كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : الكترونيات٢

المحاضرة :الثالثة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

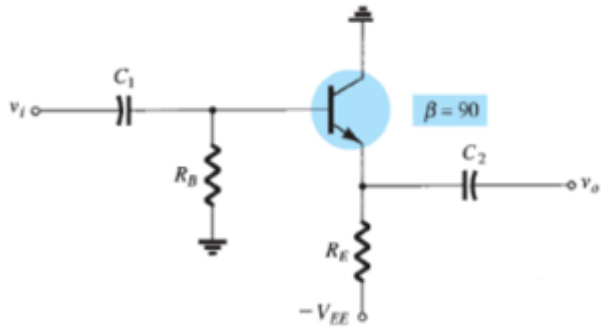
كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

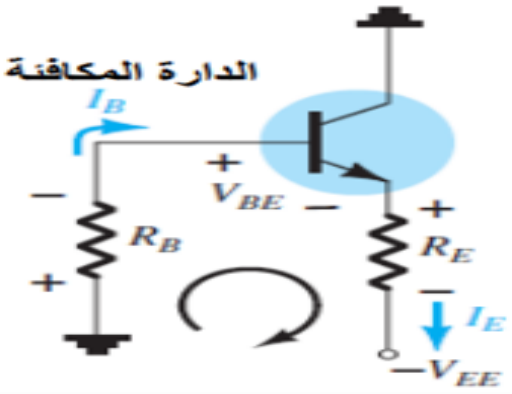
دارات انحياز الترانزستور ثنائي القطبية: Bipolar Junction Transistor Bias Circuits

دارة انحياز الترانزستور ذو المجمع المشترك Common Collector transistor Bias Circuit:

في هذه الدارة يكون المجمع مشترك أو متصل بالأرضي من خلال منبع الجهد، يتم توصيل إشارة الدخل مباشرة إلى القاعدة بينما يتم أخذ الخرج من مقاومة الباعث كما هو موضح في الشكل (22). هذا النوع من الدارات شائع الاستخدام باسم دارة تابع الجهد Voltage Follower أو دارة متتبع الباعث (الباعث المرادف) Emitter Follower.



الشكل (22a): دارة الترانزستور ذو المجمع المشترك



الشكل (22a):الدارة المكافئة المستمرة

تحليل دارة انحياز الترانزستور ذو المجمع المشترك:

بتطبيق كيرشوف للجهود على دخل الترانزستور نجد:

$$-I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E + V_{EE} = 0 \qquad (1-16)$$

وبتعويض العلاقة $(1-2)$ المعبرة عن تيار الباعث بدلالة تيار القاعدة نجد $I_E = (\beta_{DC} + 1) I_B$

وبالتعويض والإصلاح نجد تيار القاعدة يساوي إلى:

$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1) R_E} \qquad (1-17)$$

وبتطبيق كيرشوف للجهد على دارة الخرج نجد:

$$-V_{CE} - I_E R_E + V_{EE} = 0$$

$$V_{CE} = V_{EE} - I_E R_E \qquad (1-18)$$

مثال: لتكن دارة الترانزستور ثنائي القطبية المصنوع من السليكون الموضحة في الشكل المجاور والمطلوب:

تحليل دارة الترانزستور وتحديد نوعه.

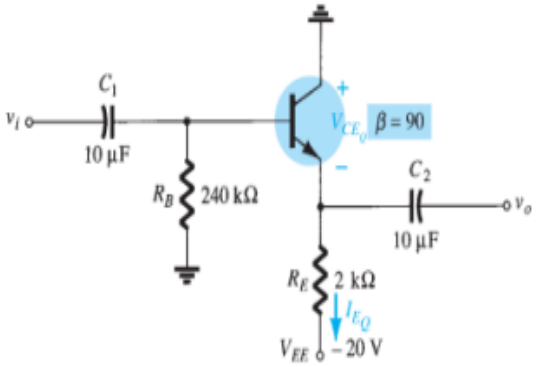
إيجاد نقطة العمل الساكنة للترانزستور المدروس.

الحل: التحليل كما تم في الفقرة السابقة.

نوعه ترانزستور ثنائي القطبية ذو وصلة المجمع المشترك نوع npn.

إيجاد نقطة العمل الساكنة أي إيجاد إحداثيات I_{EQ} و V_{CEQ}

نجد I_{BQ} من العلاقة $(1-17)$:



$$I_B = \frac{20 - 0.7}{240k\Omega + (90+1)2k\Omega} = \frac{19.3}{422k\Omega} = 45.73\mu A$$

ومنه $I_{EQ} = (\beta_{DC} + 1)I_B = (90+1)45.73\mu A = 4.16mA$

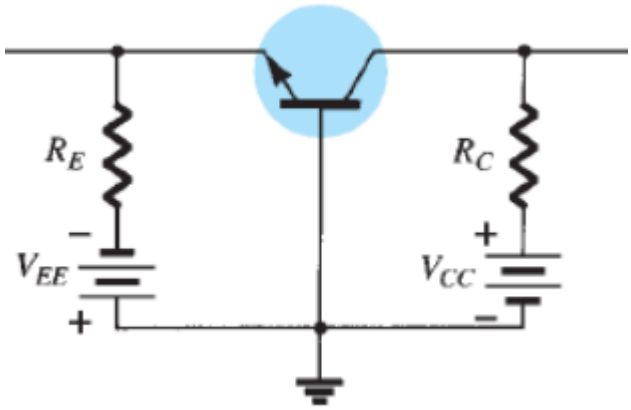
V_{CEQ} وفق (1−18) تساوي إلى:

$$V_{CE} = 20 - (4.16mA2k\Omega) = 11.68V$$

نقطة العمل $Q(11.68V, 4.16mA)$

دارة انحياز الترانزستور ذو القاعدة المشتركة Common Base transistor Bias Circuit:

في هذه الدارة تكون القاعدة مشتركة بين دارتي الدخل والخرج كما هو موضح في الشكل (23)، استخدام هذه الدارة قليل جداً في التطبيقات العملية وتستخدم عادةً في دارات التكبير ذات المرحلة الواحدة Single State Amplifier مثل مكبر الميكرفون الابتدائي أو مكبر الترددات الراديوية.



الشكل(23): دارة الترانزستور ذو القاعدة المشتركة

تحليل دارة انحياز الترانزستور ذو القاعدة المشتركة:

بتطبيق كيرشوف للجهد على دارة دخل الترانزستور الموضحة بالشكل (24a) نجد:

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

ومنه تيار الدخل يعطى بالعلاقة:

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} \qquad (1-19)$$

وبتطبيق كيرشوف للجهد على دارة الخرج نجد:

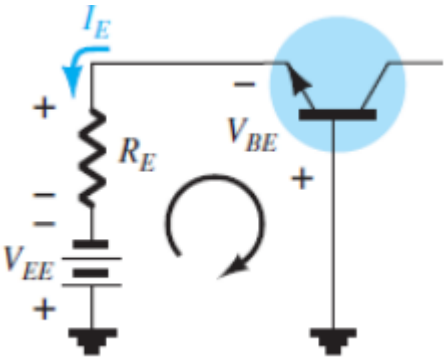
$$-V_{EE} + I_E R_E + V_{CE} + I_C R_C - V_{CC} = 0$$

وبما أن $I_E \cong I_C$ وبالإصلاح نجد :

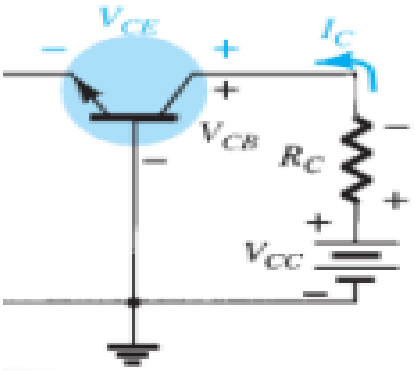
$$V_{CE} = V_{EE} + V_{CC} - I_E(R_E + R_C) \qquad (1-20)$$

وأيضاً من دارة الخرج $V_{CB} + I_C R_C - V_{CC} = 0$

ومنه: $V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C \qquad (1-21)$



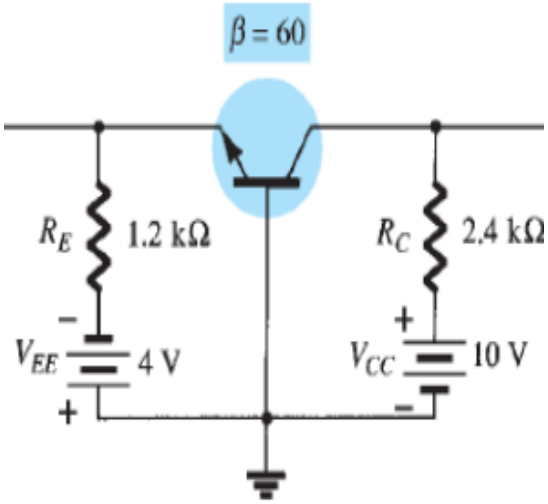
الشكل (24a): دارة الدخل للترانزستور



الشكل (24b): دارة الخرج للترانزستور

مثال: لتكن دارة الترانزستور الموضحة في الشكل المجاور والمطلوب:

حساب قيمة كل من I_B وV_{CE} واحسب قيمة V_{CB}.



الحل: تحسب I_E من العلاقة (1−19):

$$I_E = \frac{4 - 0.7}{1.2k\Omega} = 2.75mA$$

لحساب V_{CE} نطبق العلاقة (1−20) ومنه:

$$V_{CE} = 4 + 10 - 2.75mA\ (1.2 + 2.4)k\Omega = 4.1V$$

وبتطبيق العلاقة (1−21) نحصل على V_{CB}:

نحسب قيمة I_B وفق العلاقة:

$$I_B = \frac{I_E}{\beta_{DC} + 1} = \frac{2.75mA}{61} = 45.08\mu A$$

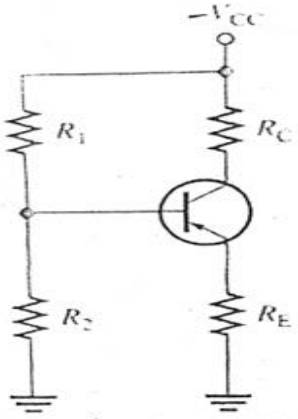
ومنه $I_C = \beta_{DC} I_B = 60(45.08\mu A) = 2.70mA$

$$V_{CB} = 10 - (2.70mA)(2.4\ k\Omega) = 3.52V$$

ترانزستور ثنائي القطبية pnp:

تعتمد آلية تحليل وتحييز الترانزستور ثنائي القطبية نوع pnp نفس طرائق تحييز ومبدأ عمل الترانزستور نوع npn، باختلاف قطبيات الانحياز، ويتحقق ذلك بوصل منبع تغذية جهد سالب مع مجمع الترانزستور، أو يوصل منبع تغذية جهد موجب مع باعث الترانزستور، أو برسم منبع التغذية في أعلى الدارة والأرضي عند أسفلها.

مثال: ادرس دارة الترانزستور pnp المنحاز بمقسم جهد وفق الدارة الموضحة جانباً.



تحليل دارة الترانزستور يشابه تحليل دارة الترانزستور npn وفق الخطوات التالية:

تعطى مقاومة الدخل للترانزستور وفق العلاقة (1−9):

$$R_{IN(base)} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} \cong \frac{\beta_{DC} I_B R_E}{I_B} = \beta_{DC} R_E$$

تعطى قيمة الجهد المطبق على مدخل قاعدة الترانزستور pnp وفق العلاقة التالية:

$$V_B = \frac{(R_2 \parallel R_{IN(base)})V_{CC}}{R_1 + R_2 \parallel R_{IN(base)}} = \frac{(R_2 \parallel \beta_{DC} R_E)V_{CC}}{R_1 + R_2 \parallel \beta_{DC} R_E}$$

يعطى جهد الباعث وتيار الباعث وفق قانون أوم بالعلاقة التالية:

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

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}$$

ومن I_E يمكننا أن نحسب I_C وV_C بالعلاقة:

$$I_C \cong I_E$$

من دارة الخرج

$$V_{CC} = V_C + V_{R_C}$$

ومنه

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

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

وعند تحقق الشرط التالي:

$$\beta R_E \geq 10R_2$$

تطبق هذه الطريقة وتعطى قيمة الجهد عند مدخل الترانزستور بالعلاقة:

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

تطبيق: أوجد قيمة كل I_C و V_{CE} ذات منبع التغذية السالب إذا علمت أن $R_1 = 68k\Omega$ و $R_2 = 47k\Omega$ و $R_C = 1.8k\Omega$ و $R_E = 2.2k\Omega$ و $V_{CC} = -6V$ و$\beta_{DC} = 75$.

أولاً نحسب $\beta R_E = 75(2.2k\Omega) = 165k\Omega$ طالما لم يتحقق الشرط أن تكون أكبر من $10R_2$ يعطى الجهد عند دخل الترانزستور بالعلاقة:

$$V_B = \frac{(R_2 \parallel \beta_{DC} R_E)V_{CC}}{R_1 + R_2 \parallel \beta_{DC} R_E} = \frac{47 \parallel 165}{68 + 47 \parallel 165}(-6) = \frac{36.6}{104.6}(-6) = -2.1V$$

وتحسب I_E و V_E وفق التالي:

$$V_E = V_B + V_{BE} = -2.1 + 0.7 = -1.4V$$
$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{-1.4}{2.2k\Omega} = -0.636mA$$

وتحسب I_C وV_C بالعلاقة:

$$I_C \cong I_E \cong -0.636mA$$

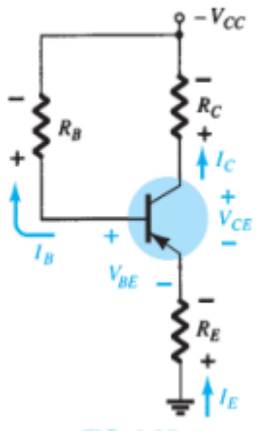
$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = -6 - (-0.636mA1.8k\Omega) = -4.85V$$
$$V_{CE} = V_C - V_E = -4.85 - (-1.4) = -3.45V$$

مثال: لتكن دارة الترانزستور ثنائي القطبية المصنوع من السليكون من النوع pnp الموضحة في الشكل المجاور والمطلوب:

أوجد إحداثيات نقطة العمل للترانزستور تحليلياً. ثم أوجد قيمتها إذا علمت أن:

$$R_C = 2k\Omega \text{ و } R_B = 430k\Omega \text{ و } R_E = 1k\Omega \text{ و } V_{CC} = 20V$$

$$\beta_{DC} = 100 \text{ و}$$



نحلل الدارة بتطبيق كيرشوف للجهد على دارة دخل الترانزستور فنجد:

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

ونعلم أن $I_C = \beta_{DC} I_B$ و $I_E = I_C + I_B = (\beta_{DC} + 1) I_B$

وبالتعويض والإصلاح تصبح علاقة تيار القاعدة بالشكل:

$$I_B = \frac{V_{CC} + V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1) R_E}$$

بتطبيق كيرشوف للجهد على دارة خرج الترانزستور نجد:

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

وبما أن تيار القاعدة صغير يمكننا كتابة العلاقة التالية $I_E \cong I_C$ ومنه علاقة الجهد

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

التطبيق:

$$I_B = \frac{V_{CC} + V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1) R_E} = \frac{20 + 0.7}{430k\Omega + (100 + 1) 1k\Omega} = 38.98\mu A$$

$$I_C = \beta_{DC} I_B = 100(38.98\mu A) = 3.9mA$$

$$V_{CE} = -V_{CC} + I_C (R_C + R_E) = -20 + 3.9mA(3\ k\Omega) = -8.3V$$

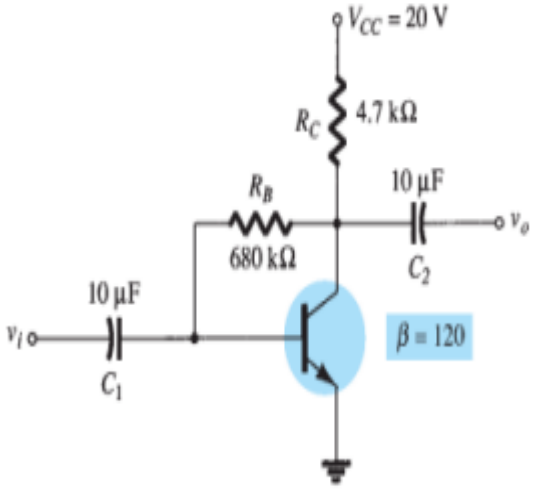
مثال: لتكن دارة الترانزستور ثنائي القطبية المصنوع من السليكون الموضحة في الشكل المجاور والمطلوب:

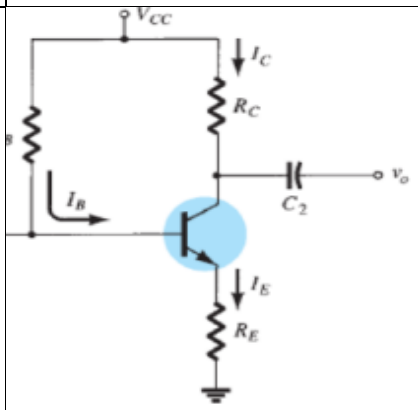
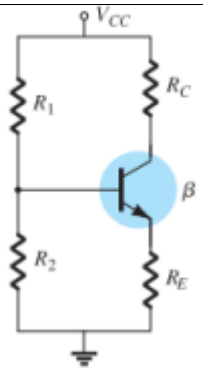
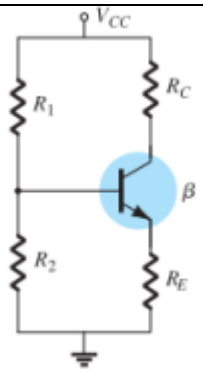
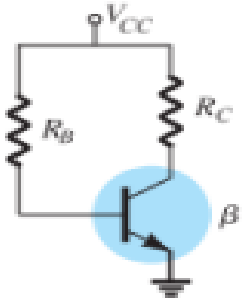
ارسم الدارة المكافئة لدارة الترانزستور.

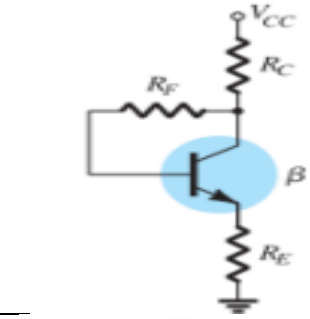
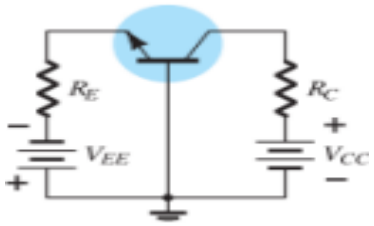
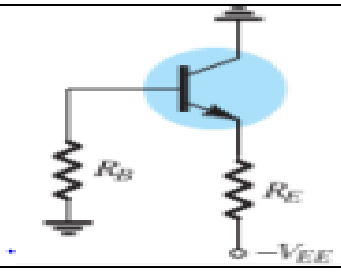
احسب إحداثيات نقطة العمل للترانزستور المدروس.

احسب كل من جهد الباعث وجهد المجمع وجهد القاعدة.

احسب قيمة الجهد المطبق بين طرفي وصلة مجمع−قاعدة ماذا تستنتج؟



نوع انحياز الترانزستور	دارة انحياز الترانزستور	العلاقات المستخدمة في تحليل الدارة
انحياز الترانزستور ذو الباعث المشترك		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1)R_E}$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $I_E = I_B + I_C = (1 + \beta_{DC}) I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$ $V_E = I_E R_E$ $V_{CE} = V_C - V_E$ $V_B = V_{BE} + V_E$
الانحياز باستخدام مقسم الجهد		عند إهمال تيار القاعدة وتحقق الشرط $\beta R_E \geq 10 R_2$ $V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2}$ $V_E = V_B - V_{BE}$ $I_C = I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$
الانحياز باستخدام مقسم الجهد		بوجود تيار القاعدة وتطبيق جهد ثيفنن $V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$ $R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ $I_B = \frac{V_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (1 + \beta_{DC}) R_E}$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $I_E = I_B + I_C = (1 + \beta_{DC}) I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$
انحياز القاعدة		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

التغذية العكسية للمجمع		$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + \beta_{DC}(R_E + R_C)}$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $I_E = I_B + I_C = (1 + \beta_{DC}) I_B$ $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_E + R_C)$
انحياز الترانزستور ذو القاعدة المشتركة		$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$ $I_B = \frac{I_E}{\beta_{DC} + 1}$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $V_{CE} = V_{EE} + V_{CC} - I_E(R_E + R_C)$ $V_{CB} = V_{CC} - I_C R_C$
انحياز الترانزستور ذو المجمع المشترك		$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B + (\beta_{DC} + 1) R_E}$ $I_E = (\beta_{DC} + 1) I_B$ $I_C = \beta_{DC} I_B$ $V_{CE} = V_{EE} - I_E R_E$

دارة دارلنغتون Darlington Circuits:

تتكون دارة دارلنغتون من الترانزستورين Q_1 و Q_2 حيث يغذي باعث الترانزستور Q_1 قاعدة الترانزستور الثاني، والمجمعين موصولين مع بعضهما البعض، توصل قاعدة الترانزستور الأول Q_1 إلى دارة الدخل وباعث الترانزستور الثاني Q_2 إلى دارة الخرج كما هو موضح في الشكل (25).

تحليل دارة دارلنغتون:

برسم الدارة المكافئة للدارة (25) كما هو موضح في الشكل (26)، نلاحظ من الدارة أن تيار القاعدة للترانزستور الثاني هو تيار الباعث للترانزستور الأول ويعطى بالعلاقة (22−1):

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_{DC1} + 1) I_{B1} \qquad (1 - 22)$$

ومنه ينتج تيار الباعث للترانزستور الثاني Q_2 وفق العلاقة (23−1):

$$I_{E2} = (\beta_{DC2} + 1) I_{B2}$$

بالتعويض عن I_{B2} نجد

$$I_{E2} = (\beta_{DC2} + 1) I_{B2} = (\beta_{DC2} + 1)(\beta_{DC1} + 1) I_{B1} \qquad (1 - 23)$$

وبما أن $\beta_{DC1} \gg 1$ و $\beta_{DC2} \gg 1$ تهمل 1

ومنه نستنتج أن عامل الربح في التيار للدارة يساوي إلى:

$$\beta_{DC} = \beta_{DC1} \beta_{DC2}$$

وتكتب العلاقة (1−23) بالشكل: $I_{E2} = \beta_{DC} I_{B1}$

بتطبيق كيرشوف للجهد على دارة الدخل نجد:

$$V_{CC} - I_{B1}R_B - I_{E2}R_E - V_{BE1} - V_{BE2} = 0$$

وبالتعويض والإصلاح نحصل على تيار قاعدة الترانزستور وفق العلاقة (1−24):

$$I_{B1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE2}}{R_B + (\beta_{DC} + 1)R_E} \qquad (1-24)$$

ويحسب تيار الخرج وفق العلاقة:

$$I_{C2} \cong I_{E2} = \beta_{DC} I_{B1}$$

ويعطى جهد الباعث للترانزستور الثاني بالعلاقة:

$$V_{E2} = I_{E2}R_E = \beta_{DC} I_{B1} R_E$$

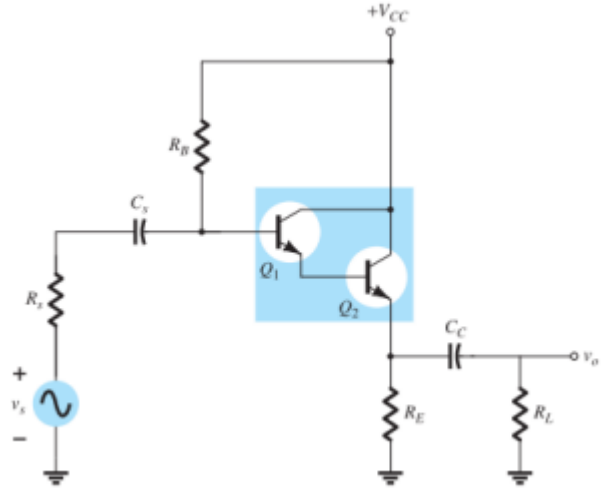
ومن المعلوم أن جهد نقطة المجمع يساوي إلى:

$$V_{C2} = V_{CC}$$

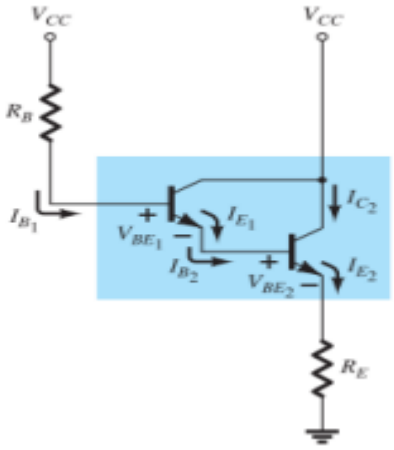
ومن دارة الخرج نجد:

$$V_{CE2} = V_{C2} - V_{E2} = V_{CC} - V_{E2}$$

تعطي دارة دارلغنتون ربحاً عالياً في التيار وتستخدم في التحكم بالمحركات.



الشكل (25): دارة دارلنغتون



الشكل (26): الدارة المكافئة ل دارة دارلنغتون

مكتبة A to Z