# الباب الاول

## 1-1 أشباه الموصلات :

وهي عبارة عن مواد عازلة تماماً عند درجة حرارة الصفر المطلق اي لاتوجد طاقة كافة للألكترونات للأنقال من مدار التكافوء الي مدار التوصيل وعند درجة حرارة الغرفة $25^{5}$ تكتسب بعض الالكترونات طاقة وتنتقل من مدار التكافوء الي مدار التوصيل مولدة تيارات ضعيفة جداً 1مايكروميتر ومن أشباه الموصلات السيلكون والجرمانيوم .

## 2-1 كيفية زيادة القدر التوصيلية لاشباه الموصلات:

إن اشباه الموصلات لها القدرة علي نقل تيار وتزداد بزيادة درجة الحرارة نتيجة لتحطم الروابط التساهمية بين الزرات وانتقالها من مدار التكافوء لمدار التوصيل الا ان زيادة درجة الحرارة تصبح غير مرغوب فيها من الناحية العلمية وذلك بعدم السيطرة علي الخواص الكهربية للمادة واحتمال تعرضها للتلف لذلك يتم زيادة توصيلية المواد شبه الموصلة عن طريق عملية التشويب (Poping) حيث هنالك نوعين من الشوائب .

خماسية التكافوء : اي لها خمسة الكترونات في المدار الخارجي مثل : الزرنيخ – الانتمونا – الفسفور .

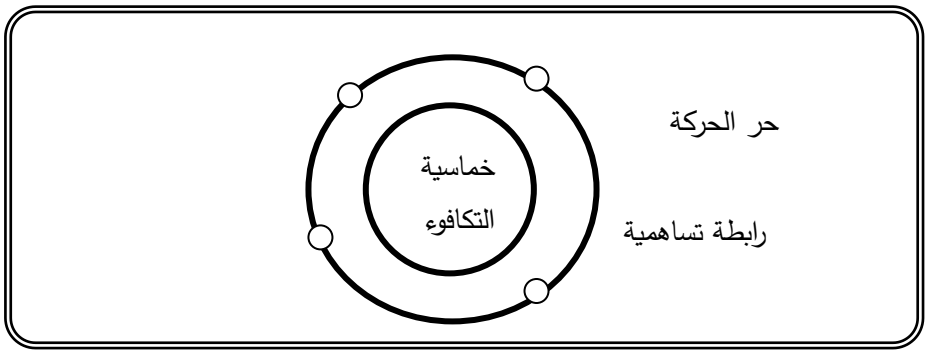
ثلاثية التكافوء : اي لها ثلاثة الكترونات في المدار الخارجي مثل : الكالسيوم – الالمنيوم – الكروم .

وتعرف عملية التشويب بانها هي اضافة نسبة قليلة من الشوائب خماسية التكافوء او الثلاثة التكافوء الي بلورة شبه الموصل النقي فمثلاً اذا اضيفت ذرة واحدة من

الشوائب الي مائة مليون زره ($10^8$) من مادة شبه موصلة فانها تزيد التوصيلية الكهربية بمقدار 15–75مرة .

3-1 كيفية الحصول علي شبه موصل نوع N Type :

نحصل عليه باضافة شوائب خماسية التكافوء مثل الانتمون الي بلورة السلكون وعليه فان الالكترون الخامس الموجود في المدار الخارجي للانتمون يفقد ارتباطة بنواة الزرة ويصبح حر الحركة وموصل للكهرباء .

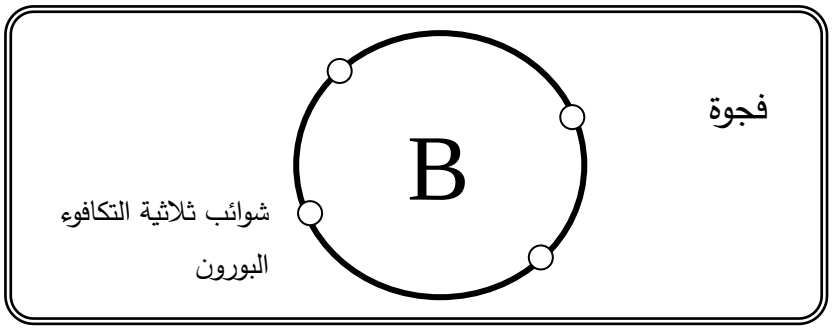



شكل [1/1]

وتسمي الشوائب الخماسية التكافوء بالمواد المانحة الا انها تمنح الالكترونات وتجعل مادة شبه الموصل عزيزة بالالكترونات وموصلة جيدة للكهرباء وسميت شبه الموصل نوع N Type لان الالكترونات وشحنتها سالبة وهي النواقل الرئيسية للكهرباء .

4-1 كيفية الحصول علي شبه موصل نوع P Type :

نحصل عليه باضافة شوائب ثلاثية التكافوء مثل البوروم الي بلورة السلكون النقي تكون كل زرة بورون ثلاثة روابط تساهمية مع ثلاثة زرات سيلكون وتبقي الرابطة غير مشبعة بسبب المدار الخارجي للبوروم ثلاثة الكترونات في حين المدار الخارجي للسلكون (4) الكترونات.

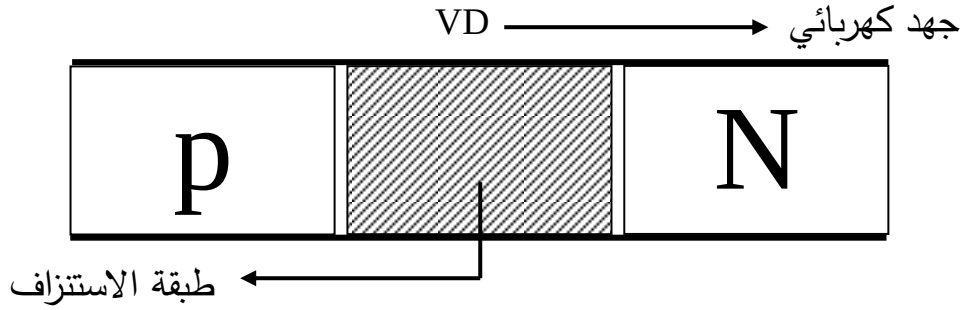



شكل [2/1]

لذلك تتولد فجوة هذه الفجوة تحاول اقتناص الكترون من زرة مجاورة والفجوة الجديدة تحاول اقتناص الكترون من زرة اخري وهكذا نحصل علي حركة مستمرة وانتقال مستمر للفجوة وقد سمي شبه الموصل نوع (B) من الموجب لان الفجوة ذات الشحنة الموجبة هي النواقل الرئيسية للكهربة وتمسي الشوائب الثلاثية تكافوء بالقابلة لانها تقبل اللاكترون .

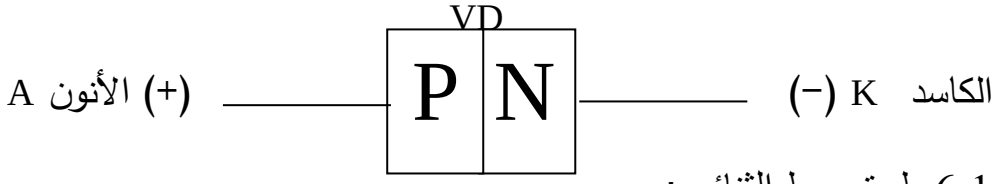
5-1 الوصلة الثنائية :

عند تشويب بلورة شبه موصل نقي في احد جانبيها بشوائب خماسية التكافوء (N) والجانب الأخر بشوائب ثلاثية الشوائب (B) نحصل علي وصلة ثنائية عند التقاء القطعتين تكون طبيقة رقيقة جداً تعرف بطبقة الاستنزاف وتعرف بانها هي طبقة رقيقة جداً تتكون عند تلامس قطعتين شبه موصل نوع (N&B) وتتكون بسبب انتقال الالكترونات من المنطقة (N) الي المنطقة(B) وبالعكس وبذلك يتكون فرق جهد كهربائي عكسي يسمي بفولتية كسر الحاجز (VD) معدل هذه الفولتية ثابت ويساوي 0.3v بالنسبة لثنائي الجورمانيوم و0.7v بالنسبة لثنائي السيلكون .



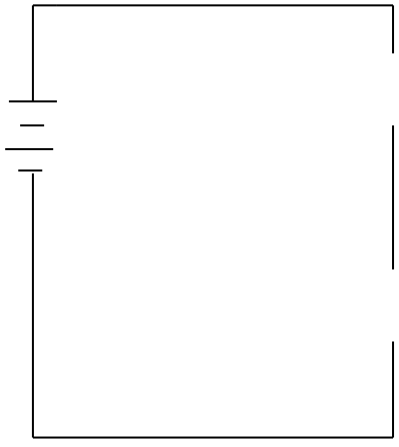

الشكل [3/1]

والثنائي جهاز يسمح عن مرور التيار في اتجاه واحد ويصنع من مادة السيلكون او الجرمانيوم ويتكون من قطعتين موجب وسالب الطرف الموجب له A ويسمي الانب والطرف السالب له يسمي بالكسد ويرمز له بالرمز K وهو كما موضح أدناه .




1-6 طرق ربط الثنائي :

أولاً: الربط الامامي وفيه يتم ربط موجب البطارية بالطرف الموجب بثنائي وسالب البطارية بالطرف السالب للثاني والشكل التالي يوضح ذلك شكل [4/1]

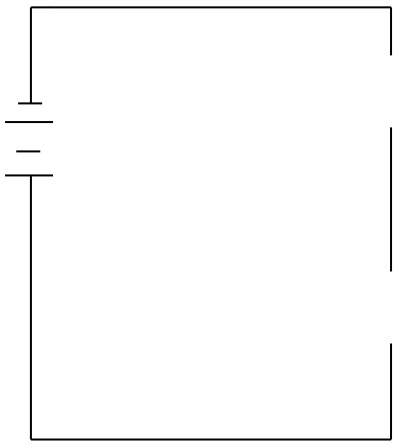


شكل [4/1] ربط أمامي

1-7 وتفسير هذه الحالة بما يلي :

عندما تكون فلوتية بالبطارية أكثر من فولتية كسر الحاجز 0.7 "سيلكون" 0.3 "جرمانيوم" ولان الشحنات المتشابهة تتنافر فتقوم الالكترونات والفجوات بالتحرك نحو المنطقة لالتقاء نقطتين فيقل التقاء سمك طبقة الاستنزاف التي تتلاشي عندها بمرور التيار في الثنائي ويسمي بالتيار الامامي ويرمز له بالرمز (IF) وكلما تزداد فولتية البطارية يمكن اهمال فولتية كسر الحاجز او فولتية الثنائي.

ثانياً: الربط العكسي : وفيه يتم ربط الطرف السالب للبطارية بالطرف الموجب للثنائي والطرف الموجب للبطارية بالطرف السالب للثنائي الشكل [5/1] يوضح طريقة التوصيل.



شكل [5/1] يوضح الربط العكسي

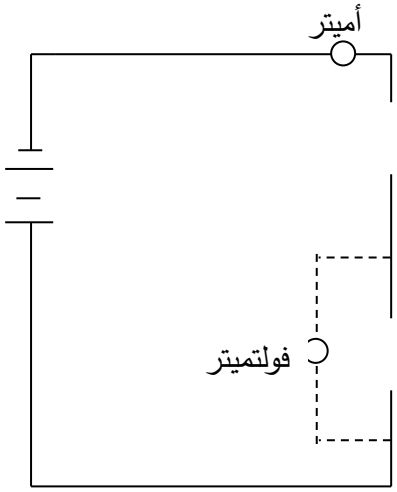
8-1 وتفسر هذه الحالة بما يلي :

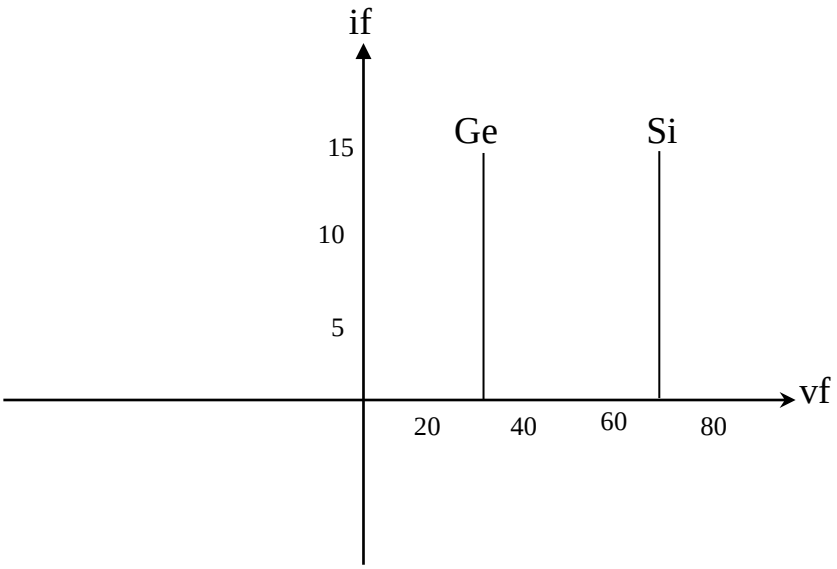
عند تسليط الفولتية العكسية علي الثنائي تنجذب الالكترونات نحو القطب الموجب للبطارية وتنجذب ايضا الفجوات نحو القطب السالب للبطارية علما بان الشحنات المختلفة تتجاذب وهنا يؤدي الي زيادة عرض طبقة الاستنزاف وعند ذلك تصبح المقاومة الي ما لا نهاية وتمنع مرور التيار وفي الربط العكسي التيار يساوي صفر لا ن دورة الالكترونات من السالب الي الموجب لاتكتمل وفي هذه الحالة يكون

الثنائي في حالة ربط امامي كمفتاح مغلق اما في حالة الربط ا لعكسي يكون مفتاح مفتوح .

## 9-1 المواصفات الامامية والعكسية للثنائي :

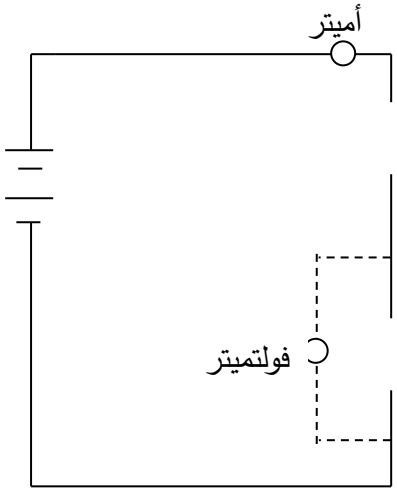
### * أولاً ألأمامية :

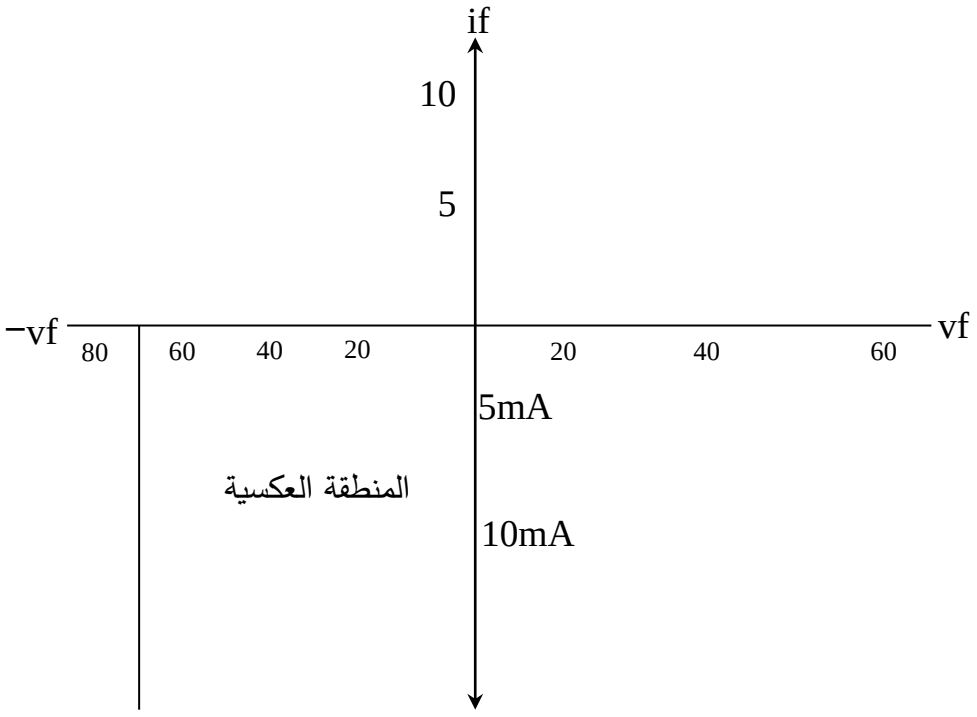



الشكل [6/1] المواصفات الامامية للثنائي

*ثانياً: الربط العكسي :

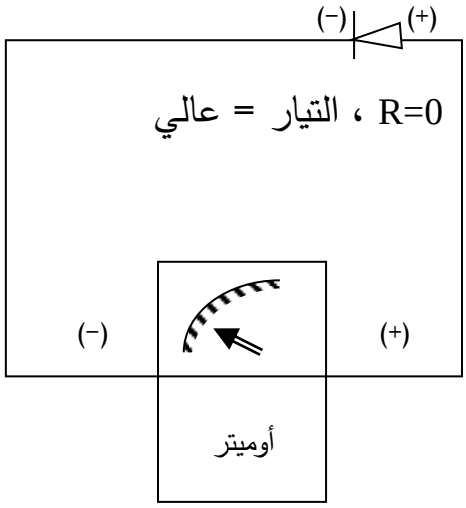



الشكل [7/1] الربط العكسي

في حالة الانحياز العكسي تكون مقاومة الثنائي عالية جداً والتيار يساوي صفر مع زيادة الفولتية العكسية المسلطة علي ثنائي يبقي التيار يساوي صفر وترتفع درجة الحرارة بالنسبة للثائي للوصول الي فولتية الانهيار ويؤدي الي تلف الثنائي .

10-1 كيفية التأكد من صلاحية الثنائي :



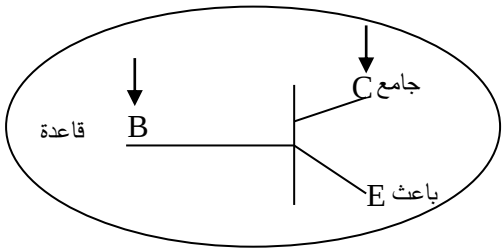

الشكل [8/1] ربط أمامي

يتم ربط أطراف الجهاز (الأوميتر) مع أطراف الثنائي بحيث يكون طرف الثنائي الموجب يتم ربطه مع طرف الاوميتر الموجب والطرف السالب للثنائي للطرف السالب للأوميتر (ربط أمامي) وفي حالة القرأة يكون الثنائي في حالة جيدة أما في حالة عدم القرأة يكون الثاني غير صالح للعمل والدائرة في الشكل [8/1] توضح ذلك .

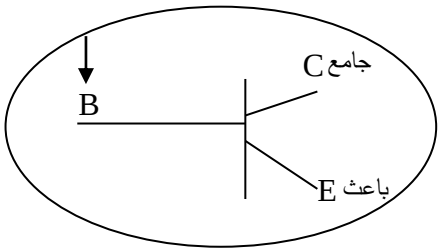
# الباب الثاني

## 2-1 الترانزتسور:

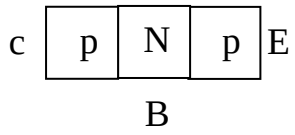
هو عبارة عن مادة شبه موسلة ويتكون من ثلاثة بلورات من الجرمانيوم المختلفة النوع بحيث كان الجرمانيوم نوع (N) في الوسط ونوع (p) في الاطراف يتكون ممر نوع (PNP) ويكون هذا الممر ترانزتسر نوع (NPN) وتتكون الشحنات السالبة والموجبة علي اسطح التلامس وتكون في حالة اتزان كهربي وتسمي البلورة التي علي اليسار من النو ع (P) بالمرسل (الباعث) ورمزه (E) والبلورة التي علي اليمين بالمستقبل ورمزها (C) (الجامع) أما البلورة الوسطي الرقيقية من النوع (N) الموجودة بين النقطتين من نوع (P) تسمي القاعدة ورمزها (B) وعادةً تكون منطقة القاعدة ضعيفة جداً وتتراوح خاناتها بحدود بضعة المايكرومترات وهذا أمر مهم جداً لحمل الترانزستر .

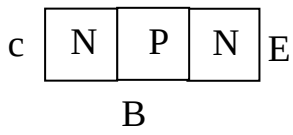



ترانزستور نوع (PNP)




ترانزستور نوع (NPN)




## 2-2 طريقة العمل :

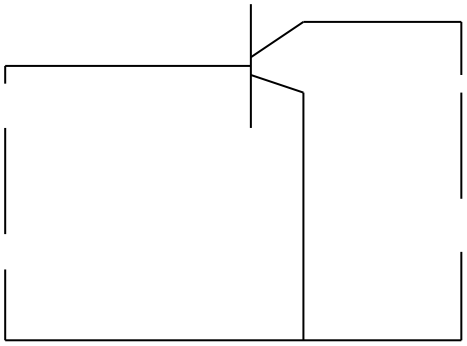
كما ذكرنا لدينا هنا ثلاثة مناطق (P) & (N) & (P) سوف يتشكل في الحدودة بين المنطقتين (N)&(P) اي بين القاعدة والمشع مجال داخلي وفي والحدود بين المنطقتين (N)&(P) اي بين القاعدة والمشع مجال داخلي ثاني ويحدث ذلك بسبب

انتشار الكترونات القاعدة باتجاه المشع والمجمع وفراغات المشع والمجمع باتجاه القاعدة وهذا يحث الوضع النهائي بعد انتشار الالكترونات وتكون متعاكسة الاتجاهات يحتاج الترانزستر الثلاثي الاقطاب الي منبعي جهد مستمر لتأمين عمل جهد مستمر بين القاعدة والجامع وأخر بين المشع والمجمع واذا تم توصيل الترانزستر بين بطاريتين (P1) & (P2) وعكس اقطاب التوصيل عن الوضع في الحالة السابقة عند شرح الترانزستر نوع (PNP) فان المستقبل (C) يكون مع السطح الفاصل ويعمل في الاتجاه المضاد اما المرسل (E) فانه يعمل في الاتجاه المسموح ويكون تيار المستقبل صغير جدا نظراً لمقاومته الكهربية العالية لانه موصل بالمصدر في الاتجاه المضاد وتيار المرسل يتحكم في تيار المستقبل كما تبين ذلك سابقاً غير لانه موصل بالمصدر في الاتجاه وفي هذه الحالة لايتكون تيار للمرسل من الفجوات الموجبة بل من الالكترونات السالبة التي تتجه الي القاعدة نظرا لانها موجبة الشحنة وفي هذه الحالة فان الجزء الكبير من الالكترونات ينجذب بواسطة المستقبل لاتصاله بالقطب الموجب بالبطارية ويزداد هذا الجزء مع ضغر سمك القاعدو وعلي ما سبق في هذه الحالة يطلق المرسل للالكترونات اما المستقبل فيتلقي هذه الالكترونات .

3-2 الاستقطاب الصحيح للقاعدة والمجمع بالنسبة للمشع :

لتكن الدائرة المبينة في الشكل [9/1] حيث تم توصيل المنبع بين القاعدة والباعث بحيث يؤمن انحياز امامياً للوصلة بين القاعدة والمنبع عن طريق المفتاح (S2) وكذلك وصل المنبع (Vcc) بين المجمع والمشع بحيث يكون استقطاب المجمع سالباً بالنسبة للمشع عن طريق المفتاح (S1) نلاحظ هنا ان المشع يشترك بين

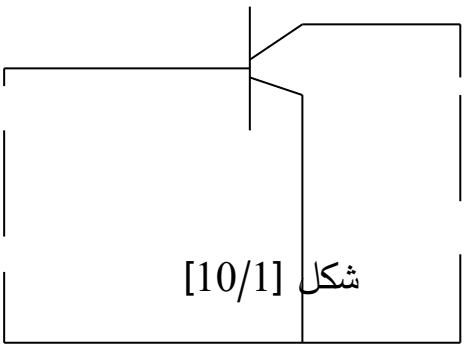
المنبعين كما ان هنالك شرط مهم جداً لتأمين العمل وهو ان سالبية المجمع للمشع يجب ان تكون أكبر من سالبية القاعدة بالنسبة للمشع .



شكل [9/1] يوضح استقطاب للقاعدة والمجمع بالنسبة للمشع

استقطاب القاعدة–المشع الصحيح ولكن استقطاب المجمع– المشع معكوس:

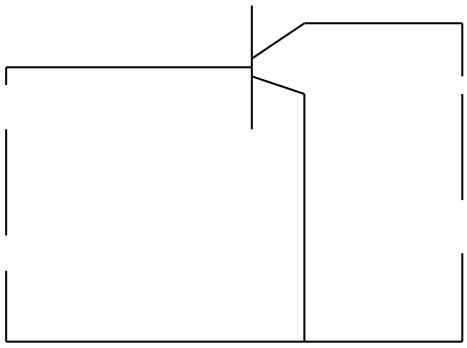
اذا عسكنا قطبية المنبع الخارجي (VCC) كما هو مبين في الشكل [10/1] وعندما نغلق المفتاح (S1) ينتج المنبع (VCC) فرق جهد (VCE) بين المجمع والمشع يسبب وجود مجال كهربي في الترانزستور له نفس اتجاه المجال الداخلي بين القاعدة والمشع ومعني هذا ان يقوي الجهد الحاجز في الوصلة بين القاعدة والمشع وبالتالي يؤدي ذلك الي قطع الترانزستور تماماً لما حصل في الحالة الاولي ويعاكس اتجاهه ويقوي الانتشار بين القاعدة والمشع وكذلك يقوي المجال الكهربائي من الانتشار بين القاعدة والمجمع ويمد تيار شديد في الترانزستور ويتلف مباشرة .



شكل [10/1]

2-4 استقطاب (القاعدة – المشع) و(المجمع-مشع) معكوسات:

عندما نعكس قطبية منبعي الجهدين الخارجين (VBB) و (VCC) كما هو مبين في الشكل [1/2] نقوم بغلق المفتاح (S1) ليتكرر ما حدث في الحالة الأولي والثانية السابقتين اي يقطع الترانزستر بان يقوي المجال من شدة المجال بين القاعدة والمشع واذا قمنا بغلق المفتاح (S2) ينشأ المجال بين القاعدة والمشع ويمنع الانتشار بين القاعدة والمشع ولكن فرق الكمن بين القاعدة والمجمع والناتج يسبب انتاج المجال ويتفق ايضاً في الاتجاه معه ولكنه يلغي المجال الداخلي ويمكن ان يصل الي حدود اتلاف الوصلة بين القاعدة والمجمع ونخاطر بتلف الترانزستر ونتجنب هذا التلف اذا تجنبنا وصول فرق الجهد بين القاعدة والمجمع الي جهود الانهيار للوصلة او جعلنا جهد القاعدة أكثر ايجابية من جهد المشع او يساويه بحيث ينعكس اتجاه المجال وينعدم وبالتالي يقوي الجهد الحاجز بين القاعدة والمجمع فلا يعود الترانزستر موصل للتيار .



شكل [1/2]

5-2 خط الحمل المستمر:

هو المصطلح المستخدم للتعبير عن العلاقة بالرسم بين قيم الفولتية والتيار التي تكون ممكنة لجهود خاصة للدائرة وجد قانون أوم أصلاً باستخدام طريقة الرسم وذلك باثبات ان خط الحمل لمقاومة هو خط مستمر .

أفترض ان لدينا دائرة توالي من مقاومتين (R2) & (R1) مربوطين الي مجهز فولتيه يعطي المخطط الخطي لحمل المقاومتين الاتساع الكلي للتخطيط هو (V) فولتية المجهز رسم خط الحمل (R2) من النقطة (A) الي النقطة (E) لانه خط مستقيم ولان (R2) مقاومة ثابته عندما تجهز الفولتية الكلية (V) عبر (R2) تكون قيمة التيار (V/R) وبهذا تحدد نقطة (E) وهذا الخط له ميل موجب قيمته (+1/R2) والشكل [2/2] يوضح ذلك .

شكل [2/2] يوضح رسم خط الحمل المستمر

رسم خط الحمل (R1) علي اعتبار نقطة (B) لها صفر فولت ونقطة (A) لها (V) فولت هذا يعني ان يقرا مقياس الفولتية (V) من (B) الي (A) عوضاً عن (A) الي (B) عندما تطبق كل الفولتية (V) عبر (R1) قيمة التيار تساوي (V/R) محدده بذلك النقطة (D) بدلالة محاور الاحداثيات التي تحوي نقطة الصفر عند (A) يكون هذا الخط ذا ميل سالب قيمته (-1/R) هذا الميل الثابت لا يتضمن مقاومة سالبة بل

هو فقط (1/R-) بسبب الطريقة المفترضة التي تأخذ بها الميل يمثل الخط (A) الي (E) كل القيم للتيار خلال (R2) كلما تغيرت الفولتية عبر (R2) من صفر الي (V) بالمثل ان الخط من (V) الي (D) يمثل قيم التيار خلال (R1) كلما تغيرت الفولتية عبر (R1) من صفر الي (V) .

ونجد ان في الدائرة الاصلية مرة أخري انها توالي ومن مستلزمات دائرة التوالي ان دائرة التوالي ان التيار فيها هو نفس التيار في كل أجزاء الدائرة يمثل الخط الافقي (FJ) التيار (F) الذي يكون مشتركاً هبوط الفولتية عبر (R2)لهذا التيار هو (FJ) وعبر (R1) هو (HJ) من الواضح ان (FJ) زائداً عن (HJ) او لا يساوي (V) لذلك هذه القيمة للتيار (F) لاتمثل الحل لهذه المشكلة .

ان القيمة الوحيدة للتيار التي يمكن ان تمثل الحل لهذه المشكلة هي القيمة (IQ) المعطأة من تقاطع خطي الحمل تدعي النقطة (Q) او النقطة الهامرة او الساكنة او نقطة الاشتعال وعند (Q) الفولتية عبر (V2) تكون (AC) والفولتية عبر (R1) تكون (BC) تجمع هاتين القيمتان بصورة صحيحة وتعطي فولتية المصدر (V) .

باستخدام هذا التقريب التخطيطي نلاحظ ان ميل خط الحمل لـ (B2) واتجاهه لايتغيران اذا تغيرت فولتية المصدر (V) من جهة أخري وبالتالي تتغير موقع (B) وتكون القيمة (V/B) وتتغير ايضاً من حيث لا يتغير ميل الخط بل يبقي عند القيمة (1-/R) النتيجة المهمة التي نلاحظها ان الخط يوازي الخط B_H_Q_D له الميل (-1/R) وله قيمة المقاومة .

أن معادلة الدائرة المغلقة خلال دائرة الجامع والباعث المشترك هي :

$$VCC= I_c R_c + VCE$$

الشكل [3/2]

الدائرة المعنية VCC و RC هما كميتان ثابتتان وكل من IC _ VCE تكونان قيم متغيرة معتمدة علي قيمة RB واذا تم حل هذه المعادلة بالنسبة لـ IC نحصل علي IC RC = -1/RC VCE +VCC/RC هذه المعادلة لها الصيغة الاتية : Y= MX+B

والتي هي احدي الصيغ العامة لمعادلة الخط المستقيم في هذه الصيغة B هي المقطع الصادي وM هي ميل الخط يكون المقطع الصادي لخط الحمل (VCC/R) والميل لخط الحمل يكون (1-/RC) لهذا نتبين ان لخط الحمل للترانزستر هو خط مستقيم عندها يرسم علي خواص الجامع والشكل [3/2] يوضح ذلك وعندها IC يكون صفراً في المعادلة ونحصل علي VCE/RC = VCC/RC والمعادلة تنص علي ان احدي نهايتي خط الحمل لها الاحداثيات IC= 0VCE = VCC اذن نقطة تقاطع خط الحمل مع المحور السيني هي VCC عندما VCE تكون صفراً نحصل علي IC= VCC/RC وتنص المعادلة علي ان النهاية الأخري لخط الحمل لها الاحداثيات VCE=0 & IC= VCC/RC اذن نقطة تقاطع خط الحمل مع المحور الصادي هي VCC/RC .

دعنا ان نفترض ان الترانزستر المبين في الشكل [3/2] يمكن رفعه من نقاط اتصال ويكون المحور السيني الفولتية التي نقيسها عبر طرفي الترانزستر الطرف C

الي الطرف E في حين يكون المقطع الصادي تيار دائرة القصر المقاس في سلك التوصيل الذي يقصر الطرف C الي الطرف E اذن ربط مصدر الاشارة E الذي له مقاومة RS الي مكبر الباعث المشترك عندما ترتفع E عن الصفر ينتج تيار اشارة متناوبة في القاعدة وبالتالي ينشأ تيار الإشارة المتناوبة في القاعدة تيار الاشارة المتناوبة في الجامع ويكون تيار الاشارة المتناوب هو هبوط فوتية متناوبة عبر RC نلاحظها كاشارة خرج V out .

دعنا ننظم ان RB في الدائرة المعطاة في الشكل [4/2] تجهز قيمة IB بحيث تضع نقطة الاشتعال للترانزستر عند النقطة Q علي خط الحمل ويغير تيار الاشارة الجيبية الصغير المغذي الي القاعدة تيار القاعدة جيبياً من Q الي B ومن Q الي A الي Q وهذا التغيير الجيبي لتيار القاعدة مبين علي الشكل [4/2] قطرياً لدورتين مرسومتين ضد الزمن يسبب التغيير الجيبي لتيار القاعدة تغييراً جبيباً في تيار الجامع وبالتالي رسمت دورتان لتيار الجامع علي مقياس الزمن الافقي ونلاحظ ان الدائرة المعطاة في شكل [4/2] نظمت RB للإعطاء ثلاثة نقاط اشتعال مختلفة علي التعاقد Q3 Q2 Q1 نقاط الاشتعال هذه مبينة علي خطوط الحمل .

ونلاحظ الان ان نقطة الاستعال تكون واقعة بالقرب من الناهية الاخري لخط الحمل نقطة Q2 في الشكل عندما ترتفع C من الصفر الي شكل موجة الخرج يبدأ

الان بالنقطة عند B بسبب الاشباع والاشباع هو الحالة عندما يكون تيار الجامع اعظم قيمة ممكنة من قيمة المقطع الصادي علي خط الحمل .

## 6-2 تحليل دائرة مكبر ترانزستر باستخدام معاملات H :

للحصول علي مكبر ترانزستر نحتاج فقط الي ربط حمل خارجي ومصدر اشارة الي دائرته المكافئة كما هو مبين بالشكل [5/2] والي انحياز الترانزستر بصورة صحيحة تمثل الدائرة ذات الممرين المبينة في احد صيغته الثلاثة المحتلمة وتمثل الدائرة المكافئة العامة للترانزستر بعد تعويضة بالنموزج للاشارة الصغيرة

## 7-2 القيم ذات الأهمية في الدائرة :

أولاً : كسب التيار : يعرف A1 في دائرة المكبر أنه النسبة بين تيار الإخراج وتيار الادخال

$$A1 = IL /I1 = -I2/I1$$

ثانياً: كسب الجهد : AV : يمثل مقدار النسبة بين جهد الاخراج V2 الي جهد الادخال V1

$$AV = V2/V1$$

ثالثاً : كسب الجهد الكلي : Avs عند ادخال مقاومة المصدر بالحسابات يطلق عليه ايضاً كسب الجهد الكلي

$$AVS = V2/V1= V2/V1 * V1/V2 = Ai\ Vi/Vs$$

2-8 الكسب في الترانزستر :

هو النسبة بين تيار القاعدة IB وتيار الجامع IC ويسمي كسب التيار المستمر ويرمز له بالرمز BDC ودائماً أكبر من الواحد وتتراوح قيمته من 200:20 اما بالنسبة لتيار الجامع IC الي تيار الباعث IE تسمي الفا (œ dc) وهي دائماً أقل من الواحد .

2-9 منحنيات خواص ترانزستر:

وسوف نتكلم هنا عن خواص تنوصيلة المشع المشترك وفي هذه الحالة نجد أن تيار الحمل يتوقف بصورة كبيرة علي تيار القاعدة ومع كل تغيير في تيار القاعدة نجد ان هناك تغير مقابل في تيار المجمع والشكل [6/2] يعرض منحينيات الخواص لترانزستر NPN موصل علي طرفيه المشع المشترك ويجب ان نلاحظ انه لايمكن زيادة فرق الجهد بين المشع والمجمع بدون حد لان ذلك يؤدي الي تلفه ويحدد قيمة لفرق الجهد بين المشع والجامع بمنحني أقصي قدرة P max ونلاحظ ان كل زيادة في تيار القاعدة IB يقابلها زيادة في تيار المجمع وذلك في الحد الاعلي للضغط كما انه يتم أختيار جهد البطارية وكذلك مقاومة المجمع بطريقة تمنع الوصول الي منحني أقصي قدره ويمكن ان يصل فقط فرق الجهد الي خط التحميل الي ضمان عدم تلف الترانزستر

حيث أن :

فرق الجهد بين المجمع والمشع≡ Vec

جهد البطارية ≡ V pad

التيار الجامع ≡ IC

مقاومة الجامع ≡ RC

وتوجد بالمعادلة الاتية : VEC= V pad – IC RC

شكل [6/2] يوضح الدائرة المكافئة لرسم منحنيات الترانززستر

## 10-2 طرق توصيل الترانزستر:

يمكن توصيل ترانزستر بثلاثة طرق اساسية هي :

- المشع المشترك
- المجمع المشترك
- القاعدة المشتركة

### * أولاً: توصيلة المشع المشترك:

وهي الاكثر شيوعاً وفيها يشترك المشع في دايرتي الدخل والخرج ويبين الشكل [7/2] التوصيلة الصحيحة للترانزستر والتي تؤمن الاستعطاب الصحيح لاعطابة الثلاثة المجمع C والمشع E والقاعدة B وهنا جميع الجهود لتيارات مستمرة وتتكون دائرة ترانزستر في هذه التوصلية في قسمين هي :

@ دائرة الدخل وتكون من RG – VBB ( القاعدة B المشع E)

@ دائرة الخرج تتكون من RL – VCC (المجمع C والمشع E)

ويؤدي تطبيق جهد المنبع في دائرة الدخل الي مرور تيار القاعدة وظهور فرق الجهد بين القاعدة والمشع كما رأينا سابقاً تسبب مرور التيار في دائرة الخرج فيمر تيار من المشع الي المجمع .

شكل [7/2]

* ثانياً: توصيلة المجمع المشترك :

وهي قليلة الاستعمال وتستخدم لعمل توافق بين مرحلتين وفيها يشترك المجمع في دائرتي الدخل والخرج ويبين الشكل [8/2] كيف يتم هذا التوصيل باستخدام منبعي جهد VCC و VBB لتغذية الترانزستر وهنا ايضاً لايختلف التحليل عن السابق اذ ان VBB يؤمن انحياز سالب للقاعدة بالنسبة للمشع فيمر تيار القاعدة IB كما يؤمن VCC انحيازاً سالباً للمشع ويمر تيار القاعدة IB كما ان تيار المجمع الذي يشكل قسمة من تيار المشع IE وهنا ايضاً يمكن القول ان IE= IC+IB .

شكل رقم [8/2]

* ثالثاً : توصيلة القاعدة المشتركة:

وهي شائعة الاستعمال في مجال الترددات العالية جدا وفيها تشترك القاعدة في دائرتي الدخل والخرج ويبين الشكل [9/2] كيف يتم هذا التوصيل باستخدام جهد VCC و VBB لتغذية الترانزستر ولا يختلف تحليل عمل الترانزستر عن السابق اذ ان منبع التغذية VBB يؤمن انحيازاً سالباً للقاعدة بالنسبة للمشع فيمر مجموع جهد المنبعين بين VCC و VBB انحيازاً سالباً في المجمع بالنسبة للمشع فيمر تيار المجمع الذي يشكل قسماً من تيار المشع

الشكل [9/2]

## الباب الثالث

# مكبرات الترددات المختلفة

## 3أولاً : مكبر المشع المشترك :

### 3-1 الشتغيل الساكن :

التشغيل الساكن مقصود به دراسة عمل الترانزستر في التوصيلة دون اشارة دخل متناوبة وبالعودة الي الشكل [10/2] نجد ان جهود التغذية في الدائرة هو تأمين شروط مناسبة لعمل الترانزستر فجهود التغذية VBB الوصول الي دائرة الدخل يؤمن انحياز القاعدة بالنسبة للمشع VBE الذي يحدد بدوره تيار القاعدة IB الساكن والمستمر وكذلك يؤمن جهود التغذية VCC الموصولة في دائرة الخرج والجهد بين المجمع والمشع الذي يحدد بدوره تيار المجمع الساكن والمستمر الذي يتوقف ايضاً علي شدة تيار القاعدة .

### 3-2 الشتغيل الحركي :

تصل الي مدخل مكبر المشع المشترك مولدة ترددات متناوبة يعطي جهداً متناوباً EG كما هو مبين في الشكل اي موصلاً علي التسلسل من المنبع VBB والمقاومة المهاجمة RG ان الجهد الجيبي يتراكب فوق جهد المنبع وبالتالي فان فرق الجهد بين القاعدة والمشع لن يظل مستمراً وانما سيتغير مؤديا لذلك تغير تيار القاعدة وعليه يمكن القول

شكل [10/2] يوضح دائرة مكبر

حيث أن:

VBEهي المركبة المتاوبة للجهد بين القاعدة والمشع والناتجة عن المنبع المتناوب كذلك نجد ان تيار القاعدة الجديد يساوي IB+Ib حيث أن Ib هي المركبة المتناوبة لتيار القاعدة والناتجة عن المنبع المتناوب وهذا يؤدي الي تغير مقاومة الدخل وفي نفس الوقت يؤدي الي تغير مقاومة الخرج وذلك بسبب انحياز نقطة التشغيل وبعد توزيع الجهد في دائرة الخرج بين مقاومة الحمل RL ومقاومة الخرج R0 ينتج بين طريفي مقاومة الخرج فرق جهد متناوب أكبر بعشرات المرات من جهد الدخل المتناوب علي قاعدة الترانزستر لذلك يمكن القول ان جهد المجمع والمشع يساوي VCE+VCe حيث VCe هي المركبة المتناوبة للجهد بين المجمع والمشع النتاجة عن الجهد المتناوب eG وكذلك نجد ان تيار المجمع الجديد يساوي ic+IC حيث ic هي المركبة المتناوبة لتيار المجمع والناتجة عن المنبع eG المتناوب ان تغيرات تيار المجمع تساوي تغيرات تيار المشع لتساوي الاثنين تقريباً ولكنها أكبر بعشرات المرات من تغيرات تيارات القاعدة لذلك ينتج الينا من هذه الدائرة تكبيراً للتيار وتكبيراً للجهد وبالتالي تكبيره تكبيرا كبيرا لاستطاعة القاعدة .

3-3 مميزات المكبر في توصيلة المشع المشترك:

- نعتبر توصيلة المشع المشترك الاكثر شيوعاً في دارات الترانزستر الاساسية.
- ربح التيار أكبر بكثير من الواحد ويصل احياناً الي أكثر من مائة .
- ربح الجهد علي ويعتمد علي ربح التيار وعلي النسبة بين مقاومة الحمل ومقاومة دخل الدائرة ويمكن بالتالي رفع الربح بزيادة مقاومة الحمل.
- ربح الاستطاعة عالي جداً ويصل الي الالاف .
- مقاومة الدخل متوسطة القيمة وتصل الي بضعة كيلو أوم فقط.
- مقاومة الخرج عالية نوعا ما تصل الي عشرات الكيلو أوم .
- هنالك فرق صفيحة $180^5$ بين اشارتي الدخل والخرج .

4-3 مساوي المكبر في توصيلة المشع المشترك:

- غير مستقر حرارياً ولو انه يمكن التغلب علي هذه السيئة جزئياً كما رأينا .

- تردد القطع منخفض نسبياً .

ثانياً : مكبر القاعدة المشترك :

3-5التشغيل الساكن :

لقد سبق ان رائينا في توصيلة مكبر المشع المشترك كيف يتم تأمين الجهود والتيارات المستمرة بدون تطبيق اشارة في المكبر وبالعودة الي الشكل [10/2] نجد المنبع VCE يؤمن انحياز القاعدة بالنسبة للنشاط ويؤمن مرور تيار القاعدة وكذلك يؤمن المنبع VCC و VBB انحياز المجمع بالنسبة للمشع ومرور تيار المجمع IC .

3-6 التشغيل الحركي :

نصل الي مدخل مكبر القاعدة المشتركة مولدة ترددات يعطي جهوداً متناوبة eg كما هو مبين في الشكل [1/3] اي موصلاً علي التسلسل مع منبع التغذية VBB والمقاومة المهاجمة RG وكما في حالة المشع المشترك تتراكب الجهود المتناوبة فوق جهود المنبع VBE وبالتالييظل فرق الجهد VBE مستمراً وانما سيتغير مؤدياً بذلك تغير تيار القاعدة IB.

شكل [1/3]

لنفرض ان تيار اشارة الدخل موجبة في لحظة معينة فانها تؤدي انقاص المعاكسة لها في الاتجاه وينقص تيار القاعدة مما يؤدي الي نقصان تيار المجمع فيقل هبوط الجهود علي مقاومة الحمل وجهد المجمع وهذا يعني ان وجود اشارة موجبة علي

مدخل وخرج الاشارة الموجبة اما اذا كانت اشارة الدخل سالبة فان الجهود تزيد بازدياد تيار المجمع الناتج عن تناقص تيار القاعدة .

3-7الربح او التكبير:

نبدا بتعريف عاهل تكبير التيار في توصيلة القاعدة المشتركة وهو النسبة بين تزايد تيار المجمع الي تزايد تيار المشع عند مقاومة اي œe= IC/IB اي ان قيمتها دائما اصغر من الواحد وتتراوح عادة بين 0.75 الي 0.99 وكلما اقتربت من الواحد كلما تحسنت خواص الترانزستر ومن السهل ايجاد علاقة تربط بين عامل تكبير التيار في توصيلة المشع المشترك وعامل تكبير التيار في توصيلة القاعدة المشتركة فنحن نعلم ان IE= IC +IB وبالتالي يمكن القول ان AIE=AIC+AIB .

3-8 مميزات مكبر القاعدة المشتركة :

- ربح الجهد عالي ومساوي لنظرية في توصيلة المشع المشترك .
- مقاومة الدخل صغيرة وقد تصل الي حدود عشرات الاوم .
- مقاومة الخرج عالية جداً وقد تصل الي مئات الكيلو اوم .
- منحني الاستجابة عريض جداً مما يفيد للعمل في الترددات العالية .
- لا يوجد فرق جهد في صفحة الدخل والخرج .
- استقراره الحراري افضل من توصيلة المشع المشترك .

المساوي :

- ربح التيار أقل من الواحد .
- ربح الاستطاعة صغير مقارنة مع توصيلة المشع المشترك .

ثالثاً : مكبر المجمع المشترك :

الشتغيل الساكن :

لقد سبق ان رائينا كيف يتم التوصيل في الثاني ويبين الشكل كيف يتم التوصيل ويؤمن المنبع VBB انحياز القاعدة بالنسبة للمشع وكذلك يؤمن المنبع VCC انحياز المجمع بالنسبة للمشع ولكن مقاومة الحمل تقع في دارة المشع ويكون

منبع التغذية VCC مقاومة صغيرة للتيار المتناوب لذلك يمكن اعتبار المجمع معرضاً بالنسبة للتيار المتناوب وعادة يوصل مكثف تمرير علي التوازي من المنبع بحيث ان له اعاقة صغيرة جداً ويعتبر المنبع وكانة مقصور بالنسبة للتيار المتناوب ويبين أدناه هذا الامر .

الشكل [2/3]

التشغيل الحركي :

نصل الي مدخل دارة مكبر المجمع المشترك مولدة ترددات EG كما هو مبين في الشكل وموصل علي التسلسل مع المنبع VBB والمقاومة المهاجمة RG وكما في الحالتين السابقتين تتراكب الجهود المتناوبة فوق جهد المنبع VBB وبالتالي لن يظل انحياز القاعدة مستمراً وانما سيتغير مؤدياً بذلك الي تغير تيار القاعدة .

لنفرض ان جهود الاشارة في لحظة معينة كان موجباً فانه يرفع من انحياز القاعدة الموجب وعليه يزداد تيار القاعدة بمقدار ($\Delta$IB) وينتج عن ذلك تيار المشع بمقدار ($\Delta$IE) وبالتالي يزداد فرق الجهد علي المقاومة بالاشارة السالبة فان الجهد علي المقاومة RL سوف ينقص بمقدار ($\Delta$DIE*RL) لان تيار المشع يكون قد تناقص بمقدار ($\Delta$IE) بسبب تناقص تيار القاعدة لانخفاض انحياز القاعدة.

تأمين الانحياز :

كما في الحالتين السابقتين نستخدم عادة منبع جهد واحد للتغذية لتأمين انحياز القاعدة والمجمع بالنسبة للمشع ويبين الشكل [3/3] الطريقة الشائعة

شكل رقم [3/3]

ونلاحظ هنا ان المقاومة RB2 موصلة علي التوازي مع مقاومة دخل الترانزستر ومقاومة الحمل RL فاذا كانت صغير القيمة فانها تسبب انخفاض مقاومة دخل المكبر يمكن بسهولة حساب قيم المقاومات بطريقة مشابهة للطرق المستخدمة في مكبر المشع المشترك .

3-9 ميزات مكبر المجمع المشترك:

- له ربح تيار علي وأكبر بواحد من ربح التيار في دارة المشع المشترك .
- مقاومة الدخل عالية جدا وقد تصل الي بضع مئات الكيلو اوم.
- مقاومة الخرج منخفضة وقد تصل الي بضع مئات من الاوم .
- ليس هنالك فرق صفحة بين اشارتي الدخل والخرج .
- تردد القطعة عالي نسبياً بالنسبة لتوصيلة المشع المشترك ولكن منخفض بالنسبة لتوصيلة القاعدة المشتركة .

المساوي :

- ربح الجهد منخفض وأقل دائماً من الواحد .
- ربح الاستطاعة ضعيف لذلك تعتبر دارة المجمع المشترك اقل الدارات استعمالاً .

## 3-10 تأثير مقاومات الحمل علي المكبرات :

### أولاً : علي ربح التيار :

في التوصيلات الاساسية الثلاثة يقل الربح مع ازداد مقاومات الحمل ويصل الي ادني قيمة له اي الدارة مفتوحة ويصبح التيار أكبر ما يمكن عند RL يساوي صفر ويجب ان نتذكر ان اعلي ربح تيار لا يناظره اعلي ربح استطاعة لان مقاومة الحمل في هذه الحالة تساوي صفر وبالتالي فان ربح الجهود سوف يصبح مساوياً للصفر وكذلك ربح الاستطاعة .

### ثانياً : ربح الجهود :

في حالة المشع المشترك والقاعدة المشتركة يصل ربح الجهد الي قيمة عالية مع ازدياد مقاومة الحمل اما في حالة المجمع المشترك فان ربح الجهد لا يمكن ان يتجاوز الواحد كما شبق وان رأينا في الفقرة السابقة .

### ثالثاً: علي مقومات الدخل:

يلعب فرق الصفحة بين اشارتي الدخل والخرج درواً كبيراً في تأثير مقاومة الدخل في مقاومة الحمل ففي دارة القاعدة المشتركة والمجمع المشترك لايوجد فرق صفحة مما ينتج عنه تغذية عكسية داخلية فتزداد مقاومته مع ازدياد مقاومة الحمل اما في حالة المشع المشترك فيوجد فرق صفحة اي لا توجد تغذية عكسية داخلية فان مقاومة الدخل ومقاومة الحمل للتوصيلات الثلاثة وتمتاز دارة المجمع المشترك عن غيرها بان مقاومة دخلها وتعتمد أكثر من غيرها علي مقاومة الحمل .

## 3-11 أنواع مكبرات القدرة :

تتكون معظم مكبرات القدرة من مراحل متعددة ومتعاقبة وتكون اليها الوسطية والداخلية عادة من الصنف (A) مما ينتج توليد تكبير كافي لتكبير المراحل الاخيرة التي تغذي الحمل ويكون مختلف القيم مثل الاشعة الكاثوتية او بسماعة وتعتبر دارات المكبرات ذات الاشارة الكبيرة وتقنية التشغيل وزيادة علي الاعتبارات الحرارية

من الامور المهمة لدراسة مكبرات الطاقة كما تتطلب بعض الدوائر الالكترونية مصدر قدرة مستمرة ويكمن استخدام مكبرات القدرة التي تحول الموجات المتناوبة لخطوط التغذية مكونة جهود مستمرة ذات سعة سابته .

12-3 مكبر القدرة صنف (A):

يوضح الشكل [4/3] مكبر ترانزستر مجهز بقدرة الي مقاومة الحمل RL والتيار IC الذي يمثل التيار الاني الكلي للجامع ويكون IC التغير الاتي للتيار مع القيمة التشغيلية لتيار الجامع IC ويمثلIB و Ib تيارات القاعدة ويرمز للجهد الاني الكلي بين الباعث والجامع بالرمز VC ويرمز للتغير الاني من القيمة التشغيلية بالرمز VC ويوضح الشكل [4/3] خواص الاخراج المستمرة لتيار ادخال القاعدة فاذا كان التيار جيبي الشكل فان الجهد والتيار للاخراج يكون جيبي ايضاً وتحت هذه الظروف يمكن اهمال التشويه اللاخطي ويتبين من هذا ان القدرة للاخراج تحسب بما يلي

$$B = VC*IV = IC^2 - RL$$

شكل رقم [4/3]

حيث ان VC و IC هما قيم (RMS) للجهد VC والتيار IC اي (جزر متوسط التربيع ) لهما وان RL مقاومة الحمل .

13-3دراسة النقطة Q:

يمكن حساب جهد السكون بين الجامع والباعث كهجد المجهز مطروحاً منه هبوط الجهد عبر مقاومة الجامع والباعث

VCE= VCC-IC(RC+RE)

لتعيين موقع النقطة Q يحسب VCE IC باستخدام الدائرة المكافئة المستمرة وبغد النظر عن نوع الانحياز المستخدم ولرسم النقطة Q نضع IC علي المحور العامودي VCE علي المحور الافقي فيمثل ICQ تيار الجامع الساكن وتمثل VCEQ جهد السكون بين الجامع والباعث .

## 14-3مكبر القدرة صنف (B):

يؤدي الاسلوب الشائع لعمل ترانزستر في مكبر القدرة صنف (A) الي اسهل الدوائر وأكثرها استقراراً من ناحية الانحياز لكنه يتطلب تحمل مدي تحمل (B max) مقدارة ضعف قدرة الحمل ويكون لتيار تشغيل الجامع 50% من تيار الشمع (نقطة Q في منتصف نقطة خط الحمل) ويمتاز مكبر القدرة صنف (B) "مكبر الدفع والسحب" بخاصيتين هما :

هبوط مدي التحمل الي خمس قدرة الحمل وهذه خاصية مهمة في موصلات الاتصال حيث الحاجة الي مقادير كبيرة من قدرة الحمل وبذلك يهبط مصرف التيار في حالة عدم وجود اشارة حوالي 1% من (I Seart) وهي الخاصية الثانية التي تكون مهمة في المنظومات التي تعمل بالبطاريات كما في مستقبلات الراديو العاملة بالترانزيستر يبقي عمل الترانزستر في مكبر صنف A ضمن المنطقة الفعالة خلال الذبذبة وهذا يعني ان تيار الجامع يسري خلال IE وتتكون دائرة دفع وسحب ترانزسترين من نوع باعث التابع حيث يهتم الترانزستر العلوي نوع NPN بنصف الذبذبة الموجبة من جهد المصدر ويهتم الترانزستر السفلي PNP بنصف الذبذبة السالبة القادمة من المصدر وبهذا يكون جهد الاخراج موجة جيبية كاملة ويمكن استبدال الترانزسترين السابقين بمكبرين من صيغة الباعث المشترك او استخدام محولات بدلاً من الترانزسترات المتممة .

## 15-3 مكبر القدره (C) :

يمكن الحصول علي قدرة كبيرة من مكبر صنف C أكبر من القدرة في مكبر صنف B يجب ان يؤلف المكبر علي تردد الموجة في تكبير الموجة الجيبية فالمكبير المؤلف من الصنف C هو دائرة حزمة ضيقة ويعد هذا المكبر أكثر

الاصناف كفاءة ويستخدم في المراحل الراديوية RF وان مدي تحمل القدرة يتراوح بين (watt 75:1) ويسري التيار في هذا الصنف باقل من ($180^0$) بكثير ويبدو مثل النبطات الضيقة وتكون النقطة Q عند القطع في حالة عدم وجود اشارة متناوبة اما عند وجود اشارة متناوبة فتشحن متسعة الاقتران بالقطبية الموجبة والسالبة ويكون طريق التفريغ الوحيد خلال المقاومة وللتعويض عن الفقدان القليل في الشحنة المتسعة خلال كل ذبذبة يتأرجح جهد القاعدة فوق الصفر جاعلاً ثنائي الباعث موصلاً خلال فترة وجيزة عند كل زرة موجبة وتكون زاوية التوصيل أقل بكثير من ($180^0$) وهذا هو السبب في كون شكل موجة التيار للباعث علي شكل سلسلة من النبطات الضيقة .