

المحاضـ 3 —رة

طرق تحييز الترانزستور Methods of Transistor Biasing

تعد مسألة المحافظة على استقرارية نقطة عمل الترانزستور غاية بالاهمية لضمان عمل الدائرة بنفس خصائص الاخراج، لذا يلجأ الى تحييز دائرة الترانزستور، وهناك عدة طرق سنتطرق لشرح اربعا منها.

1. الانحياز الثابت Fixed biasing

يقوم هذا النوع من التحييز على ضمان تحييز وصلة قاعدة-باعث اماميا ووصلة مجمع-باعث عكسيا طوال فترة عمل الترانزستور. وبذلك يكون هناك جهدان يسلطان على كلا الوصلتين ولكن ولدواعي تتعاق بالتكلفة وصغر مساحة الدائرة يتم تسليط جهد واحد يعمل على تحييز كلا المنطقتين وكما في الشكل.

ويلاحظ من الشكل ان الجهد  $V_{CC}$  سيعمل على تحييز

كلا الوصلتين قاعدة-باعث اماميا وجامع-باعث عكسيا

اضافة الى ذلك تكون قيمة المقاومة  $R_B$  عدة كيلو اوم وتحسب

من العلاقة

$$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

Considering the closed circuit ABENA and applying Kirchoff's voltage law, we get,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$\text{or } I_B R_B = V_{CC} - V_{BE} \quad \dots 2.4$$

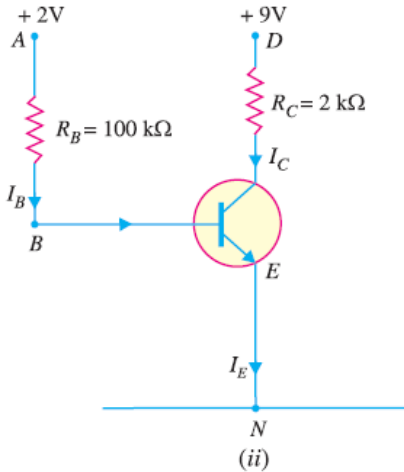
$$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

تعد قيمة الجهد  $V_{BE}$  صغيرة مقارنة مع الجهد  $V_{CC}$  لذا يمكن ان تهمل لتعطي قيمة المقاومة  $R_B$  بالعلاقة:

$$R_B = \frac{V_{CC}}{I_B} \quad \dots 2.5$$

بالعودة الى العلاقة 2.3 فان عامل الاستقرارية سيساوي  $S = \beta + 1$  على اعتبار عدم اعتماد تيار القاعدة على تيار الجامع. هذا يعني ان ترانزستور بتكبير  $\beta = 100$  يكون عامل الاستقرارية له مساوي الى 101 اي ان تيار الجامع يزداد اسرع من تيار التسرب بمقدار 101 مرة لذا فان هذا النوع من التحييز لا يضمن استقرارية حراريا لدائرة الترانزستور. من مميزات هذا النوع من التحييز سهولته ورخص ثمنه وسهولة حسابات الدوائر فيه لكنه غير فعال في ضمان استقرار عمل الدائرة كون قيمة عامل الاستقرارية عالية جدا.

مثال: للدائرة ادناه احسب تيار الجامع  $I_C$  وكذلك  $V_{CE}$  علما ان  $\beta = 50$ ، اعد الحسابات عند تغير قيمة مقاومة القاعدة  $R_B$  الى  $50k\Omega$  موضحا قيم نقطة عمل الترانزستور.



الحل/ بتطبيق قاعدة كيرشوف على جهد الدخول

$$I_B R_B + V_{BE} = 2 \text{ V}$$

As  $V_{BE}$  is negligible,

$$\therefore I_B = \frac{2\text{V}}{R_B} = \frac{2\text{V}}{100 \text{ k}\Omega} = 20 \mu\text{A}$$

$$\text{Collector current, } I_C = \beta I_B = 50 \times 20 \mu\text{A} = 1000 \mu\text{A} = \mathbf{1 \text{ mA}}$$

بتطبيق قاعدة كيرشوف على دائرة الاخراج

$$I_C R_C + V_{CE} = 9$$

$$\text{or } 1 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega + V_{CE} = 9$$

$$\text{or } V_{CE} = 9 - 2 = \mathbf{7 \text{ V}}$$

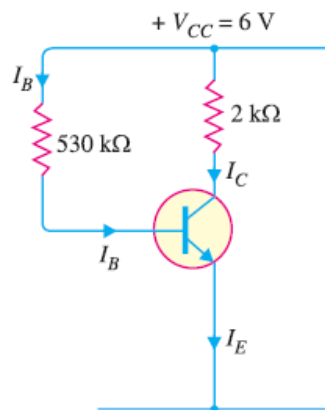
(ii) When  $R_B$  is made equal to  $50 \text{ k}\Omega$ , then it is easy to see that base current is doubled *i.e.*  $I_B = 40 \mu\text{A}$ .

$$\therefore \text{Collector current, } I_C = \beta I_B = 50 \times 40 = 2000 \mu\text{A} = 2 \text{ mA}$$

$$\text{Collector-emitter voltage, } V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 9 - 2 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = 5 \text{ V}$$

$\therefore$  New operating point is  $\mathbf{5 \text{ V}, 2 \text{ mA}}$ .

مثال/ للدائرة ادناه اذا علمت ان الترانزستور المستخدم سليكوني وان قيمة التكبير مساوية الى 100 ارسم خط حمل الترانزستور معيناً نقطة العمل ومن ثم احسب قيمة عامل الاستقرار.



**Solution.**

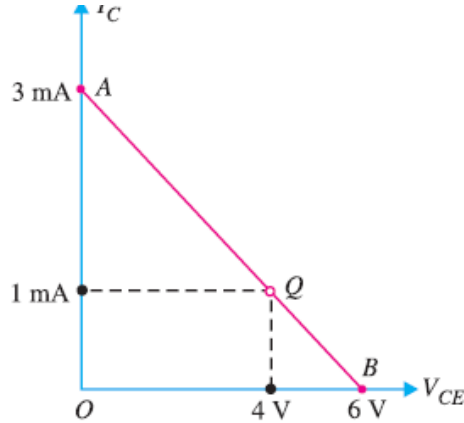
$$V_{CC} = 6 \text{ V}, R_B = 530 \text{ k}\Omega, R_C = 2 \text{ k}\Omega$$

**D.C. load line.**

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

When  $I_C = 0$ ,  $V_{CE} = V_{CC} = 6 \text{ V}$ . This locates the first point  $B$  ( $OB = 6\text{V}$ ) of the load line on collector-emitter voltage axis as shown in Fig.

When  $V_{CE} = 0$ ,  $I_C = V_{CC}/R_C = 6\text{V}/2 \text{ k}\Omega = 3 \text{ mA}$ . This locates the second point  $A$  ( $OA = 3\text{mA}$ ) of the load line on the collector current axis. By joining points  $A$  and  $B$ , d.c. load line  $AB$  is constructed



**Operating point Q.** As it is a silicon transistor, therefore,  $V_{BE} = 0.7\text{V}$ .  
it is clear that :

$$I_B R_B + V_{BE} = V_{CC}$$

or 
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(6 - 0.7) \text{ V}}{530 \text{ k}\Omega} = 10 \mu\text{A}$$

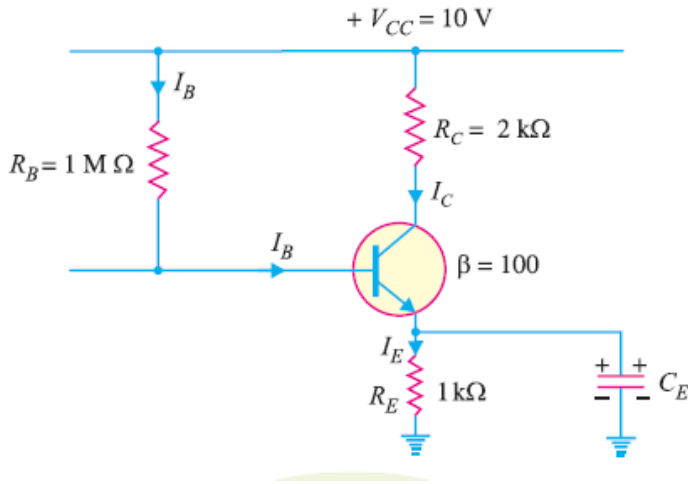
$\therefore$  Collector current,  $I_C = \beta I_B = 100 \times 10 = 1000 \mu\text{A} = 1 \text{ mA}$

Collector-emitter voltage,  $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 6 - 1 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega = 6 - 2 = 4 \text{ V}$

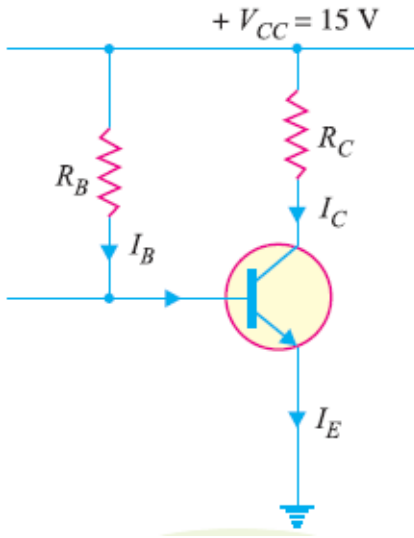
$\therefore$  Operating point is **4 V, 1 mA.**

- H.W** (i) A germanium transistor is to be operated at zero signal  $I_C = 1\text{mA}$ . If the collector supply  $V_{CC} = 12\text{V}$ , what is the value of  $R_B$  in the base resistor method? Take  $\beta = 100$ .
- (ii) If another transistor of the same batch with  $\beta = 50$  is used, what will be the new value of zero signal  $I_C$  for the same  $R_B$ ?

واجب: احسب تيارات الدائرة المبينة في الشكل



مثال/ في الدائرة ادناه اذا كانت نقطة عمل الترانزستور هي (8V, 2mA) استغفد من المعطيات ادناه لحساب المقاومات  $R_C$  و  $R_B$



$$V_{CC} = 15 \text{ V}; \beta = 100; V_{BE} = 0.6 \text{ V}$$

$$V_{CE} = 8 \text{ V}; I_C = 2 \text{ mA}; R_C = ?; R_B = ?$$

الحل/

or

∴

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$$

$$15 \text{ V} = 8 \text{ V} + 2 \text{ mA} \times R_C$$

$$R_C = \frac{(15 - 8) \text{ V}}{2 \text{ mA}} = 3.5 \text{ k}\Omega$$

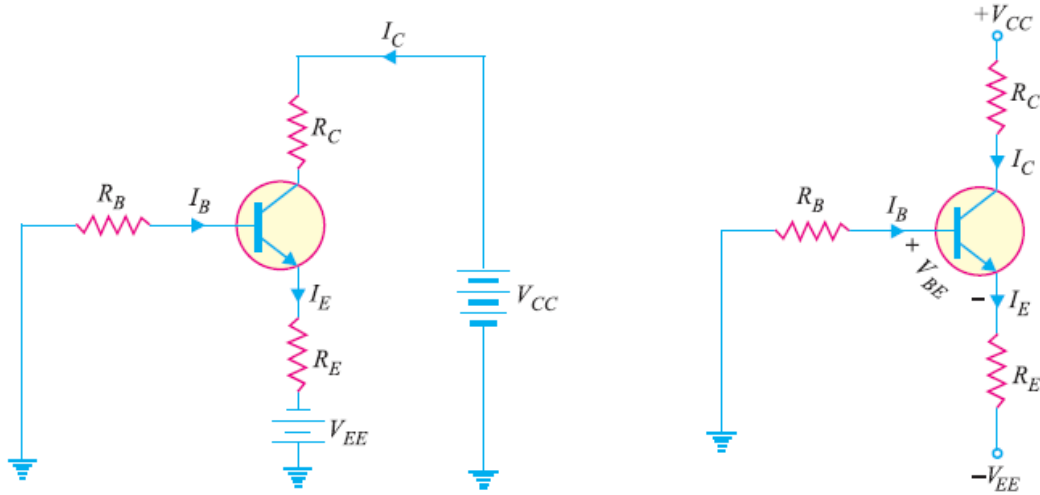
$$I_B = I_C / \beta = 2 / 100 = 0.02 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{(15 - 0.6) \text{ V}}{0.02 \text{ mA}} = 720 \text{ k}\Omega$$

## 2. دائرة تحييز الباعث Emitter bias circuit

يتم تسليط جهد سالب على الباعث  $V_{EE}$  وقيمه مساوية للجهد  $V_{CC}$  كما موضح بالشكل ادناه. في هذه الدائرة يكون الجهد  $V_{EE}$  مستقلا عن الجهد  $V_{CC}$  اي يستخدم مصدرين للجهد كما يجب اضافة مقاومة  $R_E$ .



لايجاد تيار الجامع  $I_C$  نقوم بتحليل الدائرة وبتطبيق كيرشوف نحصل على:

$$-I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

$$V_{EE} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

Now  $I_C \simeq I_E$  and  $I_C = \beta I_B \therefore I_B \simeq \frac{I_E}{\beta}$

Putting  $I_B = I_E/\beta$  in the above equation, we have,

$$V_{EE} = \left( \frac{I_E}{\beta} \right) R_B + I_E R_E + V_{BE}$$

or  $V_{EE} - V_{BE} = I_E (R_B/\beta + R_E)$

$$\therefore I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + R_B/\beta}$$

Since  $I_C \simeq I_E$ , we have,

$$I_C = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + R_B/\beta}$$

It is clear that  $I_C$  is dependent on  $V_{BE}$  and  $\beta$ , both of which change with temperature.

If  $R_E \gg R_B/\beta$ , then expression for  $I_C$  becomes :

$$I_C = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

This condition makes  $I_C (\simeq I_E)$  independent of  $\beta$ .

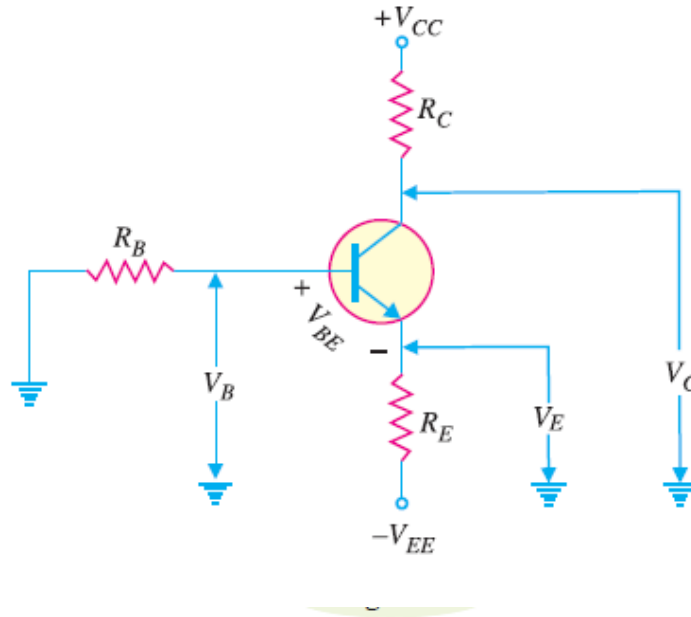
If  $V_{EE} \gg V_{BE}$ , then  $I_C$  becomes :

$$I_C (\simeq I_E) = \frac{V_{EE}}{R_E}$$

This condition makes  $I_C (\simeq I_E)$  independent of  $V_{BE}$ .

If  $I_C (\simeq I_E)$  is independent of  $\beta$  and  $V_{BE}$ , the Q-point is not affected appreciably by the variations in these parameters. Thus emitter bias can provide stable Q-point if properly designed.

لايجاد جهد الوصلة جامع-باعث  $V_{CE}$  نقوم بايصال جميع اطراف الترانزستور الى الارضي كما في الشكل ادناه



Emitter voltage w.r.t. ground is

$$V_E = -V_{EE} + I_E R_E$$

Base voltage w.r.t. ground is

$$V_B = V_E + V_{BE}$$

Collector voltage w.r.t. ground is

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

Subtracting  $V_E$  from  $V_C$  and using the approximation  $I_C \approx I_E$ , we have,

$$V_C - V_E = (V_{CC} - I_C R_C) - (-V_{EE} + I_C R_E) \quad (\because I_E \approx I_C)$$

or 
$$V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - I_C (R_C + R_E)$$

**Alternatively.** Applying Kirchhoff's voltage law to the collector side of the emitter bias circuit in Fig. we have,

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_C R_E + V_{EE} = 0$$

or 
$$V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - I_C (R_C + R_E)$$