دارات الكترونية /١/

تمارين ترانزستورات تأثير الحقل - Field-Effect Transistors

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

تحييز الترانزستور MOSFET-E

عن طريق تغذية عكسية للبوابة

Feedback Biasing Arrangement

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

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

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

Step 1: Plot the line using

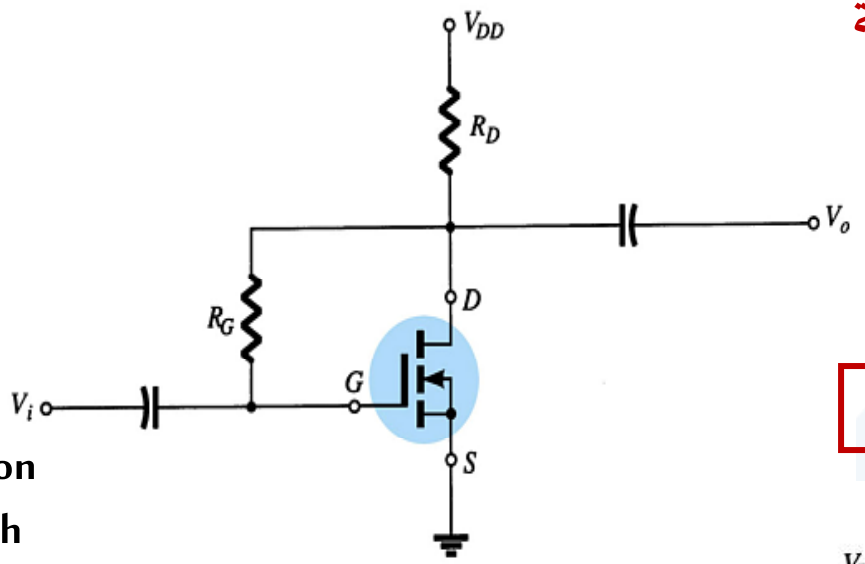
- $V_{GS} = V_{DD}, I_D = 0$
- $I_D = V_{DD} / R_D, V_{GS} = 0$

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

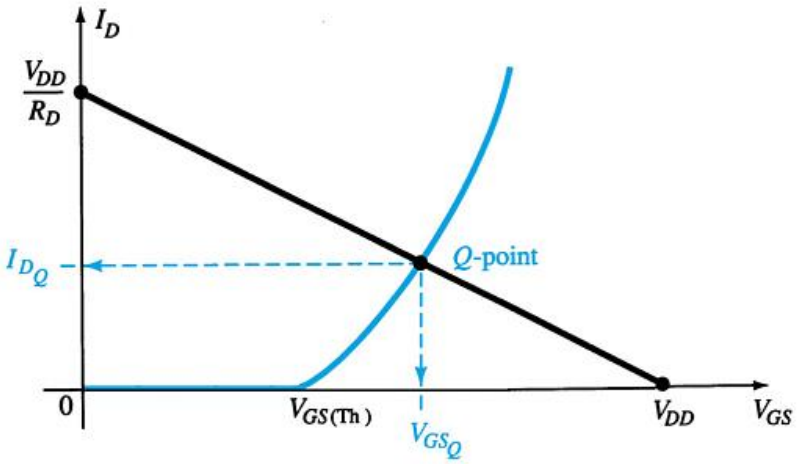
- $V_{GSTh}, I_D = 0$
- $V_{GS(on)}, I_{D(on)}$

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



Feedback Bias Q-Point



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

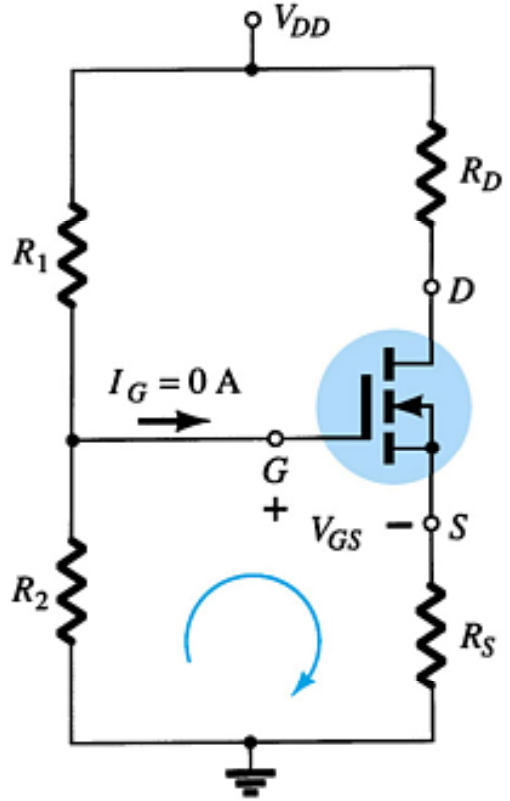
- $V_{GS} = V_G = (R_2 V_{DD}) / (R_1 + R_2)$, $I_D = 0$
- $I_D = V_G / R_S$, $V_{GS} = 0$

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

- V_{GSTh}, $I_D = 0$
- $V_{GS(on)}$, $I_{D(on)}$

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.



تحييز الترانزستور MOSFET-D

-- 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} لنأخذ كمثال التحييز بتقسيم الجهد ثفنين.

Voltage-Divider Bias

آلية حساب نقطة العمل تلخص بالمراحل التالية:

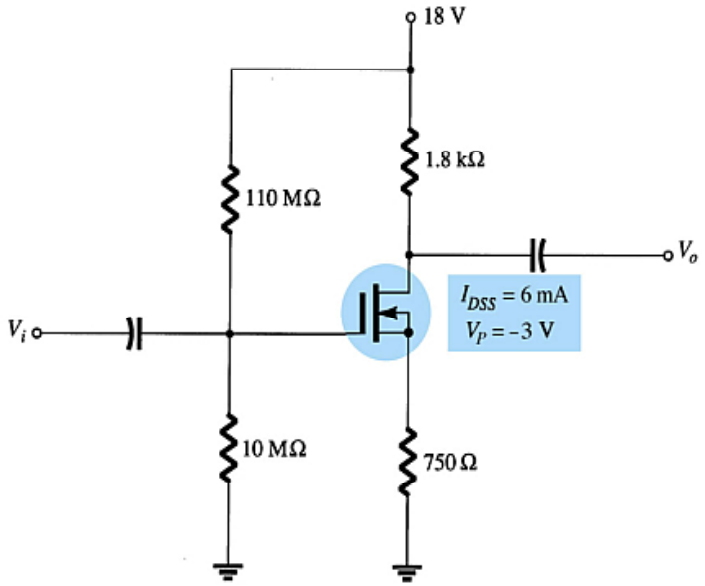
Step 1: Plot the line for

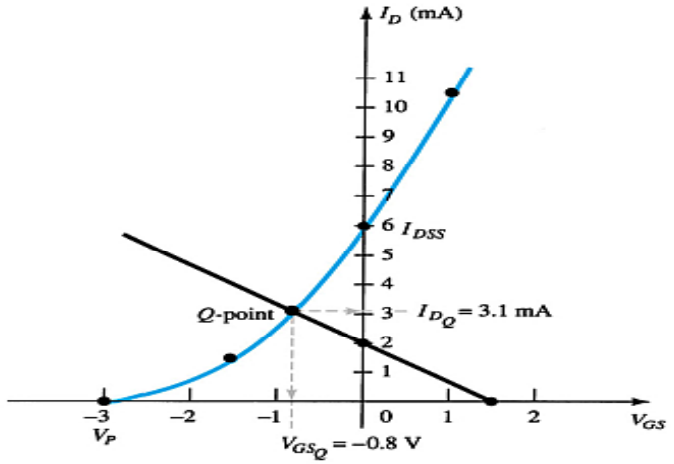
- $V_{GS} = V_G$, $I_D = 0$
- $I_D = V_G/R_S$, $V_{GS} = 0$

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.





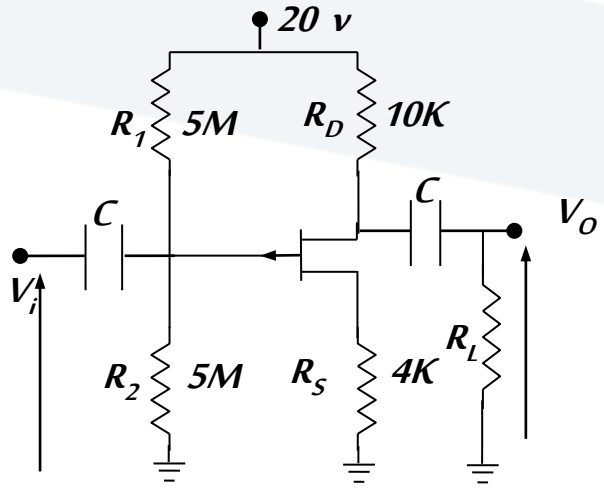
مسألة ١ :

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

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.

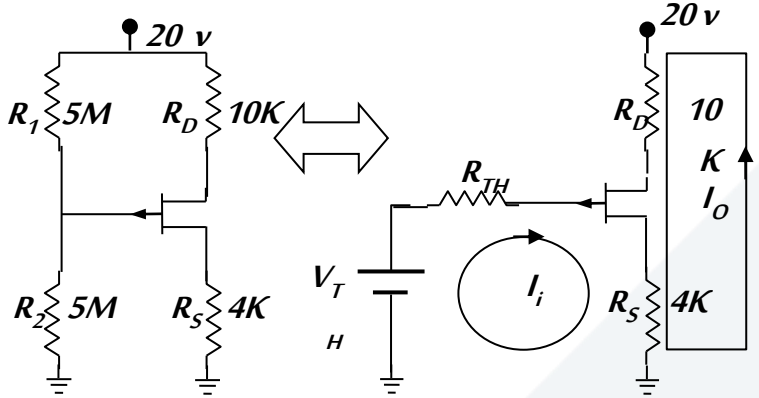
٣.ارسم الدارة المكافئة المتناوبة بعد وصل مكثف على التفرع مع المقاومة R_S وحدد كلا من Z_O و Z_i.



حل مسألة الترانزستور الحقلي:

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

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



$$R_{TH}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{1}{2}R_1=25\ M\Omega \qquad V_{TH}=\frac{V_{DD}\,R_2}{R_1+R_2}=\frac{1}{2}20=10\ v$$

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

$$V_{th}-V_{GS}-I_GR_{th}-I_SR_S=0 \Rightarrow V_{th}-V_{GS}=I_SR_S=I_DR_S=V_S$$

$$\Rightarrow I_D=\frac{V_{th}-V_{GS}}{R_S}=\frac{10-2}{4\times10^3}=2m$$

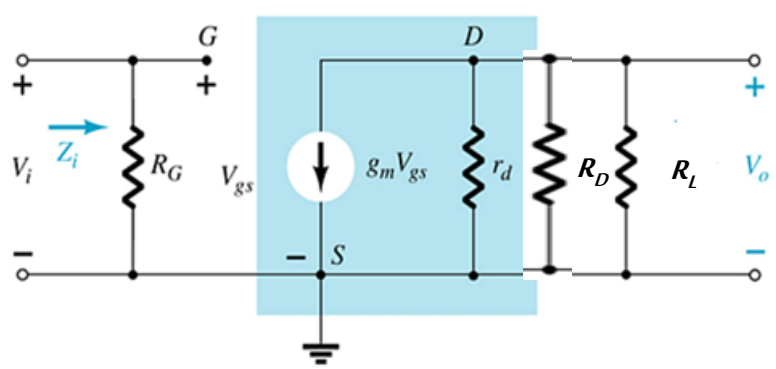
إذا: $V_S=I_DR_S=2*4=8v$

تابع حل المسألة:

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

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

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

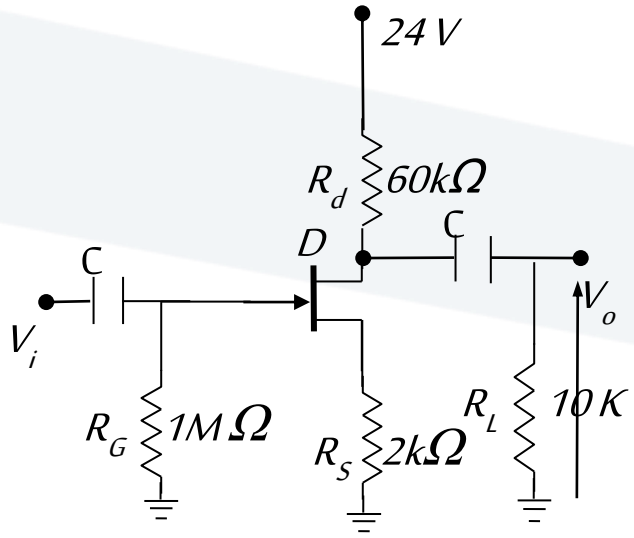


قيمة جهد الاختناق التي تجعل من الترانزستور يعمل في المنطقة الفعالة هي $V_{P2}=4,7v$ لأن شرط التواجد في المنطقة الفعالة $V_P > V_{GS} > 0$ محقق. لحساب الجهد V_{DS} من حلقة الخرج نكتب

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

٥- تصبح الدارة المكافئة المختصرة بالشكل التالي:

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

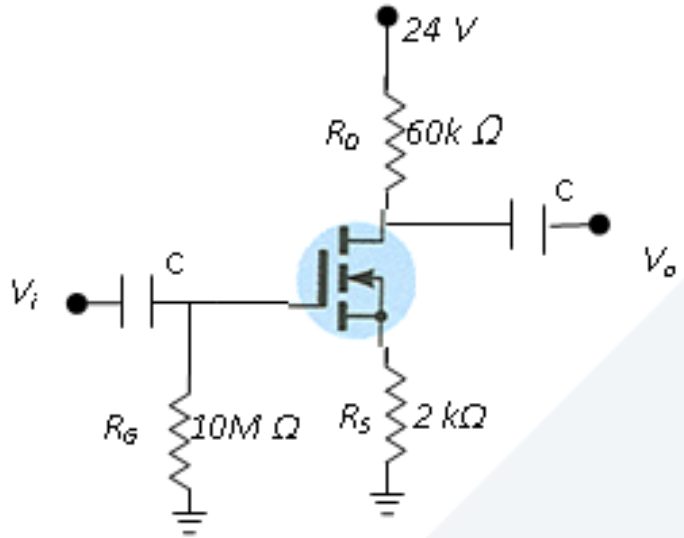


مسأله: في الدارة المبينة لدينا:الديود مثالي I_{DSS}=1mA, μ=30 V_D=9 v

١ .حدد نوع الترانزستوروارسم الدارة المكافئة المستمرة.

٢.احسب التيار I_G وI_D و I_S و V_{GS} وV_{DS} واحسب V_p ثم حدد منطقة العمل، وارسم خط الحمولة الساكن ثم احسب قيم كلّ 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_o & Z_i.



مسأله: في الدارة المبينة لدينا : μ=30 , V_D=9 v K=0.3A/v^2,

أ. حدد نوع الترانزستور وارسم الدارة المكافئة المستمرة.

ب. احسب التيار I_G وI_D و V_S و V_{GS} و V_{DS} واحسب V_T ثم حدد منطقة العمل ثم حدد معادلة خط الحمولة الساكن.

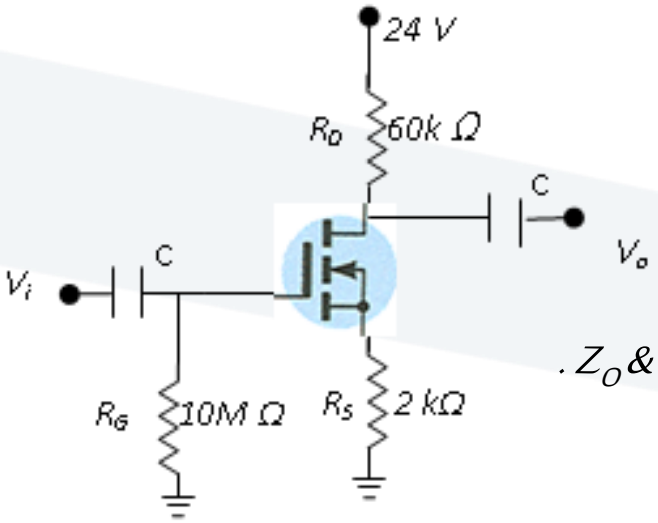
ج. ارسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة بعد وصل مكثف على التفرع مع مقاومة المنبع ثم حدد كل من A_V & Z_i & Z_O .

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

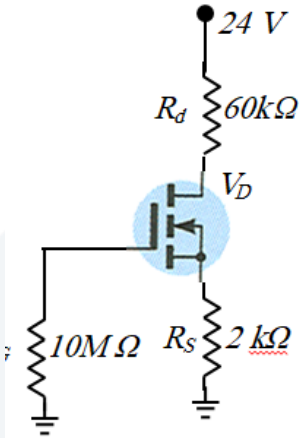
أ. حدد نوع الترانزستور وارسم الدارة المكافئة المستمرة.

ب. احسب التيار I_G وI_D و V_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 A_V & Z_i & Z_O .



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



2– من حلقة الدخل نجد أن $I_G=0$ ➔ $V_G= I_G R_G=0$

لحساب تيار المصرف عن طريق العلاقة:

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

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

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

لحساب V_T من المعادلة العامة للترانزستور وفق

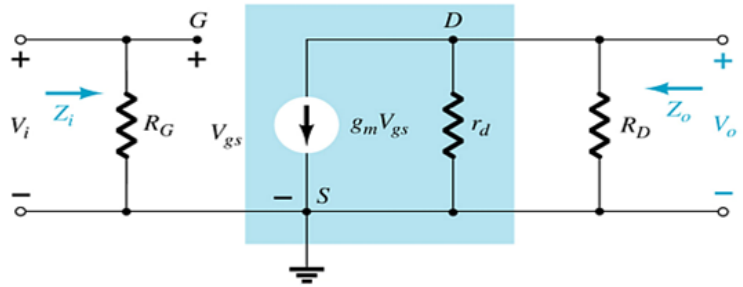
$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow 0.25 = 0.3(0,5 - V_T)^2$$
$$\Rightarrow \pm 0.913 = 0,5 - V_T$$
$$\Rightarrow V_T = 0.5 - 0,913 = |-0,413\ v| < |V_{GS}|$$
$$\Rightarrow V_T = 0.5 + 0,913 = |1,413\ v| > |V_{GS}|$$

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

ولتحديد معادلة خط الحمولة نأخذ حلقة الخرج الحاوية على المنبع والمصرف وجهد التغذية وفق المعادلة:

$$V_{DD} - V_{DS} = I_D(R_D + R_S) \Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$$
$$V_{DS} = 24 - I_D \times 62$$

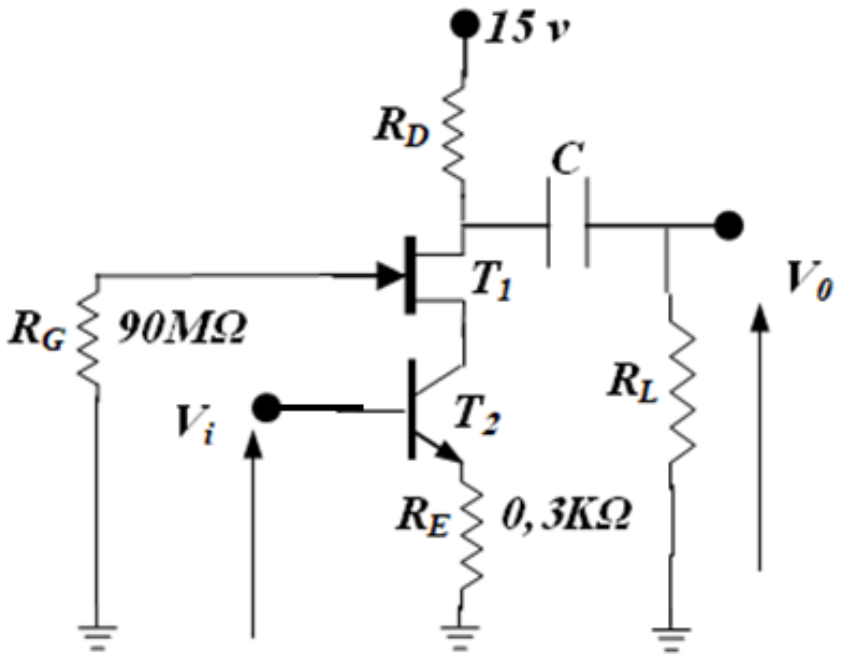
4- رسم الدارة المكافئة المتناوبة للإشارات الصغيرة



$$Z_i = R_G$$

$$Z_o = R_D \,||\, r_d \,,\ Z_o \cong R_D \ \Big|_{r_d \geq 10R_D}$$

ثم احسب تضخيم الجهد



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

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

١ ـ نوع كل من الترانزستورين.

٢ـ احسب قيمة كلّ من I_C و I_B و I_E و I_G و I_S و I_D.

٣ـ اكتب معادلة حلقة الخرج و احسب V_{CE} و R_D و V_{DS}.

٤ـ احسب V_P ثم حدد منطقة عمل الترانزستور FET.

الحل:

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:

لدينا $50 \leq \beta$ إذا $\beta = 1+\beta$ إذا $I_E = I_B(1+\beta) = \beta I_B = I_C$

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

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

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

لحساب قيمة مقاومة المصرف R_D من حلقة الخرج نكتب:

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

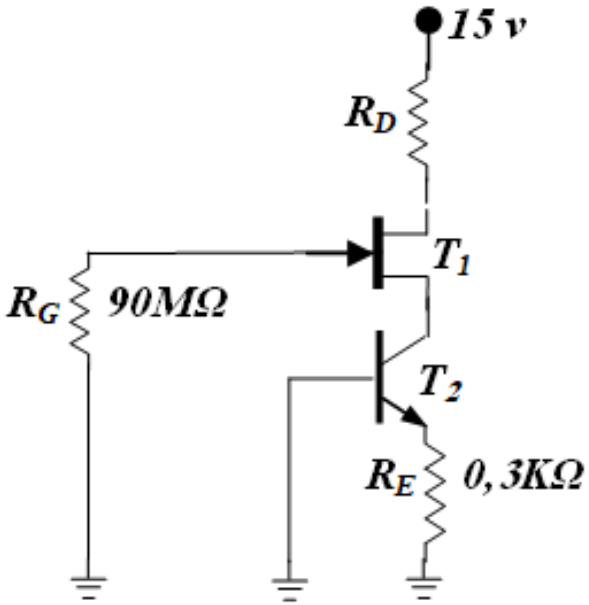
لحساب V_{DS} & V_{CE} وفق:

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

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

من حلقة الخرج نكتب: $V_{DD} - V_{CE} - V_{DS} = I_D(R_D + R_E) \rightarrow$

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



أو يمكن حسابه عن طريق جهد النقطة D.

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

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

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

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