# الجزء الثاني الفصيل الأول

# الترانزستور ثنائي القطبية

# (Bipolar Junction Transistor )

- 1- مقدمة
- 2- بنية الترانزستور
- 3- عمل الترانز ستور الأساسي
  - 4- منحنيات الخواص
  - 5- تشكيلات الدارة المشتركة
    - 6- مكبر الباعث المشترك
    - 7- اعتبارات الاستطاعة
    - 8- مكثفات التمرير و الربط
- 9- خط الحمل المتناوب لتشكيلة الباعث المشترك
  - 10- مكبر التابع الباعث

# 1.1 مقدمة

لقد تم اكتشاف التر انزيستور عام (1948 –1949) نتيجة للدراسات التي قام بها العلماء الامريكيون: والتر براتن و جون باردين و وليام شوكلي وذلك في مخابر (Telephone Bell) الأميركية لاستخدامه بدلاً من الصمامات الإلكترونية التي كانت شائعة في تلك الأيام.

وكلمة الترانزيستور Transistorهي اختصار للعبارة resistortransforming ()-حيث تعني كلمة transforming تحويل ( أو نقل)، وكلمة resistor عني مقاومة و بعد حذف الأحرف الأخيرة forming من الكلمة الأولى والأحرف الأولى res من الكلمة الثانية نحصل على كلمة Transistor وتعنيت ويل المقاومة.

في الترانزيستور ثنائي القطبية BJTيعتمد مرور التيار على نوعى حاملات الشحنة (الكترونات وثقوب).

تعتبر الترانزستورات أكثر أهمية من الديودات لاستخداماتها العديدة في الدارات الالكترونية بدءاً من تضخيم الإشارة إلى تصميم الدارات المنطقية الرقمية و دارات الذاكرة.

فالترانستور صغير الحجم وله استعمالات واستخدامات يقوم بها في الدارة تفوق حجمه و هو عبارة عن قطعة صغيرة يحتوي على ثلاثة أطراف تسمى: الباعث – القاعدة – المجمع.

يتكون الترانزستور من بلورة نصف ناقله فيها ثلاث مناطق. الطرفان يكون من نمط واحد -n-1 و -n-1 ويسمي أحد الاطراف الباعث E-(Emitter) ويحتوي علي أكبر نسبة من الشوائب بينما يسمي الطرف الاخر المجمع (C-(Collector) ويحتوي علي نسبة من الشوائب اقل مما في الباعث وتتصل المنطقة الوسطي بالطرفين السابقين علي الجوانب بالتحامين ويكون من نمط مغاير ويسمي القاعدة (Base) -B والقاعدة عبارة عن شريحة رقيقة لايتجاوز سمكها عشرة ميكرونات ( $-10\mu$ ) ونسبة الشوائب بها تكون أقل من النسب في الباعث والمجمع ولهذا الترانزستور نو عان ولهما نفس الوظيفه وهما النوع الاول (-pnp) والنوع الثاني هو -pnp).

يعتمد المبدأ الأساسي في الترانزستور علىتطبيق فرق جهد بين طرفين للتحكم في التيار المار في الطرف الثالث، وبالتالي يمكن استخدام الترانزستور كمنبع تيار محكوم بالجهد أو التيار فإشارة التحكم يمكن استخدامها لتوليد تيار في الطرف الثالث يتغير بين الصفر و قيمة كبيرة، يسمح للعنصر أن يعمل كمفتاح تبديل إلكتروني والذي يعتبر أساس عمل العاكس المنطقي والعنصر الأساسي في الدارات المنطقية.

للترانز ستور ثلاثة استخدامات هي:

- الخطية للترانزستور. عبد amplifier في دارات تكبير الأشارة باستخدام الخواص الخطية للترانزستور.
  - 2 مفتاحتبديل switch في الدارات المنطقية
    - 3 مقاومة متغيرةفي دارات تنظيم الفولتية stabilizer .

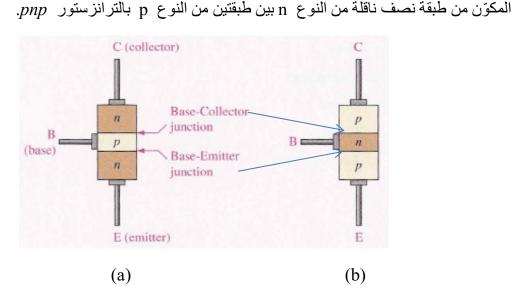
أما طرق ربطه في الدارة فتتم في ثلاث تشكيلات:

- 1 تشكيلة الباعث المشترك CE .
- 2 تشكيلة المجمع المشترك CC.
- 3- تشكيلة القاعدة المشتركة CB

وهناك نوع آخر من الترانستورات إسمه ترانسستور تاثير الحقل او ما يسمى بـ ( FET) وصنفه الآخر الـ ( MOSFET) وقد بدأ يزيح بالتدريج الترانزستور ثنائي القطبية من كثير من تطبيقاته وخاصة الرقمية منها لما يوفره من ميزات مثل مقاومة الدخل العالية جدًا وقلة استهلاكه للطاقة وصغر الحيز الذي يشغله مما يجعله مثاليا في صناعة الدارات المتكاملة وفي هذا النوع من الترانزستورات هناك وصلة واحدة وليست وصلتان للاتصال مثل الترانزستر العادي.

أحدث اختراع الترانزستورات ثورة كبيرة في صناعة الحاسوب أدت إلى تصغير حجمه بدرجة كبيرة جداً وزيادة سرعته مقارنة بالجيل الأول من الحواسيب الذي كان يستخدم الصمامات أو الأنابيب المفرغة كعناصر للبناء والمكثفات والمقاومات، حيث وصل وزن الجيل الأول من الحواسيب إلى ما يزيد عن 30 طن في حين أن الجيل الثاني منه والذي استخدام الترانزستور فيه كعناصر بناء وصل حجمه إلى أقل بكثير من حجم كمبيوتر الجيل الأول بالإضافة إلى انخفاض درجة الحرارة الصادرة عنه مقارنة بنظيره من الجيل الأول.

# 1.2 بنية الترانزستور

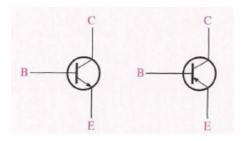


الشكل (1.1) بنية الترانزستور npn وnpn

تدعى الطبقات الثلاث المكونة للترانزستور بالباعث (Emitter) والقاعدة (Base) والمجمع (Collector) كما هو مبين بالشكل (1.1).

إن الوصلة p-n بين منطقتي القاعدة والباعث تدعى وصلة القاعدة BE، أما الوصلة p-n بين منطقتى القاعدة والمجمع تدعى وصلة القاعدة BC.

يبين الشكل (1.2) الرمز الكهربائي للترانزستور npn والترانزستور pnp.



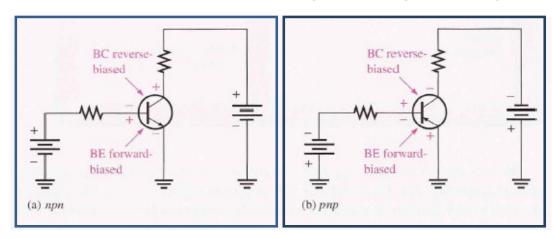
npnpnp

الشكل (1.2) الرمز الكهربائي للترانزستور ثنائي القطبية

## 1.3عمل الترانزستور الأساسى

ان شرط عمل الترانزستور كمضخم إشارة هو وجوب تحييز وصلتي pn بالشكل الصحيح بواسطة جهود مستمرة DC خارجية.

يوضح الشكل (1.3) توصيل الترانز ستور pnpوالترانز ستور pnp في حالة عمله كمضخم حيث نجد أن الوصلة BE في حالة تحييز أمامي والوصلة BC في حالة تحييز عكسي.

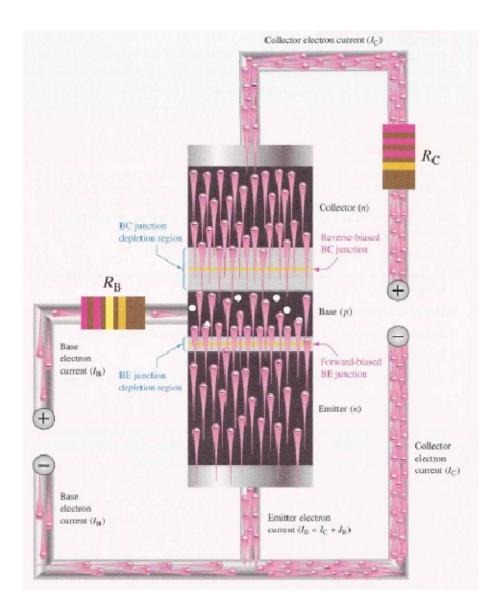


الشكل (1.3) التحييز الأمامي والعكسي للترانز ستور BJT

لتوضيح عمل الترانز ستور، فإنه يتطلبتوضيح بدقة ما يحدث داخل الترانز ستور npn.

إن التحييز الأمامي بين القاعدة والباعث يؤدي إلى تضييق منطقة الاستنزاف BE ، بينما التحييز العكسي بين القاعدة والمجمع يؤدي إلى توسيع منطقة الاستنزاف BC كما هو موضح بالشكل (4. 1) فالباعث يشكل منطقة من النوع n ذات إشابة عالية جداً ، حيث تحتوي على عدد كبير جداً من الإلكترونات الحرة والتي تنتشر بسهولة من خلال الوصلة BE ذات التحييز الأمامي إلى القاعدة من النوع p المشابة بالثقوب بإشابة ضعيفة ، وكذلك يتم تصميمها بحيث تكون طبقة رقيقة جداً p حيث تحتوي على عدد صغير من الثقوب، وبالتالي فإن نسبة مئوية صغيرة جداً من الإلكترونات المنسابة من خلال الوصلة p يتم إعادة اتحادها مع الثقوب في القاعدة والتي تشكل تيار قاعدة صغير pكما هو موضح بالشكل (4. 1) .

إن معظم الإلكترونات المتدفقة من الباعث إلى القاعدة الرقيقة وذات الإشابة القليلة لا تتحد مع الثقوب ولكنها تنتشر إلى منطقة الاستنزاف BC ، وعندما تصل هذه المنطقة سيتم جذبها وجرفها عبر الوصلة BC المنحازة عكسياً بواسطة الحقل الكهربائي ، وبالتالي ستتحرك الإلكترونات عبر منطقة المجمع وتشكل تيار المجمع الإلكتروني  $I_C$  كما هو موضح بالشكل  $I_C$  وإن تيار المجمع يكون أكبر بكثير من تيار القاعدة .



BJT(npn) الشكل (1 . 4) الية عمل الترانزستور

#### تيارات الترانزستور:

إن التيارات في الترانزستور npn موضحة بالشكل (1.5a)، والتيارات في الترانزستور pnp موضحة بالشكل (1.5b).

(1.1) إن تيار المجمع يعطى بدلالة  $V_{BE}$  و تيار الاشباع إبالعلاقة

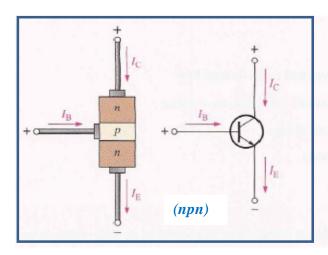
$$I_C = I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \tag{1.1}$$

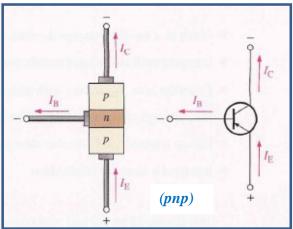
. BE و يتعلق بمساحة المتصل  $I_s=V_T=\frac{KT}{e}=25\,mV$  و يتعلق بمساحة المتصل  $V_T=\frac{KT}{e}=25\,mV$ 

مثال : تر انزستور npn ، تیار المجمع  $I_{\rm C}=1mA$  عندما  $I_{\rm C}=1mA$  مثال : تر انزستور  $I_{\rm C}=10mA$ 

Ans.: 0.76V

و السهم المبيّن على الباعث في الترانزستور يشير إلى جهة التيار الإصطلاحي في الدارة.





الشكل (1.5) تيارات الترانزستور

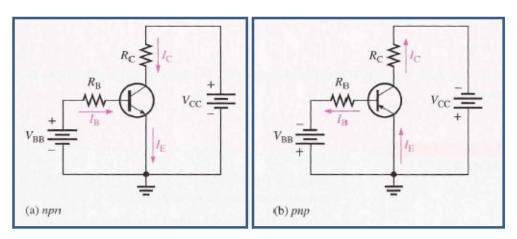
المخططات (1.5) تبين أن تيار الباعث ( $I_E$ ) يساوي مجموع تياري القاعدة ( $I_B$ ) وتيار المجمع المخططات (1.5) أي أن:

$$I_E = I_C + I_B$$

 $I_{E}$ . وكما ذكر سابقاً فإن  $I_{B}$  صغير جداً مقارنة مع

#### خصائص وبرامترات الترانزستور

عندما يتم توصيل التر انزستور إلى جهد انحياز مستمر (dc) كما هو موضح بالدارة المبينة بالشكل (1.6) من أجل التر انزستور npn والتر انزستور pnp ، فإن منبع الجهد  $V_{BB}$  في الدارة يقوم بتحييز الوصلة DC تحييزاً أمامياً ومنبع الجهد  $V_{CC}$  يحيّز الوصلة DC تحييزاً عكسياً.



الشكل (1.6) دارات تحييز الترانزستور

#### $lpha_{dc}$ و $eta_{DC}$ بارمترات ربح التيار

إن نسبة تيار المجمع  $I_c$  إلى تيار القاعدة  $I_B$  يدعى  $eta_{DC}$  ويمثل ربح التيار المستمر للترانزستور ويعطى بالعلاقة:

(1. 2) 
$$\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_R}$$

والقيم العملية لـ  $eta_{DC}$  تكون ضمن المجال  $I_c$  عنها بالعلاقة :  $20 \leq eta_{DC} \leq 200$  ونسبة تيار المجمع  $I_c$  الباعث  $I_c$  ويعبر عنها بالعلاقة :

$$\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$$

 $0.95 \le lpha_{DC} \le 0.99$  تكون ضمن المجال ميم تكون ضمن المجال

#### تحليل الجهود والتيارات في الترانزستور

في الدارة المبينة بالشكل (1.7) يمكننا تعريف تيارات وجهود الترانزستور كما يلى:

تيار القاعدة المستمر: $I_B$ 

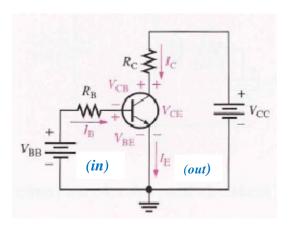
تيار القاعدة المستمر: $I_E$ 

تيار القاعدة المستمر: $I_C$ 

جهد القاعدة المستمر بالنسبة للباعث: $V_{RE}$ 

المجمع المستمر بالنسبة القاعدة  $V_{CB}$ 

المجمع المستمر بالنسبة للباعث: $V_{CE}$ 



الشكل (1.7) جهود وتيارات الترانزستور npn

– إن الجهد  $V_{CC}$  يقوم بتحييز وصلة القاعدة – الباعث (BE) تحييزاً أمامياً ، بينما الجهد  $V_{CC}$  يقوم بتحييز وصلة القاعدة – الباعث EC المجمع EC تحييزاً عكسياً .

و عندما تكون الوصلة BE في حالة تحييز أمامي فإن الوصلة تشابه ديود في حالة تحييز أمامي ويكون هبوط الكمون في الوصلة مساوياً .  $V_{BE}=0.7~V$ 

سوف نستخدم  $V_{BE}=0.7~V$  من أجل تبسيط تحليل دارة الترانزستور ، وبما أن الباعث موصول مع الأرضي (0V) ، فبتطبيق قانون كيرشوف للجهد (KV)في دارة الدخل نجد:

$$V_{BB}-I_BR_B$$
 -  $V_{BE}=0$ 

$$(1.4)I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$
 ومنه نستنتج

ويمكن استنتاج الجهد عند المجمع بالنسبة للباعث  $(V_{CE})$ من تطبيق قانون كيرشوف للجهد (KVL)في دارة الخرج لدينا:

$$V_{CE} = V_{CC} - V_{RC}$$

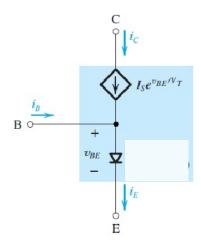
$$(1.5)=V_{CC}-I_cR_c$$

$$I_c = \beta_{DC} I_B$$
 حيث

وجهد الانحياز العكسي لوصلة المجمع - القاعدة (CB) يعطى بالعلاقة:

$$(1.6)V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$$

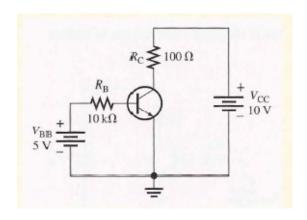
يمكننا رسم الدارة المكافئة للترانز ستور npn في حالة الانحياز الأمامي كما هو مبيّن في الشكل (1.7b)



npn الدارة المكافئة للترانزستور (1.7b)

#### مثال (1.1)

ين تيارات وجهود الترانزستور  $V_{CB}$ ،  $V_{CE}$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_{CE}$ ،  $V_{BE}$ ،  $V_{CE}$ ، وذا الترانزستور  $\mathcal{B}_{DC}=150$  كان



الشكل (1.8a) دارة باعث مشترك.

#### الحل:

$$V_{BE}=0.7~V$$
لدينا

بتطبيق KVL على دارة الدخل لدينا:

$$I_{B}=rac{V_{BB}-V_{BE}}{R_{R}}=rac{5-0.7}{10^{4}}=430\,\mu A$$
 تيار القاعدة:

$$I_C = \beta_{DC} I_B = (150) (430 \text{ x} 10^{-6}) = 64.5 \text{ m} A$$
تيار المجمع:

$$I_E = I_C + I_B = (64.5 \times 10^{-3}) + (430 \times 10^{-6}) = 64.9 \text{mA}$$
 وتيار الباعث:

وبتطبيق KVL على دارة خرج دارة الباعث المشترك لدينا:

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

 $V_{CC}$ = (10 V) وبتبديل

$$mAI_{C} = 64.5$$

$$R_c = 100 \Omega$$

$$V_{CE} = 10 - 6.45 = 3.55 V$$

نجد أن:

 $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$  وكذلك لدينا

$$= 3.55 - 0.7 = 2.85V$$

#### مثال (1.2)

في الدارة المبينة بالشكل (1.8b) جهد الباعث  $V_{\rm E}=-0.7$  ، أوجد القيم التالية: $I_{\rm E},\,I_{\rm B},\,I_{\rm C},\,V_{\rm C}$ 

$$.\beta = 50$$

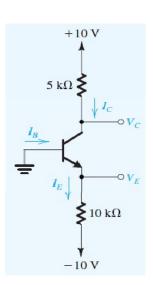
$$V_E = -0.7V$$

$$I_E = \frac{V_E - (-10)}{R_E} = \frac{9.3}{10^4} = 0.93 \, mA$$

$$I_C = \alpha I_E = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E = 0.911 mA$$

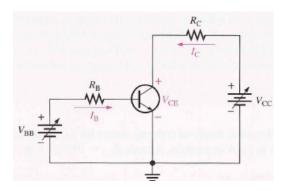
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{9.3}{10^4} = 18.2 \,\mu A$$

$$V_C = 10 - R_C I_C$$
$$= 5.44 V$$



#### 1.4 منحنيات خصائص المجمع:

عندما نستخدم الدارة المبينة بالشكل (I. 9 a) دارة الباعث المشترك، فإنه يمكن الحصول على منحنيات خواص المجمع والتي تبيّن تغيرات  $I_C$  بدلالة  $V_{CE}$  من أجل قيم محددة لتيار القاعدة  $I_B$ ، وكما هو مبين بالدارة فإن  $V_{CC}$  هي منابع جهود متغيرة.



الشكل (1.9 a) دارة الباعث المشترك

بفرض أن الجهد المطبق في دارة الدخل  $V_{BB}$  يولد تيار قاعدة  $I_B$ ، وقيمة الجهد المطبق على دارة الخرج  $V_{CC}$  .  $V_{CC}$  الحالة كل من وصلة القاعدة  $V_{CC}$  .  $V_{CC}$  عاد العالة كل من وصلة القاعدة  $V_{CC}$  .  $V_{CC}$  .  $V_{CC}$  عاد الحالة كل من وصلة القاعدة  $V_{CC}$  .

وبما أن جهد القاعدة يساوي V V وكل من الباعث والمجمع عند V فإن تيار القاعدة  $I_B$  يمر من خلال الوصلة قاعدة باعثE باعثE باعث E باعث عند  $I_C=0$ .

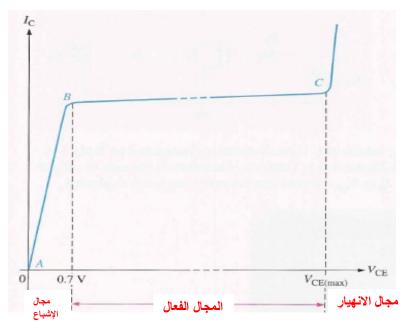
 $V_{CC}$  و بازدياد  $V_{CC}$ بحيث تكون كل من الوصلتين في حالة تحييز أمامي فإن الترانزستور يعمل في منطقة الاشباع. فعندما يزاد فإن  $V_{CC}$  فإن  $V_{CC}$ يزداد تدريجياً كما يزداد تيار المجمع  $V_{CC}$  و هذا يمثل الجزء من منحني المميز بين النقطتين  $V_{CC}$  و كما هو مبين بالشكل  $V_{CC}$  .).

. BC باز دیاد باز دیاد  $V_{CC}$  طالما  $V_{CC}$  أقل من  $V_{CC}$  بسبب التحییز الأمامي لوصلة القاعدة

عندما يصبح  $V_{CE}$  أكبر من  $V_{CE}$  فإن وصلة المجمع - القاعدة  $E_{C}$  تصبح في حالة تحييز عكسي وينتقل الترانزستور إلى العمل في المجال الخطي (أو الفعال)وفي هذه الحالة فإن  $I_{C}$  تبقى ثابتة من أجل قيمة محددة لـ  $I_{C}$  مع از دياد  $V_{CE}$  بشكل مستمر. و هذه الحالة موضحة بالجزء من المنحني المميز بين النقطتين  $I_{C}$  كما هو موضح بالشكل (1.9b). وقيمة  $I_{C}$  في هذا الجزء من المنحني المميز تحدد من العلاقة:

$$I_C = \beta_{DC} I_B$$

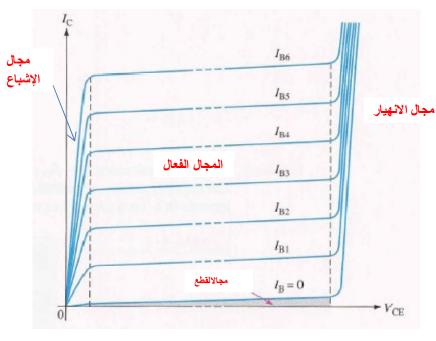
و عندما تصل  $V_{CE}$  إلى قيمة جهد كبير فإن وصلة القاعدة  $I_{CE}$  المجمع  $I_{CE}$  ذات الانحياز العكسي تصل إلى حالة الانهيار ويزداد تيار المجمع  $I_{CE}$  بشكل سريع جداً كما هو مبين بالشكل  $I_{CE}$  في الجزء من المنحني على يمين النقطة  $I_{CE}$ . والترانزستور لا يمكن أن يعمل في مجال الانهيار.



 $I_B$  من أجل قيمة محدد لـ  $V_{CE}$  الشكل (1.9 b) تغير ات

إن عائلة من منحنيات خصائص المجمع يمكن الحصول عليها برسم  $I_C = f(V_{CE})$  من أجل قيم مختلفة لـ  $I_B$  كما هو موضح بالشكل  $I_C = f(V_{CE})$  .

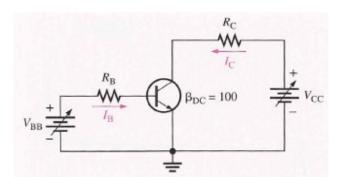
عندما  $I_B=0$  فالترانزستور يكون في مجال القطع حيث يكون تيار تسريب المجمع صغير جداً.



 $I_B$  من أجل قيم متعددة لـ  $I_{C=}f(V_{CE})$  من أجل قيم متعددة لـ الشكل (I.9~c) من أجل  $(I_{BI}{<}~I_{B2}{<}~I_{B3}~.....)$ 

#### مثال 2- 1

ارسم عائلة منحنيات المجمع للدارة المبينة بالشكل (1.10) من أجل قيم  $I_B$  متغيرة من  $I_B=5~\mu A$  إلى 25  $\beta_{DC}=100$  باز دياد قدره  $\mu A$  . وبفرض أن عامل ربح الترانز ستور  $\mu A$ 



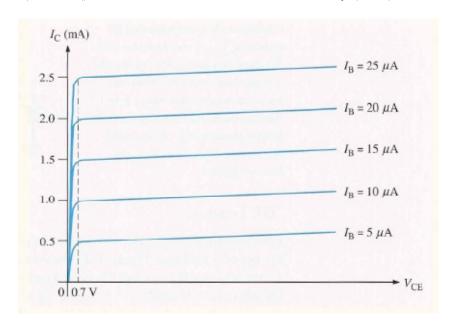
الشكل (1. 10) دارة الباعث المشترك

#### الحل:

I باستخدام العلاقة وبالتالي يتم ترتيب قيم المجال الفعال (الخطي) وبالتالي يتم ترتيب قيم الستخدام العلاقة وبالتالي يتم ترتيب قيم المجال العلاقة وبالتالي يتم ترتيب قيم  $I_C = \beta_{DC}$  و و و المحلول التالي:

$I_B (\mu A)$	5	10	15	20	25
$I_{C}(mA)$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

إن المنحنيات المميزة لـ  $I_{C} = f(V_{CE})$  يتم رسمها على ورقة ميليمترية كما في الشكل (11,11).

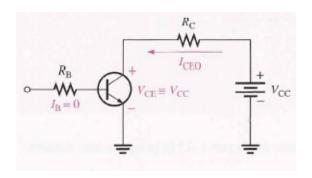


 $I_B$  الشكل (1. 11) المنحنيات المميزة للمجمع المجمع المجمع المختلفة لـ الشكل المنحنيات المميزة المجمع

# مجال القطع:

عندما  $I_B=0$  يكون الترانزستور في مجال القطع، وهذه الحالة مبينة بالدارة (1.12)، حيث تمثل القاعدة دارة مفتوحة (off)، وتيار المجمع يكون صغير جداً يساوي الصفر تقريباً، ويمثل تيار تسرب المجمع الناتج عن حاملات الشحنة بسبب الإثارة الحرارية، وبالتالي يكون  $V_{CE}=V_{CC}$ .

في حالة مجال القطع يكون كل من وصلة القاعدة - الباعث BE، والقاعدة - المجمع BC في حالة تحييز عكسي.



الشكل (1.12) دارة ترانزستور يعمل في مجال القطع (cutoff).

مىغىر جداً ووصلتى BC و BC مىغىر جداً ووصلتى ) صغير مى الم

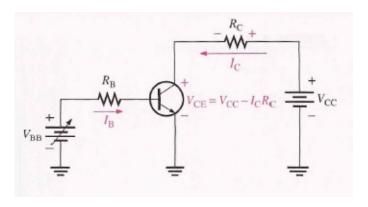
#### مجال الإشباع:

عندما تصبح وصلة القاعدة  $I_B$  فإن تيار المجمع عندما تصبح وصلة القاعدة  $I_B$  فإن تيار المجمع عندما تصبح وصلة القاعدة  $V_{EC}$ ، ويتناقص  $V_{EC}$  نتيجة هبوط الكمون في مقاومة المجمع  $V_{EC}$ وفق المعادلة التالية:

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

و هذه الحالة موضحة بالشكل (1.13)

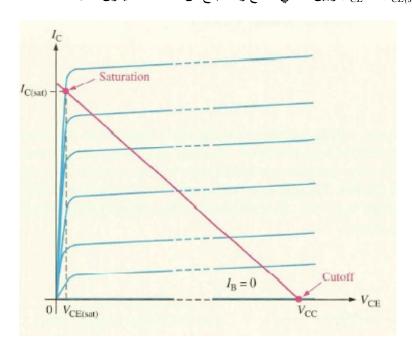
عندما يصل  $V_{CE}$  إلى قيمة الاشباع  $V_{CE(sat)}$  فإن وصلة القاعدة – مجمع  $P_{CE(sat)}$  المامي ويأخذ  $I_C = \beta_{DC}$  قيمة ثابتة، وعند نقطة الاشباع لا تتحقق العلاقة والعلاقة  $V_{CE(sat)}$ . وإن قيمة ثابتة، وعند نقطة الاشباع لا تتحقق العلاقة أقل من  $V_{CE(sat)}$  من أجل ترانز ستور السيلكون.



الشكل (1. 13) دارة ترانزستور في مجال الإشباع (saturation). BC تكون وصلتي القاعدة BE، والقاعدة - مجمع BC في حالة تحبيز أمامي.

#### خط الحمل المستمر

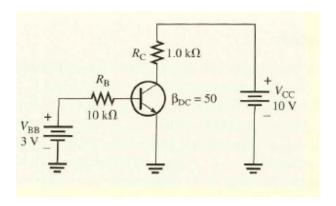
الشكل (1. 14) يبيّن خط الحمل DC مرسوم على عائلة من منحنيات خواص المجمع ويربط نقاط القطع والاشباع. ان نقطة النهاية السفلية لخط الحمل تقع عند نقطة القطع المثلى:  $I_C=0$  و  $I_C=0$  ونقطة النهاية العليا لخط الحمل تقع عند نقطة الأشباع وبين نقطتي القطع والاشباع من خط الحمل يكون المجال الفعال لعمل الترانز ستور:



الشكل (1.14) خط الحمل DC مرسوم على عائلة منحنيات المميزة للمجموع وموضحة عليه حالات القطع والاشباع.

#### مثال 3 -1

 $V_{CE(sat)} = 0.2 \ V$  حدد فيما إذا كان الترانز ستور في دارة الباعث المشترك كما في الشكل (1. 15) في حالة إشباع بغرض أن



الشكل (1, 15) ترانزستور في دارة باعث مشترك.

#### الحل:

 $:I_{C(sat)}$ نحسب

$$I_{C\,(sat\,)} = rac{V_{CC}\,-V_{CE\,(sat\,)}}{R_C}$$
لدينا

$$I_{C(sat)} = \frac{10 - 0.2}{10^3} = 9.8 mA$$
 entitles

:  $I_{C(sat)}$  نجد إذا كانت قيمة  $I_B$ تنتج تيار

$$I_{B}=rac{V_{BB}-V_{BE}}{R_{B}}$$
: نحسب قيمة  $I_{B}$ من العلاقة

$$I_B = \frac{3 - 0.7}{10^4} = 0.23 mA$$
و بالتالي

$$I_C = \beta_{DC} I_B = (50.(0.23 \text{ mA}) = 11.5 \text{ mA})$$
و کذالک

 $I_C > I_{C(sat)}$  اکبر من تیار الاشباع  $I_{C}$  نجد أن  $I_{B} = 0.23~m\,A$  نجد أن

أي أن الترانزستور في حالة الاشباع، ويمكن أن يصل تيار المجمع إلى القيمة  $I_C=11.5\ mA$  والقيمة العظمى لتيار مجمع الترانزستور يساوي  $I_{C(sat)}=9.8\ mA$  .

#### بارامترات الترانزستور العظمى

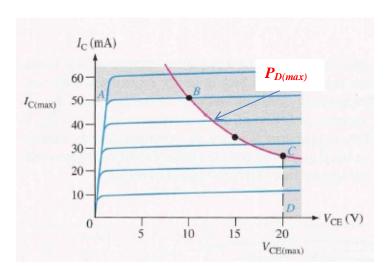
الترانزستور مثل العناصر الإلكترونية يعمل ضمن قيم محددة. و هي فرق الجهد بين المجمع والقاعدة  $V_{CB}$ ، وفرق الجهد بين المجمع والباعث CE، وتيار المجمع والاستطاعة المبددة.

فالمقدار  $V_{CE}$  .  $I_{C}$  فإن  $I_{C}$  فإن  $I_{C}$  فإن  $I_{C}$  فإن  $I_{C}$  فإن  $I_{C}$  فالمقدار في يجب أن لا يتجاوز الاستطاعة المبددة العظمى.

(1.6) 
$$I_C = \frac{P_{D \text{ (max)}}}{V_{CE}}$$

$$V_{\it CE} = rac{P_{\it D\,(max)}}{I_{\it CE}}$$
 اعظمیاً فإن  $V_{\it CE}$  یاخذ القیمة المیان المیان

فمن أجل أي تر انزستور يمكن رسم منحني الاستطاعة المبددة العظمى معالمنحنيات المميزة للمجمع كما هو موضح بالشكل (1.16).



الشكل (1. 16) منحنى الاستطاعة العظمى المبددة

 $I_{C\,(max)}=50~mA$  و  $V_{CE(max)}=20~V$  و  $P_{D(max)}=500~mW$  بفرض أن  $V_{CE(max)}=500~m$  فالمنحنى يبين أن الترانز ستور  $V_{CE(max)}=20~V$  فالمنحنى يبين أن الترانز ستور  $V_{CE(max)}=20~V$ 

B و A : يحدد عمل الترانزستور بين النقطتين  $I_{C\,(\mathrm{max})}$ 

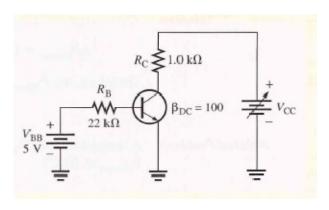
C و B:پين النقطتين  $P_{D(max)}$  يحدد عمل الترانز ستور بين النقطتين

C و D یحدد عمل التر انزستور بین النقطتین:  $V_{\text{CE}(\max)}$ 

#### مثال 4-1

الترانز ستور في الشكل (1.17) يملك القيم العظمى للإستطاعة  $P_{D(max)} = 800mW$  وتيار المجمع  $I_{C(max)} = 100~mA$  وتيار المجمع  $V_{CE(max)} = 15~V$ 

والمطلوب: عين القيمة العظمي لـ  $V_{CC}$ بحيث لا تتجاوز القيم العظمي للترانزستور.



الشكل (1.17) دارة ترانزستور باعث مشترك.

#### الحل:

 $I_C$  أو لأ نحسب قيمة  $I_B$  ومنه نجد قيمة

لدينا

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{5 - 0.7}{22 \times 10^3} = 195 mA$$

 $(195 \text{ x } 10^{-6}) = 19.5 \text{ mA })I_C = eta_{DC} I_B = (100 : 9.5 \text{ mA})$ وبالنالي :

 $I_{CC}$  و متعلقة ب $I_{CC}$  و متعلقة ب $I_{CC}$  و بما أن $I_{CC}$  و متعلقة ب $I_{CC}$  و بما أن

إن هبوط الجهد بين طرفي المقاومة  $R_C$  يساوي:

$$V_{Rc} = I_c R_c = (19.5 \times 10^{-3}) (1 \times 10^{3}) = 19.5 V$$

$$V_{CE} = V_{CE \; (max)} \; = \; 15 \; V$$
 عندما:  $V_{CC}$  عندما

$$V_{Rc} = V_{cc} - V_{CE}$$

$$V_{CC(max)} = V_{CE(max)} + V_{Rc}$$
ومنه

$$= 15 + 19.5 = 34.5 V$$

34.5~V يمكن أن يزداد إلى القيمة  $V_{CC}$  و كذلك الاستطاعة المبددة :

$$P_D = V_{CE (max)} I_C$$

 $= (15) (19.5 \times 10^{-3}) = 293 \text{ m W}$ 

.  $V_{CC}=34.5~V$  عندما  $P_{D(max)}=800~m~W$  وبما أن  $P_{D(max)}=800~m~W$ 

#### 1.5تشكيلات الدارة المشتركة

نظرا لأن الترانزستور ثنائى القطبية هوجهاز له ثلاثة أطراف فهناك ثلاثة طرق أساسية لتوصيله ضمن الدارات الإلكترونية معوجود أحد الأطراف كطرف مشترك لكل من المدخل والمخرج. لكل طريقة من طرق التوصيلاستجابة مختلفة لإشارة دخلها فى نطاق الدارة حيث أن الخصائص الستاتيكية للترانزستور تختلف باختلاف ترتيب كل دائرة.

1 - دارة القاعدة المشتركة Common Base Configuration

لها "ربح في الجهد Voltage Gain "وليسلها ربح في التيار.

2 - دارة المشع (الباعث) المشترك Common Emitter Configuration

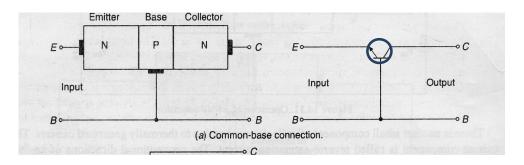
لها ربح في كل من الجهد والتيار.

2 - دارة المجمعالمشترك Common Collector Configuration

لها ربح فعالتيار Current Gainوليسلها ربح في الجهد.

# 1.5.1دارة القاعدة المشتركة The Common Base (CB) Configuration

كما هو واضح من المسمى ، فى دارة القاعدة المشتركة أوالأرضية يتم توصيل القاعدة BASEبحيث تكونطرف مشترك لكل من أشارة الدخل و أشارة الخرج كما هو مبين بالشكل(1.18)

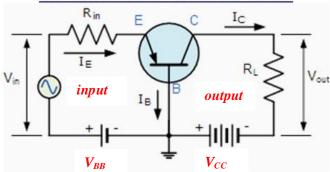


الشكل (1.18)توصيل الترانزستور في دارة القاعدة المشتركة

وبتطبيق إشارة الدخل بينطرفي القاعدة والمشع ويتم أخد إشارة الخرج المناظرة من بين طرفي القاعدة والمجمعكما هو موضح بالشكل1.19(مع توصيل طرف القاعدة بالأرضى أو إلى نقطة جهدمرجعي ثابت.

فتيار الدخل المار خلال الباعث (المشع) كبير لأنهمجموع كل من تيار القاعدة وتيار المجمع ، نتيجة لذلك يكون تيار المجمع أقل من تيار الدخل للباعث ومن ثم يكون "ربح التيار" لهذه الدارة يساوى الواحد أو أقل و وبعبارة أخرى فإن هذا النوع "يضعف أو يوهن "attenuates" "إشارة الدخل.

#### The Common Base Transistor Circuit



الشكل (1.19) دارة القاعدة المشتركة

هذا النوع من دارات المكبرات يكون"دارة مكبر جهد غير عاكس non-inverting voltage amplifier" أى أن جهدى إشارة الدخل  $V_{out}$  الخرج  $V_{out}$  تكونان في نفسالطور in-phase . هذا النوع غير شائع نتيجة لخصائص الارتفاع الغير عادي فعالربح .

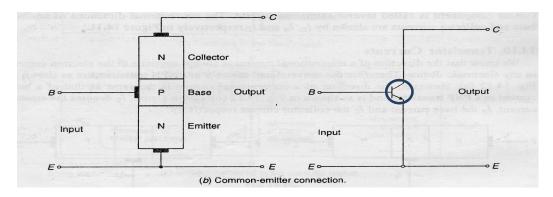
وكذلك هذا النوع له نسبة مرتفعة لمقاومة الخرج بالنسبة لمقاومة الدخل أوبعبارة أكثر أهمية النسبة بين "مقاومة الحمل "input" resistance ( $R_{in}$ ) "مقاومة الحمل "load" resistance "( $R_L$ ) "لمقاومة. "Resistance Gain" لذلك فإن ربح الجهد ( $A_V$ ) لهذه الدارة يعطى بالعلاقة:

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_C R_L}{I_E R_{in}} = \alpha \frac{R_L}{R_{in}}$$

عادة تستخدم هذهالدارة فقط في دارات المكبر ذات المرحلة الواحدةsingle stage amplifier المكبر المكبر المكبر وفونmicrophone pre-amplifier أو مكبرات التردد العالى microphone pre-amplifier الأبتدائى للميكر وفونresponse لأن لها استجابة amplifiers بدأ للترددات المرتفعة .

## 1.5.2دارة الباعث المشترك The Common Emitter (CE) Configuration

فى دارة المشع (الباعث) المشترك يتم تطبيق إشارة الدخل بينالقاعدة والباعث بينما يتم أخذ الخرج بين المجمع والباعثكما هو مبين بالشكل (1.20).



الشكل (1.20)توصيل الترانزستور في دارة الباعث المشتركة

هذه النوع من الداراتهو الأكثر استخداما في المكبرات التي تبنى على أساس الترانزستورات وهي تمثلالطريقة العادية لتوصيل الترانزستور ثنائي القطبية . تنتج دارة مكبر الباعث المشترك أعلى ربحفي التيار وفي الجهد من كافة الدارات الأخرى . والسبب الأساسي في ذلك هو أن" ممانعة الدخل تكون منخفضة" بسببالإنحياز الأمامي للوصلة PN. بينماتكون "ممانعة الخرج مرتفعة" بسببالإنحياز العكسي للوصلة PN .

The Common Emitter Amplifier Circuit

Rin

Rin

Rin

Output

Vout

VBB

VCC

الشكل (1.21) دارة الباعث المشتركة

 $I_E = I_C + :$ فى هذه الدارة التيار الخارج من الترانزستور يجب أنتساوى التيارات الداخلة للترانزستور، أي أن  $I_C + :$ ان مقاومة الحمل  $(R_L)$  متصلة على التوالى مع المجمع , يكون "ربح التيار" لهذه الدارة كبير جداً  $I_B$ 

$$.(\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

ونظرا لأن العلاقة بينالتيارات الثلاثة  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_B$  وتتحدد بالتركيب الفيزيائي للترانزستور نفسه ، فإن أى تغيير صغير في تيار القاعدة ,  $(I_B)$  سوف يؤدى إلى تغيير كبير فنتيار المجمع .  $(I_C)$  نتيجة لذلك ،فإن "تغيرات صغيرة في التيار المار بالقاعدة  $I_B$ " سوف تتحكم في تيار دارة" المجمع – المشع $I_C$ "

عادة تكون قيمة بيتا eta بين 20 و 200 لمعظم ترانز ستورات الاستخدام العام .

بالجمع بين صيغة كل من  $\alpha$  و  $\beta$ نحصل على العلاقة الرياضية بينهذين البار امترين ومن ثم ربح التيار للترانز ستور كما بلى :

$$I_{E} = I_{B} + I_{C}$$

$$\alpha = \frac{I_{C}}{I_{E}}$$

$$\beta = \frac{I_{C}}{I_{B}}$$

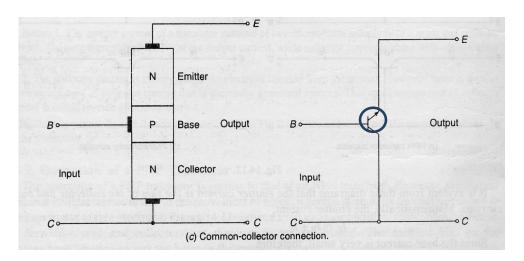
نستنتج أن:

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$
$$\beta = \frac{\alpha}{\alpha - 1}$$

يمكن تلخيص دارة الباعث المشترك في : أن لها مقاومة دخل كبيرة ، وأن ربح التيار و ربح الجهد أكبر من من دارة القاعدة المشتركة ، ولكنربح الجهد لها أقل بكثير . دارة المشع المشترك هي دارة مكبر عاكس أي أن إشارة الخرج تكون مزاحة في الطور بمقدار 180 درجة out-of-phase عن إشارة جهدالدخل.

# 1.5.3دارة المجمع المشترك The Common Collector (CC) Configuration

فى هذه الدارة يكون المجمع مشترك أو متصل بالأرضى من خلال منبع الجهد. يتم توصيل إشارة الدخل مباشرة إلى القاعدة بينما يتم أخذ الخرج من حملالباعث كما هو موضح بالشكل التالي.

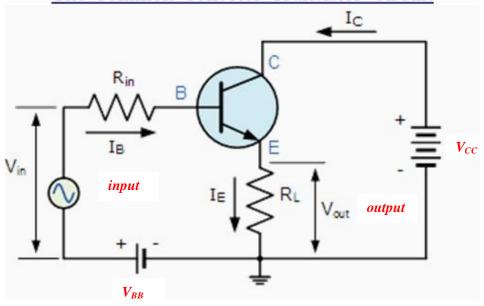


الشكل (1.22)توصيل الترانزستور في دارة المجمع المشتركة

هذا النوع من الدارات شائع الاستخدام باسمدارة تابع الجهد Voltage Followerأو دارة تابعالباعث Emitter .

دارة تابع الباعث مفيدة جداً في تطبيقات عمل موائمة للممانعة impedance matching بسبب أن لها "ممانعة الدخل المرتفعة جدا" ، في مدى مئات الآلاف منالأوم ، بينما لها "ممانعة خرج منخفضة نسبيا . "

The Common Collector Transistor Circuit



الشكل (1.23) دارة المجمع المشتركة

دارة الباعث المشترك لها ربح تيار تقريباً يساوى قيمة بيتا الترانز ستور نفسه .

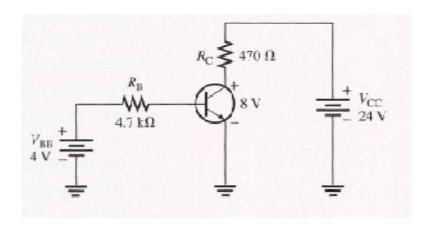
فى دارة المجمع المشترك تكون مقاومة الحمل على التوالى مع الباعث ومن ثم يكون تيار الحمل يساوى تيار الباعث. ونظراً لأنتيار الباعث هو جمع لتيار المجمع و تيار القاعدة ويعطى ربح التيار  $A_i$ لهذه الدارة بالعلاقة:

$$I_E = I_B + I_C$$
 
$$A_i = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_B + I_C}{I_B}$$
 
$$A_i = \frac{I_C}{I_B} + 1$$
 
$$A_i = \beta + 1$$

هذه الدارة غير عاكسة أى أن جهود إشارة الدخل  $V_{in}$ و الخرج  $V_{out}$  تكون فى نفس الطور in-phase . هذه الدارة لها "ربح جهد" دائما أقل من الوحدة . مقاومة الحمل تستقبل كل من تيار القاعدة وتيار المجمع لتعطى ربح تيار كبير (كما فى دارة الباعث المشترك) ومن ثم فهنتو فر تكبير جيد للتيار مع ربح جهد ضعيف .

# الجزء الثاني مسائل الفصل الأول

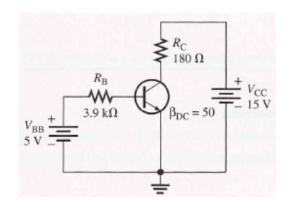
.  $\beta_{DC}$  فيمة وأوجد قيمة التيارات  $I_B$ ,  $I_C$ , وأوجد قيمة الباعث المشترك المبينة بالشكل وأوجد قيمة -1



الأجوبة:

$$(I_B=702\mu A, I_C=34mA, I_E=34.7 \text{ mA}, \beta_{DC}=48.4)$$

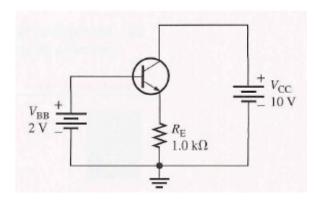
2- احسب قيم الجهو  $V_{BE}, \ V_{CB}, V_{CE}$  في دارة الباعث المشترك المبينة بالشكل.



الأجوبة:

$$(V_{BE} = 0.7 V, V_{CE} = 5.10 V, V_{CB} = 4.4 V)$$

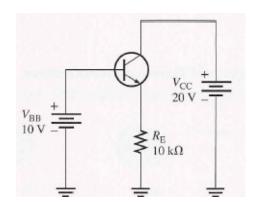
وا كان .  $eta_{DC}$  .  $eta_{DC}$  . وأوجد قيمة  $I_B$  . وأوجد قيمة  $I_B$  . وإذا كان  $I_B$  . وأوجد قيمة  $I_B$  . وإذا كان  $\alpha_{DC}=0.98$ 



الأجوبة:

$$(I_B = 30\mu A, I_C = 1.27 \text{ mA}, I_E = 1.3 \text{ mA}, \beta_{DC} = 49$$

4-  $V_{CE}$ ,  $V_{BE}$ ,  $V_{CB}$  ، وكذلك القيم  $V_{C}$ ,  $V_{B}$ ,  $V_{E}$  . (a -4) عيّن قيم جهود الترانزستور  $\beta_{DC}$  من 100 إلى 150 بسبب از دياد درجة الحرارة . فأوجد مقدار التغير في تيار المجمع  $I_{C}$ .

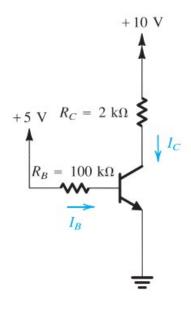


الأجوبة:

a: 
$$(V_B = 10V, V_C = 20V, V_E = 9.3V, V_{BE} = 0.7 V, V_{CE} = 11.7V, V_{CB} = 10 V)$$

b: 
$$(\Delta I_C = 3\mu A)$$

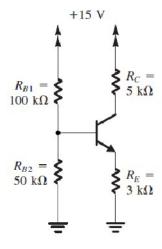
 $_{5}$  .  $_{6}$  - أحسب قيم جهود العقد و تيارات الفروع في دارة الباعث المشترك إذا كان  $_{6}$ 



الأجوبة:

(
$$V_B=0.7~V$$
,  $V_C=1.4V$ ,  $V_E=0~V$ ,  $I_B=0.043~{\rm mA}$ ,  $I_C=4.3~{\rm mA}$ ,  $I_E=4.3~{\rm mA}$ )

 $_{6}$  .  $\beta = 100$  أحسب قيم جهود العقد و تيارات الفروع في دارة الباعث المشترك إذا كان  $\beta = 100$ 



الأجوبة:

(
$$V_B=4.57~V$$
,  $V_C=8.6{\rm V}$ ,  $V_E=3.87~V$ ,  $I_B=0.0128~{\rm mA}$ ,  $I_C=1.28~{\rm mA}$ ,  $I_E=1.29~{\rm mA}$ )





sadekpro sadek berro عدادق برو



sadekpro @gmail.com

MOB

0933406346