

دارات الكترونية /١/

تمارين ترانزستورات تأثير الحقل - Field-Effect Transistors

مدرس المقرر
د. السموءل صالح



Feedback Biasing Arrangement

$$I_G = 0A, V_{RG} = 0V$$

$$\text{So } V_{DS} = V_{GS}$$

$$\text{And } V_{GS} = V_{DD} - I_D R_D$$

Step 1: Plot the line using

- $V_{GS} = V_{DD}, I_D = 0$

- $I_D = V_{DD} / R_D, V_{GS} = 0$

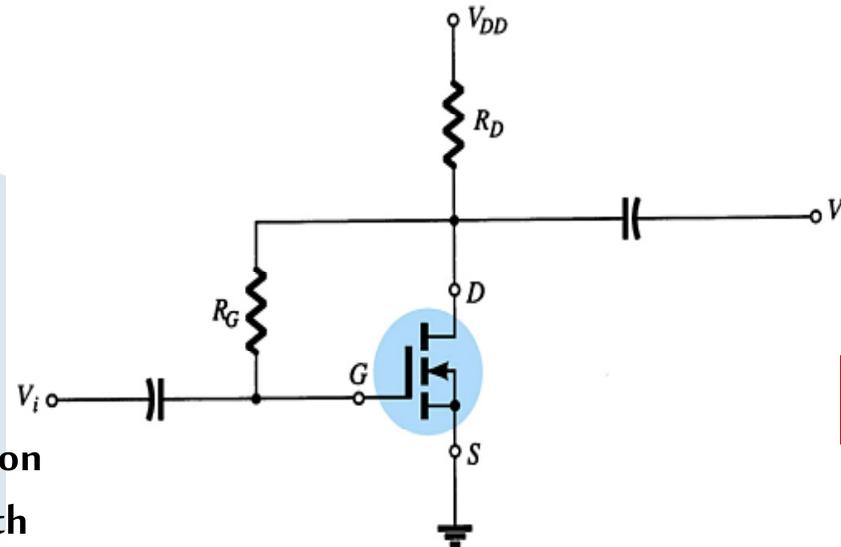
Step 2: Using values from the specification sheet, plot the transfer curve with

- $V_{GS(Th)}, I_D = 0$

- $V_{GS(on)}, I_{D(on)}$

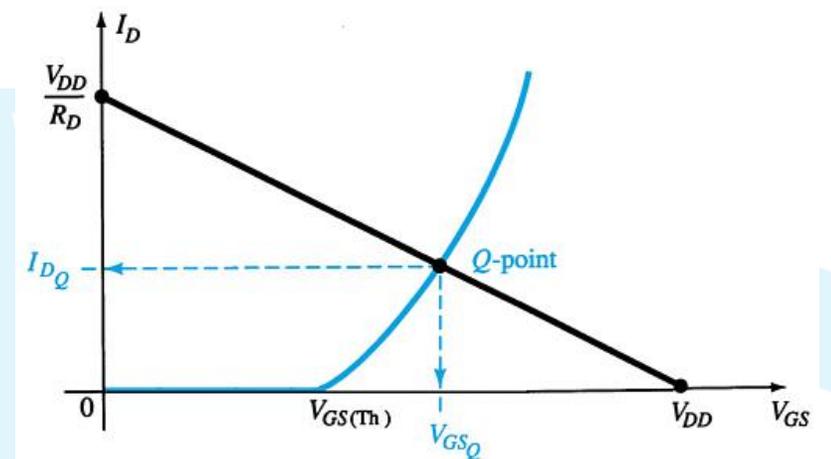
Step 3: The Q-point is located where the line and the transfer curve intersect

Step 4: Using the value of I_D at the Q-point, solve for the other variables in the bias circuit



عن طريق تغذية عكسية للبوابة

Feedback Bias Q-Point



عن طريق مقسم الجهد ثنائي

تحيز الترانزستور MOSFET-E

Plot the line and the transfer curve to find the Q-point. Use these equations:

Voltage-Divider Q-Point

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

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

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

Step 1: Plot the line using

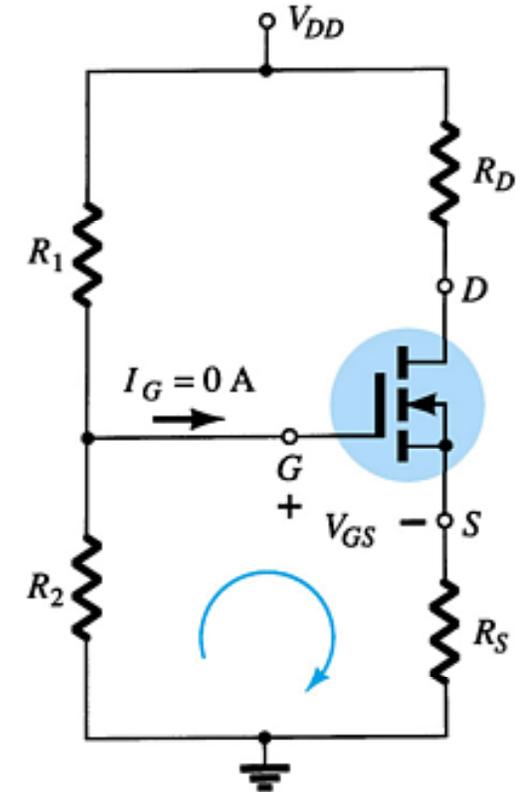
- $V_{GS} = V_G = (R_2 V_{DD}) / (R_1 + R_2), I_D = 0$
- $I_D = V_G / R_S, V_{GS} = 0$

Step 2: Using values from the specification sheet, plot the transfer curve with

- $V_{GS_{Th}}, I_D = 0$
- $V_{GS_{(on)}}, I_{D_{(on)}}$

Step 3: Where the line and the transfer curve intersect is the Q-point.

Step 4: Using the value of I_D at the Q-point, solve for the other variables in the bias circuit.



MOSFET-D تحييز الترانزستور

-- بشكل عام له نفس دارات تحييز الترانزستور JFET وتحل بنفس الطريقة ولكن في هذا النوع هناك اختلاف وحيد وذلك لان الترانزستور MOSFET-D يمكن أن يعمل على جهود موجبة لـ V_{GS} لناخذ كمثال التحييز بتقسيم الجهد ثنائي.

آلية حساب نقطة العمل تلخص بالمرحل التالية:

Step 1: Plot the line for

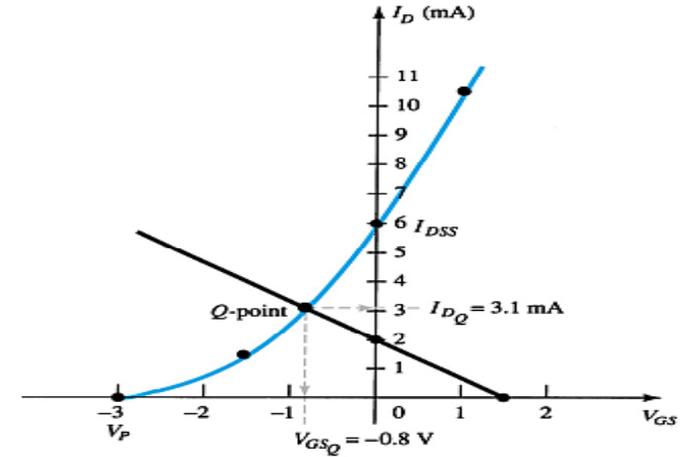
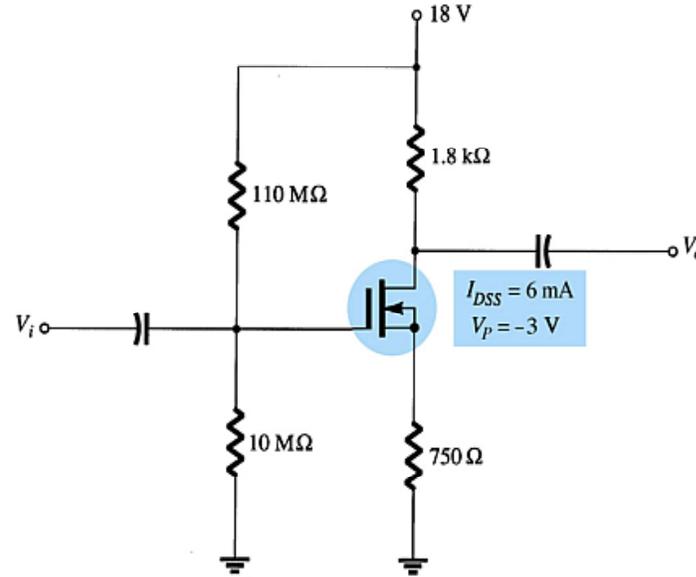
- $V_{GS} = V_G, I_D = 0$
- $I_D = V_G/R_S, V_{GS} = 0$

Step 2: Plot the transfer curve by plotting I_{DSS}, V_P and calculated values of I_D .

Step 3: The Q-point is located where the line intersects the transfer curve is. Use the I_D at the Q-point to solve for the other variables in the voltage-divider bias circuit.

These are the same calculations as used for JFET circuits.

Voltage-Divider Bias



مسألة ١ :

في الدارة المبينة جانبا، معاملات الترانزستور هي: $V_{GS}=2v$, $I_{DSS}=6mA$

١. حدد نوع الترانزستور ونوع الوصلة.

٢- ارسم الدارة المكافئة المستمرة واحسب كل من I_G و I_D و I_S و V_{DS} وقيمة V_p حتى يعمل الترانزستور في المنطقة الفعالة.

٣. ارسم الدارة المكافئة المتناوبة بعد وصل مكثف على التفرع مع المقاومة R_S وحدد كلا من Z_i و Z_o .

حل مسألة الترانزستور الحقلية:

١- ترانزستور تأثير الحقل ذو القناة p المحرّضة بوصلة منبع مشترك JFET, p-channel.

٢- الدارة المكافئة المستمرة، وجود مقسم كمون بالنتيجة نرسم ونحسب مكافئ ثنين

$$R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} R_1 = 25 M\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{V_{DD} R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} 20 = 10 v$$

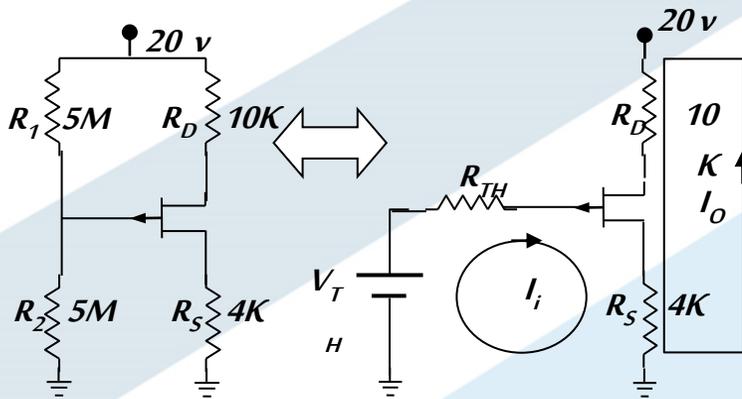
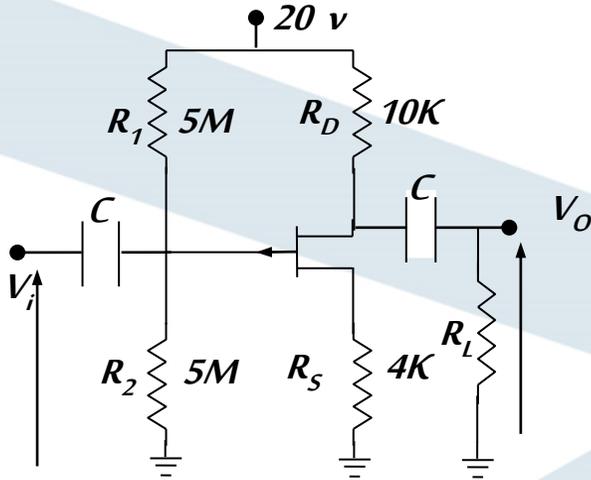
من حلقة الدخل ومع ملاحظة أن $I_G=0$ وأن $I_D=I_S$ نجد:

$$V_{th} - V_{GS} - I_G R_{th} - I_S R_S = 0 \Rightarrow V_{th} - V_{GS} = I_S R_S = I_D R_S = V_S$$

$$\Rightarrow I_D = \frac{V_{th} - V_{GS}}{R_S} = \frac{10 - 2}{4 \times 10^3} = 2m$$

$$V_S = I_D R_S = 2 * 4 = 8v$$

إذا:



تابع حل المسألة:

لحساب V_p نكتب معادلة التيار المار في الترانزستور ونوجد علاقة جهد الاختناق ثم نحسبه:

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_D}{I_{DSS}} = \left(1 - \frac{2}{V_P}\right)^2 = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{2}{V_P} = 1 \pm \sqrt{\frac{1}{3}}$$

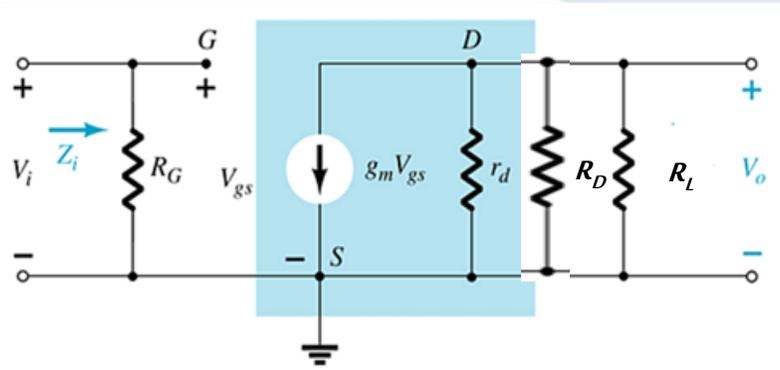
$$\Rightarrow V_P = \frac{2}{1 \pm \sqrt{\frac{1}{3}}} \Rightarrow V_{P1} \cong 1.27 \text{ v or } V_{P2} = 4.73 \text{ v}$$

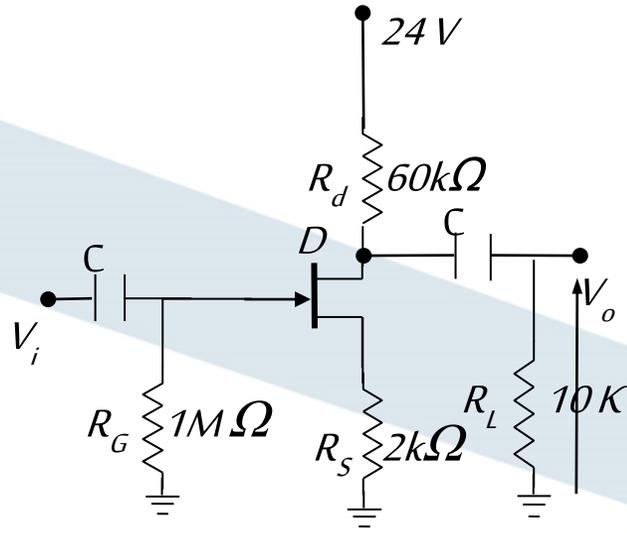
قيمة جهد الاختناق التي تجعل من الترانزستور يعمل في المنطقة الفعالة هي $V_{P2} = 4.7 \text{ v}$ لأن شرط التواجد في المنطقة الفعالة $V_P > V_{GS} > 0$ محقق. لحساب الجهد V_{DS} من حلقة الخرج نكتب

$$-V_{DS} = I_D (R_D + R_S) \Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) = 20 - 2(10 + 4) = -8 \text{ v}$$

٥- تصبح الدارة المكافئة المختصرة بالشكل التالي:

بالنتيجة من الدارة: $Z_O = R_D // r_d$ وقيمة ممانعة الدخل $Z_i = R_{th} = R_1 // R_2$





مسأله: في الدارة المبينة لدينا:الديود مثالي $I_{DSS}=1mA, \mu=30 V_D=9v$

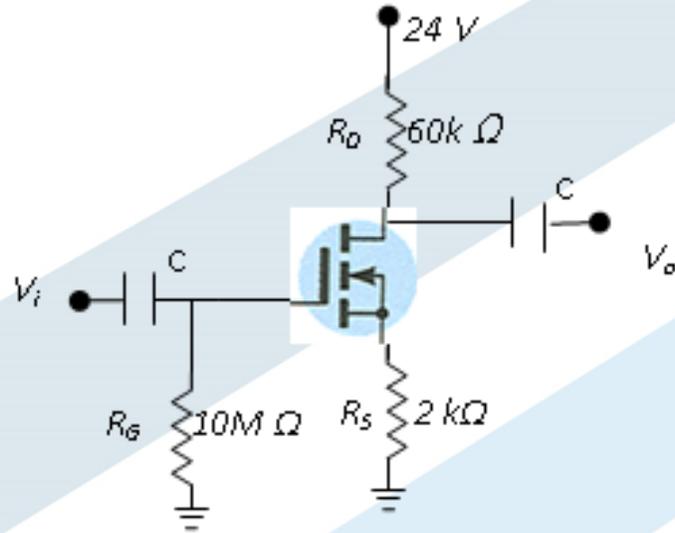
١. حدد نوع الترانزستور وارسم الدارة المكافئة المستمرة.

٢. احسب التيار I_G و I_D و I_S و V_{GS} و V_{DS} واحسب V_p ثم حدد منطقة العمل، وارسم خط

الحمولة الساكن ثم احسب قيم كل من r_d و g_{m} .

٤. ارسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة بعد وصل مكثف على التفرع

مع مقاومة المنبع ثم اكتب علاقة كل من Z_i و Z_o .



مسأله: في الدارة المبينة لدينا: $\mu=30, V_D=9v K=0.3A/V^2$

أ. حدد نوع الترانزستور وارسم الدارة المكافئة المستمرة.

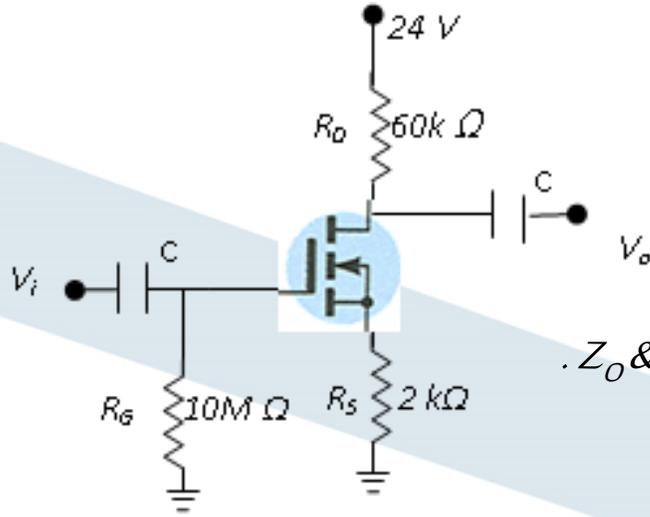
ب. احسب التيار I_G و I_D و I_S و V_{GS} و V_{DS} واحسب V_T ثم حدد منطقة العمل ثم حدد معادلة

خط الحمولة الساكن.

ج. ارسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة بعد وصل مكثف على التفرع مع مقاومة المنبع

ثم حدد كل من Z_o و Z_i و A_v .





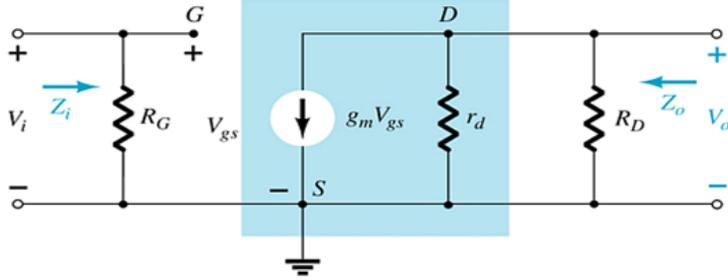
- مسألة: في الدارة المبينة لدينا : $\mu=30$, $V_D=9\text{ v}$ $K=0.3\text{A/v}^2$,
- حدد نوع الترانزستور وارسم الدارة المكافئة المستمرة.
 - احسب التيار I_D و I_G و V_{GS} و V_{DS} واحسب V_T ثم حدد منطقة العمل ثم حدد معادلة خط الحمل الساكن.
 - ارسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة بعد وصل مكثف على التفرع مع مقاومة المنبع ثم حدد كل من Z_o & Z_i & A_v .

2 - ترانزستور تأثير الحقل الإغنائي ذو القناة n المحرزة E-Mosfet, n channel تصبح الدارة المكافئة المستمرة بالشكل المبين جانباً.

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

$$V_{DS} = 24 - I_D \times 62$$

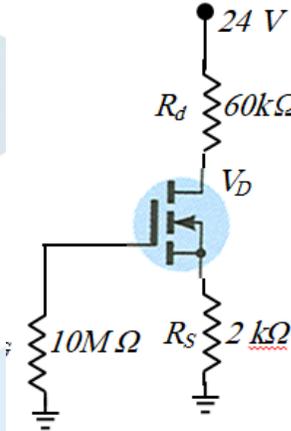
⁴ رسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة



$$Z_i = R_G$$

$$Z_o = R_D || r_d, Z_o \cong R_D \quad r_d \geq 10R_D$$

ثم احسب تضخيم الجهد



$$I_G = 0 \Rightarrow V_G = I_G R_G = 0$$

لحساب تيار المصرف عن طريق العلاقة:

$$V_{DD} - V_D = I_D R_D \Rightarrow I_D = (V_{DD} - V_D) / R_D = (24 - 9) / 60 = 0.25 \text{ mA}$$

لحساب جهود كل من المصرف والمنبع ومع ملاحظة أن $I_D = I_S$ عن طريق:

- $V_S = I_S R_S \Rightarrow V_S = 0.25 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3 = 0.5 \text{ v}$
- $V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 0.5 = -0.5 \text{ v}$
- $V_{DS} = V_D - V_S = 9 - 0.5 = 8.5 \text{ v}$

لحساب V_T من المعادلة العامة للترانزستور وفق

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow 0.25 = 0.3(0.5 - V_T)^2$$

$$\Rightarrow \pm 0.913 = 0.5 - V_T$$

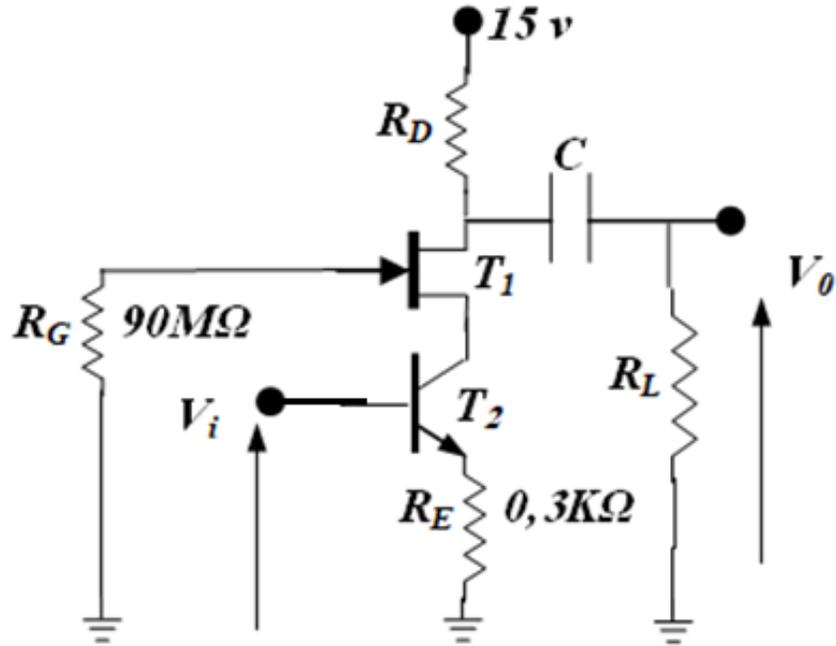
$$\Rightarrow V_T = 0.5 - 0.913 = -0.413 \text{ v} < |V_{GS}|$$

$$\Rightarrow V_T = 0.5 + 0.913 = 1.413 \text{ v} > |V_{GS}|$$

الحل المقبول هو الاول والترانزستور يعمل في المنطقة الفعالة لأن $V_{GS} > V_T > 0$.

ولتحديد معادلة خط الحمل على المنبع والمصرف وجهد التغذية وفق المعادلة:



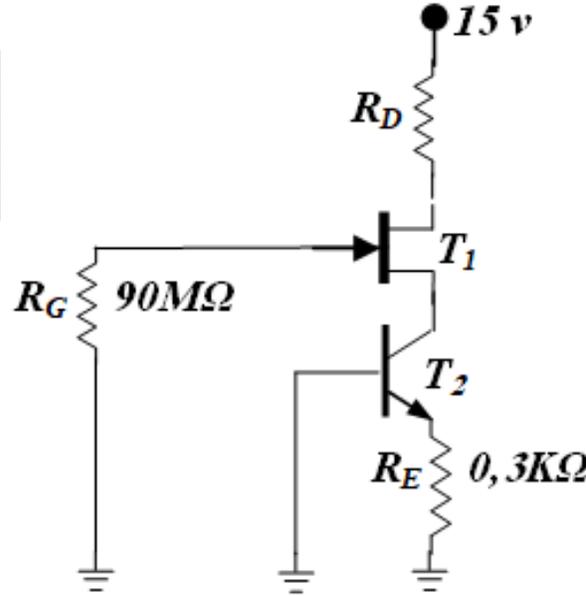


مسألة: في الدارة المبينة لدينا T_2 من الجرمانيوم ويعمل في المنطقة الفعالة ولدينا القيم:

$$V_{GS} = -2v; V_D = 9v, I_{DSS} = 5.2mA, \beta = 80,$$

- ١- نوع كل من الترانزستورين.
- ٢- احسب قيمة كل من I_D و I_S و I_G و I_E و I_B و I_C .
- ٣- اكتب معادلة حلقة الخرج و احسب V_{DS} و R_D و V_{CE} .
- ٤- احسب V_p ثم حدد منطقة عمل الترانزستور FET .





أو يمكن حسابه عن طريق جهد النقطة D.

لحساب V_P نعوض في المعادلة العامة للترانزستور وفق: $I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2$

$$\Rightarrow I_D = 5.2 \times \left(1 + \frac{2}{V_p}\right)^2 \Rightarrow 1 \pm \sqrt{\frac{1}{5.2}} = -\frac{2}{V_p} \rightarrow V_{p1} = -3.56 \text{ v}$$

$\rightarrow V_{p2} = -1.67 \text{ v}$ القيمة مرفوضة لأنها تجعل الترانزستور في منطقة القطع

نلاحظ أن: $|V_P| > |V_{GS}|$ إذا يعمل الترانزستور في المنطقة الفعالة.

1- T_1 ترانزستور نوع J-FET نوع القناة n و T_2 هو BJT - npn.

2- نرسم الدارة المكافئة المستمرة لحساب تيارات الدارة عن طريق العلاقات الآتية:

$$I_E = I_B (1 + \beta) = \beta I_B = I_C \quad \text{إذا } \beta = 1 + \beta \quad \text{لدينا } 50 \leq \beta$$

ومن الدارة نجد أن: $I_E = I_C = I_D = I_S$ لحساب تيار الباعث من دارة دخل T_2 وفق:

$$V_{BE} - I_E R_E = 0 \rightarrow I_E = V_{BE} / R_E = 0.3 / 0.3 = 1 \text{ mA} = I_C = I_D = I_S$$

$$\Rightarrow I_B = I_E / \beta = 1 / 80 = 0.125 \text{ mA} = 125 \mu\text{A}$$

لحساب قيمة مقاومة المصرف R_D من حلقة الخرج نكتب:

$$V_{DD} - V_D = I_D R_D \rightarrow R_D = (V_{DD} - V_D) / I_D = 6 / 1 = 6 \text{ k}\Omega$$

لحساب V_{DS} & V_{CE} وفق:

من حلقة الدخل وتحديدًا للترانزستور الحقلي نكتب: $I_G = 0$ ومع ملاحظة أن:

$$V_G - V_S = V_{GS} \rightarrow -V_{GS} = V_S = 2 \text{ v} \rightarrow V_S = V_C = \rightarrow V_{DS} = V_D - V_S = 6 - 2 = 4 \text{ v}$$

$$V_{DD} - V_{CE} - V_{DS} = I_D (R_D + R_E) \rightarrow$$

من حلقة الخرج نكتب:

$$V_{CE} = V_{DD} - V_{DS} - I_D (R_D + R_E) = 15 - 4 - 6.3 = 4.7 \text{ v}$$

