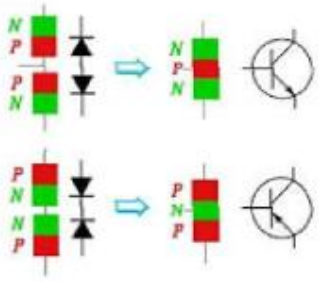
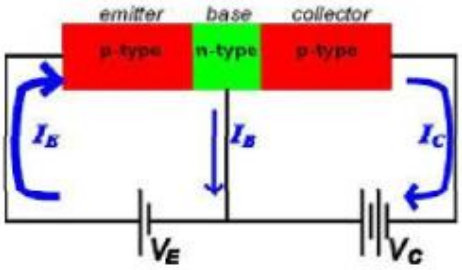
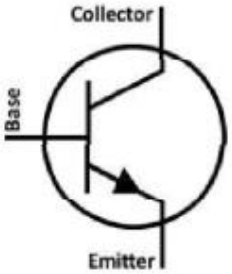
1- الترانزستور The Transistor

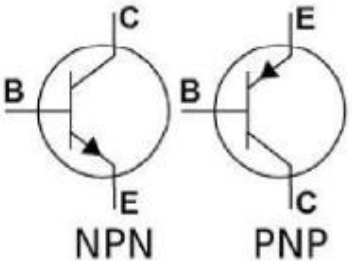
يتكون الترانزستور من قطعة واحدة من الجرمانيوم أو السليكون مقسمة إلى ثلاث مناطق ذات نوعية مختلفة بحيث تكون المنطقة الوسطى من نوع معين والمنطقتان الطرفيتان من نوع آخر . فإذا كانت المنطقة الوسطى من النوع الإلكتروني تكون المنطقتان الطرفيتان من النوع الثقبي (شكل (1 - أ)) ويسمى الترانزستور في هذه الحالة بالوصلة *p–n–p* أما إذا كانت المنطقة الوسطى من النوع الثقبي تكون المنطقتان الطرفيتان من النوع الإلكتروني (شكل (1 - ب)) ويسمى الترانزستور في هذه الحالة بالوصلة *n–p–n* . وتسمى المنطقة الوسطى في كلا الحالتين بالقاعدة Base . أما المنطقتان الطرفيتان فتسمى إحداها بالباعث Emitter والأخرى بالمجمع Collector ويرمز للترانزستور عند أستخدامه كعنصر من عناصر الدارة الإلكترونية بالرمز المبين في الشكل 1 - جـ أو 1 - د إذا كان من النوع *p–n–p* أو *n–p–n* بالتتابع . ولتحديد الباعث يرسم عليه سهم يشير الى إتجاه التيار عندما يكون ملتقى الباعث — قاعدة محيزاً تحييزاً مباشراً (أي عندما يمر تيار مباشر بين الباعث والقاعدة) ويتضح من هذا الشكل أن إتجاه التيار في الترانزستور *p–n–p* يكون من الباعث إلى القاعدة (أي في إتجاه حركة الثقوب) . أما بالنسبة للترانزستور *n–p–n* فيكون إتجاه التيار خارجاً من القاعدة إلى الباعث (أي عكس إتجاه حركة الإلكترونات) .

وعموماً يكون حجم الترانزستور صغيراً ويوضع داخل حافظة من البلاستيك أو المعدن محكمة القفل حتى لا يتعرض للرطوبة والعوامل الجوية الأخرى. وتتميز منطقة الباعث في كلا النوعين بتوصيلية عالية أي بنسبة تركيز

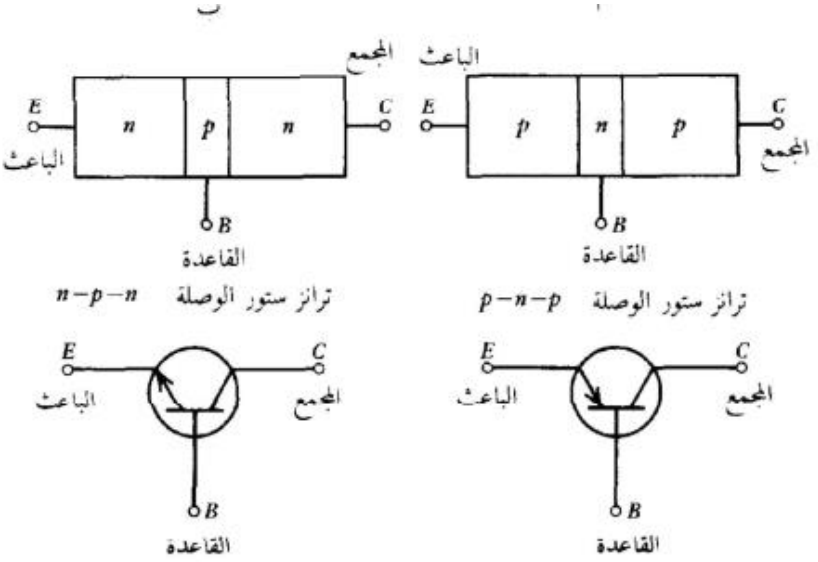

N
P
N
P
N
P
N
P
N
P
N
P


emitter
base
collector
p-type
n-type
p-type
I_E
I_B
I_C
V_E
V_C


Collector
Base
Emitter


C
B
E
B
E
C
NPN
PNP

PNP TRANSISTOR
SK 100
B
C
E

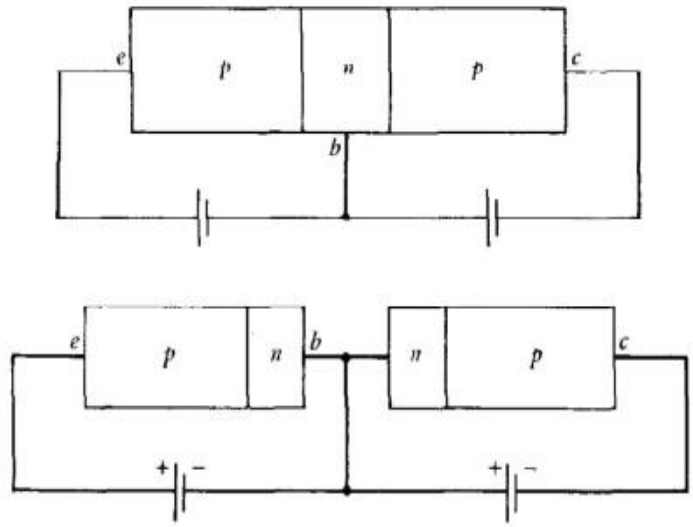


شكل (1)

عالية للشوائب ، في حين يتميز المجمع بتوصيلية ضعيفة أى بنسبة تركيز منخفضة للشوائب . أما القاعدة فتتميز بتوصيلية متوسطة ويكون عرضها صغير جداً (وقد رسمت مكبرة لغرض الإيضاح)·ويجب أن يكون عرض القاعدة أقل من متوسط الممر الحر (طول الإنتشار) للحاملات الأقلية فيها . ولما كان طول الإنتشار في حدود $١٠^{-١}$ سم فإنه يجب أن يكون عرض القاعدة في حدود $١٠^{-٣}$ سم .

2- تحييز الترانزستور The Transistor Biasing

سوف تقصر المناقشة على ترانزستور الوصلة $p-n-p$ أما بالنسبة للترانزستور $n-p-n$ فينطبق عليه نفس القول بعد تبديل دور كل من الإلكترونات والثقوب وكذلك تبديل إشارة الجهد اللازم للتحيز . وهكذا فإنه يمكن إعتبار أن ترانزستور الوصلة $p-n-p$ مكافئاً لثنائي وصلة $p-n$ يتبعه ثنائي آخر $n-p$ (شكل (2)) وذلك لإمكان إستخدام نفس النظريات والعلاقات الخاصة بثنائي الوصلة . لذا فإنه يلزم إستخدام منبعي جهد



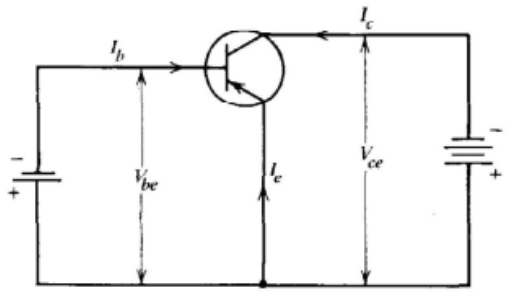
شكل (2)

لتحييز الترانزستور . فإذا كان جهد المنبعين مساوياً للصفر يحدث الإتزان الديناميكي في كل من ملتقى الباعث — قاعدة وملتقى القاعدة — مجمع ، وتكون التيارات المارة عبر هذين الملتقيين مساوية للصفر . وبالتالي تكون تيارات كل من الباعث والقاعدة والمجمع مساوية للصفر . وعند إستخدام الترانزستور كعنصر في الدارات الإلكترونية ، يكون تحييز ملتقى الباعث — قاعدة تحييزاً مباشراً في حين يحيز ملتقى المجمع قاعدة تحييزاً عكسياً (كالمبين في (شكل (2)) ويقال في هذه الحالة إن الترانزستور محيز في المنطقة النشطة .

7 - مميزة التوصيل بباعث مشترك

The Common-Emitter Characteristics

في معظم الدارات الإلكترونية يفضل توصيل الباعث كطرف مشترك بين دارة الدخل ودارة الخرج لما لهذا التوصيل من مميزات كثيرة بالمقارنة بالتوصيل بالقاعدة المشترك . وأهم هذه المميزات هي إمكانية إستخدام الترانزستور كمكبر للتيار ، وزيادة إستقرار تشغيله بالنسبة لتغير جهود التحييز أو درجة الحرارة . ويعرف التوصيل في هذه الحالة والمبين في شكل (7) بالتوصيل ذي الباعث المشترك ويجدر الذكر أن الترانزستور يجب أن يبقى محيزاً في المنطقة النشطة (أي يكون الباعث موجباً بالنسبة للقاعدة والمجمع سالباً بالنسبة للقاعدة وذلك للترانزستور *p-n-p*. وعند التوصيل بالباعث المشترك تصبح المتغيرات الأربعة هي تيار القاعدة I_b وجهد القاعدة ــ باعث V_{be} (وهي متغيرات دارة الدخل) وتيار المجمع I_c وجهد المجمع ــ باعث V_{ce} (وهي متغيرات



شكل (7)

دارة الخرج) وبنفس الأسلوب فإنه يمكن إعتبار كل من V_{ce} ، I_b متغيرات مستقلة في حين تعتبر كل من V_{be} ، I_c متغيرات تابعة أي أن

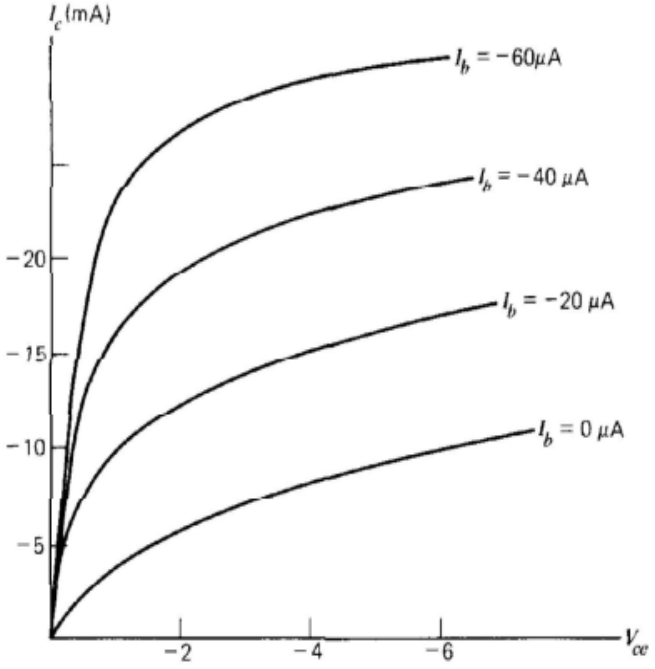
$$V_{be}=f_1(V_{ce},\ I_b) \qquad \text{..... (22)}$$

$$I_c=f_2(V_{ce},\ I_b) \qquad \text{..... (23)}$$

وتمثل العلاقة (23) مميزة الخرج للترانزستور ذي الباعث المشترك في حين تمثل العلاقة (22) مميزة الدخل له .

أ — مميزة الخرج للتوصيل بباعث مشترك The CE Output Characteristics

يبين شكل (8) مميزة الخرج لتوصيل الترانزستور بباعث مشترك . وهذه المميزة هي عبارة عن علاقة تيار المجمع (بالملي أمبير) I_c بجهد المجمع . باعث V_{ce} (بالفولت) عند قيم مختلفة لتيار القاعدة I_b

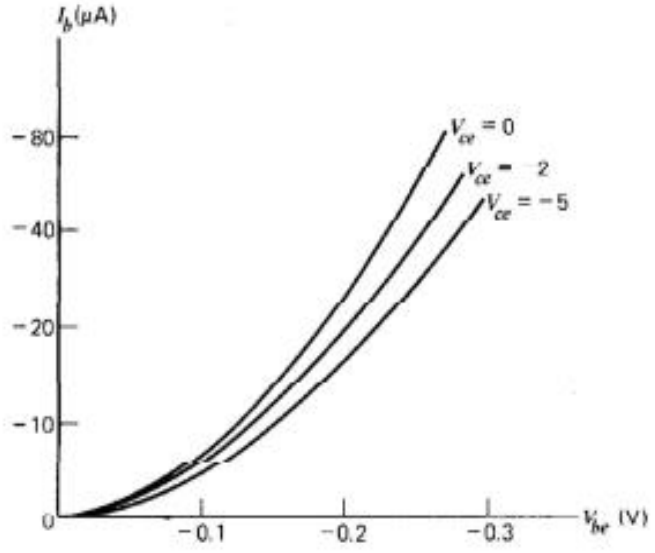


شكل (8)

(بالميكروأمبير) ويظهر من هذه المنحنيات أن تيار المجمع لا يعتمد كثيراً على جهد المجمع – باعث وإنما يعتمد بالدرجة الأولى على تيار القاعدة . ويلاحظ أن ميل المنحنيات أكثر وضوحاً عما هو بالنسبة لتوصيل الترانزستور بقاعدة مشتركة . وتعتبر مميزة الخرج للتوصيل بباعث مشترك أكثر حساسية من مميزة الخرج للتوصيل بقاعدة مشتركة مما يؤدي إلى إمكان تحديد تيار القاعدة مباشرة من المميزة بدلاً من تحديده حسابياً في حالة القاعدة المشتركة .

ب — مميزة الدخل للتوصيل بباعث مشترك The CE Input Characteristics

وهي عبارة عن علاقة تيار القاعدة (بالميكروامبير) بجهد القاعدة — باعث V_{be} (بالملي فولت) عند قيم مختلفة لجهد المجمع — باعث V_{ce} (بالفولت) . ويلاحظ من الشكل (9) الذي يوضح صورة مميزة الدخل أن تيار القاعدة يتأثر تأثراً ضعيفاً بتغير جهد المجمع — باعث في حين يلعب V_{be} الدور الرئيسي في تحديد قيمة هذا التيار . ويرجع السبب في تغير تيار القاعدة بتغير جهد المجمع العكسي إلى ظاهرة «إيرلي»



شكل (9)