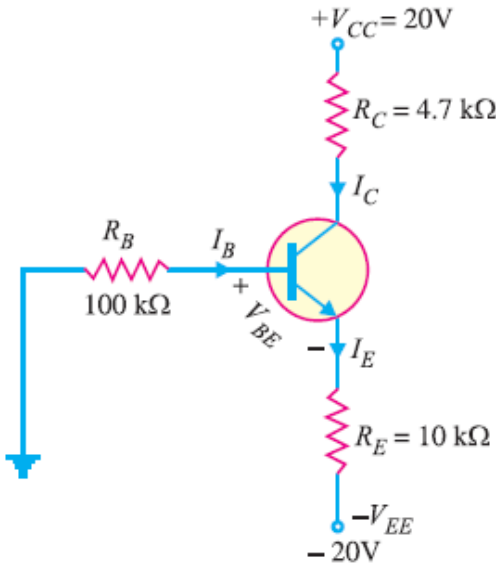


المحاضـة 4 — رة

مثال/ لدائرة تحييز الباعث في الشكل ادناه احسب V_{EC} , V_C , I_C , I_E , علما ان $\beta=85$

الحل



$$I_C \approx I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + R_B / \beta} = \frac{20V - 0.7V}{10 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega / 85} = 1.73 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 20V - (1.73 \text{ mA}) (4.7 \text{ k}\Omega) = 11.9V$$

$$V_E = -V_{EE} + I_E R_E = -20V + (1.73 \text{ mA}) (10 \text{ k}\Omega) = -2.7V$$

$$\therefore V_{CE} = V_C - V_E = 11.9 - (-2.7V) = 14.6V$$

Note that operating point (or Q - point) of the circuit is 14.6V, 1.73 mA.

مثال/ لنفس المثال السابق ماذا يحدث لنقطة التشغيل عند ارتفاع درجة الحرارة الذي يؤدي الى زيادة β الى 100 بدل من 85 وتقليل قيمة V_{BE} الى 0.6V بدل من 0.7V .

الحل

For $\beta = 85$ and $V_{BE} = 0.7V$

As calculated in the above example, $I_C = 1.73 \text{ mA}$ and $V_{CE} = 14.6V$.

For $\beta = 100$ and $V_{BE} = 0.6V$

$$I_C \approx I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + R_B / \beta} = \frac{20V - 0.6V}{10 \text{ k}\Omega + 100 \text{ k}\Omega / 100} = \frac{19.4V}{11 \text{ k}\Omega} = 1.76 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 20V - (1.76 \text{ mA}) (4.7 \text{ k}\Omega) = 11.7V$$

$$V_E = -V_{EE} + I_E R_E = -20V + (1.76 \text{ mA}) (10 \text{ k}\Omega) = -2.4V$$

$$\therefore V_{CE} = V_C - V_E = 11.7 - (-2.4) = 14.1V$$

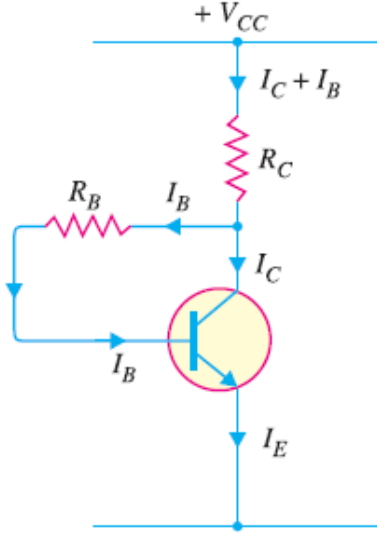
$$\% \text{ age change in } I_C = \frac{1.76 \text{ mA} - 1.73 \text{ mA}}{1.73 \text{ mA}} \times 100 = 1.7\% \text{ (increase)}$$

$$\% \text{ age change in } V_{CE} = \frac{14.1V - 14.6V}{14.6V} \times 100 = -3.5\% \text{ (decrease)}$$

يستنتج ان قيمة تيار الجامع تزداد بارتفاع درجة الحرارة بينما قيمة الجهد على الوصلة جامع-باعث يقل.

3. دائرة الانحياز الذاتي Self-biasing circuit

وتدعى احيانا بدائرة انحياز التغذية الخلفية للمجمع Collector feedback biasing والتي يوضحها الشكل ادناه.



في هذه الدائرة، الجهد V_{CB} سيؤدي الى تحييز الوصلة قاعدة-باعث اماميا وان تيار في وصلة القاعدة هو I_B سوف يسري عبر المقاومة R_B .
تحسب قيمة المقاومة R_B كما يلي:

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

or

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

$$= \frac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{I_B} \quad (\because I_C = \beta I_B)$$

Alternatively, $V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$

or $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CB}}{I_B} = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{I_B}; \quad \text{where } I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

نقطة عمل الترانزستور تحسب من خلال العلاقتين

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B / \beta + R_C}$$

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

ملاحظة عامل الاستقرار S لهذا النوع من الدوائر الالكترونية يكون دائما اقل من المقدار $(\beta+1)$ وهذا يعني ان هذه الدائرة اكثر استقرارية حراريا من دائرة التحييز الثابت.

مثال/ دائرة ترانزستور مربوطة بشكل التغذية الاسترجاعية للمجمع وفيها $I_C=1\text{mA}$, $V_{CE}=8\text{V}$, $\beta=100$, $V_{CC}=12\text{V}$, $V_{BE}=0.3\text{V}$ احسب المقاومة R_B التي تجعل الدائرة تعمل عند نقطة العمل. كم ستتغير نقطة عمل الترانزستور عندما تكون قيمة $\beta=50$ ؟

الحل

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{(12 - 8) \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 4 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Also } I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 \text{ mA}}{100} = 0.01 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \text{Using the relation, } R_B &= \frac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{I_B} \\ &= \frac{12 - 0.3 - 100 \times 0.01 \times 4}{0.01} = 770 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

(ii) Now $\beta = 50$, and other circuit values remain the same.

$$\therefore V_{CC} = V_{BE} + I_B R_B + \beta I_B R_C$$

$$\text{or } 12 = 0.3 + I_B (R_B + \beta R_C)$$

$$\text{or } 11.7 = I_B (770 + 50 \times 4)$$

$$\text{or } I_B = \frac{11.7 \text{ V}}{970 \text{ k}\Omega} = 0.012 \text{ mA}$$

$$\therefore \text{Collector current, } I_C = \beta I_B = 50 \times 0.012 = 0.6 \text{ mA}$$

$$\therefore \text{Collector-emitter voltage, } V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 0.6 \text{ mA} \times 4 \text{ k}\Omega = 9.6 \text{ V}$$

\therefore New operating point is **9.6 V, 0.6 mA**.

تعليق

يلاحظ ان نقطة عمل الترانزستور تغيرت عند تغير نوع الترانزستور وهذه من مساوئ هذا النوع من الربط.

Example It is desired to set the operating point at 2V, 1mA by biasing a silicon transistor with collector feedback resistor R_B . If $\beta = 100$, find the value of R_B .

Solution.

For a silicon transistor,

$$V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = 1/100 = 0.01 \text{ mA}$$

$$\text{Now } V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

$$\text{or } 2 = 0.7 + V_{CB}$$

$$\therefore V_{CB} = 2 - 0.7 = 1.3 \text{ V}$$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CB}}{I_B} = \frac{1.3 \text{ V}}{0.01 \text{ mA}} = 130 \text{ k}\Omega$$

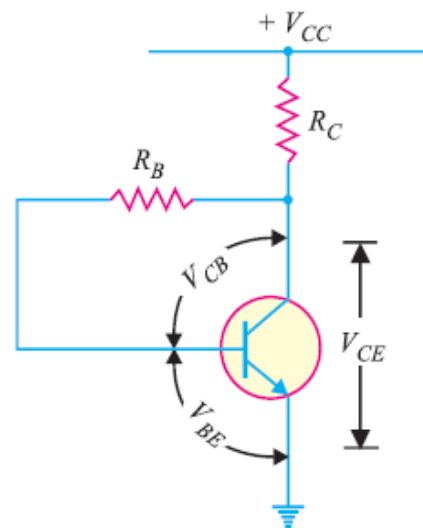


Fig. 9.21

مثال/ حدد نقطة عمل الترانزستور المربوط كما في الشكل ادناه.

$$V_{CC} - (I_C + I_B) R_C - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

Now $I_B + I_C \approx I_C$; $I_E \approx I_C$ and $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$$\therefore V_{CC} - I_C R_C - \frac{I_C}{\beta} R_B - V_{BE} - I_C R_E = 0$$

or $I_C (R_E + \frac{R_B}{\beta} + R_C) = V_{CC} - V_{BE}$

$$\therefore I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + R_B/\beta + R_C}$$

Putting the given circuit values, we have,

$$I_C = \frac{12V - 0.7V}{1\text{ k}\Omega + 400\text{ k}\Omega/100 + 4\text{ k}\Omega}$$

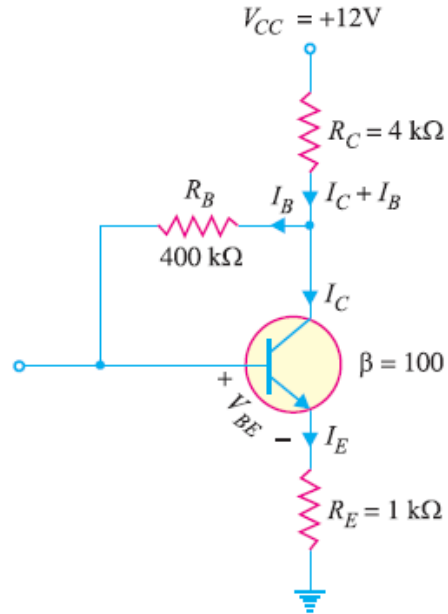
$$= \frac{11.3V}{9\text{ k}\Omega} = 1.26\text{ mA}$$

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

$$= 12V - 1.26\text{ mA} (4\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega)$$

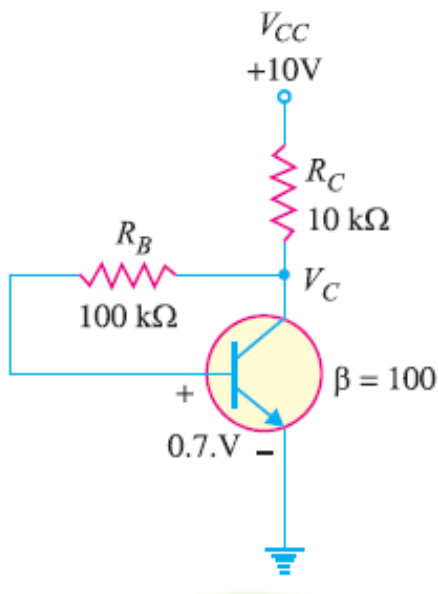
$$= 12V - 6.3V = 5.7V$$

\therefore The operating point is **5.7V, 1.26 mA**.



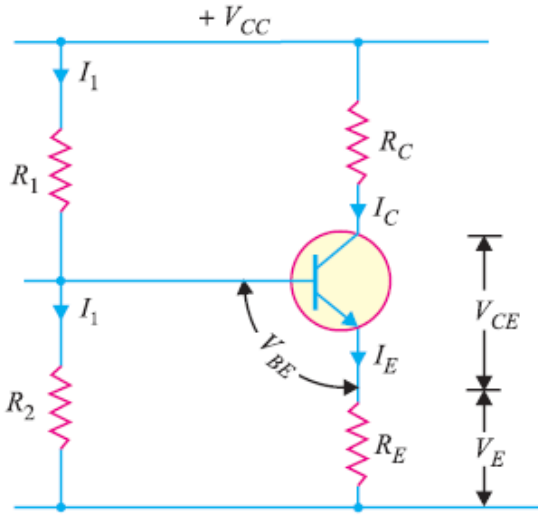
واجب

جد نقطة عمل الترانزستور في الدائرة الاتية



4. طريقة تحييز بمقسم الجهد Voltage divider bias method

هذه الطريقة مستخدمة بكثرة في دوائر الترانزستور وفيها يتم ربط مقاومتان R_1 و R_2 كما في الشكل



ان استخدام مقاومة الباعث سيوفر استقرارية

لعمل الدائرة.

التيار المار في المقاومة R_1 وهو I_1 يكون اكبر من تيار قاعدة

الترانزستور I_B لذا يمكن اعتبار تيار المقاومة R_2 هو

نفس تيار المقاومة R_1

$$I_1 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

∴ Voltage across resistance R_2 is

$$V_2 = \left(\frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \right) R_2$$

Applying Kirchoff's voltage law to the base circuit of Fig. 1

$$V_2 = V_{BE} + V_E$$

or
$$V_2 = V_{BE} + I_E R_E$$

or
$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

Since $I_E \approx I_C$

∴
$$I_C = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

يلاحظ ان تيار المجمع لايعتمد على β بل على قيمة V_{BE} والتي تكون قليلة جدا مقارنة مع V_2 وبذلك سيكون هذا النوع من الربط (التحييز) اكثر استقرارية حرارية لذا فهو شائع الاستعمال في تصميم الدوائر الالكترونية. يمكن حساب V_{CE} بتطبيق كيرشوف وكما يلي:

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

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

$$= I_C (R_C + R_E) + V_{CE}$$

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

$$(\because I_E \approx I_C)$$

هذه الدائرة توفر استقرارية ممتازة بسبب وجود المقاومة R_E حيث ان $V_2 = V_{BE} + I_C R_E$

س/ ما سبب عدم تآثر نقطة عمل دائرة ترانزستور مربوط بطريقة مجزء الجهد بارتفاع درجة الحرارة؟

ج/ ارتفاع درجة الحرارة سيؤدي الى ازدياد قيمة تيار المجمع I_C بنفس الوقت سيزداد الجهد على طرفي مقاومة الباعث V_E هذه سيؤدي الى تقليل قيمة تيار القاعدة مما يعني سيقل تيار المجمع مرة اخرى .

عامل الاستقرار لهذا الدائرة يحسب كالآتي:

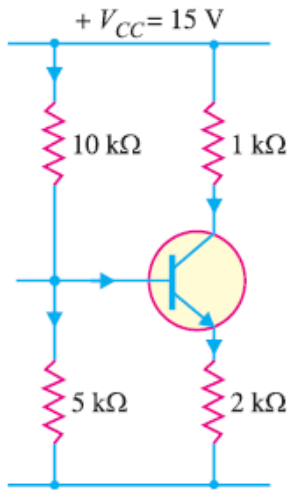
$$\begin{aligned} \text{Stability factor, } S &= \frac{(\beta + 1) (R_0 + R_E)}{R_0 + R_E + \beta R_E} \\ &= (\beta + 1) \times \frac{1 + \frac{R_0}{R_E}}{\beta + 1 + \frac{R_0}{R_E}} \\ \text{where } R_0 &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

If the ratio R_0/R_E is very small, then R_0/R_E can be neglected as compared to 1 and the stability factor becomes :

$$\text{Stability factor} = (\beta + 1) \times \frac{1}{\beta + 1} = 1$$

ملاحظة: ان اهمال قيمة R_0/R_E لصغر قيمتها لا يكون دقيقا جدا لذا فان عامل الاستقرار لن يساوي واحد بل له قيمة اكبر من 1 بقليل اعتمادا على قيمة المقاومات المستخدمة في تصميم الدائرة.

مثال/ لدائرة مجزء الجهد ادناه ارسم خط حمل المستمر لعمل الترانزستور وحدد نقطة عمل الترانزستور السليكوني المستعمل.



الحل/

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

When $I_C = 0$, $V_{CE} = V_{CC} = 15\text{V}$. This locates the first point B ($OB = 15\text{V}$) of the load line on the collector-emitter voltage axis.

$$\text{When } V_{CE} = 0, I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{15\text{ V}}{(1 + 2)\text{ k}\Omega} = 5\text{ mA}$$

$$V_{BE} = 0.7\text{ V}$$

Voltage across $5\text{ k}\Omega$ is

$$V_2 = \frac{V_{CC}}{10 + 5} \times 5 = \frac{15 \times 5}{10 + 5} = 5\text{ V}$$

$$\therefore \text{Emitter current, } I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{5 - 0.7}{2\text{ k}\Omega} = \frac{4.3\text{ V}}{2\text{ k}\Omega} = 2.15\text{ mA}$$

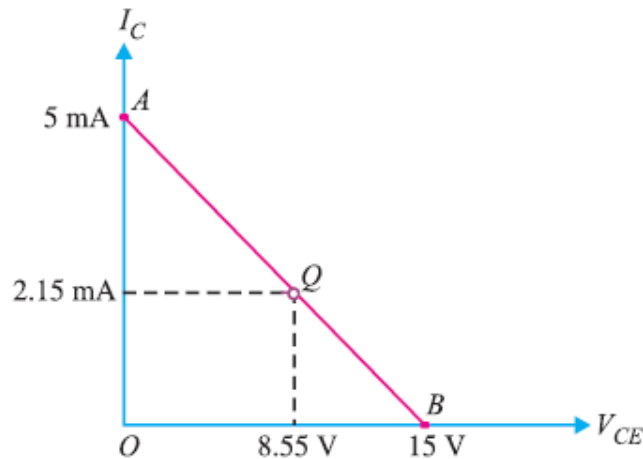
\therefore Collector current is

$$I_C \approx I_E = 2.15\text{ mA}$$

$$\text{Collector-emitter voltage, } V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$= 15 - 2.15\text{ mA} \times 3\text{ k}\Omega = 15 - 6.45 = 8.55\text{ V}$$

\therefore Operating point is **8.55 V, 2.15 mA**.



Example A transistor uses potential divider method of biasing. $R_1 = 50\text{ k}\Omega$, $R_2 = 10\text{ k}\Omega$ and $R_E = 1\text{ k}\Omega$. If $V_{CC} = 12\text{ V}$, find :

(i) the value of I_C ; given $V_{BE} = 0.1\text{ V}$

(ii) the value of I_C ; given $V_{BE} = 0.3\text{ V}$. Comment on the result.

Solution.

$$R_1 = 50\text{ k}\Omega, R_2 = 10\text{ k}\Omega, R_E = 1\text{ k}\Omega, V_{CC} = 12\text{ V}$$

(i) When $V_{BE} = 0.1\text{ V}$,

$$\text{Voltage across } R_2, V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{10}{50 + 10} \times 12 = 2\text{ V}$$

$$\therefore \text{Collector current, } I_C = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{2 - 0.1}{1\text{ k}\Omega} = 1.9\text{ mA}$$

(ii) When $V_{BE} = 0.3 \text{ V}$,

$$\text{Collector current, } I_C = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{2 - 0.3}{1 \text{ k}\Omega} = 1.7 \text{ mA}$$

Comments. From the above example, it is clear that although V_{BE} varies by 300%, the value of I_C changes only by nearly 10%. This explains that in this method, I_C is almost independent of transistor parameter variations.