتين من بلورتين من نفس النوع بعكس الطبقة السفلية $N \iff P$ ويمثلان طرفين من أطراف الترانزستور وهما المصرف Drain والمنبع Source ..
3. طبقة من الأكسيد (ثاني أكسيد السليكون SiO_2) وهي مادة غير موصلة للتيار الكهربائي (عازلة) ..
4. طبقة من المعدن وتمثل الطرف الثالث للترانزستور وهو البوابة Gate ..

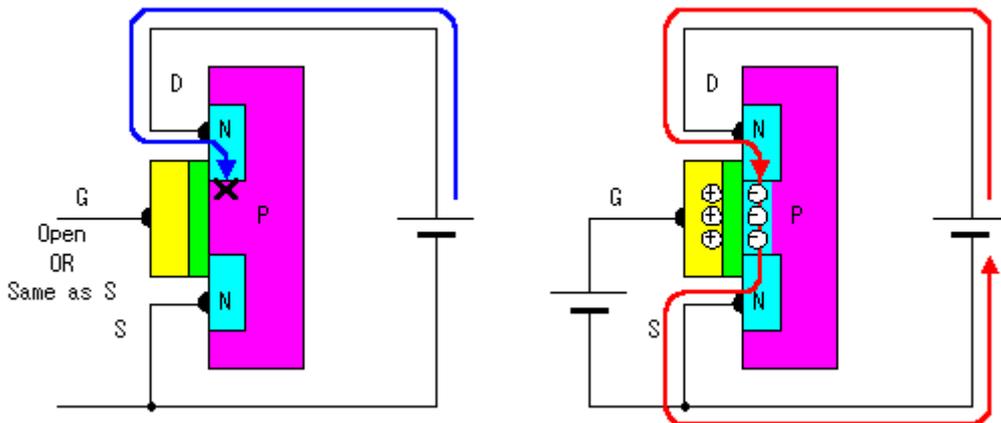
ونجد أيضا من الشكل أن هذا الترانزستور له نوعان هما الـ (P-Channel) والـ (N-Channel) بحسب اختيار نوع الطبقة السفلية والبلوريتين الجانبيتين (المصرف والمنبع).



في هذا النوع من الترانزستورات يتم التحكم بتيار الاخراج كالآتي

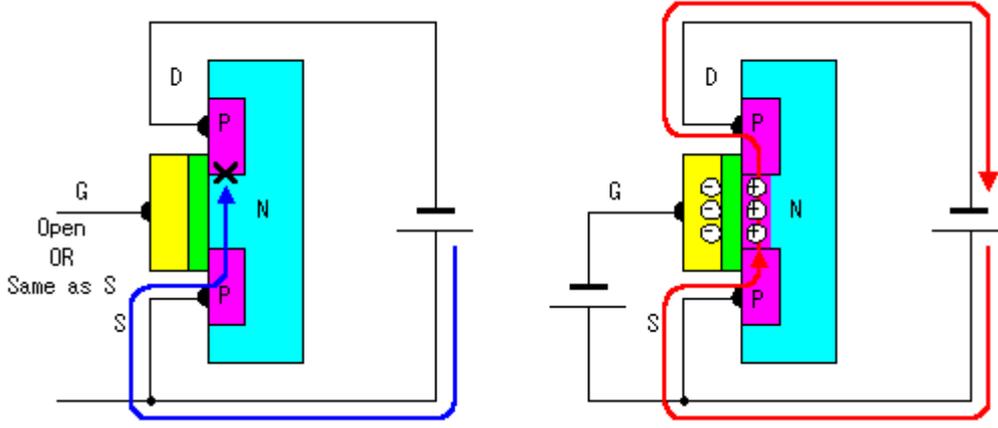
1. في حالة عدم وضع جهد على البوابة Gate فإنه لن يمر أي تيار بين المنبع والمصرف (الشكل الأيسر) ..
 2. في حالة وضع جهد موجب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة N فإن الإلكترونات الحرة الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستجذب للمجال الكهربائي الموجب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.
- ويتغير حجم هذه القناة تبعاً لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف .

أنظر الشكل التالي (حيث تم توصيل المصرف بالطرف الموجب لبطارية والمنبع بالطرف السالب لها) .

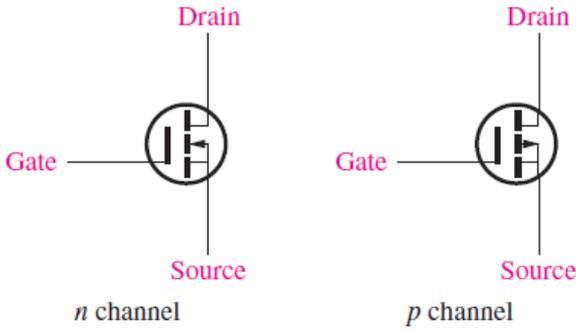


3. في حالة وضع جهد سالب على البوابة (في الشكل الأيمن) لاحظ أن الترانزستور من نوع القناة P فإن الفجوات الموجودة في بلورتي المنبع والمصرف ستجذب للمجال الكهربائي السالب المتكون عند البوابة مكونة قناة لمرور التيار بين المنبع والمصرف.

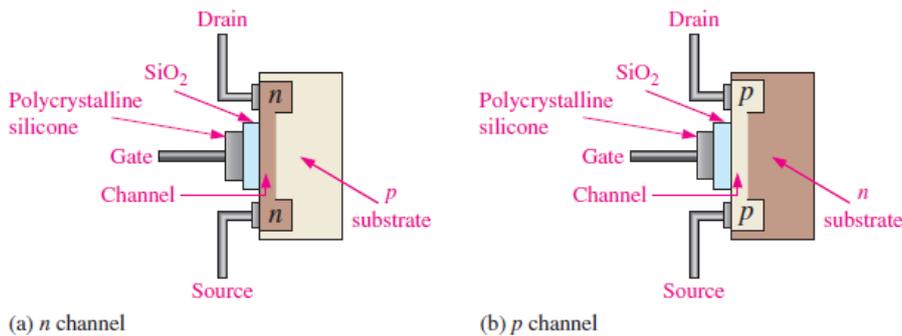
ويتغير حجم هذه القناة تبعاً لقوة المجال الكهربائي عند البوابة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار بين المنبع والمصرف. ولاحظ أنه لوجود مادة الأكسيد العازلة بين البوابة وبقيّة الترانزستور فإن التيار لا يمر بينهما فقط يتم التحكم بالتيار المار بين المنبع والمصرف عن طريق الجهد (المجال الكهربائي) الموجود على البوابة



يرمز لترانزستور MOSFET بنوعي القناة n و p بالرمز ادناه.



هناك نوع اخر من ترانزستور الموسفيت يدعى ترانزستور depletion MOSFET (D-MOSFET), ترانزستور الاستنزاف وفيه تكون هناك قناة ضيقة بين المصدر والمصرف كما يوضحها الشكل ادناه.



يعمل هذا النوع من ترانزستور تأثير المجال ذي الاوكسيد المعدني باحد وضعين، تعزيزي او استنزافي وبما ان البوابة معزولة عن القناة فيمكن تسليط جهد موجب او سالب لايفرق.

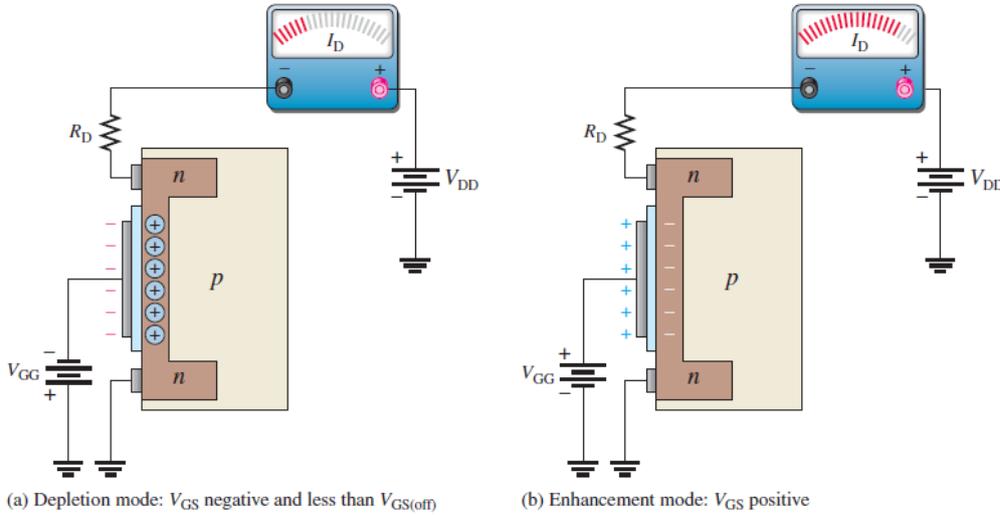
تعمل الترانزستور بوضع الاستنزافي عندما يسלט جهد سالب على البوابة-مصدر بينما يكون عملها تعزيزي عندما يسלט جهد موجب على البوابة-مصدر.

الاسلوب الاستنزافي Depletion mode

يمكن تصور البوابة تمثل احد الواح صفيحة متسعة والقناة تمثل اللوح الاخر وبينهما طبقة SiO_2 العازلة وبتسليط جهد سالب على البوابة يؤدي الى تنافر الالكترونات من القناة نوع n وابعادها عن القناة تاركة الشحنات الموجبة في مكانها وهذا سيفقل من توصيلية القناة كما في الشكل.

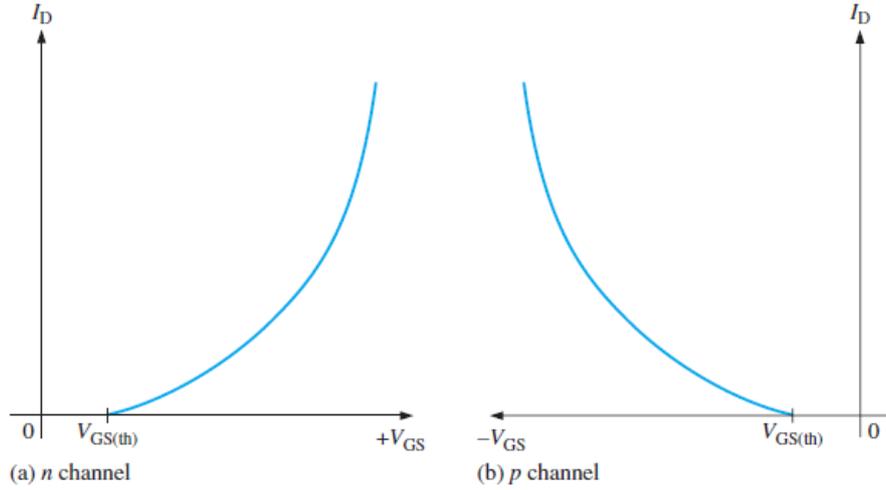
الاسلوب التعزيزي Enhancement mode

لقناة نوع n يتم توصيل البوابة بجهد موجب سيعمل على استقطاب الكترونات اضافية الى منطقة القناة مما يزيد بالتوصيلية وكلما زاد جهد البوابة زاد تيار المصدر لذا سمي بالتعزيزي.



خصائص ومعاملات ترانزستور MOSFET

الشكل ادناه يبين خصائص جهد بوابة- تيار المصدر (خاصية النقل) لترانزستور يعمل باسلوب تعزيزي بكلا نوعي القاعدة p او n. يلاحظ من الشكل ان في كلا نوعي القناة يجب ان يسלט جهد بوابة V_{GS} اكبر من جهد العتبة للترانزستور كي يسري تيار I_D .



المعادلة ادناه توصف منحى خاصية النقل لترانزستور E-MSFET .

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

حيث k ثابت يمكن ايجاده بالتعرف على قيمة محددة لتيار المصرف تدعى $I_{D(on)}$ عند قيمة لجهد البوابة .

مثال: احسب تيار المصرف لترانزستور موسفيت ذي الرقم 2N7002 E-MOSFET عند جهد بوابة 5V اذا علمت ان

$I_D (on) 500 \text{ mA}$ (minimum) at $V_{GS} 10 \text{ V}$ and $V_{GS(th)} 1 \text{ V}$.

الحل

Solution First, solve for K using Equation 8-4.

$$K = \frac{I_{D(on)}}{(V_{GS} - V_{GS(th)})^2} = \frac{500 \text{ mA}}{(10 \text{ V} - 1 \text{ V})^2} = \frac{500 \text{ mA}}{81 \text{ V}^2} = 6.17 \text{ mA/V}^2$$

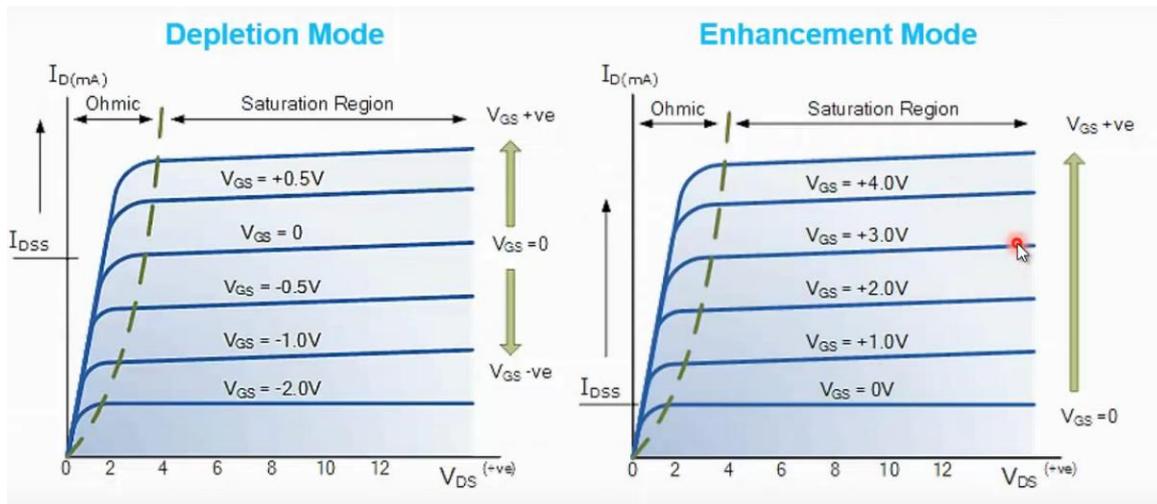
Next, using the value of K , calculate I_D for $V_{GS} = 5 \text{ V}$.

$$I_D = K(V_{GS} - V_{GS(th)})^2 = (6.17 \text{ mA/V}^2)(5 \text{ V} - 1 \text{ V})^2 = 98.7 \text{ mA}$$

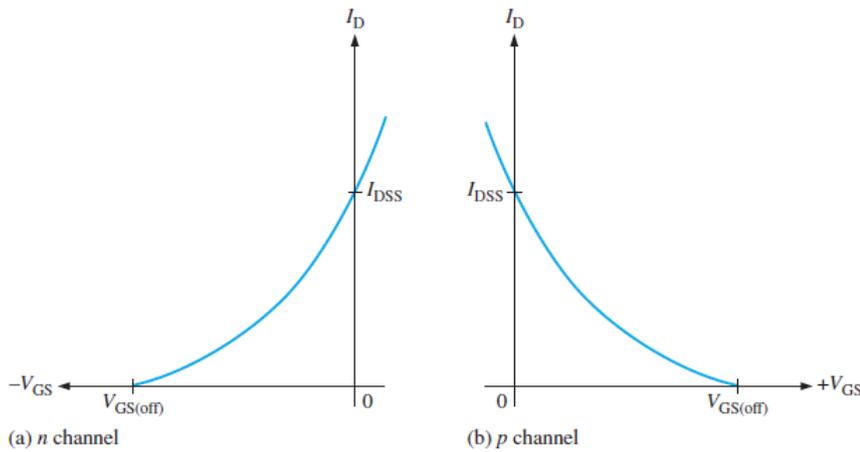
Related Problem The datasheet for an E-MOSFET gives $I_{D(on)} = 100 \text{ mA}$ at $V_{GS} = 8 \text{ V}$ and $V_{GS(th)} = 4 \text{ V}$. Find I_D when $V_{GS} = 6 \text{ V}$.

مميزة الاخراج لترانزستور MOSFET يبينه الشكل ادناه

واجب: ارسم مميزة الاخراج لترانزستور MOSFET مع شرح السلوك.



الشكل ادناه يمثل خاصية النقل لترانزستور MOSFET يعمل بسلوك استنزافي ويلاحظ تشابه التصرف مع ترانزستور FET وبالتالي فان علاقة تيار المصدر هي نفسها.



مثال

For a certain D-MOSFET, $I_{DSS} = 10 \text{ mA}$ and $V_{GS(off)} = -8 \text{ V}$.

- Is this an n -channel or a p -channel?
- Calculate I_D at $V_{GS} = -3 \text{ V}$.
- Calculate I_D at $V_{GS} = +3 \text{ V}$.

Solution (a) The device has a negative $V_{GS(off)}$; therefore, it is an n -channel MOSFET.

$$(b) I_D \equiv I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right)^2 = (10 \text{ mA}) \left(1 - \frac{-3 \text{ V}}{-8 \text{ V}} \right)^2 = 3.91 \text{ mA}$$

$$(c) I_D \equiv (10 \text{ mA}) \left(1 - \frac{+3 \text{ V}}{-8 \text{ V}} \right)^2 = 18.9 \text{ mA}$$