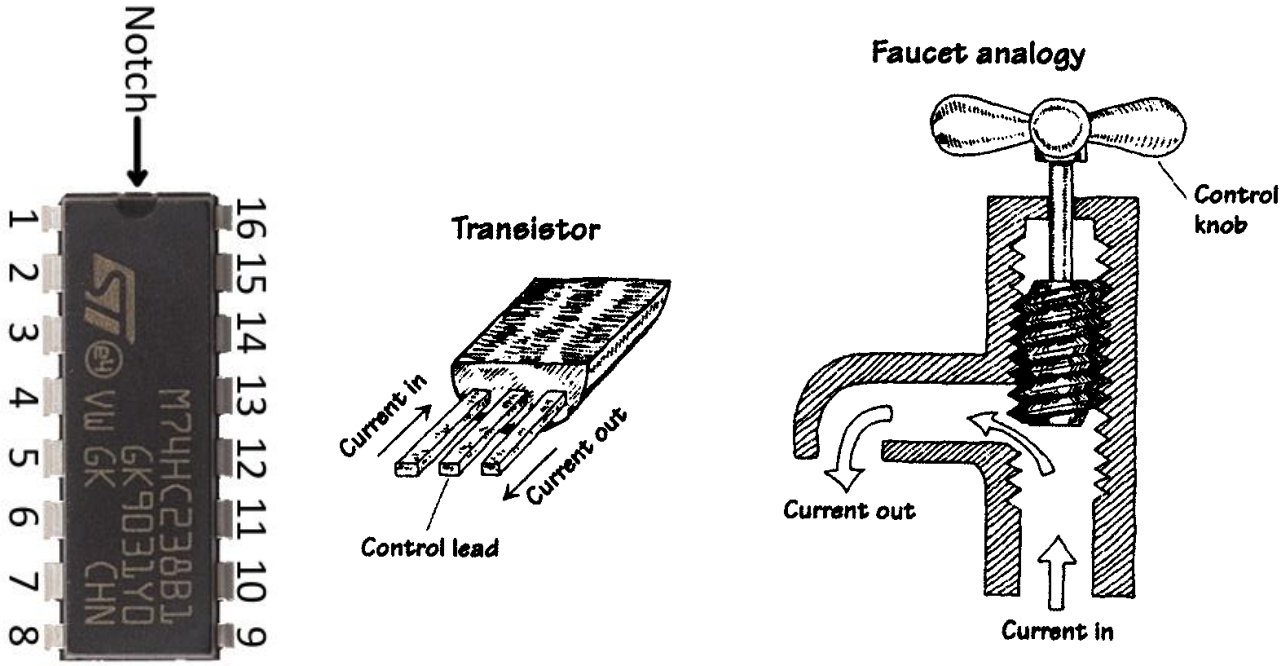
3.4- الترانزستور (Transistor)

هو عنصر اليكتروني يصنع من اشباه الموصلات (وهي التكنولوجيا الصغيرة التي غيرت العالم) ويستخدم اما كمفتاح متحكم به كهربائياً او كمضخم ويمكن التحكم بالتيار المار في الترانزستور بطريقة مشابهة لطريقة التحكم بالماء المتدفق عبر صنبور (حنفيه) . يمكن التحكم بالماء المتدفق عبر الصنبور بواسطة لولب الصنبور ، اما في الترانزستور فيتم التحكم بالتيار بواسطة جهد او تيار تحكم صغير يسلط على طرف (lead) التحكم القاعدة (base) (B)وتكون قليلة التشويب (lightly doped) فيتم التحكم بتيار كبير يمر بين الطرفين الاخرين للترانزستور الجامع (collector) (C)ويكون متوسط التشويب (moderately doped) والباعث (emitter) (E) ويكون عالي التشويب (heavily doped) . كما يمكن ان تجمع مجموعة من الترانزستور بصورة مخفية بقطعة الكترونية واحدة وتكوين دائرة الكترونية متكاملة (Integrated Circuit) (IC) كما موضح في الشكل (18) .



الشكل (18) Integrated Circuit

تتوفر انواع مختلفة من الترانزستور وتختلف فيما بينها في بعض مواصفات تيار التحكم فبعض الترانزستورات تمتلك ميزة التحكم التياري المتغير وبعضها الاخر لا يمتلك هذه الميزة وبعض الترانزستورات تكون عادة في حالة قطع حتى يسلط على طرف تحكم الترانزستور جهد، اما البعض الاخر فبالعكس يكون في حالة عمل حتى يسلط جهد على طرف التحكم . وعندما يكون

الترانزستور في حالة عمل يمر تيار عبر الترانزستور ولكن مقدار هذا التيار يختلف من حالة الى اخرى . تحتاج بعض الترانزستور كي تصبح في حالة عمل الى تسليط جهد على طرف التحكم وبنفس الوقت لابد من مرور تيار في طرف التحكم مع وجود الجهد المسلط على طرف التحكم بينما يكفي تسليط الجهد على طرف التحكم كي يعمل الترانزستور في انواع اخرى ، كما ان جهد التحكم المطلوب يكون موجب في بعض الانواع وسالب في انواع اخرى .

العائلات الأساسية للترانزستورات هي عائلة الترانزستورات ثنائية القطبية (bipolar junction transistors) والتي تختصر (BJT) والترانزسترات الحقلية (field-effect transistors) والتي يرمز لها بشكل مختصر بالرمز (FETs) .الفرق الأساسي بين هاتين العائلتين هو ان الترانزستورات ثنائية القطبية تحتاج الى تيار انحياز في الدخل ، اما ترانزستورات FET فتحتاج فقط الى جهد ، وعملياً لا تحتاج الى تيار في الدخل، وتعتمد الترانزستورات ثنائية القطبية في عملها على حركة نوعي حوامل الشحنات (الالكترونات والجوات) ولذلك تسمى ترانزستورات ثنائية القطبية، اما الترانزستورات الحقلية فتعتمد في مبدأ عملها على حركة نوع واحد من حوامل الشحنات . بما ان الترانزستورات الحقلية لا تستهلك في الداخل اي تيار، لذلك يمكن اعتبار ممانعة دخلها (input impedance) عالية جداً، وهذا يعني ان قطب التحكم للترانزستور الحلقي لن يكون له اي تأثيرعلى مصدر القيادة الذي يقود الترانزستور الحلقي (لان التاثير يكون ناتجا عن التيار المستهلك وهنا كما ذكرنا لا يوجد تيار مستهلك). في الترانزستورات ثنائية القطبية يمكن ان يستهلك طرف التحكم تياراً صغير من دائرة القيادة فيؤثر على ديناميكية عمل دائرة القيادة .

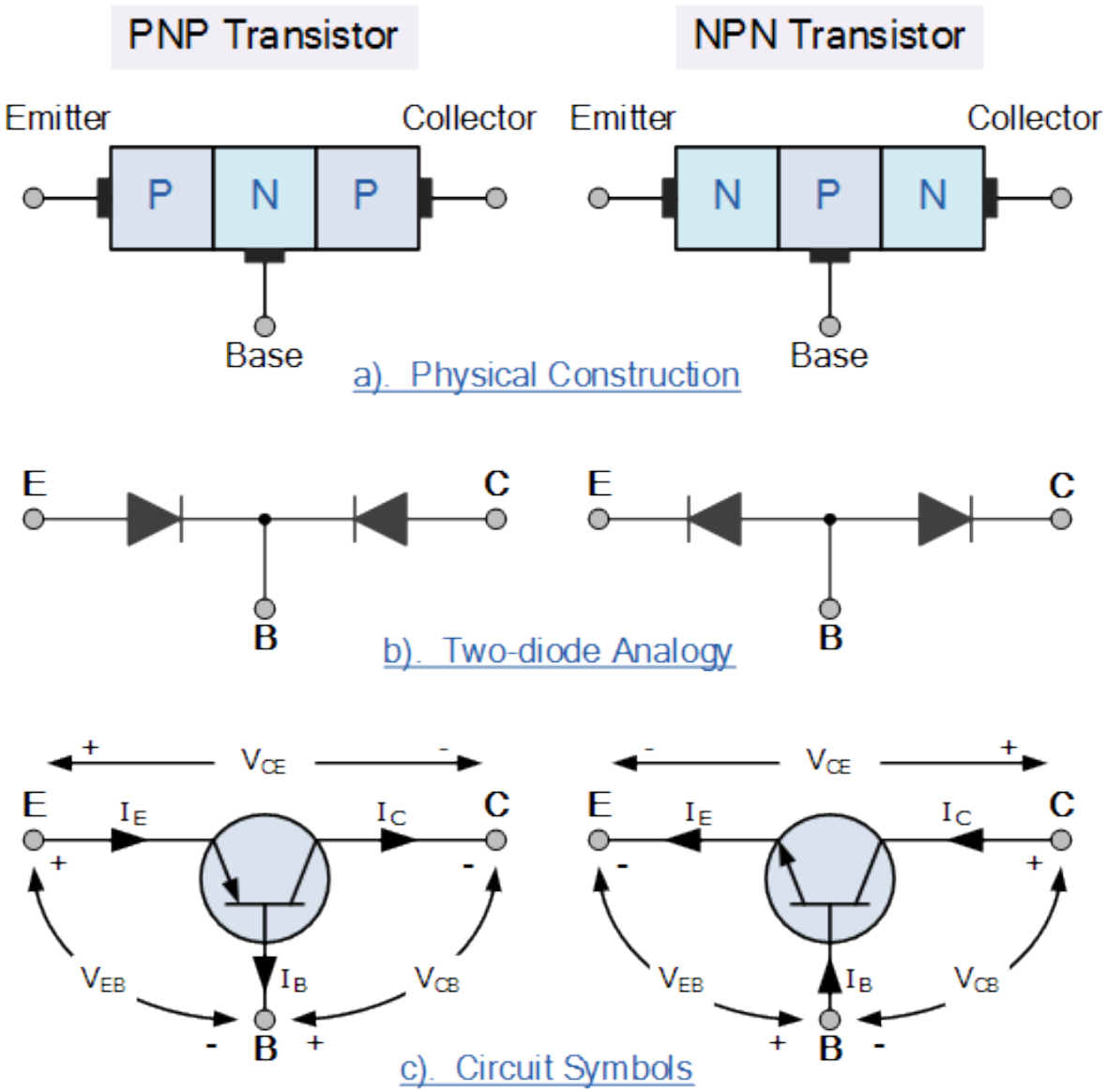
تعتبر ترانزستورات FET اكثر انتشارا في التطبيقات هذه الايام وذلك بالمقارنة مع ترانزستورات ثنائية القطبية وذلك بسبب ميزات الترانزستورات الحقلية ، فالترانزستورات الحلقية تمتاز عن ترانزستورات ثنائية القطبية بالميزات التالية:

- لا تستهلك تياراً في طرف الدخل.
- عملية انتاجها اسهل من الترانزستورات ثنائية القطبية.
- كلفة انتاجها ارخص (لانها تحتاج حجماً اقل من السيليكون) وبالتالي فان حجمها يمكن ان يكون صغيراً جداً مما يجعلها ملائمة لتصنيع الدوائر الالكترونية المتكاملة (IC).

احد ابرز سلبيات الترانزستورات الحقلية هو انخفاض قيمة ناقليتها التبادلية (tranceconductance) مقارنة مع الترانزستورات ثنائية القطبية وذلك عند نفس مستويات التيارات ، ولذلك فان ربح الجهد لن يكون كبيراً كما هي الحال عند استخدام ترانزستورات ثنائية القطبية . نادراً ما تستخدم الترانزستورات الحقلية في دوائر المضخمات البسيطة (simple amplifiers)، الا اذا كان ممانعة الدخل العالية جداً وتيار الدخل المنخفض من اهم المتطلبات الواجب تحقيقها في المضخم .

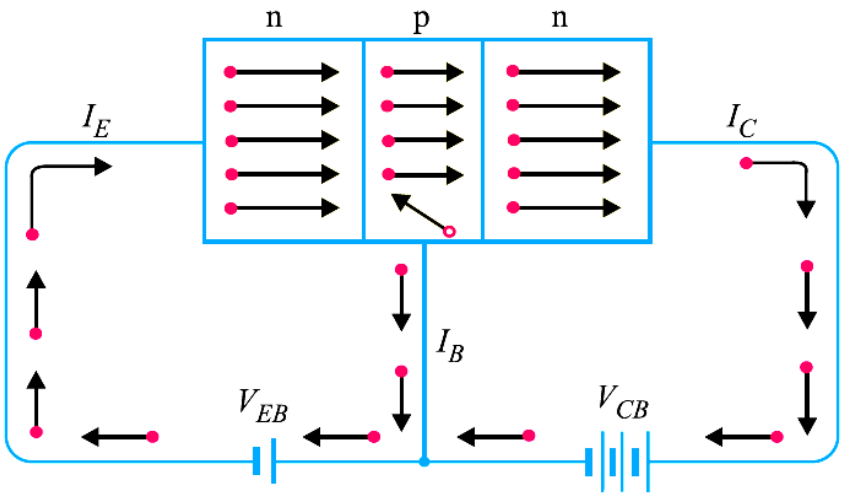
A -3.4. ترانزستورات ثنائية القطبية (Bipolar junction transistors)

هي عبارة عن عناصر ذات ثلاث اقطلب ويمكن استخدامها كمفاتيح يتحكم بها كهربائياً او كمضخمات وتتوفر هذه الترانزستورات بنوعين (npn) و (pnp) كما في الشكل (19) .وجاءت تسمية ثنائي القطبية اي انة يعتمد في مبدأ عمله على الالكترونات والفجوات معاً .



الشكل (19)

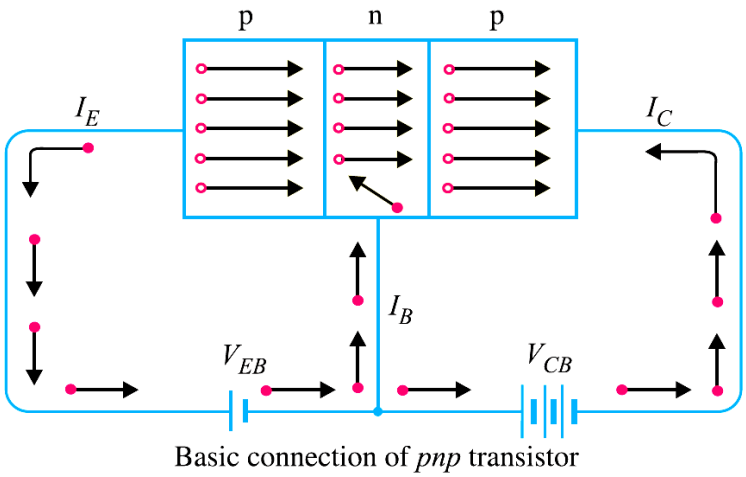
مبدأ العمل لكلاهما واحدى فقط الاختلاف في الانحياز (biasing) وقطبية مصدر الطاقة المسلطة عليها . ففي الترانستور **(npn)** تكون حاملات الاغلبية للشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي هي ***الالكترونات التي تتحرك من الباعث الى الجامع*** . فاذا سلط جهد انحياز موجب على طرف قاعدة الترانزستور (B) بحيث تصبح القاعدة (B) موجبة بالنسبة للباعث (E) فيمر التيار عبر القاعدة ويسمح هذا التيار الصغير بالتحكم بتيار اكبر يمر في دائرة الباعث (emitter) - المجمع (collector). كما موضح في الشكل (20) .



Basic connection of *npn* transistor

الشكل (20)

اما في الترانزستور **(pnp)** تكون حاملات الاغلبية للشحنة التي تقوم بعملية التوصيل الكهربائي هي ***الفجوات التي تتحرك من الباعث الى الجامع*** . كما موضح في الشكل (21) .



Basic connection of *pnp* transistor

الشكل (21)

ملاحظة (1)

- تيار الجامع (I_C) يكون دائماً اقل من تيار الباعث (I_E) بمقدار تيار القاعدة (I_B) وذلك بسبب حصول عملية اعادة الالتحام التي تحصل في منطقة القاعدة بين الفجوات والالكترونات .
- تيار القاعدة (I_B) يكون صغيراً جداً نسبة لتيار الباعث (I_E) لان منطقة القاعدة رقيقة ونسبة تطعيمها بالشوائب قليلة .
- اذا كان تيار القاعدة (I_B) يساوي مثلاً 1% من تيار الباعث (I_E) فيكون تيار الجامع (I_C) حوالي 99% من تيار الباعث (I_E) .
- انحياز طرف الباعث يكون انحياز امامي . اما انحياز طرف الجامع فيكون انحياز عكسي .
- الانحياز الامامي للباعث نسبة للقاعدة ينتج عنة ممانعة واطئة (الباعث – القاعدة) وذلك بسبب تضيق منطقة الاستنزاف وتقليل جهد الحاجز بينهما .
- الانحياز العكسي للجامع نسبة للقاعدة ينتج عنة ممانعة عالية (الجامع– القاعدة) وذلك بسبب اتساع منطقة الاستنزاف ويزداد جهد الحاجز بينهما .
-
- **طرق توصيل الترانزستور(Bipolar junction Transistor Connections)**

الترانزستور ثنائي القطب هو عنصر له ثلاث اطراف فمن البديهي ان تكون هناك ثلاث طرق لربط هذا الترانزستوربحيث يكون احد الاطراف مشترك بين المدخل (inlet) والمخرج (outlet) للدائرة الالكترونية وهي :

- القاعدة المشتركة (Common Base Connection) .
- الباعث المشترك (Common Emitter Connection) .
- الجامع المشترك (Common Collector Connection) .

ملاحظة (2)

من اساسيات عمل الترانزيستور كمضخم (as amplifier) يجب ان نحقق شرطين معاً . اولهما ان تكون وصلة القاعدة الجامع في حالة الانحياز العكسي (BC-Junction in reversed biasing) . الشرط الثاني ان تكون وصلة القاعدة الباعث في حالة الانحياز الامامي (BE-Junction in forward biasing).