Ministry of high Education
and Scientific Research
Foundation of Technical
Education
Institute of Technical in Najaf

Communication- Dep

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

هيئة التعليم التقنـــــــــــــــي

المعهد التقني في النجف الأشـــرف

قســـــــم تقنيات الاتصـــــالات

2012 - 2011

أهداف المـــــــادة Performance Objectives

تعريف طالب المرحلة الاولى لقسم تقنيات الاتصالات بالمكونات الالكترونية المصنعة من اشباه الموصلات Semiconductorsبأختلاف انواعها وتركيبها وخواصها وتطبيقاتها في الدوائر الالكترونية وتحليل الدوائر الالكترونية رياضيا وحساب المعاملات الخاصة بها .

كما يتم اعطاء الطالب فكرة عن الالكترونيك الضوئي ومكوناته وتطبيقاتة ومن ثم شرح للمكونات الدوائر المتكاملة وتطبيقات مبسطة لمكبر العمليات (Operation Amplifier)

المفردات النظريـــــــــــه Course Syllabus

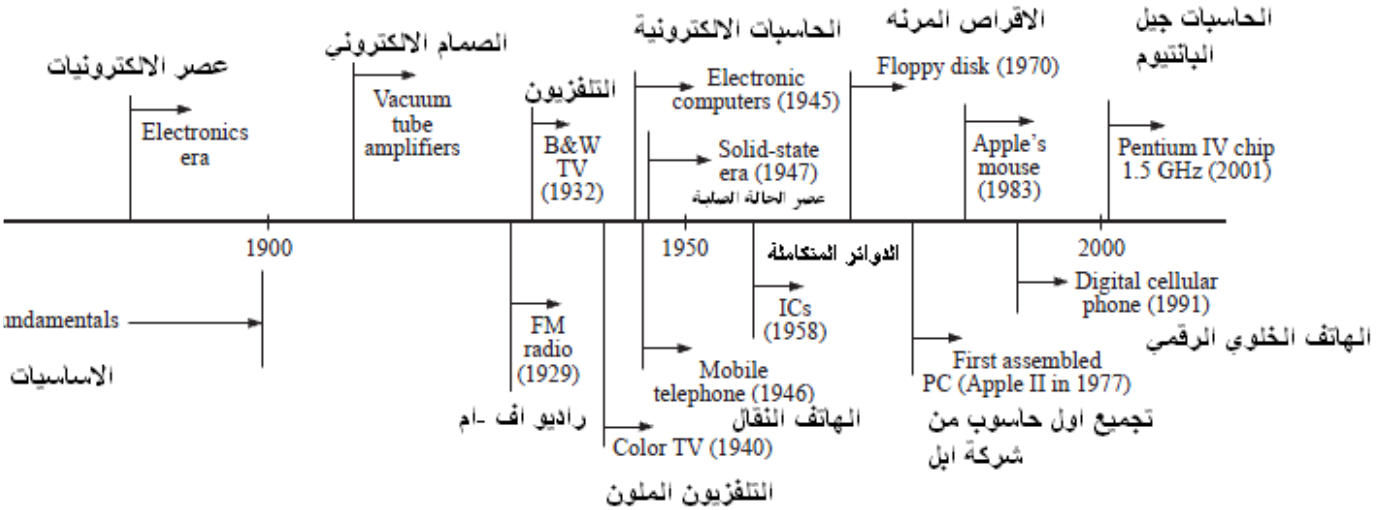
الأسبوع	التفاصيـــــــــــــــــــل
الأول	نظرية اشباة الموصلات - التركيب الذري - مستويات الطاقة - البلورات - التوصيل في البلورات - تيار الفجوة - كيفية تحرك الفجوات
الثاني	التطعيم – بلورة موجبة نوع (P) – بلورة سالبة نوع (N) – تيار الألكترونات - تيار الفجوات – المقاومة الاجمالية
الثالث والرابع	ثنائيات اشباه الموصلات الوصلة (PN)- تكوين منطقة الاستنزاف – الجهد الحاجز – تل الطاقة – التأثيرات الحرارية – الثنائي المنحاز – الانحياز الامامي – الانحياز العكسي – منحنيات الخواص في الاتجاهين المامي والعكسي – تيار العبور – تيار حاملات الاقلية – تيار التسريب السطحي – أعظم جهد انهيار عكسي (PIV max) - الدائرة المكافئة للثنائي - انواع الثنائيات
الخامس	الثنائي كموحد للتيار – موحد نصف موجة – القيمة المستمره للتيار (Idc) وحسابها – القيمة الفعالة للتيار (Irms)وحسابها – تردد الاخراج Fout - حساب الكفاءة لموحد نصف الموجة
السادس والسابع	توحيد الموجه الكاملة – بأستخدام محولة النقطة الوسطية - الموحد القنطري – حساب القيمة المستمرة والفعالة للتيار – استخراج تردد الاخراج – مقارنة بين انواع الموحدات – المرشحات – الترشيح باستخدام متسعه – مرشح (LC) – مرشح (RC)- جهد الاخراج المستمر – حساب معامل التموج – حساب الكفاءة لموحد الموجة الكاملة – مضاعفات الجهد – التقليم – التقليم الموجب - التقليم السالب – التقليم المركب – كاشف الذروه
الثامن والتاسع	ثنائي الزنر – تركيبه رمزه خواصه – الانكسار الانهياري – جهد النهيار العكسي للزنير – تحمل القدره – ممانعة الزينر وتأثير درجة الحراره – الدائرة المكافئة للزينر
العاشر والحادي عشر	الترانزستور ثنائي القطبية - تركيبه – مناطق التحيز– (αdc)- (βdc) – العلاقة بين (αdc) و (βdc) – انواع الانحياز – صيغ الربط – الدائرة المكافئة

	للترانزستور
الثاني عشر	منحنيات خواص الترانزستور – مناطق العمل – تعريف (Icbo) و(Iceo)- منحني الكسب التيار - العلاقة بين(IC) و (Icbo)
الثالث والرابع عشر	دوائر انحياز الترانزستور – انحياز القاعدة - انحياز الباعث – انحياز الجامع –الانحياز الذاتي - الانحياز بالتغذيه العكسية – انحياز مقسم الجهد – امثله تطبيقيه
الخامس عشر	الدوائر المكافئة المستمره للترانزستور – خط الحمل المستمر DC – Load line
السادس عشر	نقاط العمل – نقطة السكون (Q- point) – امثلة تطبيقية
السابع والثامن والتاسع عشر	الترانزستور في تكبير الاشارة الصغيرة – الدائرة المكافئة المتناوبة – الثوابت الهجينية(h- parameter) – كسب الجهد – كسب التيار – كسب القدرة – مقاومتا الدخل والخرج – مكبرات الاشارة الصغيره القاعدة المشتركة والباعث المشترك
العشـــــرون	استخدام الترانزستور في تنظيم الجهد – منظم الجهد توالي – منظم الجهد توازي – دائرة مصدر جهد مستمر DC – power supply
الحادي والثاني والعشرون	ترانزستور تأثير المجال الوصلي (JFET)- تركيبه رمزه – نظرية العمل – منحنيات الخواص – منحني الموصلية التبادلية – تعريف جهد الضيق (VP)وتيار (Idss)- منحنيات خواص (MOSFET)
الثالث والرابع والخامس والعشرون	دوائر انحياز ترانزستور (FET)- انحياز مصدر التيار الثابت – نقطة العمل – الانحياز الذاتي – الدائرة المكافئة لل(FET) في تكبير الاشارة الصغيرة – مقارنة بين انواع (FET)وبين (BJT)
السادس والعشرون	المقاومة المعتمدة على الضوء (LDR)- الثنائي الباعث للضوء – الثائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – لوحة القطع السبعة تركيبها وتطبيقاتها
السابع والثامن والعشرون	الموحد السلكوني المتحكم (SCR) – تركيبة – رمزه – خواصه نظرية عمله – الترياك – الدياك تركيبهما رمزهما خواص عملهما - مقارنة بين الثايرستور والدياك والترياك – حماية الثايرستور والدياك والترياك – حماية الثايرستور من (الجهد ، من تغير الجهد ، من التيار ، من تغير التيار)
التاسع واعشرون والثلاثون	الدوائر المتكامله – معناها – فكرة عن تصنيعها وتركيبها – مزاياها ومساوئها – مكبر العمليات(741)- رمزه اطراف التوصيل – استخداماته – تطبيقاته في تكبير الاشارات الصغيره – جمع الاشارتين – مفاضل – مكامل – قالب)

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ
قَالَ رَبِّ ٱشْرَحْ لِي صَدْرِي ٢٥ وَيَسِّرْ لِيٓ أَمْرِي ٢٦
وَٱحْلُلْ عُقْدَةً مِّن لِّسَانِي ٢٧ يَفْقَهُوا۟ قَوْلِي ٢٨
سورة طه
صدق ٱللَّهُ ٱلْعَلِيُّ ٱلْعَظِيمُ

علم الإلكترونيك

وهو العلم الذي يدخل في دراسة حركة حاملات الشحنة(الالكترونات – الفجوات) والسيطرة عليها باستخدم العناصر الالكترونية.(او العلم الذي يشمل دراسة الظواهر الفيزيائية المرتبطة بحركة الشحنات في المجالات الكهربائية والمغناطيسه) .والمخطط الزمني في الشكل ادناه يوضح مراحل تطور الصناعة الالكترونية.



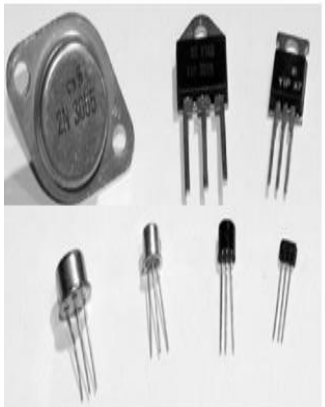
شكل - رقم (1)

المخطط الزمني لتطور الصناعة الالكترونيـــــــــــــــــة

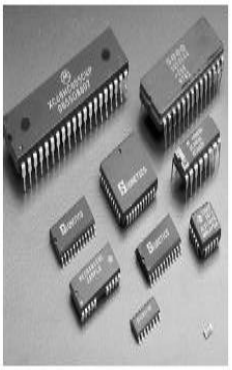
شكل رقم (2) يوضح مراحل تطور صناعة العناصر الالكترونية بالصـــــــور

الصمام الالكتروني

مجموعة مختلفة من انواع الدايودات



مجموعة مختلفة من الترانزستورات



مجموعة مختلفة من الدوائر المتكاملة (ICs) نوع المزدوج (DIL) و الرباعي (QIL)

الدوائر المتكاملة ذات المقياس العالي (LSI)

التركيب الذري

صور العالم بورالذرة المثالية أنها تتكون من نواة ذات شحنة موجبة مكونة من جسيمات متناهية في الصغر تدعى البروتونات وأخرى متعادلة الشحنة تدعى النيوترونات وان هذه النواة الموجبة الشحنه محاطه بجسيمات سالبة الشحنة تدعى بالالكترونات التي تحاول الانجذاب إلى النواة بحكم اختلاف شحنتيهما بقوة جذب ولكن نتيجة لحركة الالكترونات ودورانها بمدارات حول النواة تنشا قوة طرد مركزية (Centrifugal Force)مساوية لقوة الجذب بين الالكترونات والنواة في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه وعليه افترض العالم بور مايلي :-

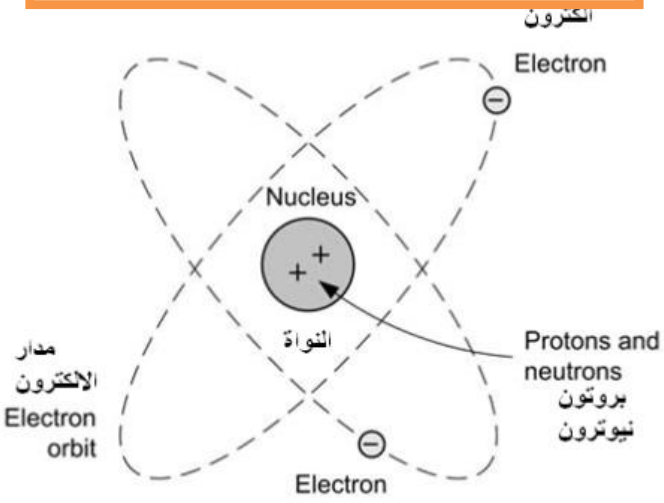
١ -<u>الفرض الاول</u> يتحرك الإلكترون حول النواة في مدار دائري تحت تأثير قوتين هما قوة الجذب الكهربائية بين الإلكترون والنواة وقوة الطرد المركزي .

٢ -<u>الفرض الثاني</u> كمية الحركة الزاوية للإلكترون حول النواة تأخذ قيماً عبارة عن اعداد صحيحة من ثابت بلانك (h)مقسومة على $\pi 2$

3- <u>الفرض الثالث</u>: أن الإلكترون لايشع طاقة ولايمتص طاقة ما دام يتحرك في مداره المحدد له(الذره مستقره) ولكن يمتص طاقة إذا انتقل من مدار اقرب للنواة إلى مدار ابعد عن النواة ويشع طاقة إذا انتقل من مدار ابعد عن النواة إلى مدار اقرب للنواة .

أن توزيع الالكترونات في المدارات يتم وفق العلاقة الرياضية التالية $e = 2N^2$

شكل رقم (3) يمثل نموذج العالم بوهير لذرة الهليوم



نطاقات الطاقة Energy Band

حيث أن :- e: عدد الالكترونات في المدار

N: رقم المدار(الغلاف)

h: ثابت بولتزمان $1.38 * 10^{-23}$

ذكرنا سابقاً أن الإلكترونات تدور في مدرات حول النواة وإن كلا مدار من هذه المدارات تحمل طاقة محدودة، وهذا يعني وجود مسافة بين مدار وآخر لا يستقر فيه الإلكترون وإنما يمر به لينتقل من مدار إلي آخر قد تزيد هذه المسافة وقد تقل على حسب الفرق في الطاقة بين المدارين، وكنتيجة للبناء البلوري لذرات المعادلة وأشباه الموصلات تتداخل إلكترونات الذرات المجاورة في الفراغ بين أنوية الذرات عليه فإن مستويات الطاقة (عدد المدارات) لكل ذرة تتحول إلى نطاقات لمستويات الطاقة وتكون على النحو التالي :

1 - نطاق المحظور FORBIDDEN BAND:

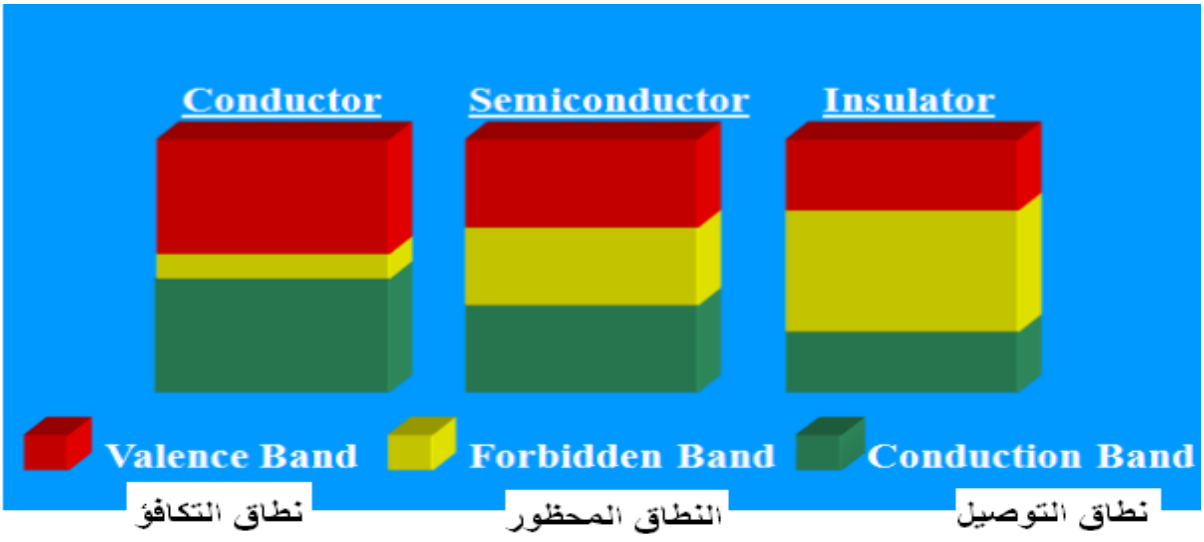
هو الفجوة (المسافة) في الطاقة بين كل نطاق وآخر.

2 - نطاق التكافؤ VALENCE BAND:

هو النطاق العلوي الذي يحتوي على سلسة مستويات الطاقة التي تحتوي على إلكترونات التكافؤ.

3 - نطاق التوصيل CONDUCTOR BAND:

يوجد أعلي في نطاق التكافؤ ويحتوي على الإلكترونات التي تكون سبباً في توصيل التيار الكهربائي. الحرة



مخطط كتلي يوضح مستويات الطاقة حسب نوعية المواد

تصنيف المواد

تصنف المواد حسب قابلية توصيلها للكهربائية الى ثلاثة اصناف :-

١. المواد الموصـــــــــــلة (Conductor Material)

وهي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي بالمرور من خلالها حيث يمتاز مدار التكافؤ(shell *Valence*) لذراتها بموجود الكترونات حره اكثر من اربعة الكترونـــــــــــات (Conductor=<4 electrons) كماانه لاتوجد فجوه بين نطاقي التوصيل والتكافؤ أي انها متداخله فيما بينها وهي مثل الذهب والفضة والنحاس والالمنيوم .

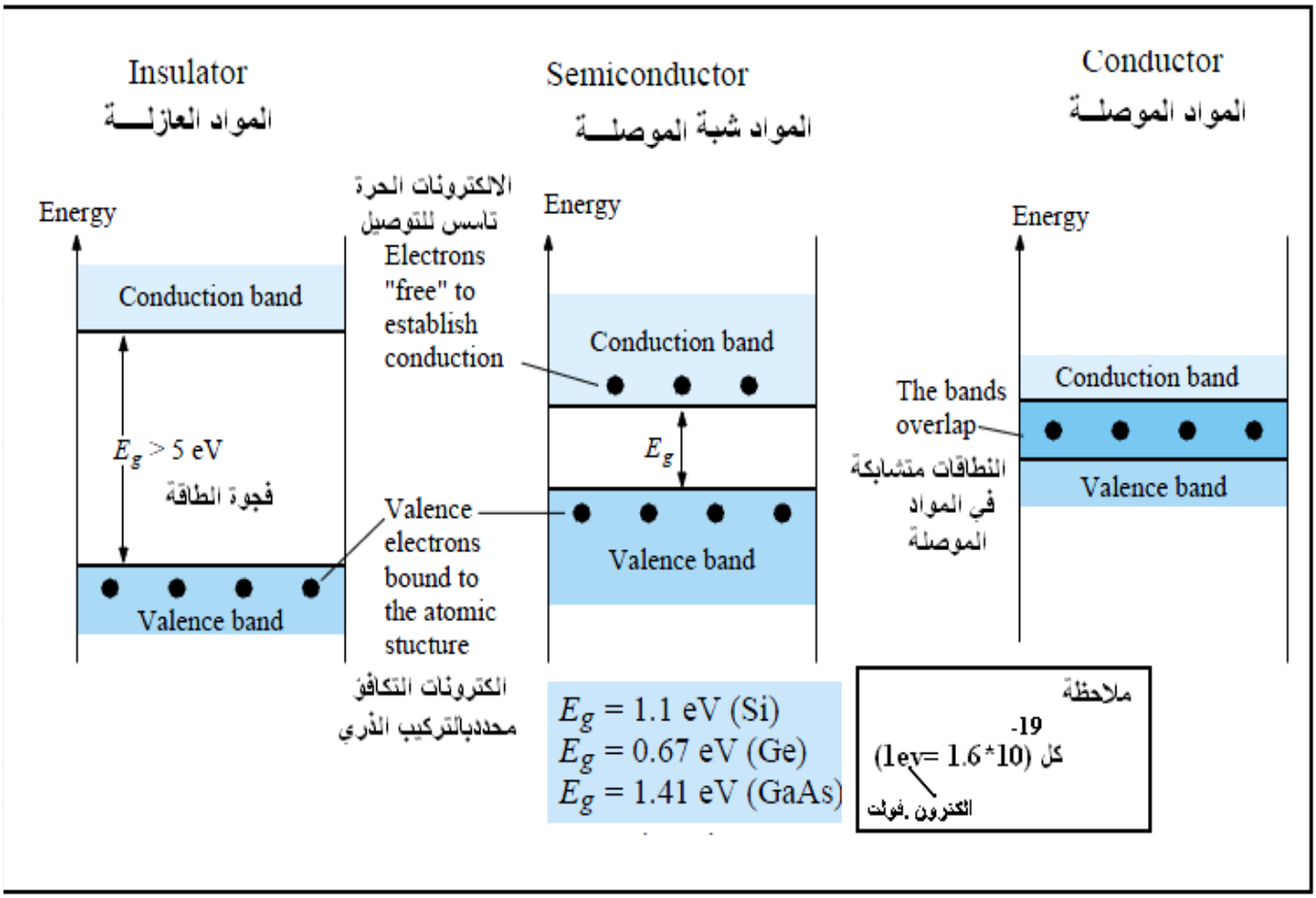
٢. الموادالعازلـــــــــــه (Insulator Material)

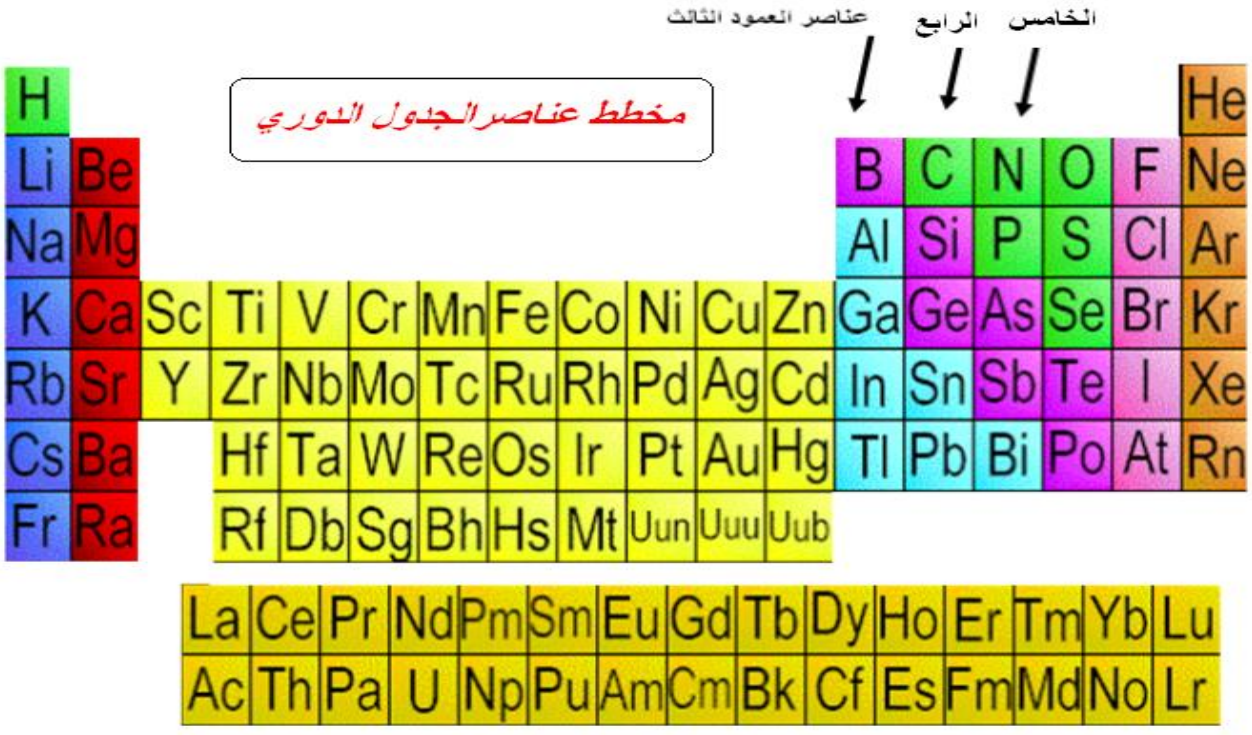
وهي المواد التي لاتسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها وذالك لاتساع الفجوه بين نطاقي التوصيل والتكافؤبحيث انه لايمكن لالكترون من الانتقال من نطاق التكافؤ الى نطاق التوصيل أي ان هذا النوع من المواد لايمتلك الكترونات حره (Insulator= > 4 electrons).

ذ

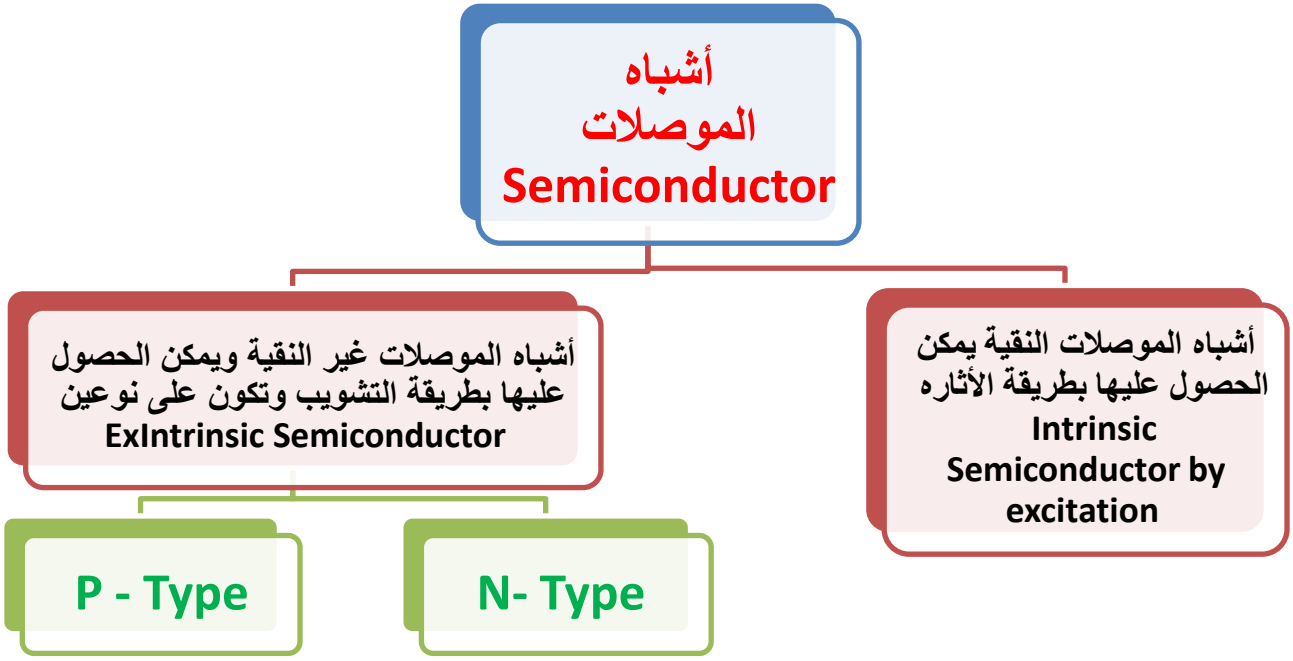
٣. الموادشبه الموصلـــــــــة (Semiconductor Material)

وهي المواد التي تسلك سلوك المواد الموصلة والمواد العازلة حيث تكون الفجوه بين نطاقي التكافؤ والتوصيل صغيرة فهي عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون عازلة اما عند زيادة درجة الحراره فان الالكترونات الموجوده في مدار التكافؤ تمتلك طاقة تستطيع بها الوصول الى نطاق التوصيل . وتمتلك اشباة الموصلات اربعة الكترونات في مدار التكـــــــــــــــافؤ(4 electrons => Semiconductor) وتتوفر المواد شبه الموصلة على الأرض إما على شكل عناصر فيزيائية خالصة تقع في العامود الرابع من الجدول الدوري وهي عنصري الجرمانيوم والسيليكون أو من مواد مركبة ناتجة عن خلط بعض عناصر العمود الثالث كالبورون والألمنيوم والأنديوم وال غليوم مع عناصر العمود الخامس كالفوسفور والزرنيخ (الأرسنيد) والبزموث منتجة مواد شبه موصلة كفوسفيد الإنديوم وأرسنيد الغليوم وغيرها من المركبات التي قد تتفوق على العناصر شبه الموصلة الخالصة في بعض خصائصها الكهربائية.


Insulator
المواد العازلـــة
Semiconductor
المواد شبة الموصلـــة
Conductor
المواد الموصلـــة
Energy
Conduction band
E_g > 5 eV
فجوة الطاقة
Valence band
الالكترونات الحرة تاسس للتوصيل
Electrons "free" to establish conduction
Valence electrons bound to the atomic stucture
الكترونات التكافؤ محددبالتركيب الذري
E_g = 1.1 eV (Si)
E_g = 0.67 eV (Ge)
E_g = 1.41 eV (GaAs)
The bands overlap
النطاقات متشابكة في المواد الموصلة
ملاحظة
كل (1ev= 1.6*10-19)
الكترون .فولت


عناصر العمود الثالث
الرابع
الخامس
مخطط عناصر الجدول الدوري
H He
Li Be B C N O F Ne
Na Mg Al Si P S Cl Ar
K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga Ge As Se Br Kr
Rb Sr Y Zr Nb Mo Tc Ru Rh Pd Ag Cd In Sn Sb Te I Xe
Cs Ba Hf Ta W Re Os Ir Pt Au Hg Tl Pb Bi Po At Rn
Fr Ra Rf Db Sg Bh Hs Mt Uun Uuu Uub
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr

ويمكن تقسيم اشباه الموصلات الى نوعين وحسب المخطط ادناه :

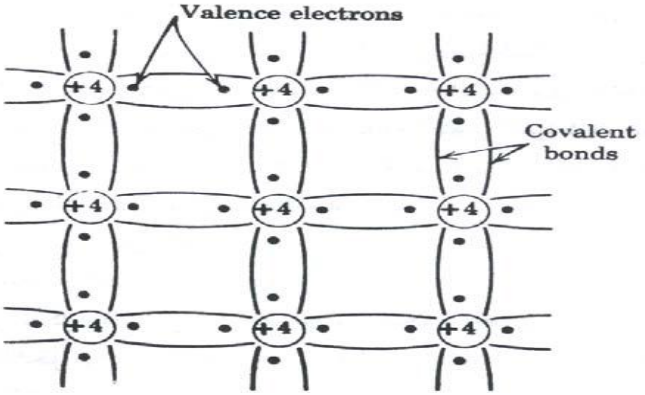


Intrinsic(pure) Semiconductor أشباه الموصلات النقية

تقع أشباه الموصلات المستخدمة في الأغراض الإلكترونية ضمن المجموعة الرابعة في الجدول الدوري أن هذه العناصر رباعية التكافؤ (وجود أربعة إلكترونيات في المدار الأخير) وأشهر هذه العناصر السليكون Si والجرمانيوم Ge ترتبط ذرات هذه العناصر مع بعضها في روابط تساهمية لتكوين ما يسمى باللورة (Crystal) المادة.

والتركيب العام للبلورة هو عبارة عن ترابط مجموعة من ذرات المادة في شكل هندسي دقيق منتظم ومتكرر يدعى بالتنسيق البلوري.

يبين الشكل ادناه تركيبا بلوريا رباعيا لأشباه الموصلات حيث إن وحدة خلية البلورة تتكون من ذرة تحيط بها أربع ذرات وحول كل ذرة توجد أربعة إلكترون. حيث يرتبط كل إلكترون بالذرة الخاصة به وبذرة أخرى مجاورة لينتج عن ذلك ترابط بين هذه الذرات تدعى بالترابط التساهمي



عند درجة حرارة الصفر المطلق تكون جميع إلكترونات التكافؤ لأشباه الموصلات موجودة في نطاق التكافؤ ولا يوجد منها في نطاق التوصيل لذلك فإن أشباه الموصلات في هذه الحالة تسلك سلوك العازل المثالي .

عند ارتفاع درجة حرارة البلورة إلى درجة حرارة الغرفة $300^{O}K$ تكتسب الكترونات التكافؤ طاقة حركية كافية لكسر الروابط التساهمية وتنتج عن ذلك تحرر إلكترونات وفي هذه الحالة يصبح شبه الموصل موصل جيد للكهرباء ولكن إذا ما قورنت مع موصلية المعادن مثل الفضة والنحاس فإنها تعتبر صغيرة جدا . ولذلك تمت إضافة الشوائب لأشباه الموصلات لزيادة توصيلتها

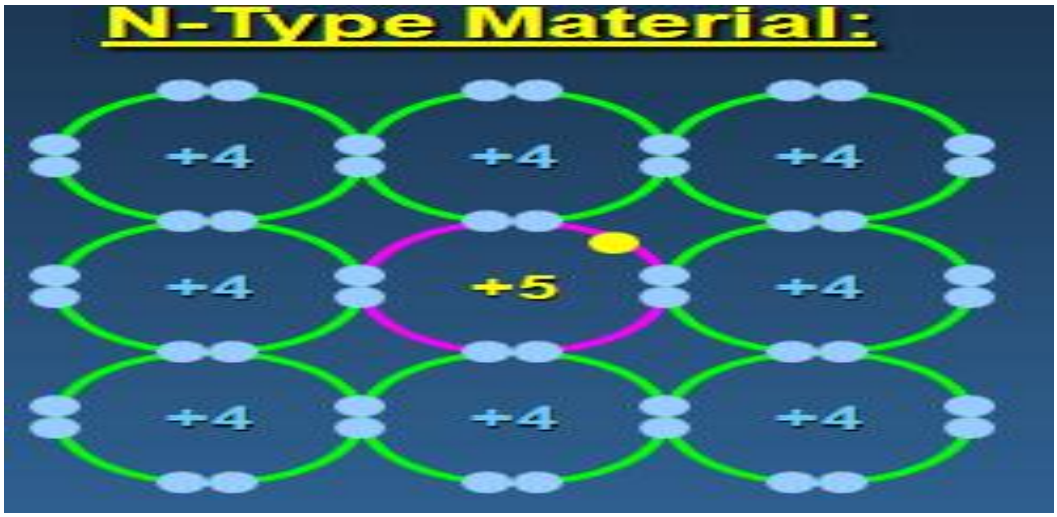
أشباه الموصلات غير النقية ExIntrinsic Semiconductor

يمكن زيادة موصلية أشباه الموصلات النقية وذلك بإضافة شوائب خماسية التكافؤ أو بإضافة شوائب من مواد ثلاثية التكافؤ إلى مادة شبه الموصل النقي بعناية وبمعدل مسيطر عليه. حيث تكون نسبة الشوائب المضافة إلي حوالي ذرة لكل مليون ذرة من السيلكون أو الجرمانيوم. تدعى وتصنف أشباه الموصلات إلي نوعين:

أولا": أشباه الموصلات نوع N (N - Type Semiconductor)

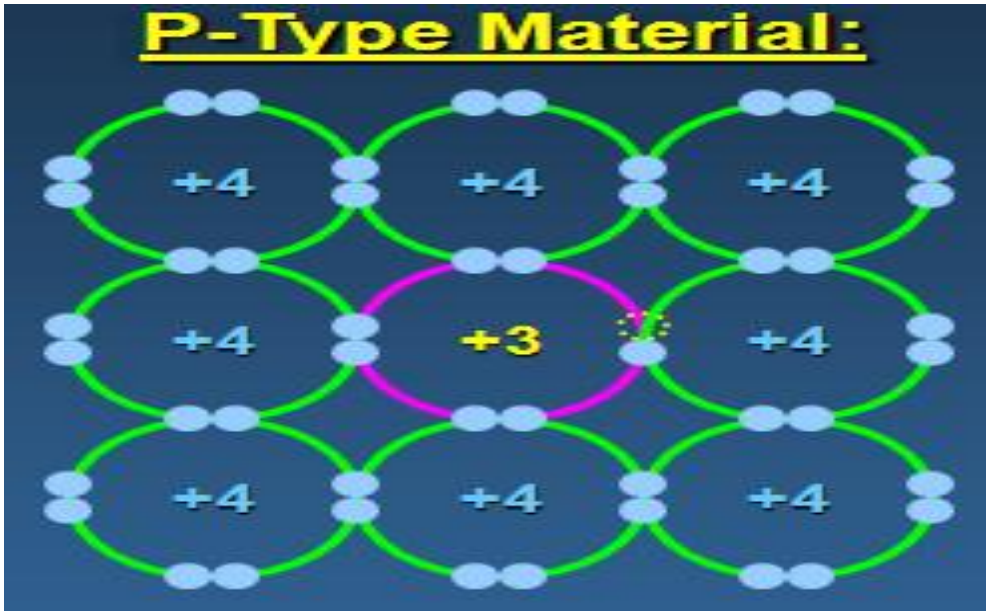
عند إضافة شوائب تحتوي على خمسة إلكترونات في مدارها الأخير إلي مادة شبه موصلة . فإن شبه موصل يكتسب موصلية إضافية تعرف بالموصل الإلكترونية وذلك لوجود إلكترون زائد عند عملية الترابط التساهمي لأن ذرة السليكون أو الجرمانيوم لا تحتاج إلا لأربعة الكترونات فقط فيصبح الإلكترون الخامس للشائبة حر. وكنتيجة للعملية السابقة تظهر كمية من الإلكترونات الحرة يكون عددها مساويا لعدد ذرات المادة الشائبة الداخلة في عملية التطعيم ويدعى هذا النوع من الشوائب الخماسية التكافؤ بالشوائب المانحة donor impurity

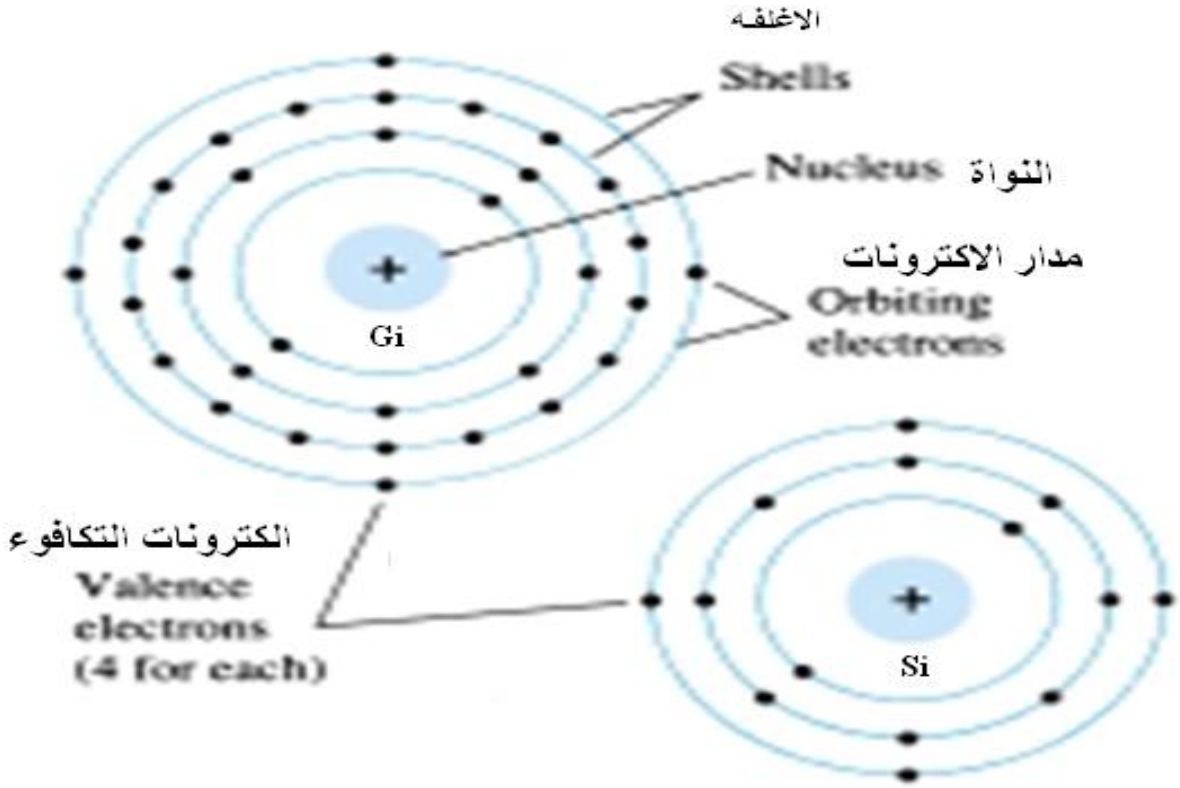
حيث تمنح الذرة الشائبة إلكترونا من إلكتروناتها الخمسة ليشترك في عملية التوصيل الكهربائي .



ثانياً:- أشباه الموصلات من نوع P - (P - Type Semiconductor)

عند إضافة شوائب تحتوي في مدارها الأخير على ثلاثة الكترونات إلى مادة السيلكون أو الجرمانيوم فإن الإلكترونات الثلاثة للمادة الشائبة ترتبط مع ذرات السيلكون أو الجرمانيوم بروابط تساهمية بينما تبقى الرابطة الرابعة غير مكتملة مما يؤدي إلي تكون فجوة Hole عندما تكتسب إلكترون من الذرة الرابعة للسليكون أو الجرمانيوم . ولذلك تسمي بالشوائب القابلـــــه Acceptor وكما في الشكل ادناه





التركيب الذري للسلكون Si والجرمانيوم Gi

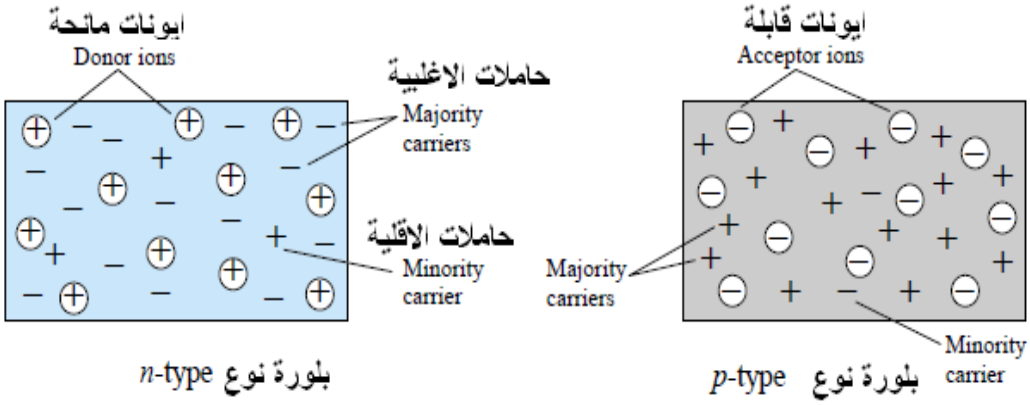
مماتقدم نستنتج ان هناك نوعين من ذرات التشويب (Impurity Atoms) هي :-

- **ذرات شوائب ثلاثية التكافوء (Trivalent)تمتلك ثلاثة الكترونات في مدار التكافوء مثل البرون (B) والجاليليوم (Ga) والاندنيوم (In).**

  نحصل من عملية التشويب هذه على بلورة نوع (P)

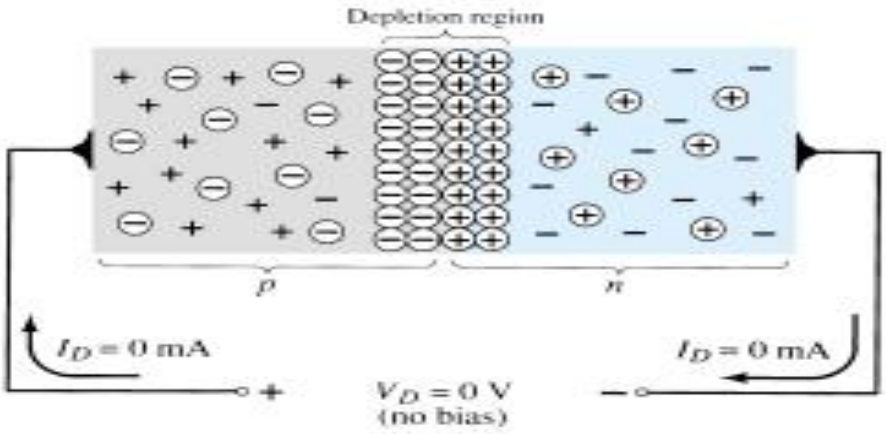
- **ذرات خماسية التكافوء (Pentavalent) تمتلك خمسة الكترونات في مدار التكافوء مثل الفسفور (P) والزرنيخ (As)والانتيمون (Sb).**

  نحصل من عميلية التشويب هذه على بلورة نوع (N)



الوصلـــة - P N (الموحـــد) في حالة عدم تطبيق جهد عليها

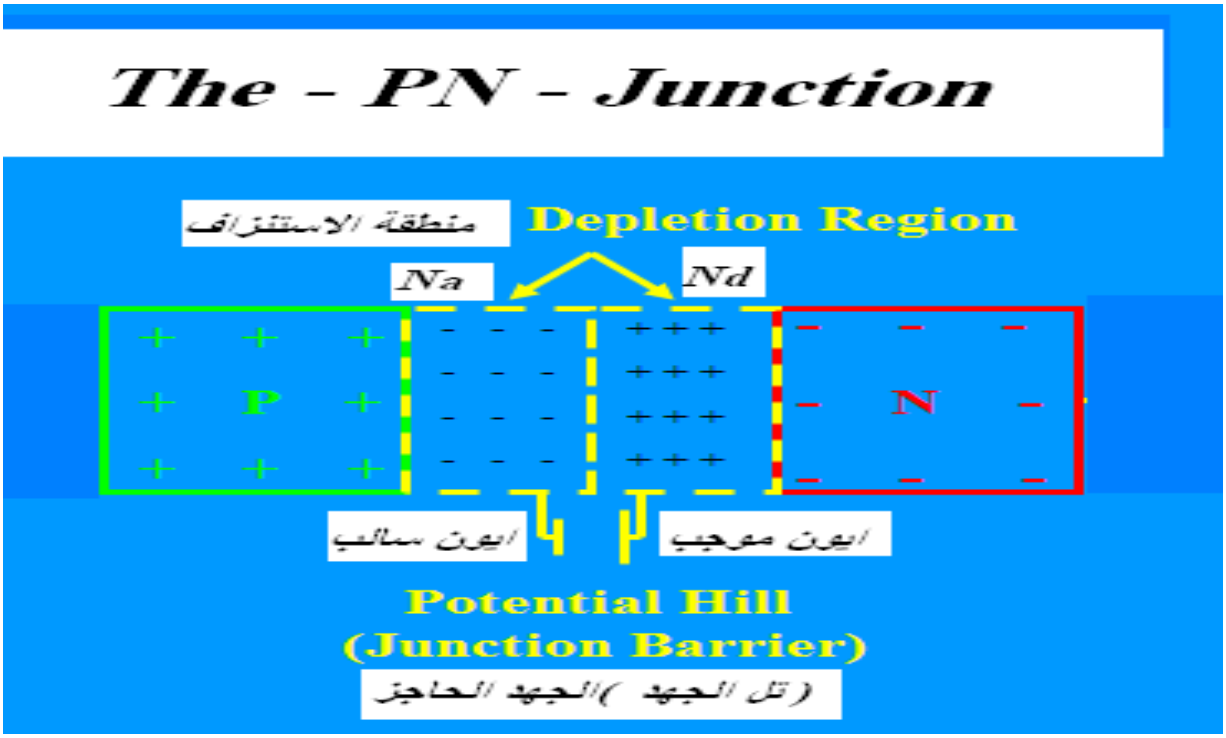
ذكرنا سابقا أن الوصلة n يوجد بها عدد كبير من الإلكترونات الحرة والوصلة p يوجد بها عدد كبير من الفجوات وعند وضع الوصلتين ملاصقتين لبعضهما بينهما حاجز فإن الإلكترونات في الوصلة n القريبة من الحاجز سوف تغادر إلي الفجوات في الوصلة p لتترك ذرتها الأم على شكل أيون موجب وكذلك الفجوات التي تعبر من المنطقة p إلي المنطقة n تبقي ذرتها الأم على شكل أيون سالب وهكذا تتكون شحنة فراغية على جانبي الفاصل تدعى بمنطقة الاستنزاف (Depletion Region) وعليه فإن هذه المنطقة تكون خالية تماما من أي حاملات للشحنة.



ثنائـــــي الوصلة (PN) The (PN) Junction Diode

يتم تشكيل ثنائي الوصلة p-n (الدايود) على بلورة أحادية ومتصلة من مادة شبه موصل نقي (سيلكون أو جرمانيوم) وطعم أحد أجزاء هذه البلورة بشوائب مانحة وطُعم الجزء الآخر بشوائب القابلـــــه

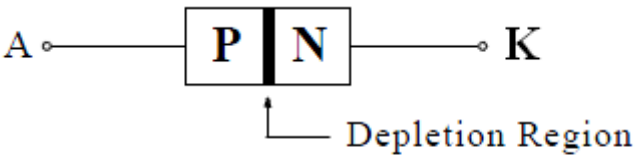
وجدير بالذكر أنه لا يمكن تشكيل ثنائي الوصل p-n بمجرد وضع قطعة من مادة شبه موصل نوع n ملاصقة لمادة نوع p لأن عدم الاستمرار به في البناء البلوري لمادة شبه الموصل يؤدي إلي ضياع كل الصفات التي يشكل الدايود من أجلها ويبين شكل ادنـــــاه تركيب ثنائي الوصل p-n حيث يحتوي هذا التركيب على حاجز (Barrier) يبين مادة شبه الموصل نوع p ويبين المادة نوع n ونظرا لهذا التركيب تكون غالبية حاملات التيار في مادة نوع p فجوات (Holes) بينما تكون غالبية حاملات الشحنة في المادة n هي الكترونات.



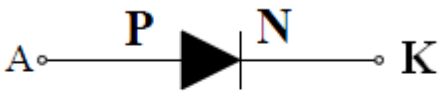
حيث ان :-

Na , Nd تمثل كمية التشويب السالبة والموجبة لعدد الحاملات لكل Cm^3
وعادة"تكون ضمن المدى(10^{20} . 10^{15})

ومن عملية عملية التصاق البلورة (N) مع البلورة (P) نكون قد حصلنا على الثنائي الموحد (Diode)حيث يسمى طرف البلوره (N) بالكاثود (K) فيما يسمى البلوره (P)بالانود (A) وكما موضح بالرمز والتركيب الفيزيائي



Physical Structure



Symbol

الجهد الحاجـــــز Barrier Potential

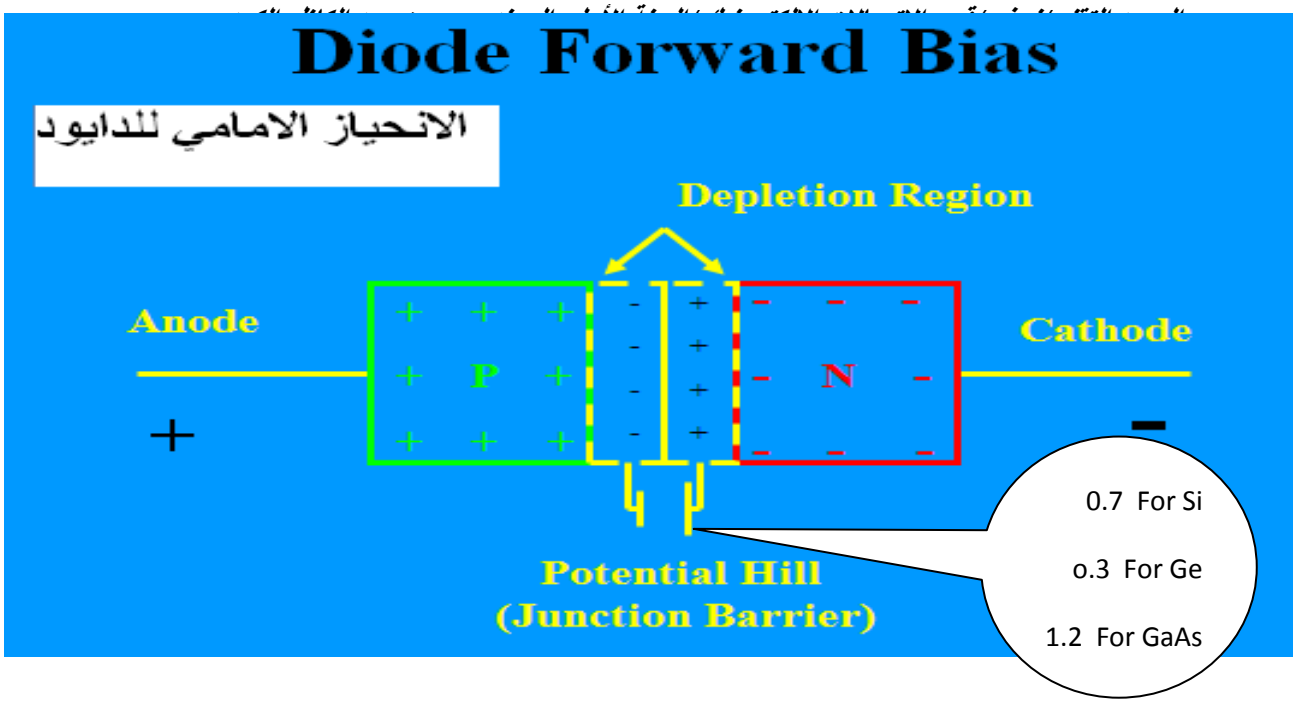
وهو الجهد الناشيء خلال الوصله (PN)بين البلورتين والذي يمنع حاملات التيار الاغلبية من العبور بين البلورتين وتعتمد قيمته على نوع المادة الاساسية لتركيب البلوره ومستوى التشويب ودرجة الحراره حيث انه يساوي (0.7 Si) و (0.3 Gi)و(1.2GaAs)

انحياز الموحـــــــد Diode Bias

عند التأثير على ثنائي الوصلة بجهد انحياز فإن ذلك يؤدي إلي اختلاف في التوازن بين حاملات الشحنة في المنطقة P والمنطقة n عن ذلك الذي كانت عليه عند عدم تطبيق جهد. وهنالك نوعان من الانحياز هما :

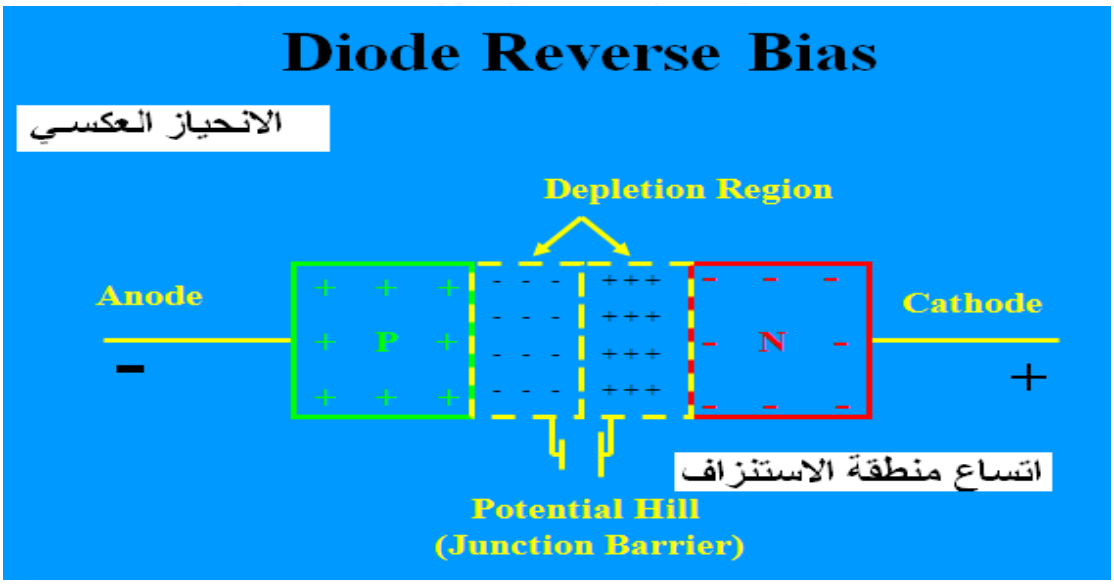
1- الانحياز الامامـــــي Forward Bias

عند وصل ثنائي الوصلة p-n ببطارية بحيث يكون الجانب p للثنائي الذي يسمى (أنود Anode) موصلا بالقطب الموجب للبطارية والجانب n للدايود الذي يسمى (كاثود Cathode) موصلا بالقطب السالب للبطارية كما موضح بالشكل ادناة حيث تسمى طريقة الربط هذه بالانحياز الامامي



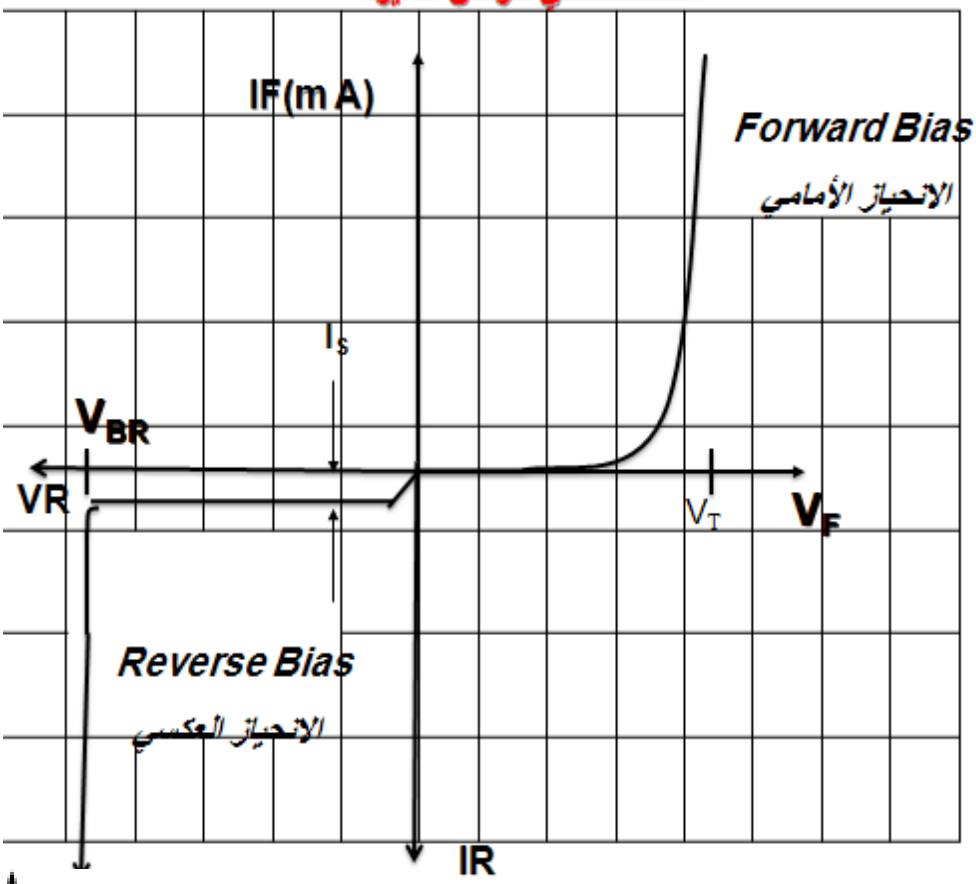
2-الانحياز العكســـي Reverse Bias

شكل ادنـــاه يوضح توصيل الموحد في حالة انحياز عكسي حيث القطب السالب موصل مع طرف الأنود A (P-Type) والقطب الموجب مع الوصلة n (الكاثود) عليه فان القطب السالب يجذب الفجوات في المنطقة الموجبة إلى خارج منطقة الاستنزاف والقطب الموجب يجذب الالكترونات الموجودة في الوصلة n إلى خارج منطقة الاستنزاف مما يؤدي إلى زيادة منطقة الاستنزاف (المنطقة الخالية من الشحنات) وبذلك تزيد مقاومة الموحد لمرور التيار إلى درجة كبيرة جدا وعندها لا يمر تيار إلا تيار صغير جدا يسمى تيار التسريب العكسي ناتج عن انتشار حاملات الشحنة الأقلية حيث إن الالكترونات في الجانب P والفجوات في الجانب n هما الحاملات الأقلية .



characteristics of Diodes

منحنـــــــي خواص الدايود



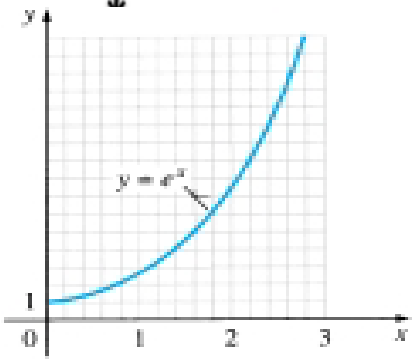
I_S = Saturation Current Reverse تيار التسريب العكسي

V_F =Voltage Forward Bias فولتية الانحياز الامامي

V_{BR} = Breakdown Voltage فولتية الانهيار

VR= Voltage Reverse Bias فولتية الانحياز العكسية

V_T= Barrier Potential Voltage فولتية الجهد الحاجز



نلاحظ ان العلاقة بين التيار الامامي والفولتية الامامية هي علاقة اسيية كما موضحة بالشكل

$$y = e^x$$

Diode Ratings Specifications مواصفات الدايود القياسية

لكي نختار الدايود في التطبيقات العملية يجب التعرف على مواصفاتة التي تتلائم مع حاجة الدائرة الالكترونية المراد اسخدام الدايود فيها وهذا يتم بالتعرف على المواصفات القياسية الموضحة بالبيانات الصادرة عن الشركات المصنعة للعناصر الالكترونيه (Data Sheet).

1. الفولتية العكسية Peak Inverse Voltage (PIV)

وهي اعظم فولتية عكسية يمكن تطبيقها على الدايود دون ان يتحطم وتسمى في بعض الاحيان PRV . VR . VRB . VRM

2.معدل التيار الامامـــي Averge Forward Current

وهي قيمة التيار المستمر التي يمكن للدايود ان يمررها عند درجة الحرارة الطبيعية 25Cويكتب ($I_{F(av)}$, I_{FM})

3.تيار التدفق الامامـــي (تيار اللحظي) Forward Surge Current

وهو اعظم تيار يمر بأمان خلال الدايود ولفتره قصيرة جداً(1sec) ويكتب (I_{Fs})

4.أعظم فولتية امامية Maximum Forward Voltage

وهي أعظم فولتية امامية يتحملها الدايود دون ان يتلف وتكتب V_{FM}

5 .الفولتية الاماميـــــــــة Forward Voltage

وهي الفولتية الامامية عند درجة حرارة معينة لقيمة تيار مصنفة وتكتب V_F

6 .التيار العكســـــــي Reverse Current

أعظم قيمة تيار الاشباع العكسي عند اعظم فولتية عكسية لدرجة حرارة معينة ويكتب I_{RM} , I_R

7. القدره المبدده Power Dissipation

أعظم قدرة يمكن للدايود ان يتحملها بأمان في الانحياز الامامي عند درجة الحراه الطبيعية 25C

8. الوقت العكسي Reverse Time

أعظم وقت للعنصر للتحول من حالة التوصيل الى القطع (ON-to –OFF stat)ويكتب t_{rs}

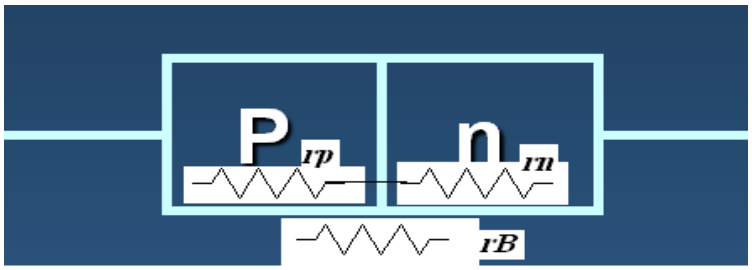
جدول يوضح بعض المواصفات للدايود Characteristics of some common semiconductor diodes

Device	*Material*	*PIV*	I_F max.	I_R max.	*Application*
1N4148	Silicon	100 V	76 mA	25 nA	General purpose
1N914	Silicon	100 V	75 mA	25 nA	General purpose
AA113	Germanium	60 V	10 mA	200 µA	RF detector
OA47	Germanium	25 V	110 mA	100 µA	Signal detector
OA91	Germanium	115 V	50 mA	275 µA	General purpose
1N4001	Silicon	50 V	1 A	10 µA	Low-voltage rectifier
1N5404	Silicon	400 V	3 A	10 µA	High-voltage rectifier
BY127	Silicon	1.250 V	1 A	10 µA	High-voltage rectifier

معاملات الدايـــــــــود Diode Parameters

١. المقاومة المطلقة(r_B) Bulk Resistance

وهي حاصل جمع مقاومة البلورة Nو البلورة Pالمادة المصنوعة منها البلورة



$$r_B = r_p + r_N$$

$$r_B = \frac{V - V_B}{I_F}$$

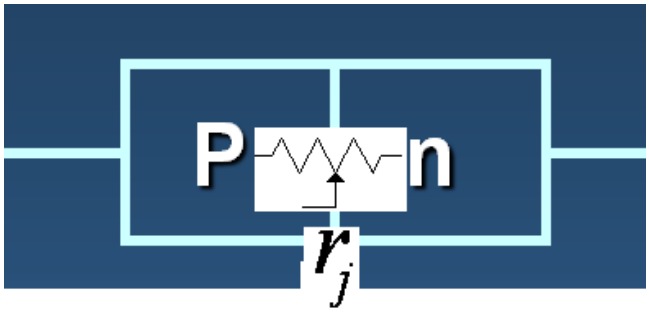
وعادة تكون r_B تكون صغيرة جدا"

٢. مقاومة الوصلـــــــــه Junction Resistance(r_j)

وهي المقاومة في حالة الانحياز الامامي وتعتمد على مقدار التيار المستمر الامامي وتحسب كما يلي :-

$$r_j = \frac{25mv}{I_F} \quad for \rightarrow Ge$$

$$r_j = \frac{50mv}{I_F} \quad for \rightarrow Si$$

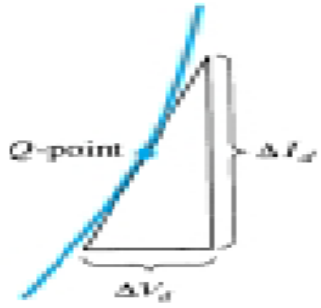


نلاحظ ان مقاومة الوصلة متغيره

٣. المقاومة الدينامكية (المتناوبة)- Dynamic or (ac) Resistance

وهي المقاومة الحاصله من تغيرات تيار الانودبسبب الازاحة الحاصلة في نقطة عمل الدايود (Q- point) و التي تنعكس على فولتية الدايود حيث يمكن حسابها وذلك برسم مماس لمنحني خواص الدايود ثم اخذ التغيرات للفولتية (ΔV/ΔI) وكما موضح بالرسم ادناه .

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$



الشكل يوضح طريقة حساب المقاومة الديناميكية للثنائي

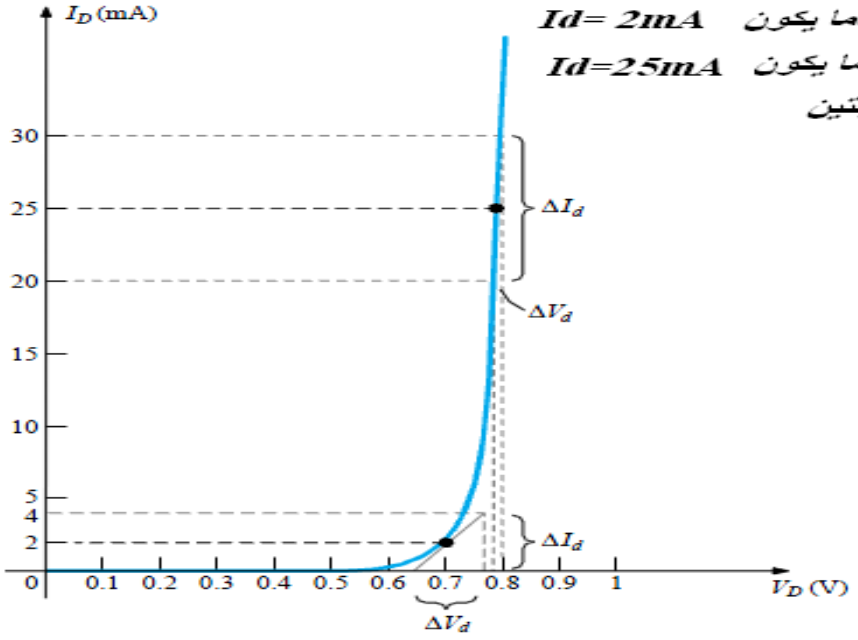
EXAMPLE مثال

من خلال رسم الخواص الامامية للثنائي حدد مايلي :-

1 / احسب rd عندما يكون Id= 2mA

2 / احسب rd عندما يكون Id=25mA

3 قارن بين النتيجتين



Soultion

نرسم مماس لمنحني الخواص عند ما Id=2mA

$$\Delta I_d = 4\text{ mA} - 0\text{ mA} = 4\text{ mA}$$

$$\Delta V_d = 0.76\text{ V} - 0.65\text{ V} = 0.11\text{ V}$$

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.11\text{ V}}{4\text{ mA}} = 27.5\ \Omega$$

عندما Id= 30mA

$$\Delta I_d = 30\text{ mA} - 20\text{ mA} = 10\text{ mA}$$

$$\Delta V_d = 0.8\text{ V} - 0.78\text{ V} = 0.02\text{ V}$$

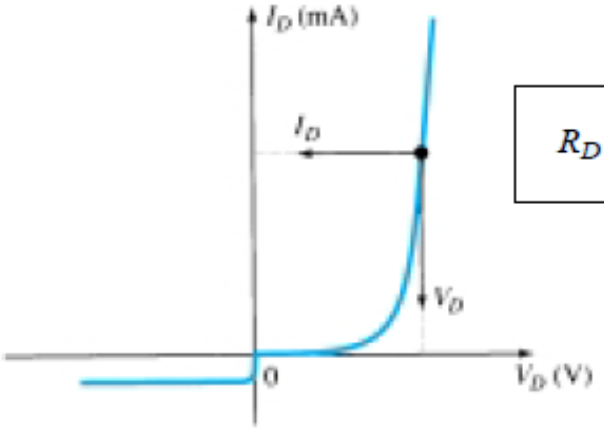
$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.02\text{ V}}{10\text{ mA}} = 2\ \Omega$$

4 . المقاومة الساكنـــــــــــــــة DC or Static Resistance

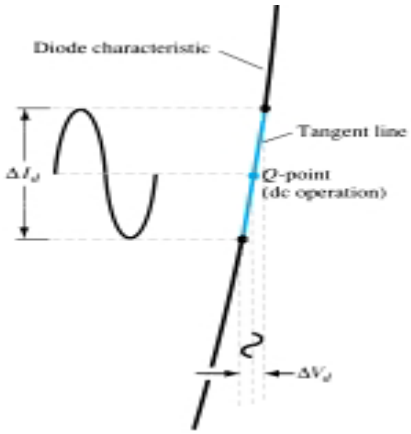
تطبيق فولتية مستمر على دائرة تحتوي على شبه موصل (دايود) سوف ينتج نقطة عمل ساكنة للتتغير مع الزمن .

المقاومة في هذه الحالة تدعى بالمقاومة المستقرة او (المستمرة) (DC – Resistance)والتي يمكن حسابها بواسطة ايجاد مستويات الفولتية والتيار المناظره لنقطة العمل (Q-point)وحسب المعادلة ادناه :-

مستويات المقاومة عند الانحناء تكون اكبر مقارنة" بموستوياتها في المقطع العمودي لمنحني الخواص

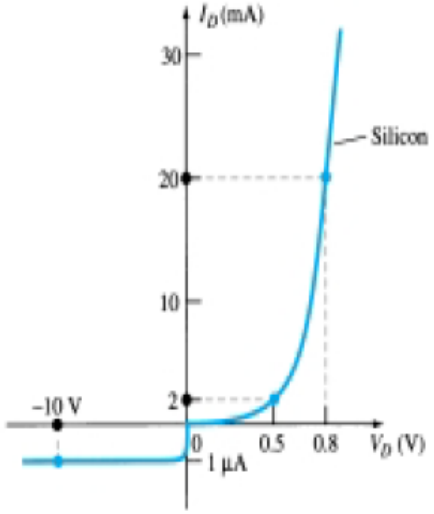


$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$



EXAMPLE مثال

احسب مقاومة الدايود المستمره اذا علمت



1- Id=2mA
2- Id=20mA
3-Vd=-10v

Solution

At $I_D = 2$ mA, $V_D = 0.5$ V (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.5\text{ V}}{2\text{ mA}} = 250\ \Omega$$

At $I_D = 20$ mA, $V_D = 0.8$ V (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.8\text{ V}}{20\text{ mA}} = 40\ \Omega$$

At $V_D = -10$ V, $I_D = -I_s = -1\ \mu$A (from the curve) and

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{10\text{ V}}{1\ \mu\text{A}} = 10\ \text{M}\Omega$$

5 . المقاومة العكسية الساكنة R_R Reverse DC – Resistance

وهي المقاومة العكسية التي يبديها الدايود بالانحياز العكسي ويمكن حسابها من العلاقة أدناه :-

$$R_R = \frac{V_R}{I_R}$$

6. معادلـــــــــــة تيار الدايود Equation of Diode Current

$$I_D = I_S(e^{VD/\eta VT} - 1)$$

$$VT = \frac{KT}{q}$$

حيث ان :-

VT :- الفولتية الحرارية المكافئة ويمكن حسابها من العلاقة التالية

η:- معامل أشعاع الدايود (emission coefficient for the diode)ويساوي (1) للجرمانيوم و(2) للسليكون

IS :-تيار الإشباع العكسي(Reverse saturation current)

حيث أن :-

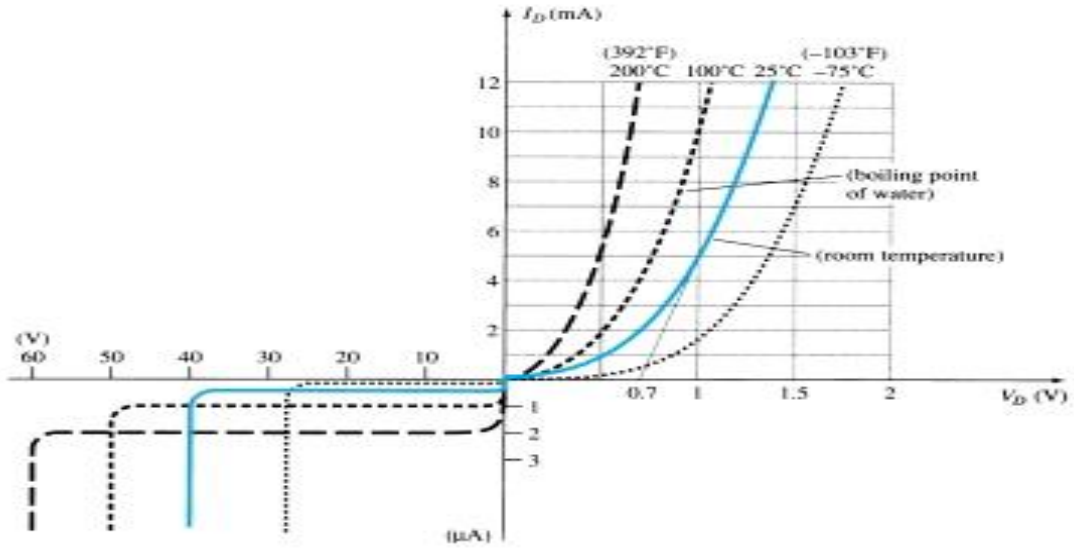
K :- ثابت بولتزمان ويساوي ($1.38*10^{-23}$)

T:- درجة الحرارة بالكلفن T=273 + C

Q:- شحنة الإلكترون وتساوي ($1.681\ 0^{-19}$)

التاثيرات الحرارية على الدايـــــود Temperature Effects

ارتفاع درجات الحرارة يمكن ان يؤثر على خواص الدايود حيث ان تيار الاشباع العكسي (Is)يضاعف في حالة زيادة درجة الحرارة كل (10°) حيث ان ه كلما زدادة درجة حرارة الدايود قل جهد الحاجز (VB) وكما موضح بالشكل ادناه



شكل يوضح التاثير الحراري على خواص الدايود

ويمكن حساب التاثيرات الحرارية كما يلي

$$V_B = \frac{KT}{q} \ln\left(\frac{N_A.N_D}{ni^2}\right)$$

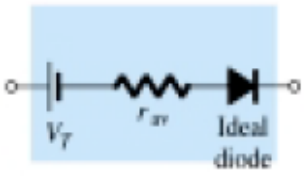
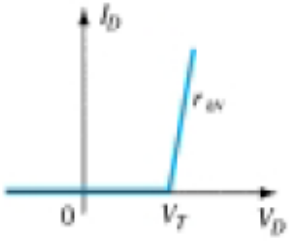
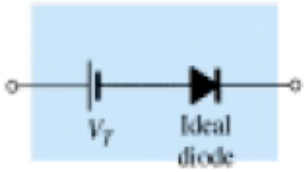
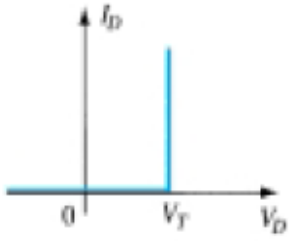
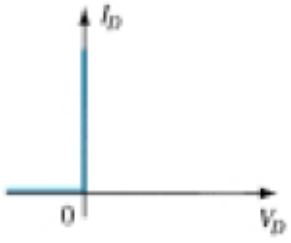
عند ارتفاع درجة الحرارة فإن البسط سوف يزداد ، ولكن بالمقابل فإن ارتفاع درجة الحرارة سوف يزيد من حاملات الشحنات في السليكون النقي (ni) وهذا يعني أن المقام سوف يزداد بنسبة (ni^2) ، وبالنتيجة فإن الزيادة في المقام سوف تكون أكبر من الزيادة في البسط عند ارتفاع درجة الحرارة . وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة سيقلل من الجهد المسلط على الثنائي . عملياً فإن جهد الإعاقة يقل بمقدار 2mV لكل زيادة درجة مئوية واحدة فى درجات الحرارة ،

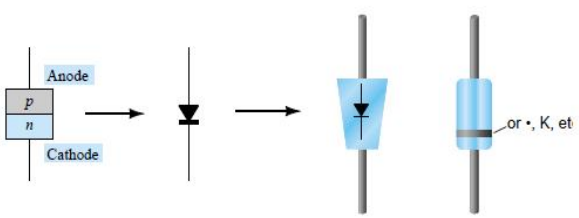
$$\Delta VB = -o.oo25\Delta T$$

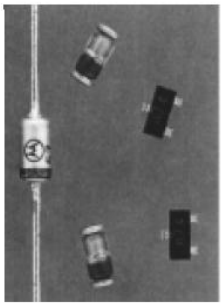
تبسيط الدوائر المكافئة للدايـــــــود Simplified Equivalent Circuit

الجدول ادناه يوضح النماذج المكافئة للدايود

Diode Equivalent Circuits (Models) جدول يمثل نماذج الدوائر المكافئة للدايود

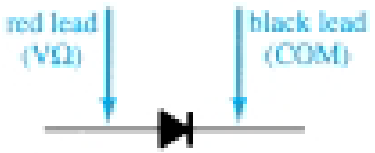
Type	Conditions	Model	Characteristics
النموذج الخطي linear model			
النموذج المبسط Simplified model	$R_{network} \gg r_{av}$		
النموذج المثالي Ideal device	$R_{network} \gg r_{av}$ $E_{network} \gg V_T$		



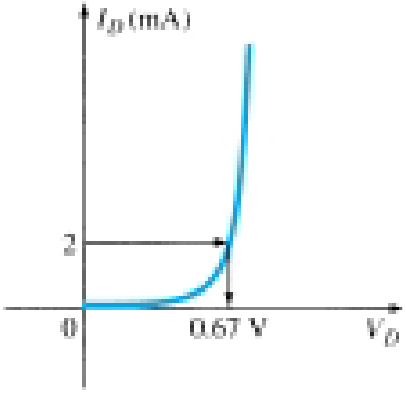


فحص الدايـــــــــــود DIODE TESTING

يمكن فحص صلاحية الدايود وذلك بأستخدام جهاز الاوميتر وكما موضح بالرسوم التوضيحية ادناه



(a)



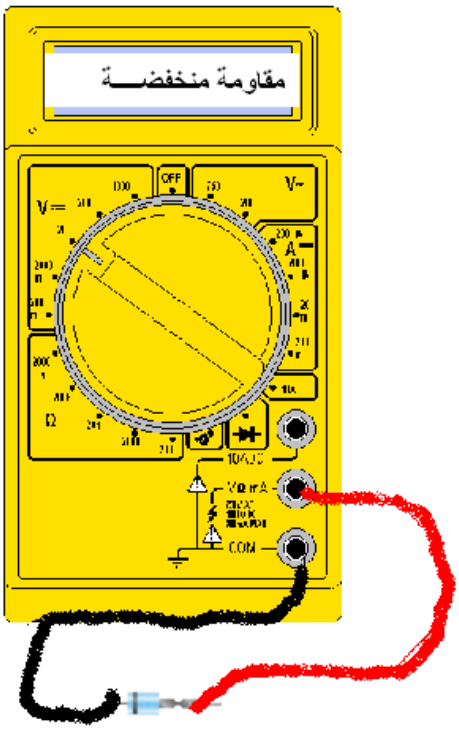
(b)

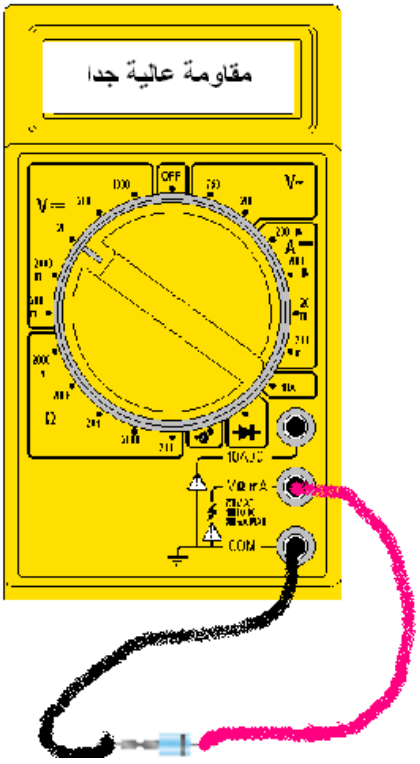
فحص الدايود بالاتجاه الامامي forward-bias

يقرأ جهاز الاوميتر مقاومة منخفضة

فحص الدايود بالاتجاة العكسي Reverse bias

يقرأجهاز الاوميتر مقاومة عالية جدا





مثـــال EXAMPLE

احسب الجهد الحاجز لدايود من السلكون عند درجة حراره للوصلة 100C و عند 0C

Solution

$$\Delta V = -0.0025\Delta t$$
$$\Delta t = (t_2 - t_1) = 100 - 25 = 75C^\circ$$
$$\Delta V = -0.0025 \times 75 = -0.15v$$
$$VBat100C^\circ = 0.7 + (-o.15) = o.55v$$
$$\Delta t = (0 - 25) = -25C^\circ$$
$$\Delta V = -0.0025\Delta t$$
$$= -0.0025 \times (-25) = 0.05$$
$$VBat\,0C^\circ = 0.7 + 0.05 = 0.75v$$

مثـــال EXAMPLE

دايود سلكوني فرق الجهد على طرفيه في النحياز الامامي يساوي (1.2v) وتيار امامي (100mA) فيمات يكون التيار العكسي (1µA) عند فولتية انحياز عكسية مقدارها (-10V) احسب

(1) المقاومه المطلقة (R_B) و المقاومه العكسية (R_R)

(2) المقاومة المتناوبة (r_d) عندما التيار يساوي(2.5m A) و(25mA)

Solution

$$r_B = \frac{VF - VT}{IF} = \frac{1.2 - 0,7}{100mA} = 5\Omega$$
$$R_R = \frac{VR}{IR} = \frac{10v}{1\mu A} = 10M\Omega$$
$$r_j = \frac{50mv}{2.5}\,20\Omega$$
$$Rd = R_B + r_j = 5 + 10 = 15\Omega$$
$$r_j = \frac{50mv}{25mA} = 2\Omega$$
$$Rd = R_B + r_j = 5 + 2 = 7\Omega$$

مثـــال EXAMPLE

وصلة P-N مصنوعة من السليكون . كثافة الشوائب في طبقة P (10^{22} carrier/m^3) ، وفي طبقة N (1.2×10^{21} carrier/m^3) . أوجد :

A . الجهد الحراري Thermal Voltage .

B . جهد الإعاقة عند درجة حرارة 25°

Solution

كثافة الشوائب في الطبقة P هي N_A والتي تساوي 10^{22} carrier/m^3 . بينما كثافة الشحنات في الطبقة N هي N_D والتي تساوي 1.2×10^{21} carrier/m^3

$$V_T = KT/q$$
$$= 1.38\times10^{-23}\times(25+273) / 1.6\times10^{-19}$$
$$= 25.7 \text{ mV}$$

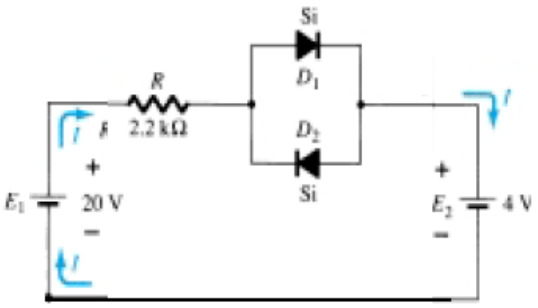
$$VB = V_T \ln (N_A . N_D / ni^2)$$

$$= 25.7\times10^{-3} \ln (10^{22}\times1.2\times10^{21} / (1.5\times10^{16})^2)$$
$$= 0.634 \text{ V} .$$

بالنسبة لكثافة الحاملات ni الموضوعة في الحل فهي كثافة تركيز الحاملات في المتر المكعب بالنسبة للسليكون (أي أنها قيمة ثابتة)

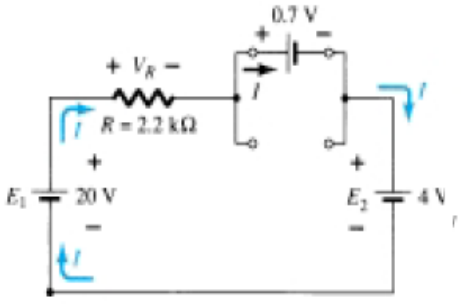
مثـــال EXAMPLE

حدد التيار المار بالدائرة الموضحة بالشكل ادناه



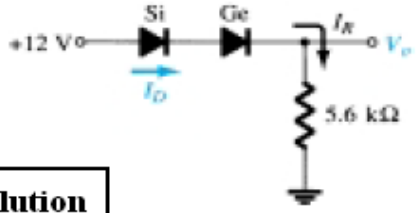
Solution

يمكن اعادة رسم الدائرة بالاعتماد على انحياز الدايودين وكما موضح بالرسم ادناة



$$I = \frac{E_1 - E_2 - V_D}{R} = \frac{20 \text{ V} - 4 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{2.2 \text{ k}\Omega} \cong 6.95 \text{ mA}$$

مثـــــال EXAMPLE

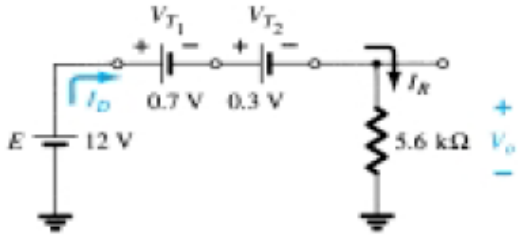


أحسب فولتية الاخراج Vo, ID للدائرة الموضحة بالشكل ادناه
مع رسم الدائرة المكافئة

Solution

$$V_o = E - V_{T_1} - V_{T_2} = 12\text{ V} - 0.7\text{ V} - 0.3\text{ V} = \mathbf{11\text{ V}}$$

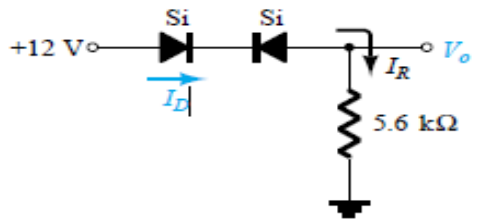
$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R} = \frac{11\text{ V}}{5.6\text{ k}\Omega} \cong \mathbf{1.96\text{ mA}}$$

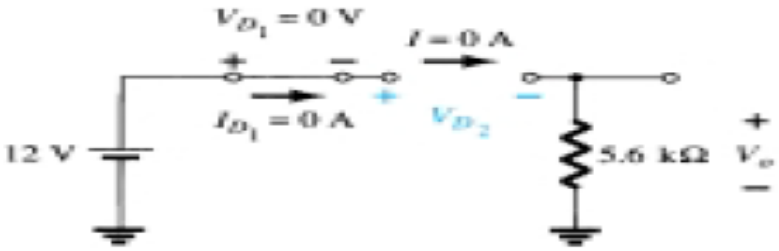


الدائرة المكافئة

مثـــــال HW EXAMPLE

في الدائرة الموضحة ادناه احسب I_D, V_{D_2}, V_o
وارسم الدائرة المكافئة





$$V_o = I_R R = I_D R = (0\text{ A})R = 0\text{ V}$$

$$V_{D_2} = V_{\text{open circuit}} = E = \mathbf{12\text{ V}}$$

Applying Kirchhoff's voltage law

$$E - V_{D_1} - V_{D_2} - V_o = 0$$

$$V_{D_2} = E - V_{D_1} - V_o = 12\text{ V} - 0 - 0$$

$$= \mathbf{12\text{ V}}$$

$$V_o = \mathbf{0\text{ V}}$$

أنواع الدايودات Diode Types

يمكن ان تقسم الدايودات بالاعتماد على التطبيقات العملية المستخدمه فيها ومن اشهر انواع الدايودات هي :-

١. ثنائي القدرة اوالتقويم (Power Diode – Reectifier) وهوعنصر الكتروني مصنوع من السلكون (Si) او الجرمانيوم (Ge) مكون من وصلة (P-N) يعمل في الانحياز الامامي (FB)ولايعمل في حالة الانحياز العكسي (RB) ويستعمل بشكل واسع في دوائر التوحيد (Rectifier) أي تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر (AC – DC)كما يستعمل في دوائر المقلمات (Clipper) ودوائر مضاعفات الجهد المستمـــر(Voltage Doubler) ويرمز له بالرمز ادناه

٢. ثنائـــي الزنير (Zener Diode)

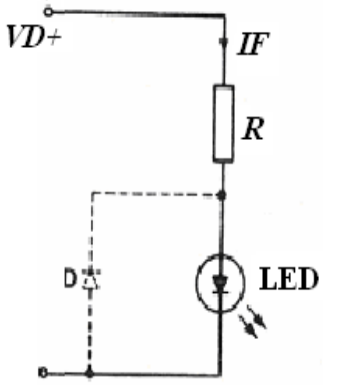
وهوعنصر الكتروني يعتبر الاساس في عملية تنظيم الفولتية المستمرة وذلك بالاعتماد على عملة في بالانحياز العكسي . فيما يعمل بالنحياز الامامي مثل عمل الدايود الاعتيادي .وسنتناوله بالشرح المفصل في المحاضرات القادمة .ويرمز له بالرمز الموضح ادناة :

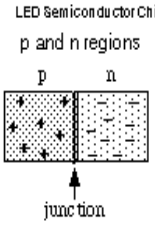
٣. الثنائـي الباعث للضوء (LED) Light Emitting Diode

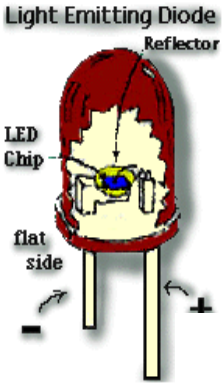
وهوعنصر الاكتروضوئى (Optoelectronic) يعمل بالانحياز الامامي وبفولتيات تتراوح من (1.5v – 3.3v) . ويعتمد عمله على اطلاق ضوء نتجة سقوط الالكترونات من حزمة التكافوء الى حزمة التوصيل حيث يتم التحكم بلون الضوء الساقط بالاعتماد على العنصر المستخدم في صناعة المادة شبة الموصله وكما موضح بالجدول ادناة .

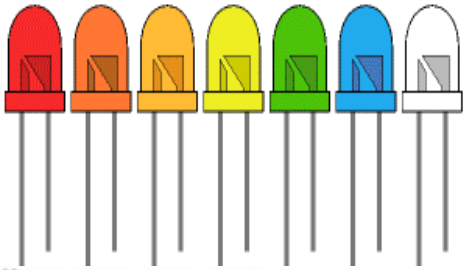
المادة شبه الموصلة المصنوع منها LED	اللون المشع من الثنائي LED
جاليليوم الزرنيخ GaAs	يشع الاشعة تحت الحمراء (غير مرئية)
جاليليوم الفوسفيد GaP	يشع اللون الحمر او الاخضر
جاليليوم الزرنيخ الفوسفيد GaAsP	يشع اللون الاحمر او الاصفر
جاليليوم النتروجين GaN	يشع لون ازرق

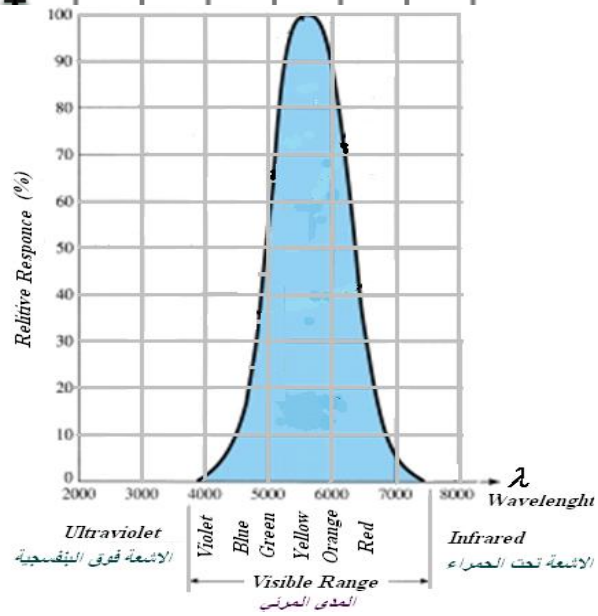
ولأن LED يعمل على جهد أمامي صغير لا يتعدى بضع من الفولتيات توصل معه مقاومة على التوالي تحد من التيار شكل ادنـــاه كما يوصل موحد في انحياز عكسي لحمايته من الجهد العكسي.

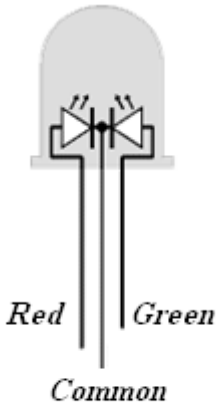












ثنائي باعث للضوء ذو لون مزدوج

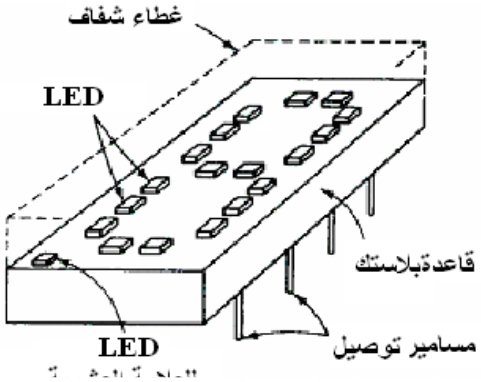
بعض استخدامات الثنائي الباعث للضوء :

1 - في العدادات الرقمية

2 - في الحاسب الآلي

3 - في أنظمة الاتصالات الضوئية

4 - يستخدم في حاسبات الجيب لإظهار الأرقام والحروف والإشارات والرموز حيث تركب مجموعة من LED لتكوين ما يسمى بشرائح السبعة أجزاء 7-Segment كما بالشكل ادنـــاه



٤. الدايود الضوئـــــي Photo Diode

وهو عنصر من عناصر الالكترونيك الضوئي (Optoelectronic) يعمل بالانحياز العكسي حيث يعتمد عمله على كمية الضوء الساقط على النافذة الزجاجية المقابلة لوصلة البلورتين (P-N) حيث يتولد ازدواج الكترون فجوة يزداد بزيادة كمية الضةء الساقط .

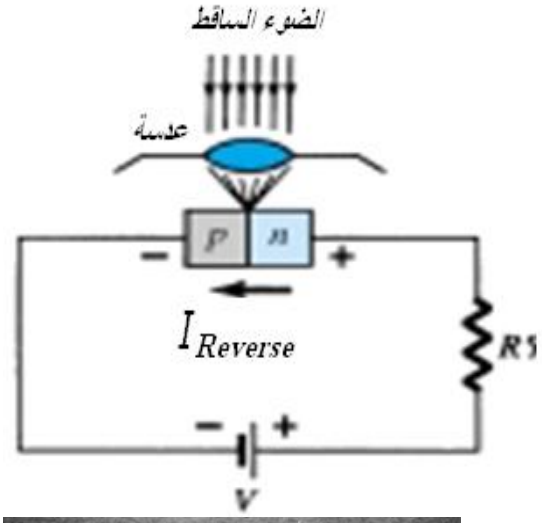
حيث يدعى التيار العكسي المار بدون سقوط أي كمية من الضوء بتيار لظلام (Dark Current)والشكل ادناة يوضح الرمز للدايود الضوئي ورسم الخواص

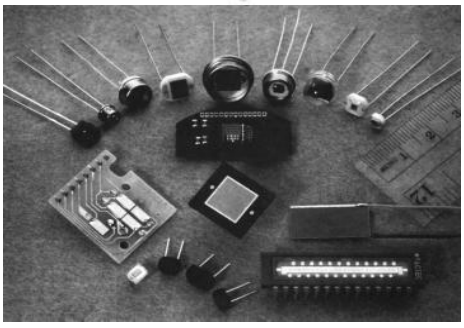
حيث تقاس شدة الضوء بكمية تدفق الاضاءة (Luminous Flux) والذي يقاس بوحدات (Lumens (lm حيث ان :-

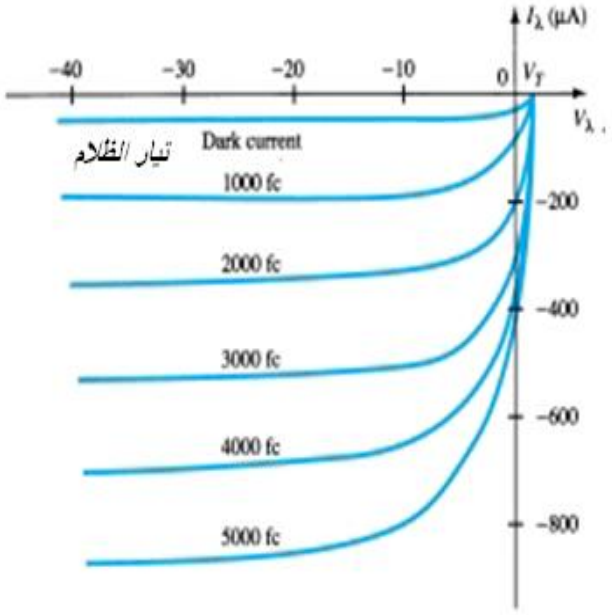
$$1\ lm = 1.496 * 10^{-10}\ w$$

$$1\ lm/ft2 = 1\ fc = 1.609 * 10^{-9}\ W/m2$$ وان

حيث ان:- ft (Foot Candle) قدم شمعة

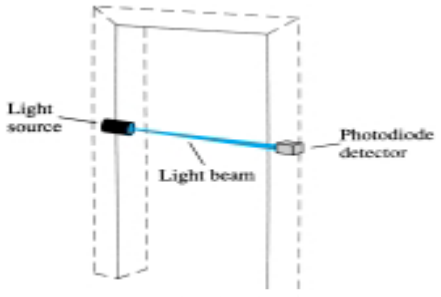






منحني خواص الدايود الضوئـــــي

Characteristics Photodiode



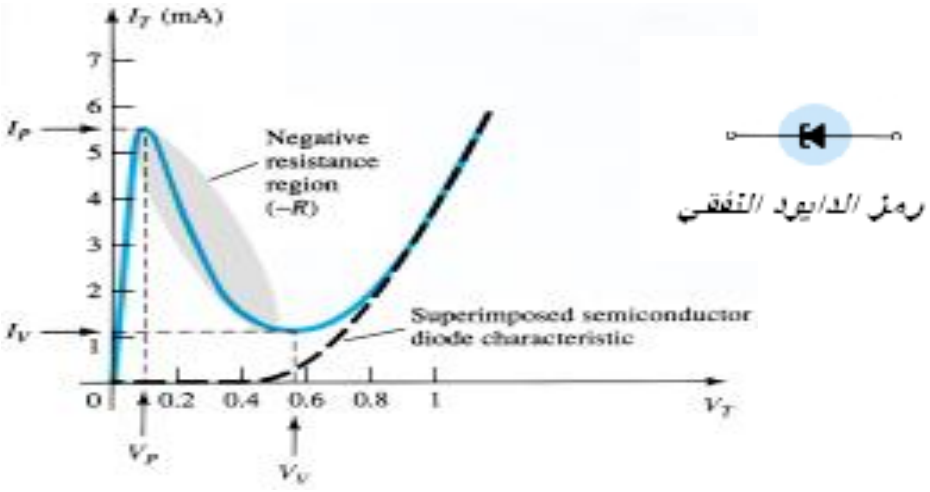
٥. الدايود النفقـــــــــي Tunnel Diode

وهو عنصر الكتروني مكون من بلورتين من(P-N) مصنع بطريقة تشويب عالية تصل الى مايعادل 1000 مره اكثر من الدايود العادي ونتيجة لذلك هناك ثلاثة تاثيرات هي :-

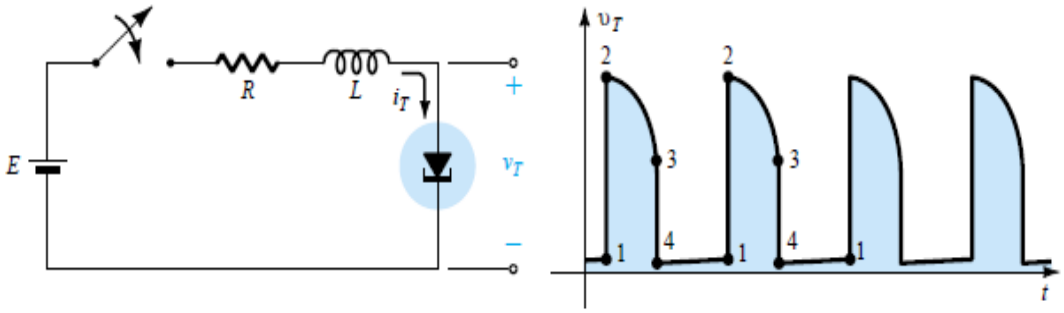
A. تقليل عرض منطقة الاستنزاف (Deplation Layer) لتكون صغيرة جدا" تصل الى (0.00001 mm) ممايمكن الازدواج الكترون فجوه من اختراق منطقة الاستنزاف بجهد انحياز امامي قليل بحدود (0.05)

B. تقليل فولتية الانهيار العكسية لتقترب من الصفر

C. نشوءمنطقة مقاومة سالبة (Nagative Resistance) في خواصة الامامية (V/I) وكما موضح في رسم الخواص الموضح ادناه



يمكن استخدام هذا النوع من الثنائيات في العديد من التطبيقات منها استخدامه كمفتاح ذو سرعة عالية وكذلك في مذبذبات ترددات المايكروويف وكمذبذب للحصول على نبضات وكما موضح بالشكل ادناه :-

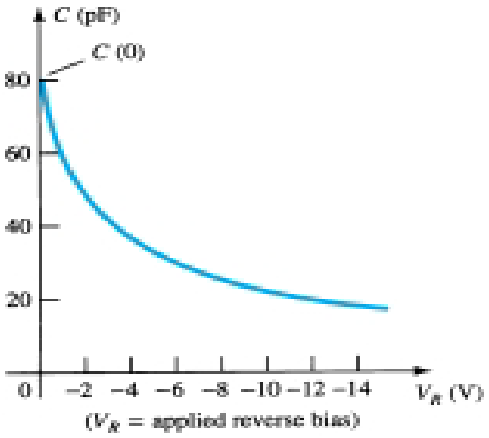


دائرة الحصول على نبضات باستخدام الدايود النفقي Tunnel diode

٦. الدايود السعـــــــوي Varactor Diode (VVC)Voltage – Variable Capacitance

وهو ثنائي يعتمد عمله على السعة الموجوده في الوصلة (P – N) عند تعرض الدايود للانحياز العكسي حيث تتغير قيمة هذه المتسعة مع تغير الفولتية العكسية الذي يسبب تغيربعرض منطقة الاستنزاف بين البلورتين

والمنحني اناه يوضح منحني خواص للدايود السعوي حيث يوضح العلاقة بين الفولتيةالعكسية والسعة الذاتية للوصلة (P-N) يستخدم هذا النوع من الثنائيات في دوائر توليف الراديو بدلا من المتسعات المتغيرية ميكانيكيا"وفي دوائر (PLL)



٧. ثنائـــــي (PIN) PIN –Diode

وهو ثنائي مكون من ثلاثة طبقات PNوبينهما طبقة (I) وهذة الطبقة من السلكون النقي (غير المشوب) لتعطي الثنائي ممانعة عالية نسبيا" هذه الممانعة تفيد في :-

(١) تقليل السعة بيت البلورتين (P)و (N)

(٢) قابلية وجود مجال كهربائي عالي بين البلورتين

ويستخدم هذا النوع من الثنائيات كمفتاح للترددات العالية التي تصل الى (G_{HZ})

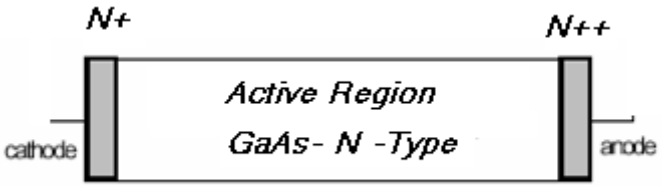
كما يستخدم في التضمين السعوي للترددات العالية جدا"

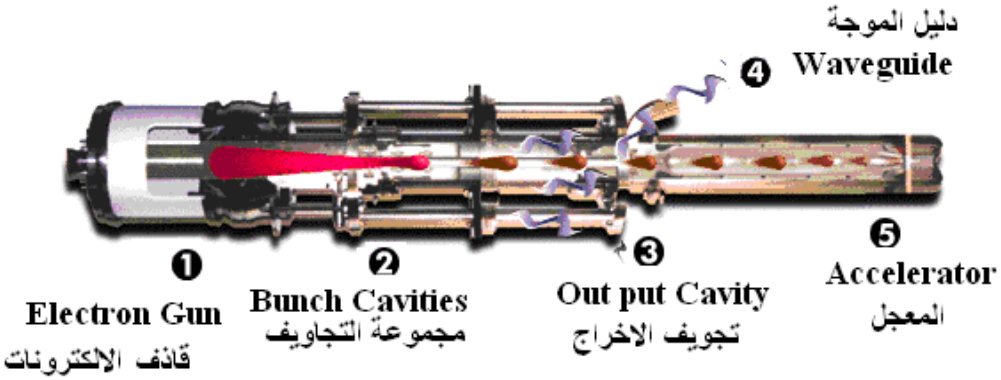
٨. ثنائـــــي المدفع Gunn Diode

وهو ثنائي يصنع من طبقة بينية (Sandwiched)من بلورة من نوع (N) مصنوعة من مادة الجاليليوم الزرنيخ (Gallium Arsenide) تمثل المقطع المركزي والتي تسمى المنطقة الفاعلة (Active Region) فيما يصنع الطرفين من نفس مادة (GaAs) مع زيادة التشويب وموصلية عالية .

ويستعمل هذا النوع من الثنائيات في تطبيقات مذبذبات الترددات المايكروويف العالية ($5G_{HZ}$ / pout 100mw ---- $35G_{HZ}$/ Pout 1mw) وبكفاءة

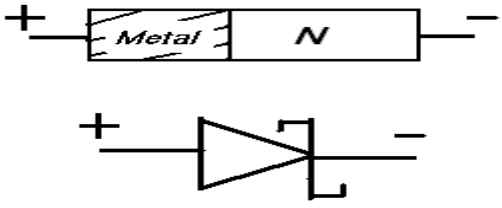
(3% - 5%)





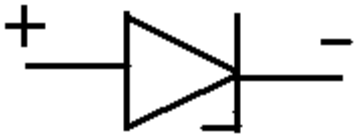
٩. ثنائي شوتكي Schottky Diode

وهو عنصر الكتروني يصنع من بلورة سلكون نوع (N) من جهة والجهة الاخرى تصنع من معدن عالي التوصيل مثل (الذهب او الفضة او البلاتنيوم) هذا النوع من الثنائيات هو احادي القطبية حيث لاتوجد فية طبقة استنزاف اوخزن شحنة لذلك تكون قابلية التحول من الغلق الى الفتح (ON - OFF) سريعة جدا" مقارنة بالثنائيات الاخرى



10. ثنائي الرجوع العكسيStep – Recovery Diode

وهوثنائي ذو مستوى تطعيم قليل قرب الوصلة حيث يعمل خلال التوصيل الامامي كثنائي عادي اما عند الانحياز العكسي فانه يوصل ثم يهبط التيار العكسي بصورة مفاجئة الى الصفر ويسمى بثنائي الفرقعة
ويستخدم في دوائر النبضات والدوائر الرقمية لان عملية الغلق والفتح تتم باقل من واحد نانو ثانية كما يستخدم في دوائر مضاعفات التردد



عن امير المؤمنين علي (علية السلام)انه قال :-

الحلم غطاء ساتر والعقل حسام
قاطع فأستر خلل خلقك بحلمك
وقاتل هواك بعقلك

نهج البلاغة

تطبيقـــــــــــــات الدايود Diode
Applications

تحليل خط الحمل المستمر DC Load Line Analysis

ان تطبيق الحمل يكون مهم التاثير على نقطة ومنطقة عمل العنصر وخط الحمل المستمر هو خط مستقيم يرسم على منحني الخواص للدايود وان نقطة تقاطع ذلك الخط مع منحني الخواص تمثل نقطة عمل الدايود (Q-point) ولتحليل الدائرة الموضحة بالشكل رقم (a) نطبق قانون كريشوف لحساب فرق الجهد حيث ان :-

$$E - VD - VR = 0$$

$$E = VD + IDR - - - - - (1)$$

ومن المعادلة اعلاه نلاحظ ان المتغيرات
(VD) و(ID) هما المحوران الاساسيان في رسم خواص الدايود المتمثل بالشكل رقم (b) حيث يمكن رسم خط الحمل وتحديد النقطتين وكما يلي :-

$$if \cdot VD = 0$$

$$E = VD + IDR$$

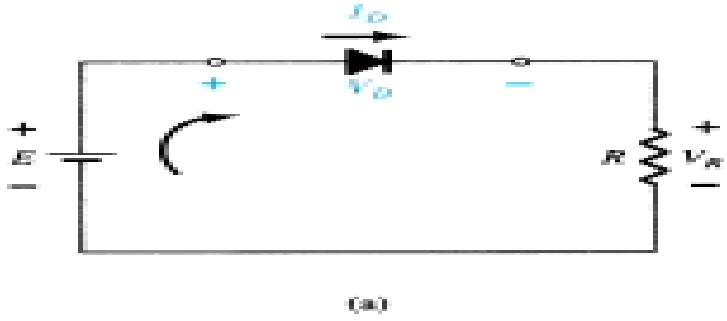
$$E = 0 + IDR$$

$$ID = \frac{E}{R}\Big|_{VD=0} (first - point)$$

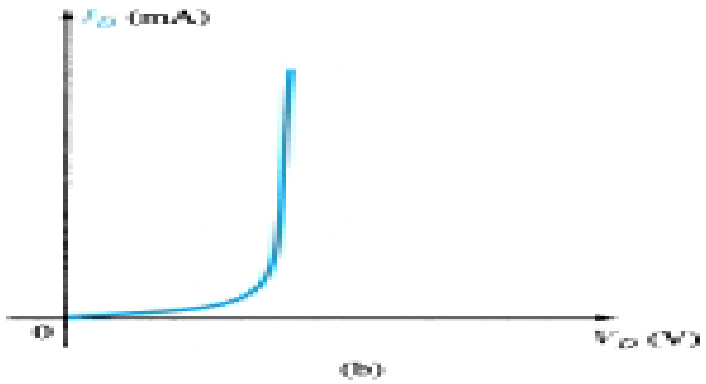
$$if \cdot ID = 0$$

$$E = VD + 0 \times R$$

$$E = VD\Big|_{ID=o} (Second - Point)$$



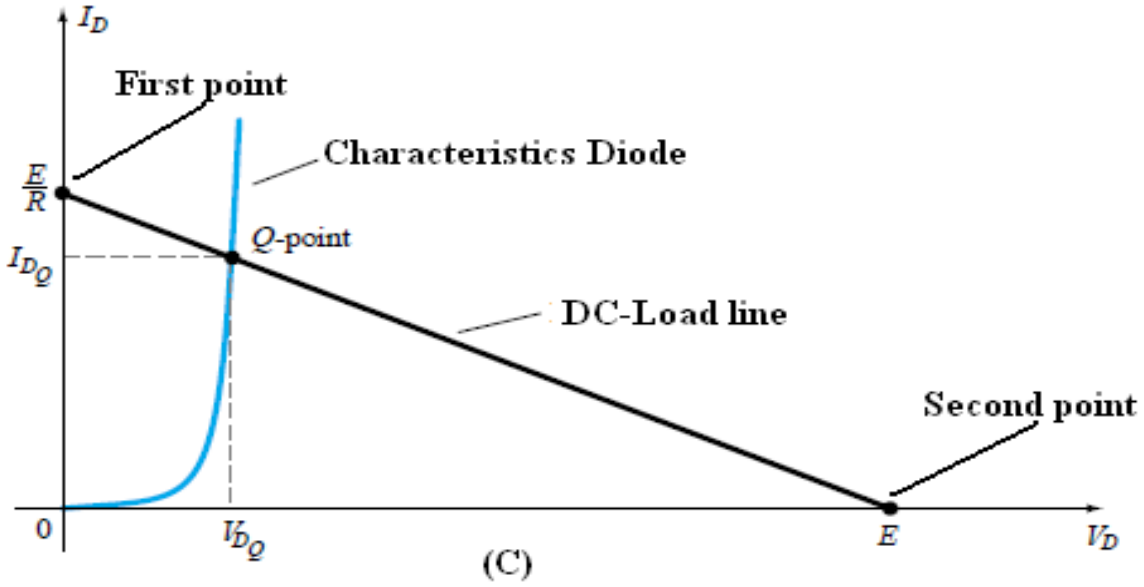
(a)



(b)

وعلية يمكن تحديد هاتين النقطتين على منحي الخواص ورسم الخط المستقيم الواصل بينهما ونقطة تقاطعه مع منحي الخواص هي نقطة عمل الدايود وكما موضح بالشكل (C)

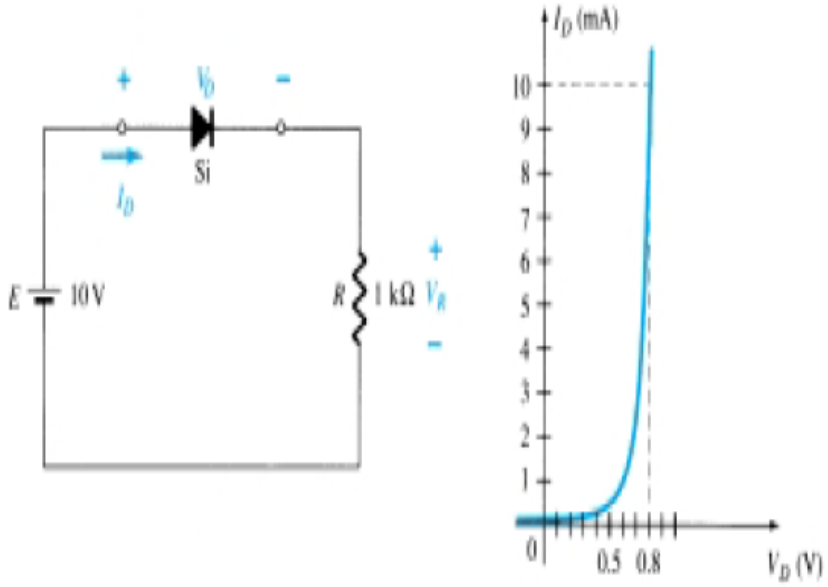
وان تيار الانود عند هذه النقطة هو تيار الانود الساكن (I_{DQ}) والفولتية عندها تمثل فولتية الدايود الساكنة (V_{DQ})



(C)

مثـــال EXMPLE

في الدائرة الموضحة ادناه وباستخدام منحني خواص الدايود أحسب I_{D_Q} V_R V_{D_Q}



Solution

$$I_D = \frac{E}{R}\Big|_{V_D=0\text{ V}} = \frac{10\text{ V}}{2\text{ k}\Omega} = 10\text{ mA}$$

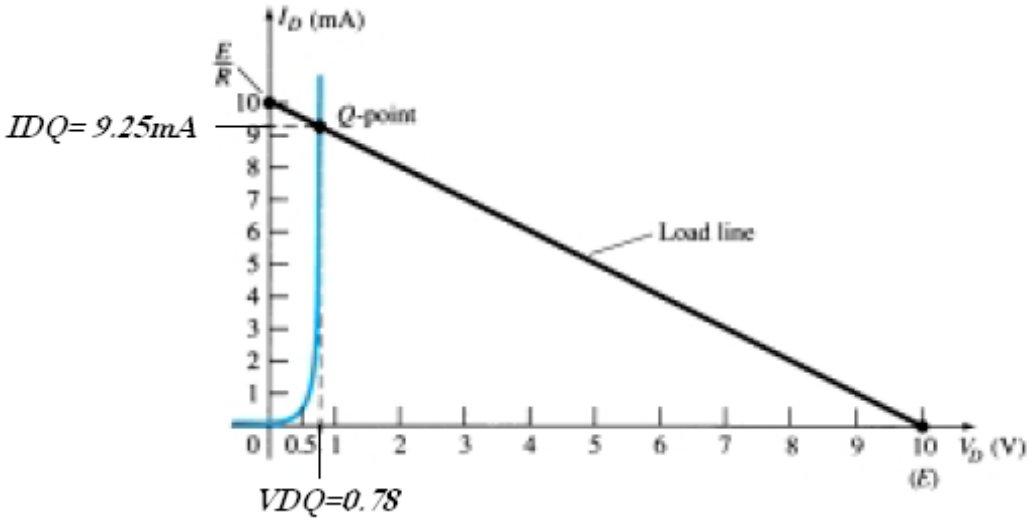
$$V_D = E|_{I_D=0\text{ A}} = 10\text{ V}$$

نقطة تقاطع خط الحمل مع منحي الخواص هي نقطة عمل الدايود ومنها يمكن تحديد IDQ , VDQ

$$V_{D_Q} \cong 0.78\text{ V}$$

$$I_{D_Q} \cong 9.25\text{ mA}$$

$$VR = I_{D_Q}R = (9.25\text{ mA})(1\text{ k}\Omega) = 9.25\text{ V}$$



اعد تحليل الدائر عندما تكون المقاومة (2kΩ) وارسم خط الحمل وحدد نقطة عمل الدايود

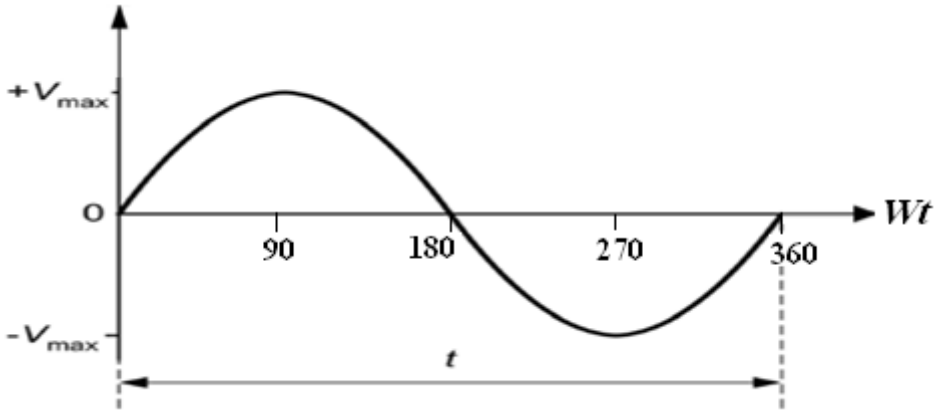
(HW) واجب بيتي

الموجة الجيبيـــــــــــة Sine Wave

من اهم تطبيقات الثنائي هو اعتمادة كعنصر اساسي في دوائر التوحيد (Rectifiers) للموجة الجيبية (sine wave) وقبل الدخول في التفاصيل في انواع الموحدات وطريقة عملها والتحليلات الرياضية لها يجب التعرف على انماط القياس للموجة الجيبية وخواصها والتي يمكن تلخيصها بما يلي

١. الدورة الواحدة تمتد من (0-------360) او 2Π
٢. قطبية الموجة الجيبية تنعكس كل نصف دورة
٣. اعظم قيمة للموجة الجيبية تحصل عندة الفترة (90) في النصف الموجب يناظرها اعظم قيمة في النصف السالب عند الفترة (270)
٤. تكون القيمة مساوية للصفر عند نقطة الاصل وكذلك عند الفترة (180)
٥. الموجة الجيبية تتغير بسرعة عند القيم القريبة من الصفر فيما يكون التغير بطيءعند الاقتراب من القيم العظمى الموجبى والسالبة

والشكل الموجي ادناه يوضح هذه الخواص



القيم المختلفة للفولتية والتيار للموجة الجيبية Different Value of Sinusoidle Voltage and Current

اولا":- القيمة اللحظية Instantaneous Value

وهي القيمة الدقيقة للتيار اوالفولتيةعند أي لحظة من الزمن ويعبر عنها رياضيا" بالعلاقة التالية :-

$$i = \mathrm{Im}\sin\theta = \mathrm{Im}\sin wt = \mathrm{Im}\sin 2\pi ft$$

ثانيا":- القيمة العظمى Peak Value or Max Value

وهي اعظم قيمة للتيار اوالفولتية يمكن تحصيلها من نصف دورة وتكون في النصف الموجب عند الزاوية 90 وفي النصف السالب عند الزاوية 270 ويمكن قياسها بجهاز الاوسلسكوب

ثالثا" :- اعظم قمة الى قمة Peak to Peak Value

وهي الفولتية او التيار الناتجة من حاصل جمع نصفي الموجة الموجب والسالب ويمكن قياسها بواسطة جهاز الاوسلسكوب

رابعا":- جذر متوسط القيمة الرئيسية (القيمة الفعالة) Root Mean Square(R M S)

وتدعى كذلك بالقيمة الفعالة (Effective Value)

وهي قيمة الفولتية او التيار عند الزاوية 45 درجة ويمكن تمثيلها رياضيا" بالعلاقة التالية :-

$$I_{RMS} = \frac{I_M}{\sqrt{2}} = 0.707 I_M$$

وتقاس القيمة الفعالة للتيار او الفولتية بوسطة جهاز الاميتير والفولتميتر

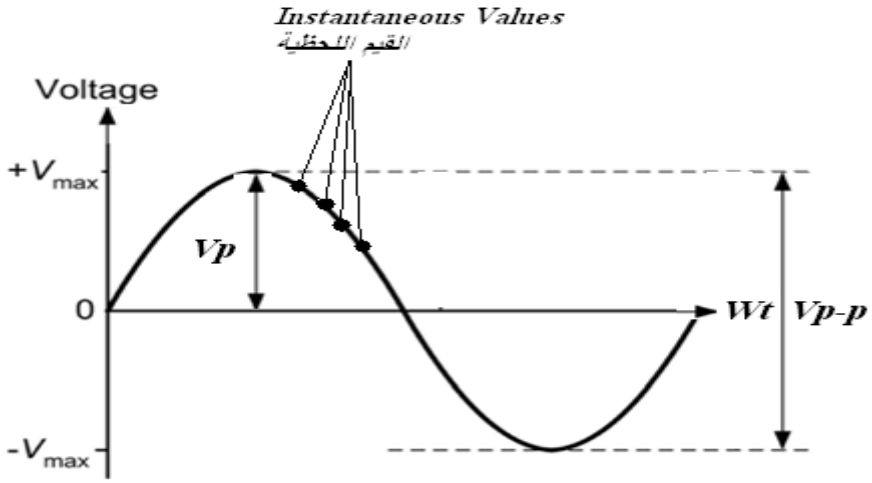
خامسا":- معدل القيمة Average Value(I_{av})

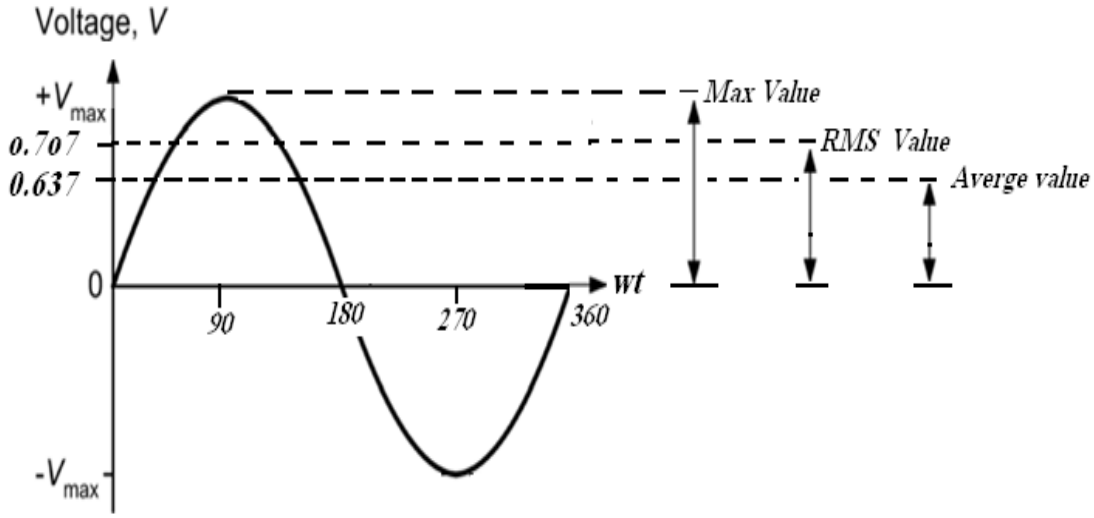
وهي معدل القيمة الرياضية لكل القيم اللحظية لنصف دورة من الموجة ويمكن حسابها من العلاقة التالية :

$$I_{av} = \frac{2IM}{\pi}$$

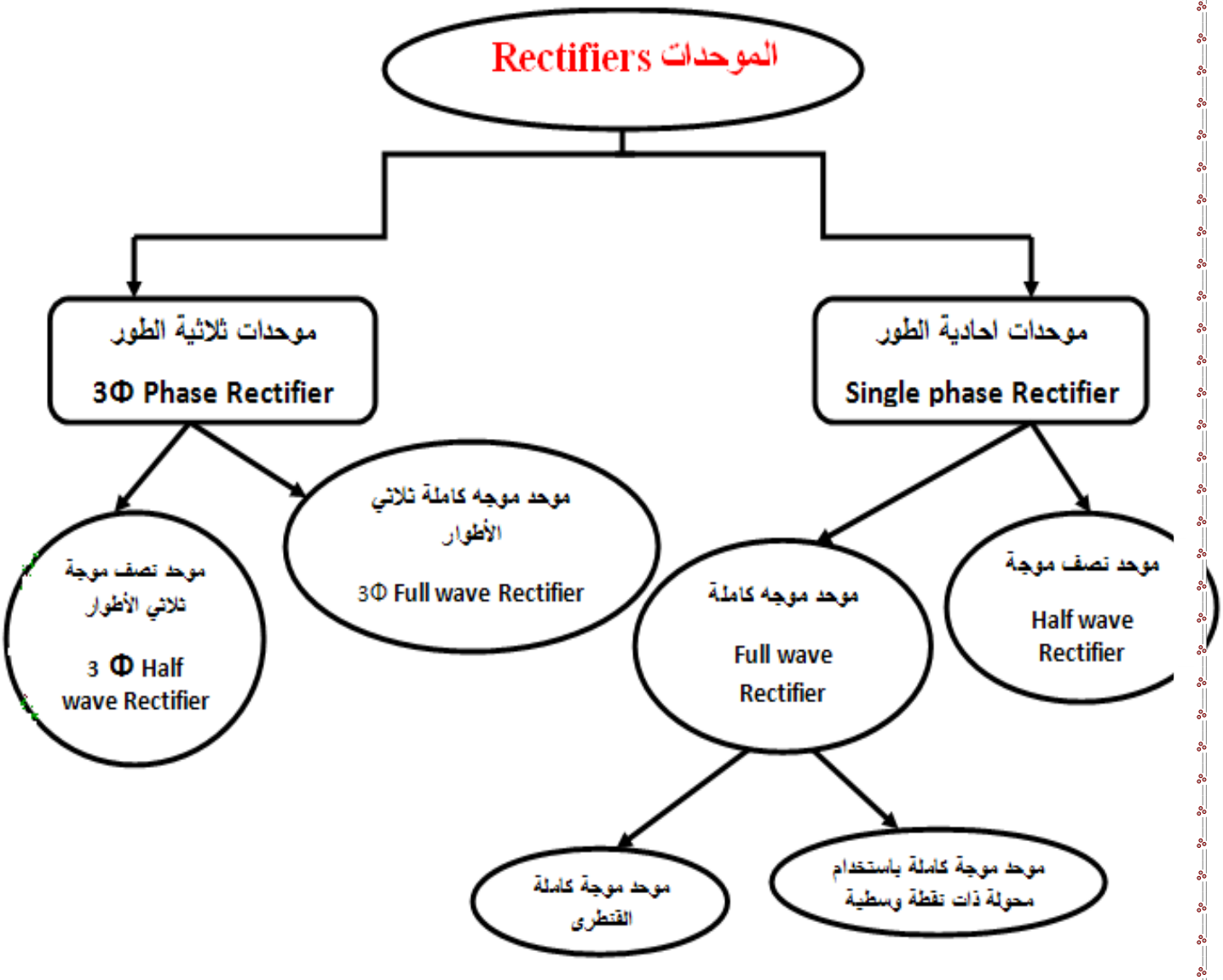
$$I_{av} = 0.637IM$$

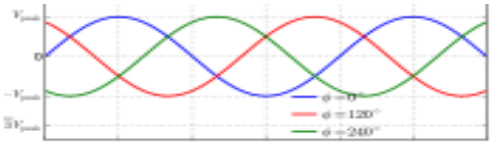
ادناه الاشكال الموجية التي توضح القيم المختلفة للموجه الجيبية



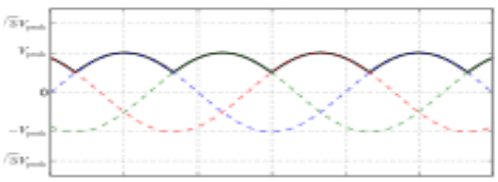


المخطط الكتلي ادناه يوضح تصنيف الموحدات

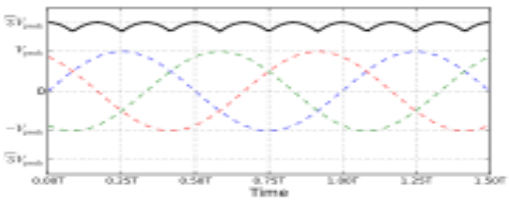




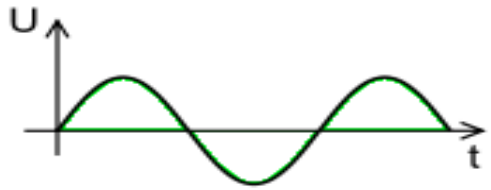
H-W out put 3ph - Rectifier

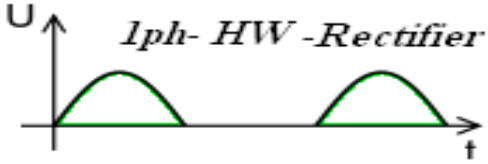


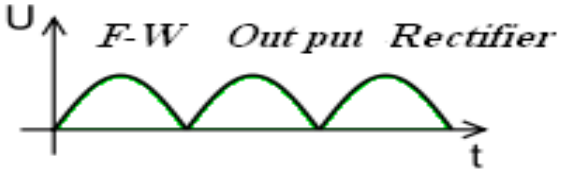
F-W out put 3ph- Rectifier



1ph input

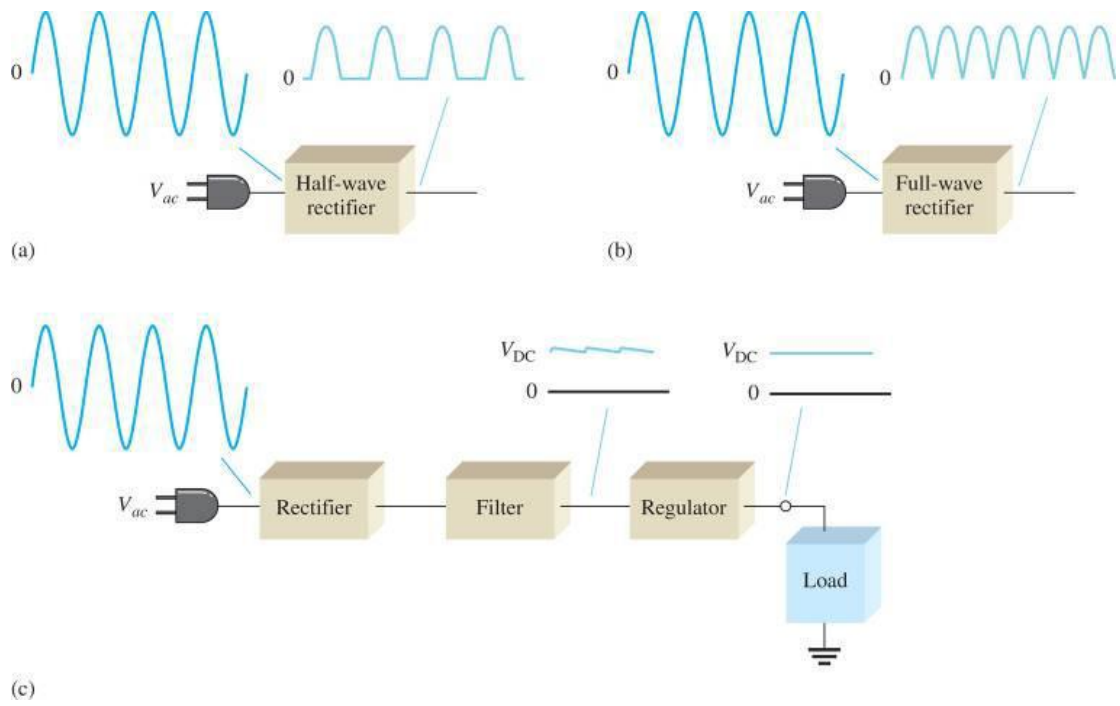






دوائر التوحيد Rectifier Circuit

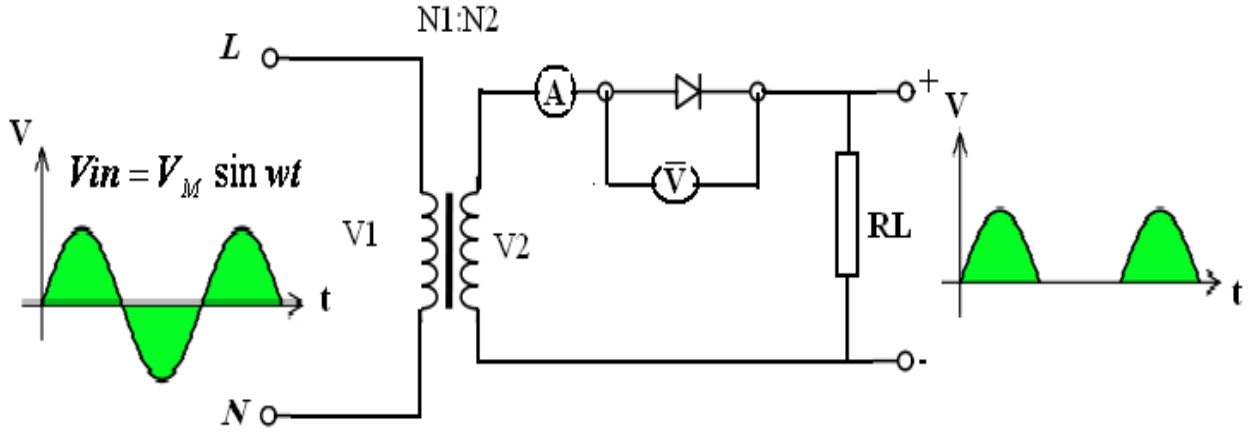
الموحدات هي دوائر الكترونية تعمل على تحويل الفولتية المتناوبة (AC) الى فولتية مستمرة (DC) لتلبية احتياج فولتيات انحياز العناصر الالكترونية اضافة الى ان مصادر الفولتية المستمرة من انواع البطاريات السائلة والجافة والقابلة للشحن لاتلبي احتياج الدوائر الالكترونية من الفولتيات المناسبة كون تلك المصادر تستهلك مع الزمن لذلك اصبح من الضروري ايجاد بديل لتلك المصادر وذلك عن طريق تحويل الفولتيات المتناوبة الى فولتيات مستمرة اومايسمى بعملية التوحيد (Rectifier). والتي تعتبر الاساس في بناء مجهزات القدرة المستمره (DC- power supply) كما موضح في المخطط ادناة



حيث سنتناول منها بالتفصيل الموحدات احادية الطور .

١. موحد نصف موجة احادي الطور Single phase Half wave Rectifier

يبين الشكل ادناه ابسط انواع الموحدات (موحد نصف موجة) حيث يجهز الثنائي بالتيار المتناوب من مصدر عن طريق محولة (Transformer) وظيفتها الاساسية هي خفض الفولتية الى المقدار المناسب للدائر الالكترونية حسب نسبة التحويل (N1/N2)



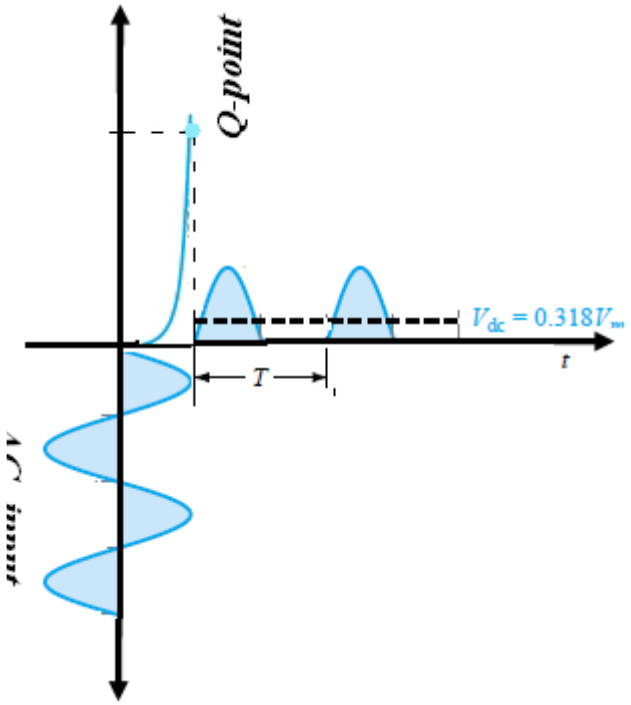
Single Phase Half Wave Rectifier دائرة موحد نصف موجة احادي الطور

حيث إن :-

V1:- Primary voltage	فولتية الملف الابتدائي
V2 :-Secondary Voltage	فولتية الملف الثانوي
N1:- Number of winding primary	عدد لفات الملف الابتدائي
N2:=== === === ===Secondary	عدد لفات الملف الثانوي

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

$$\therefore V2 = V1\{\frac{N2}{N1}\}$$



يتلخص عمل الدائرة كما موضح برسم الخواص حيث يكون الثنائي في حالة تسليط النصف الموجب من موجة الادخال بالانحياز الامامي وبذلك يكون ممرا"سهلا" للتيار ولذلك يظهر النصف الموجب على مقاومة الحمل .

اما في حالة تسليط النصف السالب من موجة الادخال فان الثنائي يكون منحاز عكسيا" حيث يكون اشبة بالدائرة المفتوحة لايمر من خلالها التيار الى مقاومة الحمل لذلك سوف نلاحظ ان الانصاف الموجبة هي فقط سوف نظهر الى الاخراج من على مقاومة الحمل .ومن خلال عمل الدائرة نلاحظ ان تردد الخراج مساوي الى تردد الادخال في هذا النوع من الموحدات

$$Fout = Fin$$

يمكن تمثيل موجة الادخال الجيبية بالمعادلة رقم (1)

$$Vin = VM \sin wt \ldots\ldots\ldots(1)$$
$$Iin = IM \sin wt \ldots\ldots\ldots(2)$$
$$\because i = \frac{Vin}{Rf + RL} \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$
$$sub \cdots (1) in \cdots (3)$$
$$i = \frac{VM \sin wt}{Rf + RL}$$
$$\therefore I_M \sin wt = \frac{VM \sin wt}{Rf + RL}$$
$$\therefore I_M = \frac{VM}{Rf + RL}$$

يمكن حساب التيار المستمر (I_{dc})من العلاقة الرياضية التالية :-

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} I_M \sin wt dwt + \int_{\pi}^{2\pi} 0 dwt\right]$$
$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi}\left[-\cos wt\Big|_0^{\pi} + 0\right]$$
$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi}\left[-\cos\pi - (-\cos 0)\right]$$
$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi}\left[-(-1)+1\right] \Rightarrow \frac{I_M}{2\pi}(2)$$
$$\therefore I_{dc} = \frac{I_M}{\pi} \cdots or \cdots I_{dc} = \frac{V_M / \pi}{Rf + RL}$$

ويمكن حساب القيمة الفعالة لمركبة التيار (I_{RMS})من العلاقة الرياضية التالية:-

$$\sin^2 x = \frac{1-\cos 2x}{2}$$
$$\cos^2 x = \frac{1+\cos 2x}{2}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} i^2 dwt\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} {I_M}^2 \sin^2 wt dwt\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{{I_M}^2}{2\pi}\int_0^{\pi} \frac{1}{2}(1-\cos 2wt) dwt\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{{I_M}^2}{4\pi}\{wt + \frac{\sin 2wt}{2}\Big|_0^{\pi}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{{I_M}^2}{4\pi}\{\pi + \frac{\sin 2\pi}{2} - (0 + \frac{\sin 2\times 0}{2})\}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{{I_M}^2}{4\pi}(\pi)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore I_{RMS}\ \frac{I_M}{2},,,,,,and.....V_{RMS} = \frac{V_M}{2}$$

معامل التموج لموحد نصف الموجة Ripple Factor

مما تقدم نلاحظ ان خرج داءرة موحد النصف موجة عبارة عن مركبتين مركبة متغيرة الشده متمثلة بالقيمة الفعاله للتيار او الفولتية واخرى ثابتة متمثلة بالفولتية اوالتيار المستمر.

ويمكن تمثيل معامل التموج (γ) رياضيا"كما يلي :

$$\gamma = \frac{I_{RMS}(value\cdot of\ .Ac-compnent)}{DC(value\cdot of\ \cdot load\cdot)}$$

$$\gamma = \frac{\Delta V_{RMS}}{Vdc} \cdots\cdots or \cdots\cdots \gamma = \frac{\Delta I_{RMS}}{Idc} .....(1)$$

$$\therefore \Delta I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}(i-Idc)^2\,dwt\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}(i^2-2iIdc+Idc^2)dwt\right]^{\frac{1}{2}}$$

بعد حل التكامل نحصل على تكامل الحد الاول مساوي الى $(I_{RMS})^2$ وتكامل الحد الثاني مساوي الى$(2I_{dc}^2)$ وبذلك يكون معدل تغير القيمة الفعالة للتيار يساوي:-

$$\Delta I_{RMS} = \left[I_{RMS}{}^2 - 2Idc^2 + Idc^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\Delta I_{RMS} = \left[I_{RMS}{}^2 - Idc^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

بالتعويض بالمعادلة رقم (1)

$$\gamma = \frac{\left[I_{RMS}{}^2 - Idc^2\right]^{\frac{1}{2}}}{Idc}$$

$$\gamma = \left[\left(\frac{I_{RMS}}{Idc}\right)^2 - 1\right]^{\frac{1}{2}}$$

وبالتعويض عن قيمة (I_{RMS}) و(I_{dc})

$$\gamma = \left[\frac{I_M/2}{I_M/\pi})^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[(\frac{\pi}{2})^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} = 1.211$$

جهد الذروه العكسي *Peak Inverse Voltage (PIV)*

وهواعظم قيمة للجهد المسلط على الثنائي في حالة الانحياز العكسي ويجب ان يكون جهد الذروة العكسي (PIV) اقل من جهد الانهيار للثنائي للمحافظة علية من التلف وفي موحد نصف الموجة يكون:-

PIV= V_M

كفاءة الموحد نصف الموجة *Efficiency - Half wave Rectifier* (ζ)

تعرف الكفاءة بانها النسبة بين قدرة الحمل المستمرة الى القدرة الكلية الداخلة للدائرة ويمكن حساب الكفاءة لموحد نصف الموجة من العلاقة الرياضية التالية

$$\zeta = \frac{P_{odc}}{P_{in}}$$

$$\zeta = \frac{I_{dc}{}^2 RL}{I_{RMS}{}^2 (rd + RL)} \times 100\%$$

$$\zeta = \frac{(\frac{I_M}{\pi})^2}{(\frac{I_M}{2})^2 (rd + RL)} = (\frac{I_M}{\pi})^2 RL \times \frac{1}{(\frac{I_M}{2})^2 (rd + RL)}$$

$$\zeta = \frac{4RL}{\pi^2 (rd + RL)}$$

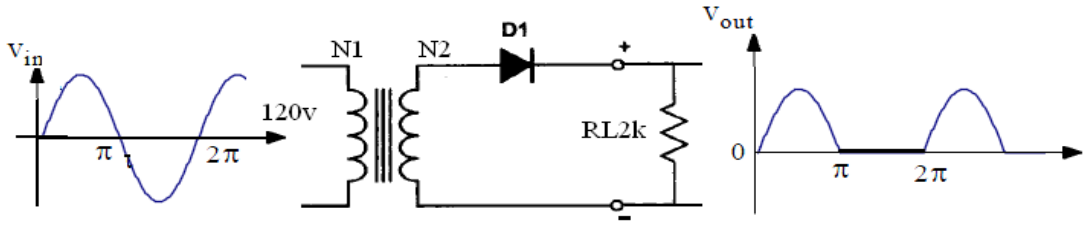
$$if \cdots rd = 0 \cdots idel \cdot Diode$$

$$\therefore \zeta = \frac{4}{\pi^2} = 0{,}405$$

مثال ***EXAMPLE***

في دائرة موحد نصف موجة الموضحة ادناه نسبة التحويل لمحولة التجهيز تساوي

N2/N1= 1/4 احسب 1- جهد الحمل 2- جهد الذروة العكسي 3- معامل التموج



Solution

$$Vp = V_{RMS} \times \sqrt{2} = 120 \times \sqrt{2} = 170V$$

$$V2 = V1(\frac{N2}{N1}) = 170(\frac{1}{4}) = 42.5v$$

$$V_{dc} = \frac{VM}{\pi} = \frac{42.5}{\pi} = 13.5v$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{rd + RL} = \frac{13.5}{0 + 2k} 6.7mA$$

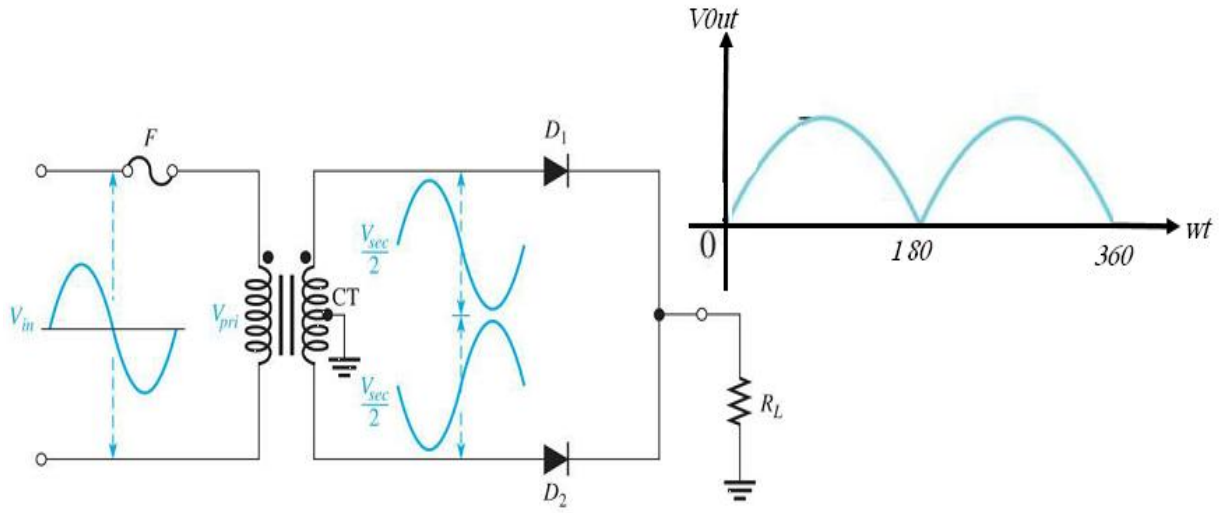
$$PIV = V_M = 42.5$$

$$\gamma = \frac{V_{RMS}}{V_{DC}} \frac{\frac{V_M}{\sqrt{2}}}{V_{dc}} = \frac{\frac{42.5}{\sqrt{2}}}{13.5} = 2.2$$

٢. موحد الموجة الكاملة Full Wave Rectifier

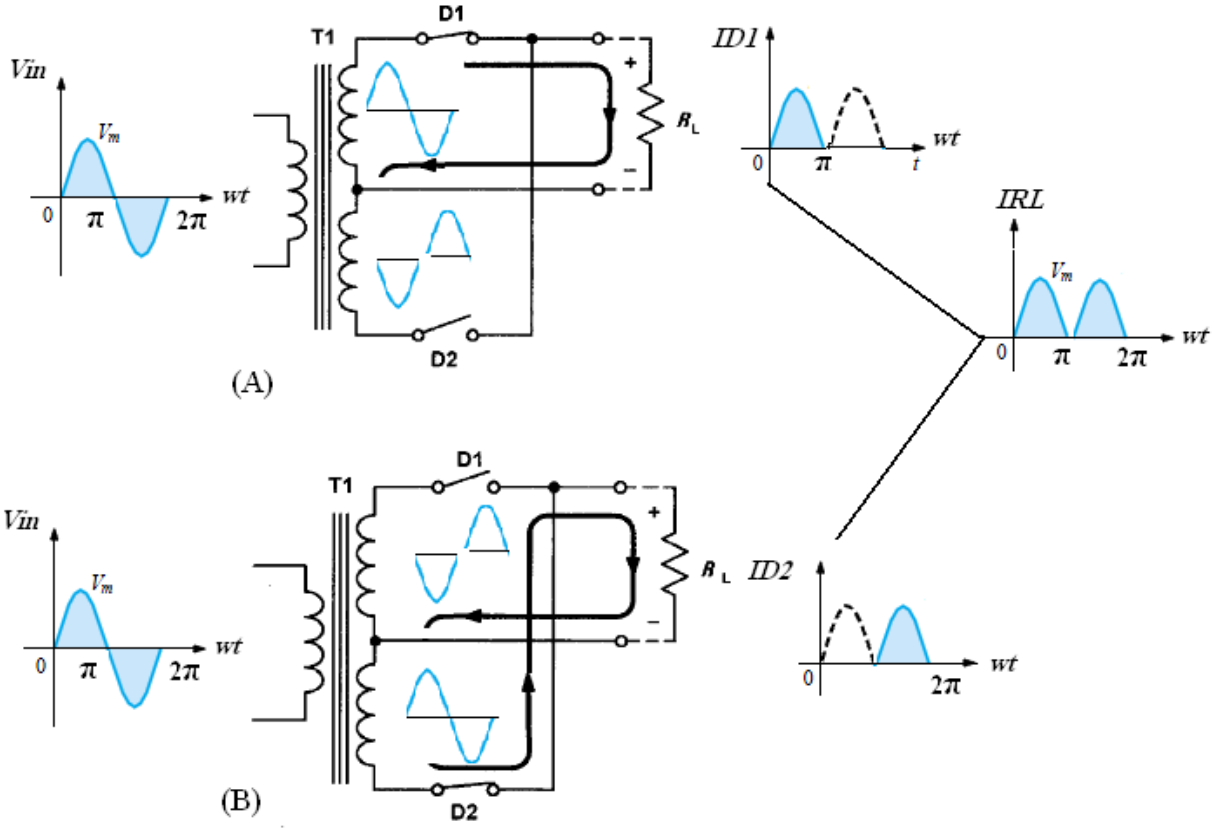
نظرا" لكون موحد نصف الموجة (H.W.R) يقوم بتمرير الانصاف الموجبة من موجة الإدخال فيما يقطع الإنصاف السالبة لانها تعكس انحياز الثنائي لذا فان مقدار الطاقة لهذا النوع من التوحيد يكون منخفض اضافة الى ان كفاءته تكون قليلة كما انه لايلبي متطلبات مجهزات القدرة المستمرة المستخدمة في دوائر التيار العالي لذلك استخدمت موحدات الموجة الكاملة (F.W.R) حيث يتم استغلال موجة الإدخال بنصفيها الموجب والسالب وتنقسم دوائر توحيد الموجة الكاملة الى نوعين هما :-

A. موحد الموجة الكاملة باستخدام محولة ذات النقطة وسيطة Center-Tapped Full-wave Rectifier



في الدائرة الموضحة بالشكل اعلاه تتم عملية التوحيد لموجة كاملة باستخدام دايودين ومحولة ذات نقطة وسيطة حيث توفر المحولة ذات النقطة الوسيطة مصدرين فرق الطور بينهما 180 درجة ليعمل كل دايود عند انصف الموجب الذي يوفر الانحياز الامامي له حيث يعمل (D1) كمفتح مغلق خلال النصف الموجب من موجة الدخال للقسم الاعلى كونة منحاز اماميا"حيث يمر التيار من المحولة عبر الدايود (D1) ثم مقاومة الحمل (RL) ليعود الى المحولة عن طريق النقطة الوسطية فيما يكون (D2) منحاز عكسيا" وكماموضح بالشكل (A) . والشيء نفسه يحصل في القسم الاسفل من المحوله حيث يكون

(D2) منحاز اماميا(مفتاح مغلق) فيما يكون (D1) منحازعكسيا" وكما موضح بالشكل (B) .



ولحساب قيمة التيار المستمر (I_{dc}) في هذا النوع من الموحدات من العلاقة الرياضية التالية :-

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} idwt$$

$$I_{dc} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} -I_M \sin wtdwt + \int_{\pi}^{2\pi} I_M \sin wtdwt\right]$$

$$I_{dc} = \frac{I_M}{2\pi}\left[-(-\cos wt\Big|_0^{\pi} + (-\cos\Big|_{\pi}^{2\pi}\right]$$

وبتعويض حدود التكامل لكلا الحدين نحصل على

$$I_{dc} = \frac{I_M}{\pi} + \frac{I_M}{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_M}{\pi}$$

من خلال ايجاد قيمة التيار المستمر (I_{dc}) في موحد الموجة الكاملة نلاحظ انه ضعف قيمتها في موحد نصف الموجة .

ولحساب القيمة الفعالة للتيار (I_{RMS}) من العلاقة التالية :-

$$I_{RMS} = \left[\frac{1}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} I_M^2 \sin^2 wtdwt + \int_{\pi}^{2\pi} I^2{}_M \sin^2 wtdwt \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I_M{}^2}{2\pi} \left(\int_0^{\pi} \sin^2 wtdwt + \int_{\pi}^{2\pi} \sin^2 wtdwt \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\because \sin^2 X = \frac{1}{2}(1 - \cos 2X)$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M{}^2}{2\pi} \left[\int \frac{1}{2}(1 - \cos 2wtdwt) + \int_{\pi}^{2\pi} \frac{1}{2}(1 - \cos 2wtdwt) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M^2}{4\pi} \left[wt - \frac{\sin 2wt}{2} \Big|_0^{\pi} + wt - \frac{\sin 2wt}{2} \Big|_{\pi}^{2\pi} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_M^2}{4\pi} \left[(\pi - \frac{\sin 2\pi}{2} - 0 - \frac{\sin 2 \times 0}{2}) + (2\pi - \frac{\sin 4\pi}{2} - \pi - \frac{\sin 2\pi}{2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I^2{}_M}{4\pi}(\pi) + \frac{I^2{}_M}{4\pi}(\pi) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$I_{RMS} = \left[\frac{I^2{}_M + I^2{}_M}{4} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{2I^2{}_M}{4} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore I_{RMS} = \frac{I_M}{\sqrt{2}}$$

<u>ملاحظة</u> في هذا النوع من الموحدات فان تردد الاخراج في موحد الموجة الكاملة يساوي ضعف تردد الادخال **Fout = 2Fin**

كفاءة موحد الموجة الكاملة *Efficiency Full Wave Rectifier*

في هذا النوع من الموحدات تتضاعف الكفاءة عن مثيلتها في موحد نصف الموجة بسبب ان في موحد الموجة الكاملة يتم توحيد نصفي موجة الادخال . ويمكن حساب كفاءة موحد الموجة الكامل من العلاقة الرياضية التالية :-

$$\zeta = \frac{P_{dc}}{P_{in}}$$

$$\zeta = \frac{I^2{}_{dc} \times RL}{I_{RMS}{}^2 (rd + RL)}$$

$$\zeta = \frac{(\frac{2I_M}{\pi})^2 RL}{(\frac{I_M}{\sqrt{2}})^2 (rd + RL)} = \frac{(\frac{4I^2{}_M}{\pi^2})RL}{(\frac{I_M^2}{2})(rd + RL)}$$

$$\zeta = \frac{4I_M^2 \times RL}{\pi^2} \times \frac{2}{I_M^2 (rd + RL)}$$

$$rd = 0$$

$$\zeta = \frac{8}{\pi^2} = 0.81$$

معامل التموج في موحد الموجة الكاملة *Ripple Factor F-W_Rectifier*

من اشتقاق عامل التموج لموحد النصف موجة نعوض قيمة (I_{RMS})

وقيمة (I_{dc}) لموحد الموجة الكاملة وكما موضح في العلاقة الرياضية ادناة حيث نلاحظ النتيجة النهائية تشير الى ان عامل التموج في موحد الموجة الكامل اقل بكثير مما هو علية في موحد النصف موجة بسبب ارتفاع مقدار الفولتية المستمرة في موحد الموجة الكاملة.

$$\gamma = \left[(\frac{I_{RMS}}{Idc})^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[(\frac{\frac{I_M}{\sqrt{2}}}{\frac{2I_M}{\pi}})^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma = \left[(\frac{\pi}{2\sqrt{2}})^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.482$$

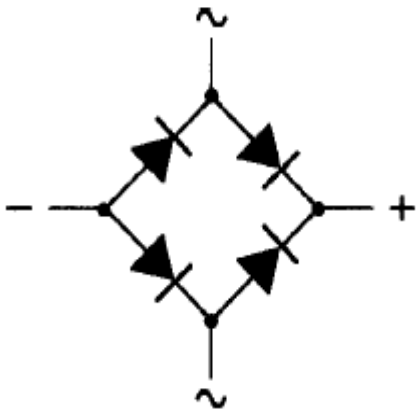
جهد الذروه العكسي في موحد الموجة الكاملة بالمحولة ذات النقطة الوسطية (PIV)

في حالة كون الثنائيات مثالية تكون PIVفي موحد الموجة الكاملة ضعف قيمتها في موحد نصف الموجة بسبب كون الثنائي الاول منحاز اماميا" والاخر منحاز عكسيا" وكما موضح بالعلاقة الرياضية التالية :-

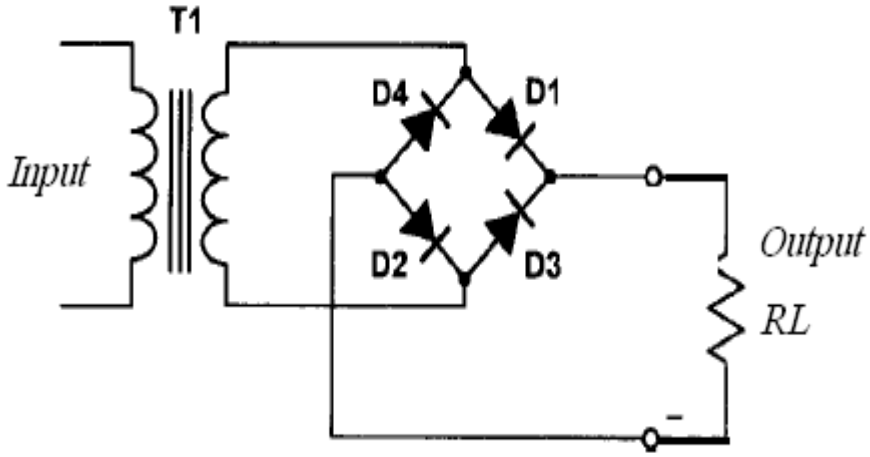
$$PIV=VP-(-VP)=2VP$$

B.موحد الموجة الكاملة القنطري *Bridge Full Wave Rectifier*

يمكن بناء دائرة توحيد موجة كاملة
باستخدام اربعة دايودات اومايسمى بالموحد القنطري دون الحاجة الى محولة ذات نقطة وسطية حيث توصل الدايودات الاربعة على شكل قنطرة وكما موضح بالشكل ادناة

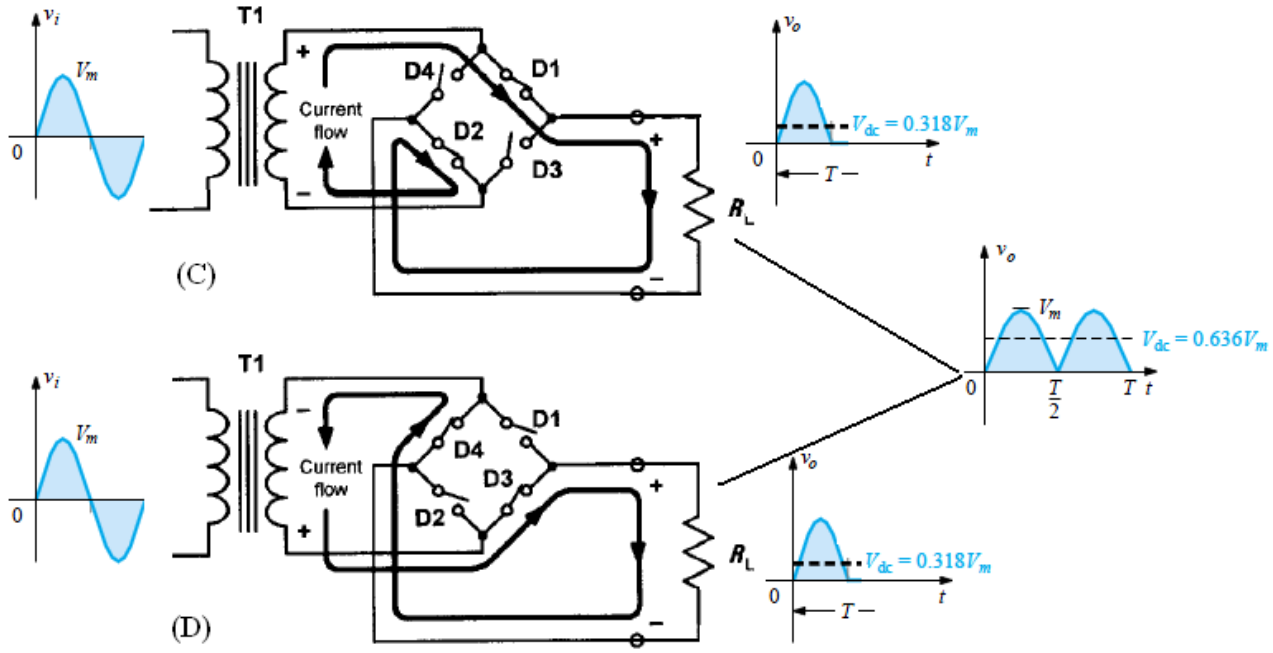


شكل (A)
طريقة بناء الموحد القنطري



دائرة موحد الموجة الكاملة القنطري شكل(B)

يمكن تلخيص عمل الدائرة انه في حالة تطبيق النصف الموجب من موجة الادخال فان الدايودين D1, D2يكونان في حالة الانحياز الامامي أي يشكلان ممرا" سهلا" للتيار فيما يكون الدايودين D3, D4منحازين عكسيا أي انهما يشكلان ممانعة عالية اتجاه مرور التيار وكما موضح في الشكل (C) ويحصل العكس في حالة تطبيق النصف السالب من اشارة الادخال وكما موضح في الشكل (D).



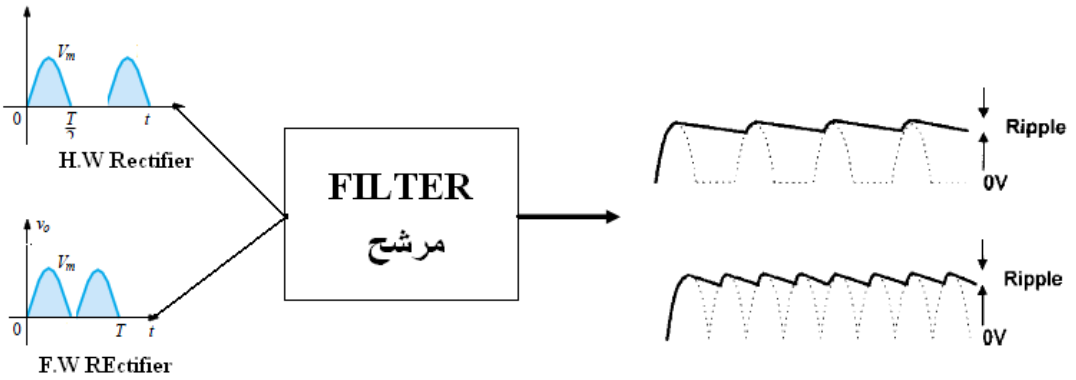
ت	الخاصية Properties	موحد نصف موجة H.W.R	موحد موجة كاملة بمحولة ذات نقطة وسطية F.W.R centre tap	موحد موجة كاملة قنطري F.W.R Bridge
1	عدد الثنائيات المستخدمة	1	2	4
2	الحاجة لاستعمال محولة ذات نقطة وسطية	لا حاجة	ضرورية	لا حاجة
3	مركبة التيار المستمر I_{dc}	I_M/π	$2I_M/\pi$	$2I_M/\pi$
4	مركبة الفولتية المستمر V_{dc}	V_M/π	$2V_M/\pi$	$2V_M/\pi$
5	القيمة الفعلة للتيار I_{RMS}	$I_M/2$	$I_M/\sqrt{2}$	$I_M/\sqrt{2}$
6	القيمة الفعلة للجهد V_{RMS}	$V_M/2$	$V_M/\sqrt{2}$	$V_M/\sqrt{2}$
7	تردد الإخراج F_{out}	F_{in}	$2F_{in}$	$2F_{in}$
8	اعظم كفاءة للموحد	0.405	0.81	0.81
9	معامل التموج Ripple Factor	1.212	0.482	0.482
10	جهد الذروة العكسية PIV	V_M	$2V_M$	V_M

جدول مقارنة بين انواع الموحدات احادية الطور

The Filter in Power Supply المرشحات في مجهزات القدرة

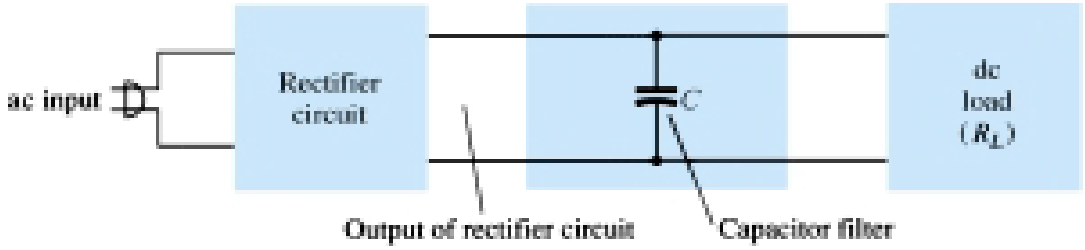
من المعروف ان خرج دوائر لتوحيد يحتوي على مركبتين مركبة فولتية اوتيار مستمر ومركبة فولتية او تيار المتناوب.

والمتمثلة بمقدار التموج ويمكن القول ان الوظيفة الاساسية لدوائر المرشحات هو تقليل التموج الى اقل مايمكن



Type of Flirted Circuits أنواع دوائر الترشيح

١. المرشح السعوي Shunt Capacitor Filter

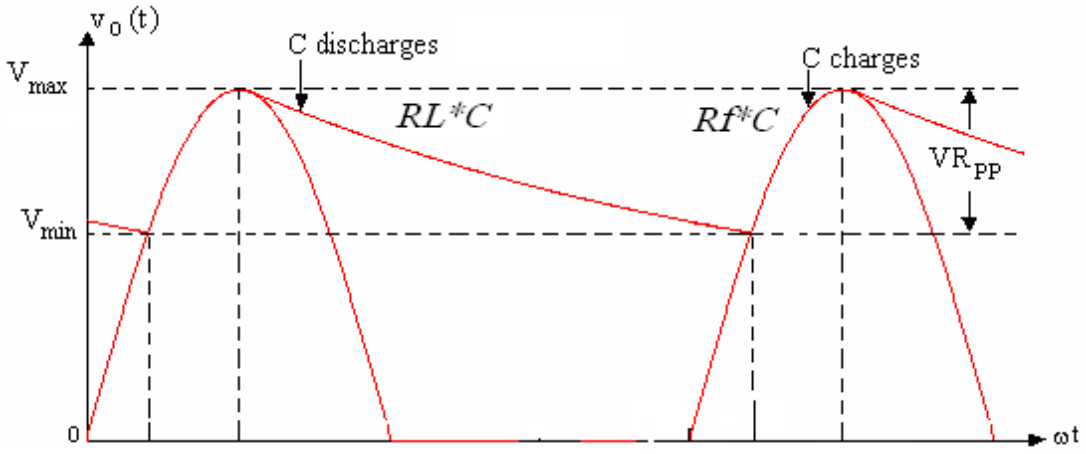


يعتبر المرشح السعوي ابسط انواع المرشحات وارخصها ويستخدم بشكل واسع عندما يكون التموج قليل .

ويتلخص عمل هذا المرشح بما يلي :-

حيث تشحن المتسعة عند توصيل الثنائي الى جهد الذروه (VP) بعدها يتوقف الثنائي عن العمل ليصبح دائرة مفتوحة (Open Circuit) بسبب عكس انحيازه بجهد المتسعة بعد ذلك تبدأ المتسعة بالتفريغ عن طريق مقاومة الحمل بثابت زمن مقداره (T=R . C) الى ان يقترب النصف الموجب الاخر لتبدأ المتسعة بالشحن مرة اخرى الى جهد الذروة .

لذلك يكون خرج دائرة الترشيح اقل تموج مما هو علية بدون ترشيح وكما موضح في الرسم الموجي ادناه



ويمكن حساب الفولتية المستمرة لموحد نصف موجي مع مرشح سعوي من العلاقة الرياضية التالية

$$Vdc = \frac{Vp}{1+\frac{\pi}{wRC}}$$

$$Vdc = \frac{Vp}{1+\frac{1}{2\,fCRL}}$$ **لموحد H.W.R**

$$Idc = \frac{Vdc}{R}$$

$$\gamma F = \frac{\pi}{\sqrt{3}wRC} = \frac{\pi}{\sqrt{3}2\pi FRC}$$

$$\gamma F = \frac{1}{2\sqrt{3}FRC}$$ **لموحد H.W.R**

$$\gamma F = \frac{1}{4\sqrt{3}FRC}$$ **لموحد F.W.R**

$$Vdc = \frac{VP}{1+\frac{\pi}{2wRC}}$$

$$Vdc = \frac{VP}{1+\frac{1}{4FCRL}}$$ **لموحد F.W.R**

$$T = R.C \Rightarrow T_{ch} + T_{dich}$$

حيث ان :-

V_P= Peak Voltage جهد الذروة

W= 2πF – التردد الزاوي angular Frequency

γF -: معامل التموج

T :-Time Constant ثابت الزمن

T_{ch} :- زمن الشحن

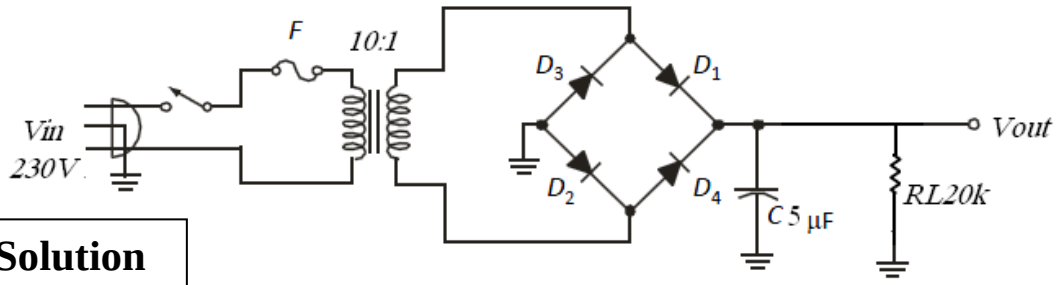
T_{disch} :- زمن التفريغ

مثال EXAMPLE

في دائرة موحد موجة كاملة قنطري موضح بالشكل ادناه احسب

١ معامل التموج

٢ فولتية الاخراج للمرشح السعوي Vdc



Solution

$$VP(primary) = V_{RMS} \times \sqrt{2} = 230 \times \sqrt{2} = 325v$$

$$VP(Secondary) = 325 \times \frac{1}{10} = 32.5v$$

$$\gamma F = \frac{1}{4\sqrt{3}FRC} = \frac{1}{4\sqrt{3} \times 100 \times 5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{3}}$$

$$\gamma F =$$

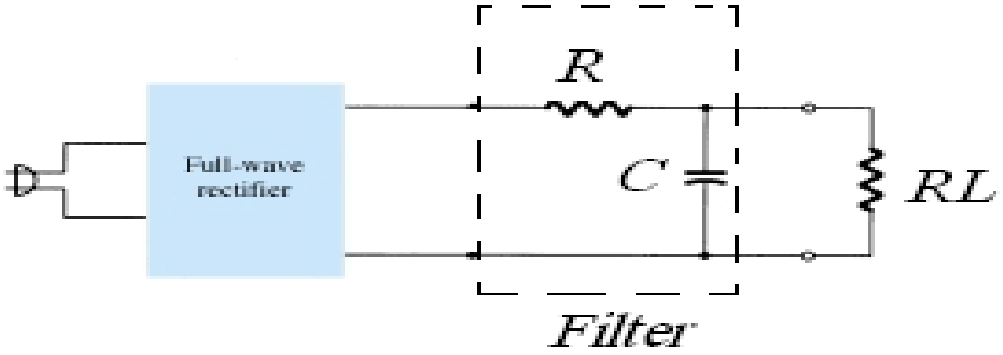
$$Vdc = \frac{VP}{1 + \frac{1}{4FCRL}} = \frac{32.1}{1 + \frac{1}{4 \times 100 \times 5 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{3}}} =$$

مثال (H.W)

موحد قنطري يعمل بجهد ادخال تردده 50Hz يجهز حمل مقداره 1kΩوبتيار (Idc=100mA) فاذا علمت ان معامل التموج مقداره (1) احسب متسعة الترشيح ثم احسب مقدارجهد الادخال (مصدر التجهيز)

٢. مرشح المقاومه والمتسعة RC – Filter

الشكل ادناه يوضح مرشح متسعة على التوازي ومقاومة على التوالي تقوم بتحديد تيار الشحن الذي تسحبه المتسعة لذلك يجب الاخذ بنظر الاعتبار عند تصميم المرشح قيم كل من المتسعة والمقاومة على ان تكون قيمة المقاومة (R) اكبر بكثير من قيمة (XC) ويمكن استخدام اكثر من مرحلة ترشيح لتقليل مركبة التيار المتناوب الى اقل مايمكن



يمكن حساب معامل التموج لهذا النوع من المرشحات بالعلاقة الرياضيه التالية

$$\gamma = \left(\frac{1 + \frac{R}{RL}}{3\sqrt{2}WCR} \right)$$

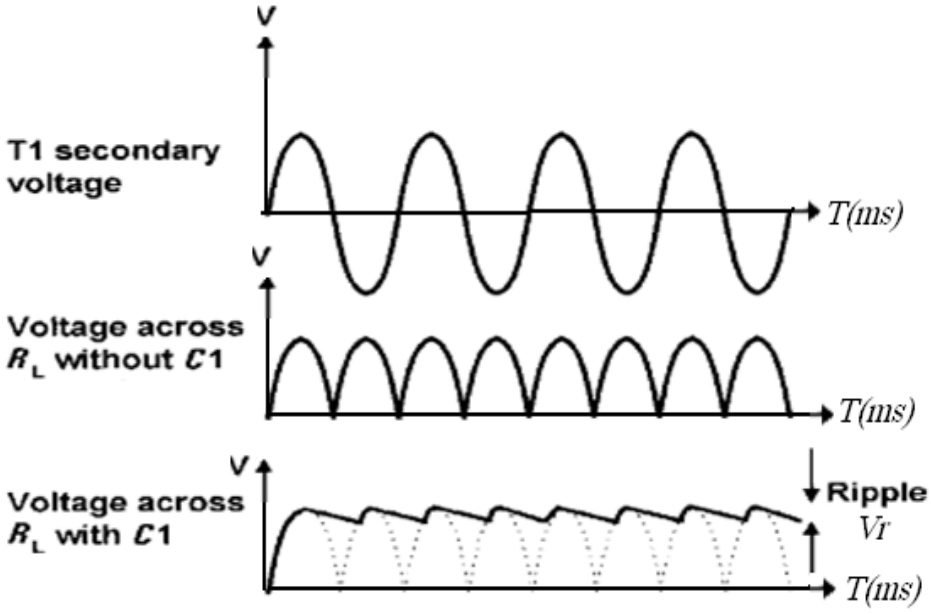
حيث ان :-

مقاومة المرشح :- R

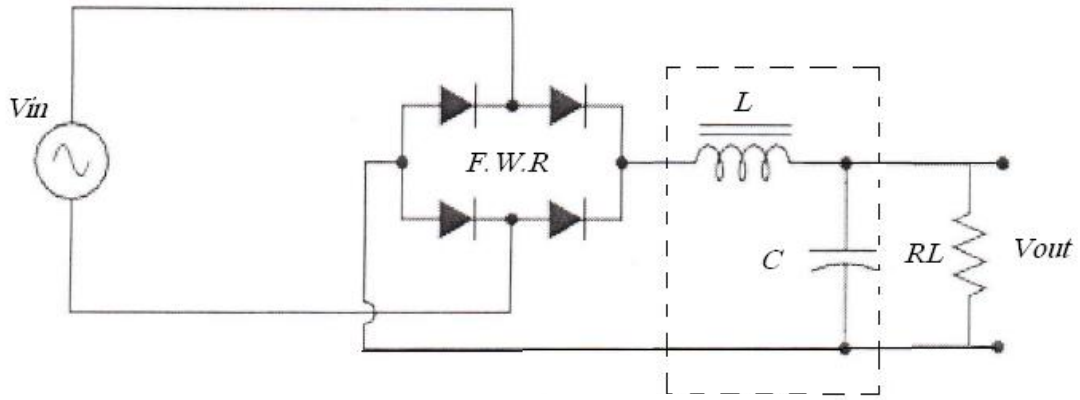
متسعة المرشح : - C

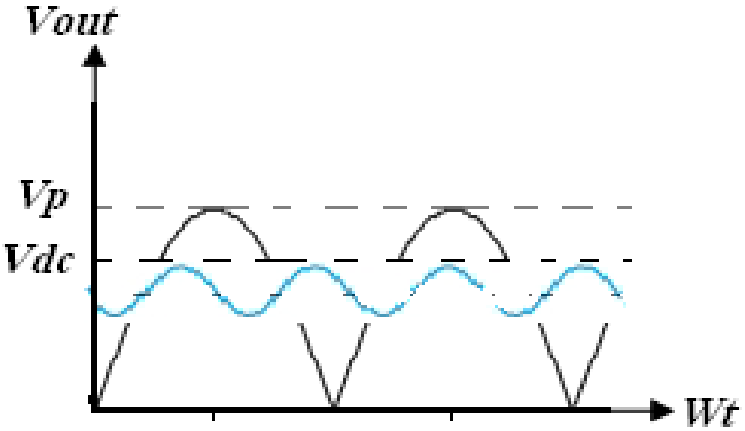
السرعة الزاوية :- $2\pi F$

مقاومة الحمل :- $R\,L$



3 . مرشح الملف الخانق Choke Filter





الشكل اعلاه يوضح دائرة مرشح باستخدام ملف خانق (Coke Filter) ذو قلب حديدي ومتسعة ومقاومة حمل .

حيث ان موجة ادخال الموحد تحتوي على مركبتين مركبة مستمرة مرغوب فيها ومركبة متناوبة يجب التخلص منها اوتقليلها الى اقل حد ممكن باستخدام المرشح .

حيث يسمح الملف الخانق للمركبةالمستمرة بالمرور فيما يبدي ممانعة عالية اتجاة تمرير المركبة المتناوبة . بينما تقوم المتسعة بمنع المركبة المستمره من المرور خلالها والسماح بالمركبة المتناوبة بالمرور وبذلك فان التيار المستمر يمر بالكامل عبر مقاومة الحمل

وعلية يكون اخراج دائرة مرشح الملف الخانق ذو تموج قليل لان ممانعة الملف الخانق (XL) تكون اقل من ممانعة المتسعة (XC)فيما تكون الاخيرة اقل من مقاومة الحمل ووفق هذة الشروط تعمل دائرة المرشح كمقسم جهدلفولتية الاخراج . ويمكن حساب معامل التموج لهذا المرشح من العلاقة الرياضية التالية:-

$$\gamma = \frac{\sqrt{2}}{3(2wc)(2wL)} = \frac{\sqrt{2}}{12w^2LC}$$

$$\gamma = \frac{1.19}{LC}$$

حيث أن :-

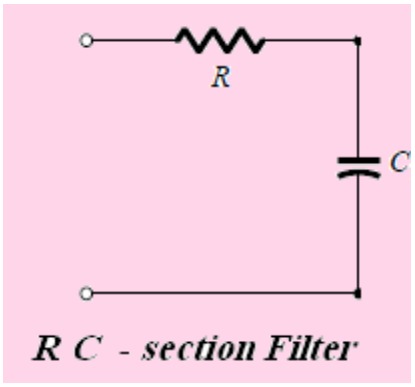
C--- in μF

L--- in Henry

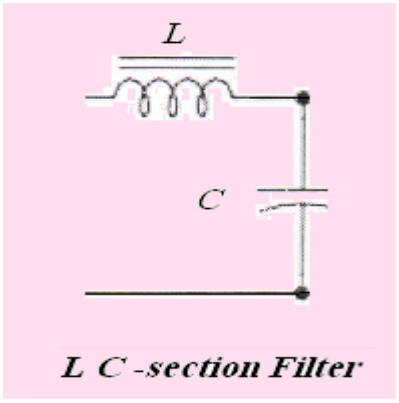
٤. مرشح المقطع Section Filter

عندما يكون ثابت الزمن (T= R. C) طويل يمكن اهمال التموج ولكن عندما يكون ثابت الزمن قليل نحتاج الى استخدام دائرة ترشيح اضافية لتقليل التموج لذلك يمكن استخدام اكثر من مقطع ترشيح ويكون على نوعين هما :-

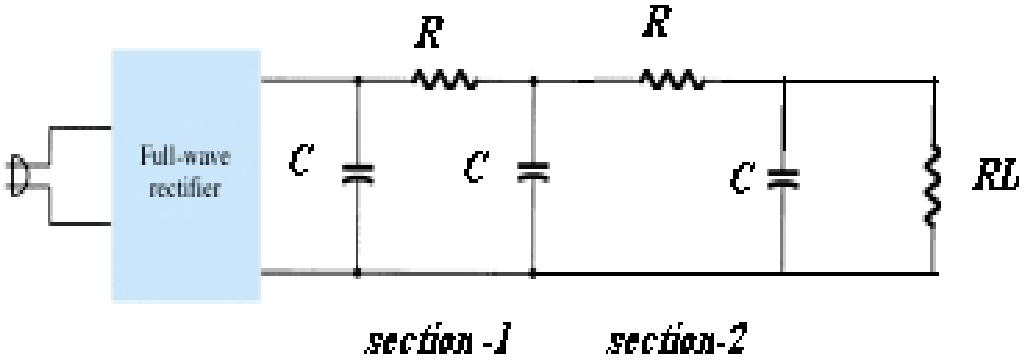
(A) مرشح مقطع R C



(B) مرشح مقطع L C



ان زيادة مقاطع الترشيح يزيد من توهين مركبة الفولتية او التيار المتناوب يساوي حاصل ضرب التوهين لكل مقطع فلو ان المقطع الاول قلل بمقدار (10) فان التوهين الكلي للمقطعين يساوي (100) وهكذا مع زيادة عدد مقاطع الترشيح



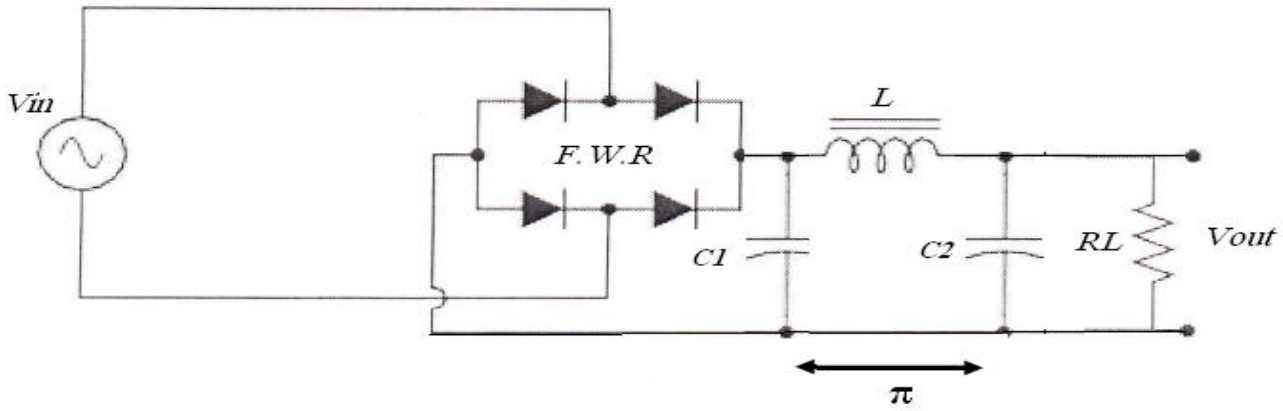
C – L – C Pi- Filter (π) مرشح . 5

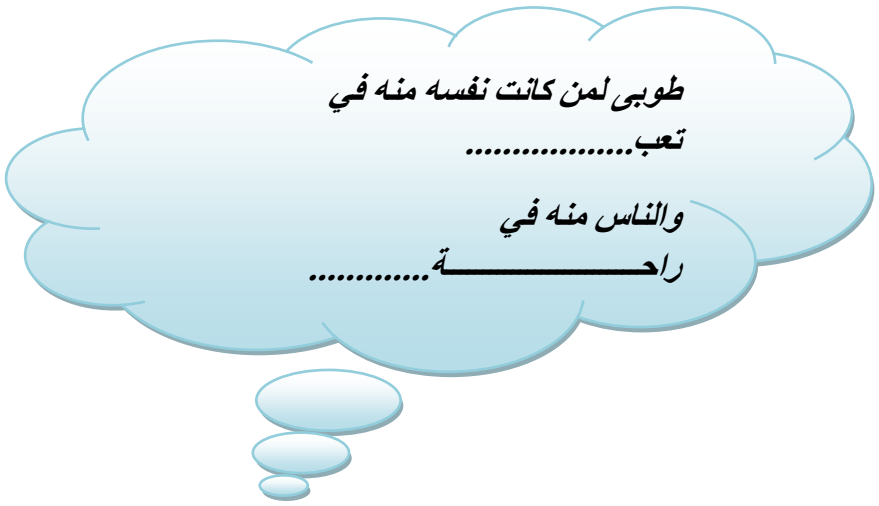
مرشح مكون من ثلاثة عناصر منظمة على شكل الحرف الاغريقي (π) وكما موضح بالشكل ادناه .

هذا النوع من المرشحات افضل من بقية الانواع ويمكن حساب معامل التموج من العلاقة التالية:-

$$\gamma = \sqrt{2}\,\frac{XC_1 \times XC_2}{RL.XL} = \frac{\sqrt{2}}{8w^2 C_1 C_2 L RL}$$

$$\gamma = \frac{5700}{LC_1C_2RL}$$





مع تحياتي ودعواتي لكم بالنجاح والموفقية

المهندس حسن عبد الكاظم بجاي

DC- VOLTAGE مضاعفات الجهد المستمر
DOUBLER (*Voltage Multipliers*)

مضاعفات الفولتية المستمرة هي دوائر الكترونية تستخدم الدايود كمقوم ذروه بمرحلة اواكثر مع متسعة للحصول على فولتية مستمرة مضاعفة الى ضعفين او اكثر (4Vp , 3Vp , 2Vp) من دون زيادة فولتية الادخال المتناوبة . وتستخدم دوائر مضاعفات الجهد المستمر في العديد من التطبيقات التي نحتاج فيها الى فولتية مستمرة عالية بتيار قليل كما هو الحال في انبوب الاشعة الكاثودية (C R T) في اجهزة التلفزيون والاوسلسكوب . ويمكن بناء دوائر مضاعفات الجهد وكما يلي :-

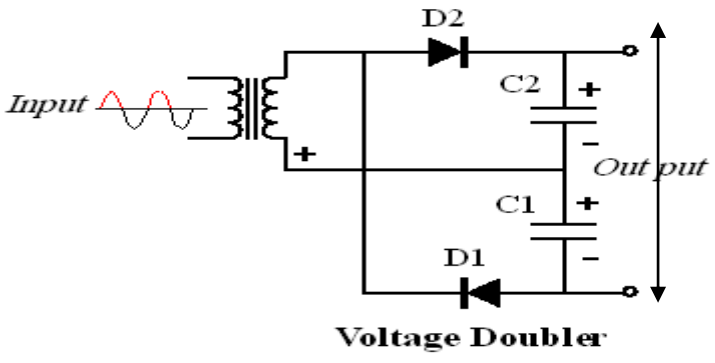
A. مضاعفات الجهد الى الضعف Voltage Doubler

في الدائرة الموضحة بالشكل ادناه يربط الثنائين D1 و D2 حيث يكون الاولٍ منحاز اماميا"ٍ عند النصف اسالب مم موجة الالدخال فيما يكون الثنائي D2

منحاز عكسيا" حيث يمر التيار في الثنائي D1 مما يعمل على شحن المتسعة

C1الى مقدار القيمه العظمى (Vp) وبالقطبية المؤشرة في الرسم .

اما عند النصف الموجب من موجة الادخال يكون الثنائي D1 منحاز عكسيا" والثنائي D2 منحاز اماميا" وبما ان المتسعة C1 مربوطة على التوالي مع المتسعة C2 سوف تشحن الى فولتية مساوية جهد الذروه (Vp)حيث يكون الجهد الكلي على طرفي المتسعتين مساوي الى (2VP).

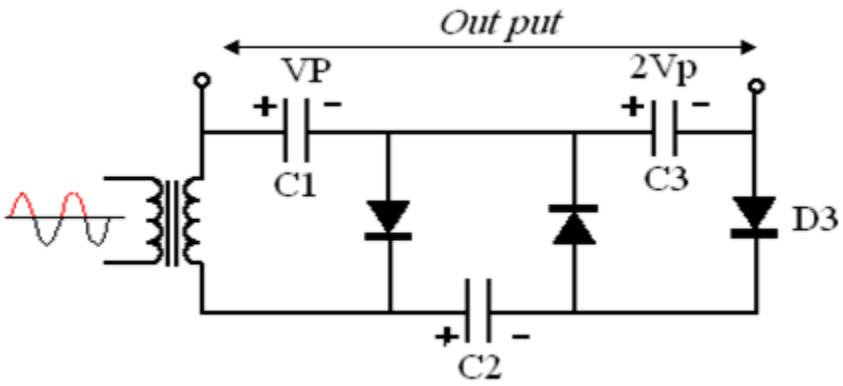


Voltage Doubler

B. مضاعفات الفولتية الى ثلاثة اضعاف Voltage Tripler

في الدائرة السابقة كنا قد حصلنا على جهد مضاعف الى 2Vp اما اذا اردنا الحصول على جهد مضاعف ثلاث مرات أي (3Vp)فانه يجب اضافة مقطع اخر الى الدائرة مكون من (D3&C3)حيث يكون الثنائي D3في الذروة السالبة منحاز اماميا" مما يسبب شحن

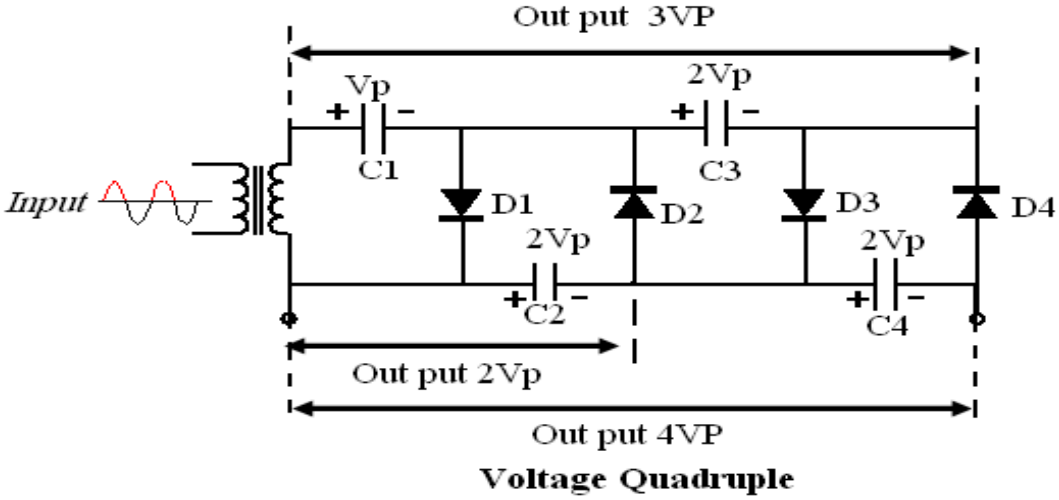
المتسعة C3الى فولتية مقدارها 2Vp وحسب القطبية المؤشرة في الرسم حيث يكون اخراج الدائرة على طرفي المتسعتين C1&C3 وبذلك نكون قد حصلنا على جهد مستمر مضاعف لثلاثة اضعاف القيمة العظمى للمصدر وكما ووضح بالشكل ادناه



Voltage Tripler

C. مضاعفة الفولتية الى اربعة اضعاف Voltage Quadruple

يمكن ربط اربعة ثنائيات كمقومات ذروه واحد بعد الاخر للحصول على مضاعفة الجهد الى (4Vp) من خلال الدائرة الموضحة في الشكل ادناة نلاحظ ان المتسعة (C1) سوف تشحن عبر توصيل (D1) الى جهد الذروه (V_P) اما خلال النصف السالب فان المتسعة (C2) تشحن عبر توصيل (D2) الى ضعف جهد الذروه (2Vp) . وخلال النصف اموجب من الدورة الثانية لموجة الادخال فان الثنائي (D3) يوصل والفولتية عبر المتسعة (C2) سوف تشحن المتسعة (C3) الى نفس جهد الذروة (V_P) وخلال النصف السالب فان الثنائين (D2و D4) يوصلان مما يؤدي لشحن المتسعتين (C3و C4) الى ضعف جهد الذروة (2Vp) . وبلتالي وكما موضح بالشكل ادناه يمكن الحصول من على طرفي المتسعتين (C2و C4)بجهد مضاعف الى اربعة اضعاف جهد الذروه (4Vp) .



Voltage Quadruple

دوائر المقلمـــــــات
Clipping Circuits

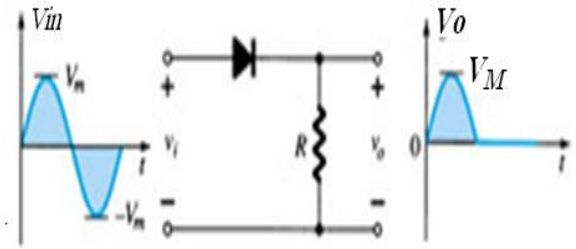
وهي دوائر الكترونية تستخدم شبكة مكونة من ثنائي ومقاومة ومصدر فولتية مستمرة (DC) لقطع أي جزء من فولتية الادخال غير مرغوب فية اويراد تحديده . ويمكن تقليم موجة الادخال الى مستويات مختلفة بوسطة تغير الفولتية المستمرة وتدعى عند ذلك الدائرة بالمقلم المنحاز (Biased Clipper) وحسب قطبية الانحياز موجبة او سالبة ، ويمكن استخدام خاصية الثنائي في قطع نصف موجة الادخال وحسب طبيعة انحيازه بالطريقة التي يكون فيها مفتاح مغلق (Short Circuit) في النحياز الامامي ومفتاح مفتوح (Open Circuit). تستخدم المقلمات في دوائر الرادار والحاسبات الرقمية عندما نرغب بازالة اشارة فولتية اعلى او اقل من مستوى محدد (Reference). كما تستخدم في دوائر الاتصالات لقطع نبضات التشوية (Noise Pulses) والتي تكون مرتفعة فوق مستوى اتساع الاشارة المستقبلة (Over Amplitude Signal). ويمكن تصنيف المقلمات الى مايلي :-

١. مقلمات توالـــــــــــي Series clippers

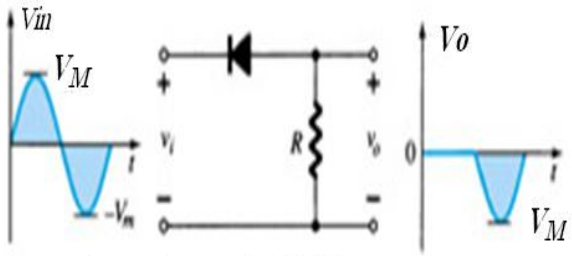
هيئة ربط المقلمات التوالي هي ان يربط الثنائي على التوالي مع الحمل وينقسم الى نوعين

أولا":- مقلم توالى منحاز (موجب) Positive Biased series clipper

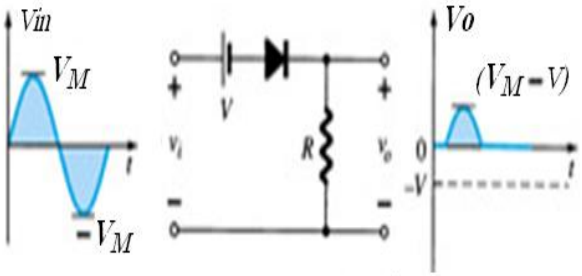
ثانيا":- مقلم توالي منحاز (سالب) Negative Biased series clipper



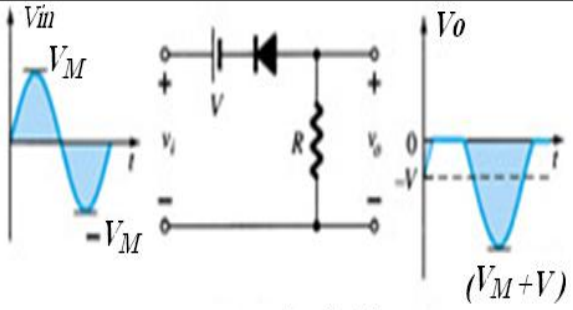
دائرة مقلم توالي (سالب) غير منحاز



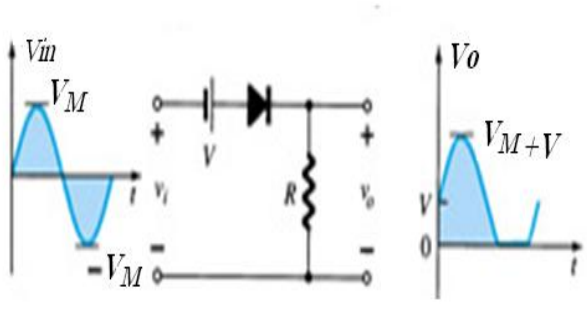
دائرة مقلم توالي (موجب) غير منحاز

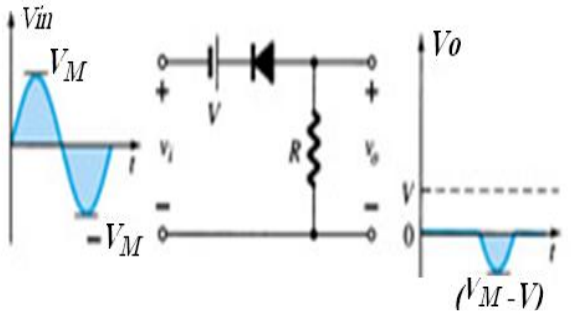


دائرة مقلم توالي (سالب) منحاز عكسي



دائرة مقلم توالي (موجب) منحاز امامي



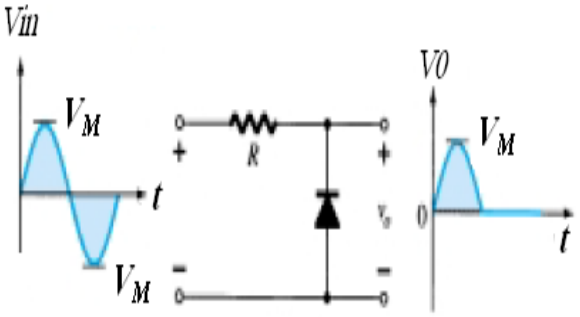


٢. مقلمات التـــــــــــــــوازي Parallel clippers

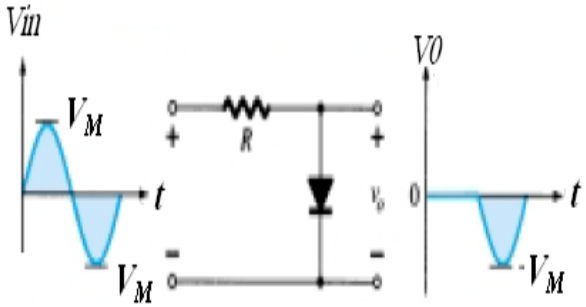
هيئة ربط المقلمات التوازي هي ان يربط الثنائي على التوازي مع الحمل وينقسم الى نوعين

أولا":- مقلم توازي منحاز(موجب) Positive Biased Parallel clipper

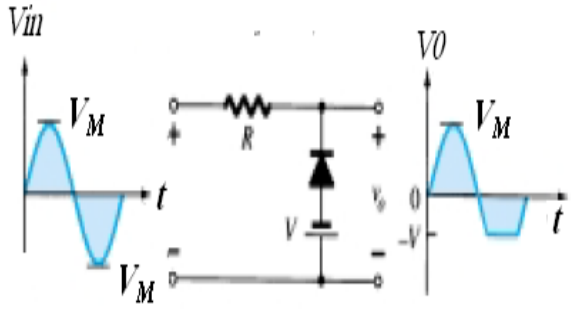
ثانيا":- مقلم توازي منحاز(سالب) Negative Biased Parallel clipper



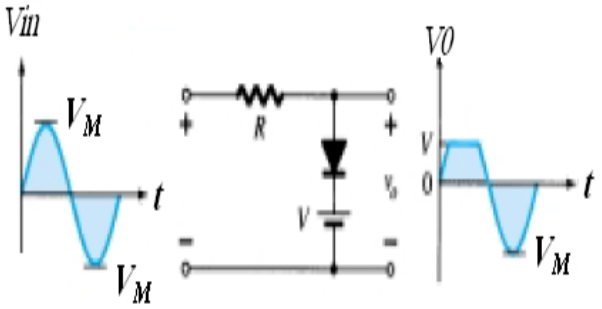
مقلم توازي سالب غير منحاز



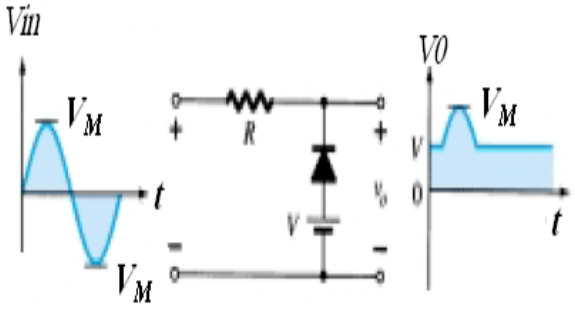
مقلم توازي موجب غير منحاز



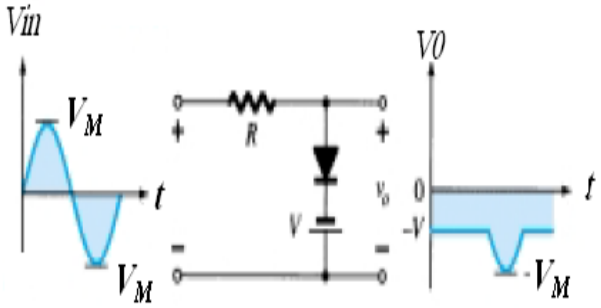
مقلم توازي سالب منحاز عكسي



مقلم توازي موجب منحاز عكسي



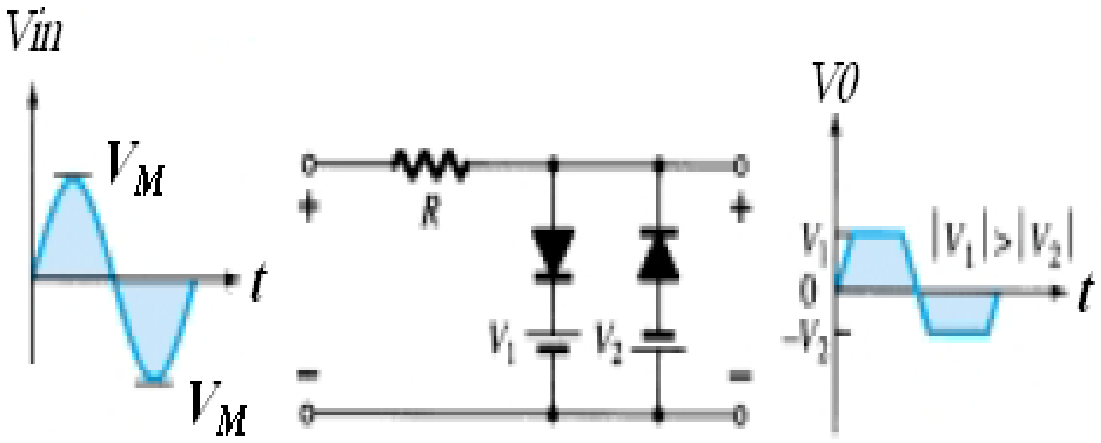
مقلم توازي سالب منحاز امامي



مقلم توازي موجب منحاز امامي

ثالثا":- المقلم المركـــــــــب Combination Clipper

يمكن جمع النوعين السابقين في مقلمات التوازي لنحصل على مقلم مركب(موجب ، سالب) منحاز اوغير منحاز حسب متطلبات الدائرى الالكترونية . حيث يعمل الثنائي (D1) في حالة الانحياز الامامي وحسب مقدار انحياز المصدر المستمر فيما يعمل الثنائي (D2) في حالة الانحياز العكسي وحسب مقدار انحياز المصدر المستمر لذلك سوف تكون اشارة الاخراج لهذة الدائرة اشبة بالموجة المربعة وكما في الشكل ادناه



دوائر المـــــــــــــلزم

Clamper Circuits

وهي دوائر الكترونية او شبكة مكونة من ثنائي ومقاومة ومتسعة يتم من خلالها اضافة مركبة فولتية مستمرة الى الاشارة بمستويات مختلفة من دون تغير ظاهر الاشارة المسلطة .

والملزم (Clamper) بنوعيه الموجب والسالب يستخدم بشكل واسع في دوائر التلفزيون بمرحلة الصورة .

ويمكن تلخيص عمل دائرة الملزم بالنقاط التالية :-

١. في البداية نفترض ان جزء موجة الادخال يجعل الثنائي منحاز اماميا".

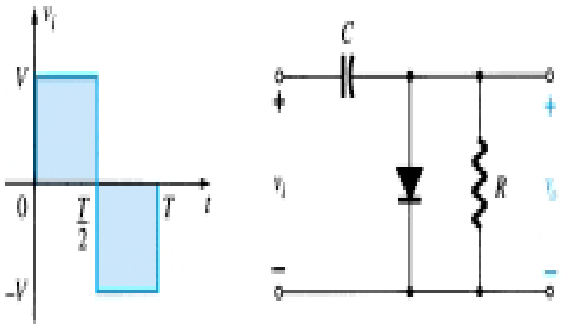
٢. خلال دورة توصيل الثنائي سوف تشحن المتسعة الى القيمة الحظيه العظمى لفولتية الادخال .

٣. خلال دورة عدم توصيل الثنائي سوف تمسك المتسعة شحنتها وذلك بوسطة التحكم بقيمة ثابت الزمن (T=R.C) .

٤. حساب فولتية الاخراج وفق معطيات التحليل الرياضي للدائرة

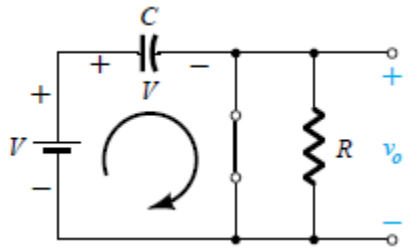
مثال Example

حدد فولتية الاخراج للدائرة الموضحة بالشكل ادناه



Solution

١. في حالة توصيل الثنائي فان المتسعة سوف تشحن الى بسرعة الى مقدار فولتية الادخال للفترة من (0----- T/2) وفي هذه الحالة تكون فولتية الاخراج (Vo) تساوي صفر وكما في الشكل ادناه .

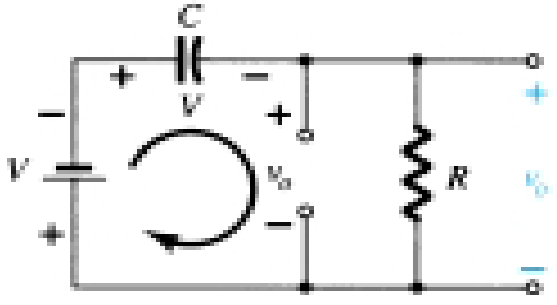


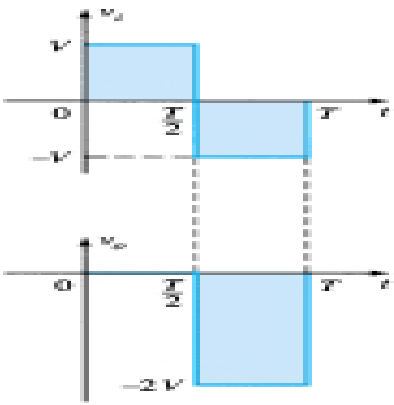
٢. في الفترة الزمنية (T-------T/2) يكون الثنائي منحاز عكسيا" (Open Circuit)فسوف تحتفظ المتسعة بشحنتها وذلك بواسطة اطالة ثابت الزمن للتفريغ (T=R.C).

٣. يمكن حساب فولتية الاخراج بتطبيق قانون (KVL) على الدائرة ادناه حيث ان :-

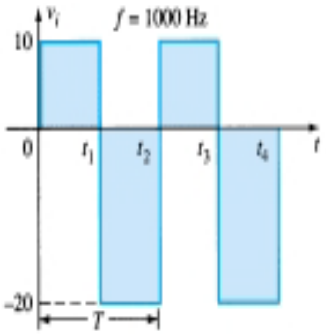
-V-V-Vo = 0

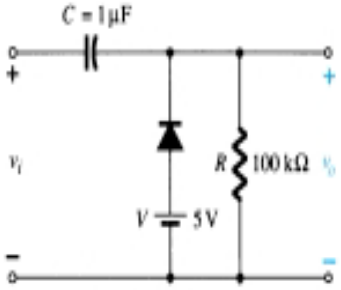
Vo=-2V



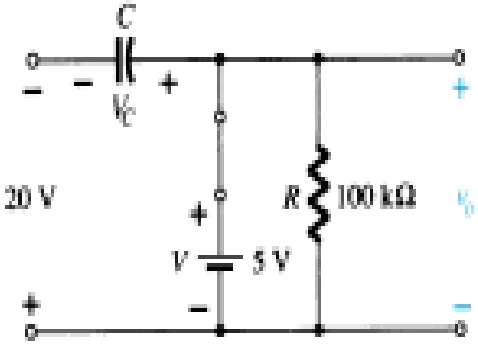


مثال Example حدد فولتية الاخراج للدائرة الموضحة بالشكل ادناه





Solution



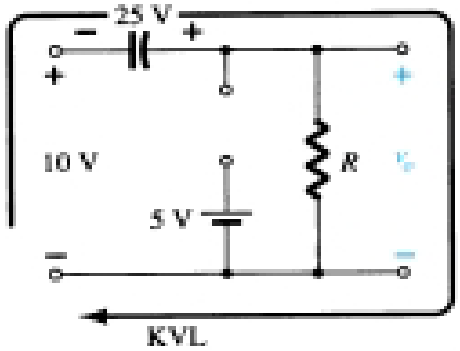
١. خلال الفترة من (t_1-------0)يكون الثنائي في حالة قطع (off)

٢. خلال الفترة من (t_2------t_1) يكون الثنائي في حالة توصيل (ON)وبالتالي سوف تشحن المتسعة الى المقدار التالي من الفولتية

$$-20 + VC - 5 = 0 \quad \text{(KVL)}$$

$$VC = 25v$$

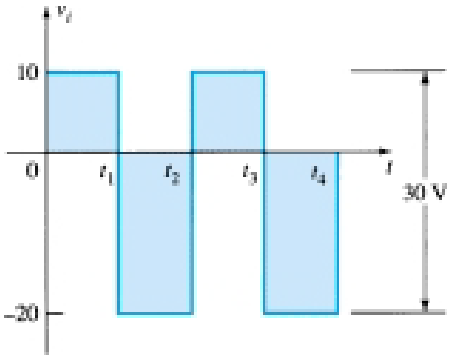
فيما تكون فولتية الاخراج تساوي 5V

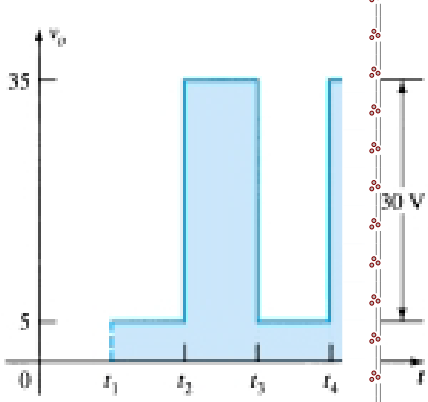


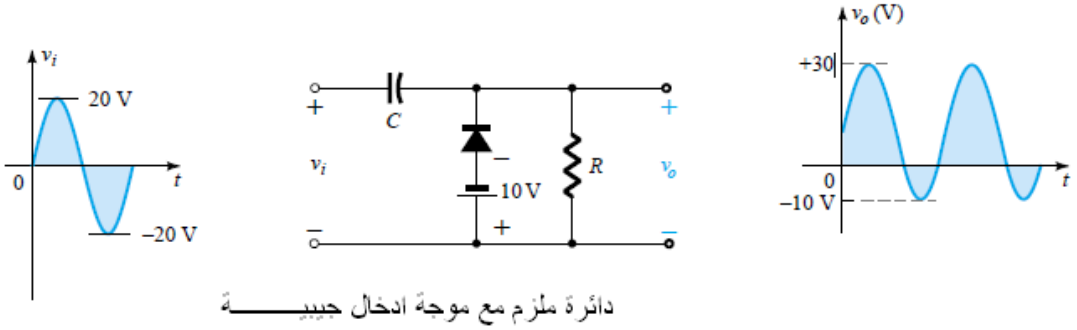
٣. خلات الفترة من (t_2-------t_3) يكون الثنائي في حالة قطع (OFF) حيث يمكن حساب فولتية الاخراج ك-

$$+10 + 25 - Vo = 0$$

$$Vo = 35v$$

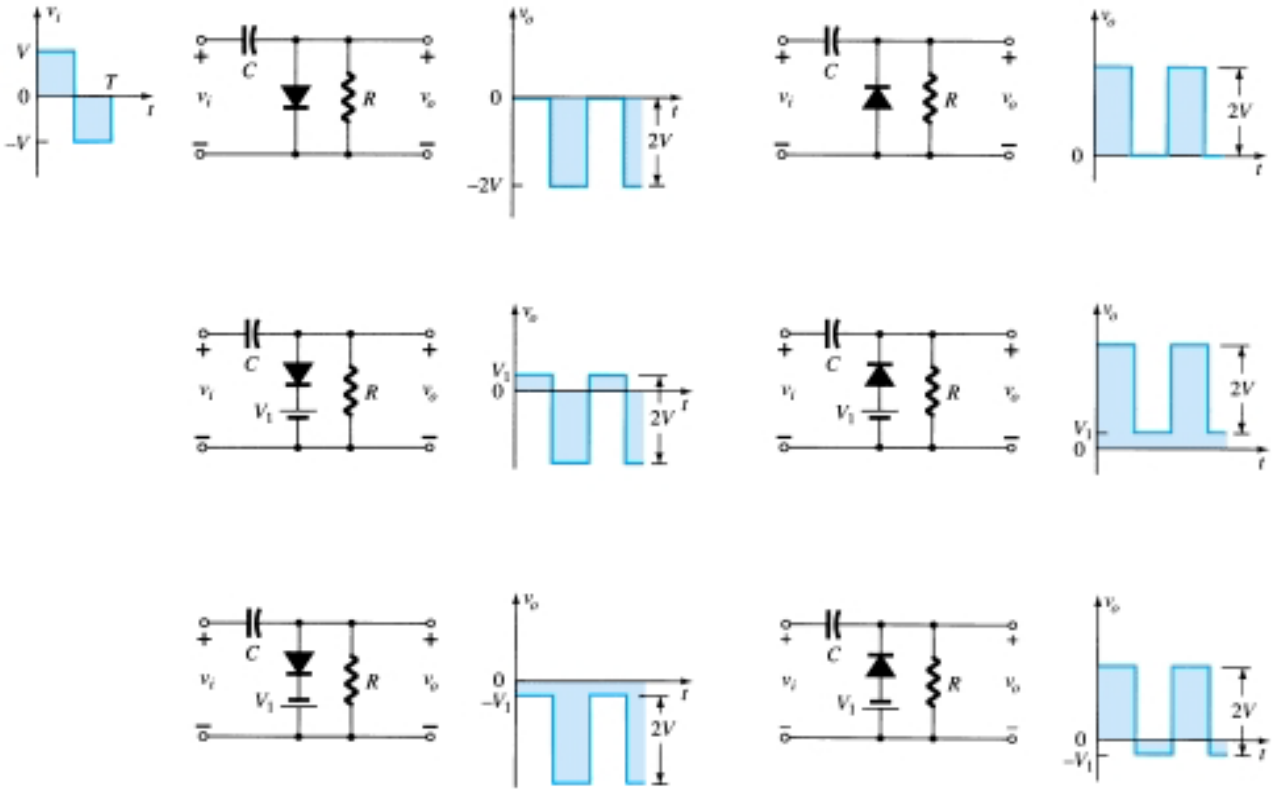






دائرة ملزم مع موجة ادخال جيبيـــــــة

امثلة توضيحية لدوائر ملزم مختلفة بموجة ادخال مربعة



Good FRIENDS are hard to find… harder to leave and impossible to forget

الأصدقاء الحقيقون يصعب إيجادهم ..... يصعب تركهم ..... ويستحيل نسيانهم

أعزائي الطلبة ***** لاتنسوني ووالديه بصالح دعواتكم ******* المهندس حسن الكردي**

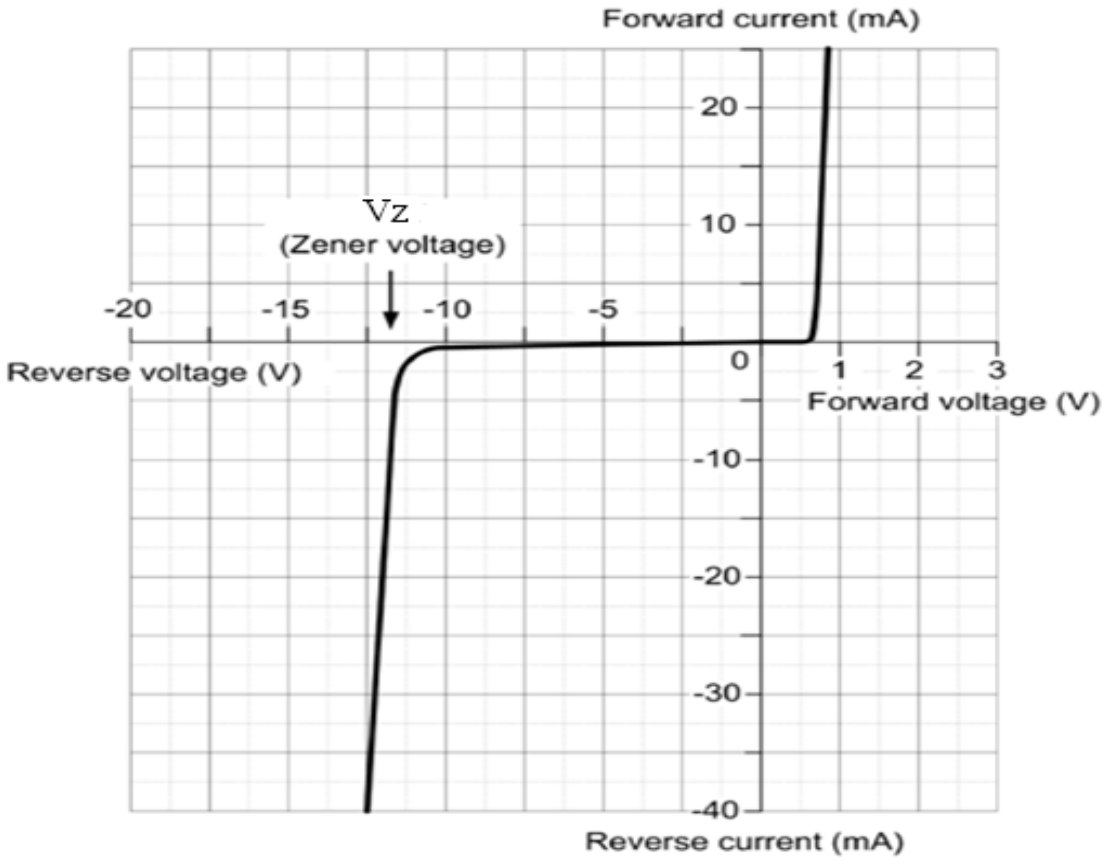
الزنير دايود Zener Diode

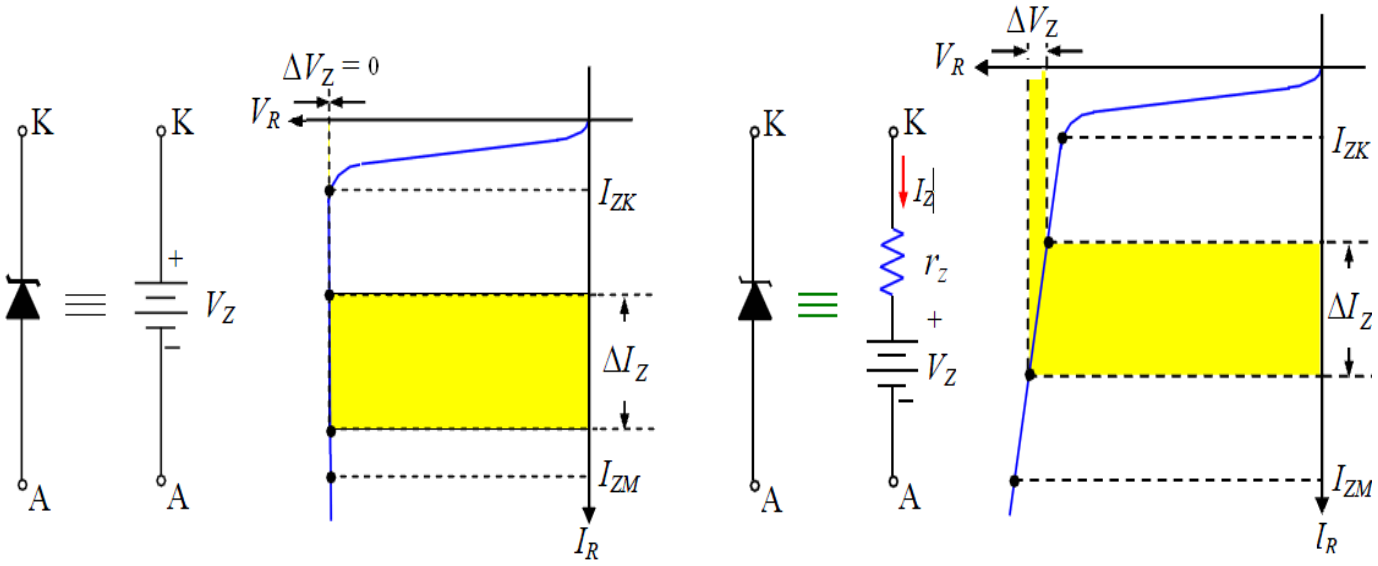
وهو عنصر الكتروني مصنوع من ماد شبة موصلة وبتشويب اكثر نسبة مما هو علية في الثنائي الاعتيادى مما يجعل منطقة الاستنزاف ضيقة جدا" مما يسمح لثنائي الزنير بالعمل في الانحياز العكسي من منحني الخواص دون ان يتعرض الى التحطم بعد وصول الجهد العكسي الى مقدار يدعى بفولتية الزنير (VZ) والتي تختلف من زنير الى اخر .

حيث تتراوح من 2----- 200 فولت تحت ظروف درجة الحرارة الطبيعية ويعتبر نثائي الزنير العنصر الاساسي في بناء دوائر منظمات الفولتية (Voltage Regulator) وفق الشروط التالية :-

١. يجب ان يكون انحيازه عكسي .
٢. تسليط جهد عبر الثنائي اكبر من جهد الزنير دايود (Vz).
٣. يجب ان يكون تيار الدائرة اقل من اعظم تيار الزنير I_Z

والشكل ادناه يوضح منحني خواص ثنائي الزنير والذي يعمل في الانحياز الامامي (F.B) كثنائي اعتيادي فيما يعمل في الانحياز العكسي (R.B)

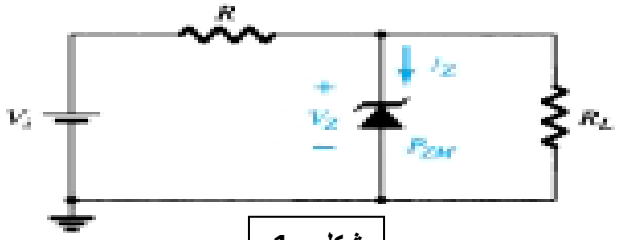




منحني خواص الانهيار والدائرة المكافئة لثنائي الزنير - المثالي

منحني خواص الانهيار والدائرة المكافئة لثنائي الزنير - العملي

تحليل دوائرالمستمرة لثنائي الزنير DC-Analysis Zener Diode Circuit

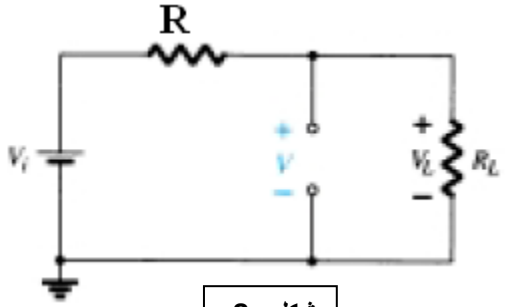


شكل - 1

الشكل (1)اعلاه يوضح دائر منظم فولتية بسيطة باستخدام الزنير دايود يمكن تحليل هذه الدائر رياضيا" كما يلي :-

١. تحديد حالة الزنير دايود بواسطة حذف الدايود من الدائرة وحساب الفولتية على طرفي الدائرة المفتوحة كما في الشكل (2) حيث ان

$$V = V_L = \frac{R_L V_i}{R + R_L}$$

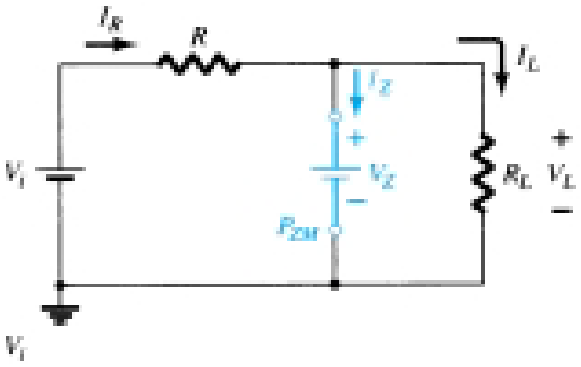


شكل - 2

If $V > VZ$, the Zener diode is "ON"

If $V < VZ$, the diode is "OFF"

٢. نعوض الدائرة المكافئة الملائمة ثم نستخرج المجهول حسب العلاقات التالية



If - Doide (oN) State

$$V_L = V_Z$$

$$I_R = I_Z + I_L \qquad (K I L)$$

$$I_Z = I_R - I_L$$

$$\because \quad I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

$$\text{and} \quad I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$

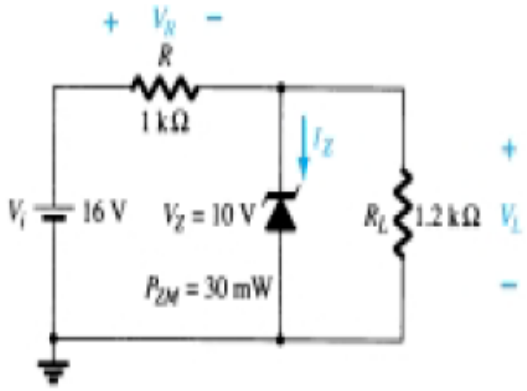
القدرة المستهلكة عبر الزنير دايود

$$P_Z = V_Z I_Z$$

مثـــــــال *EXAMPLE*

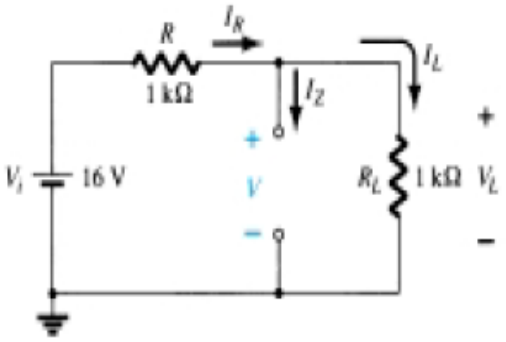
في الدائرة الموضحة ادناه احسب $V_L, V_R, I_Z, P_Z.$

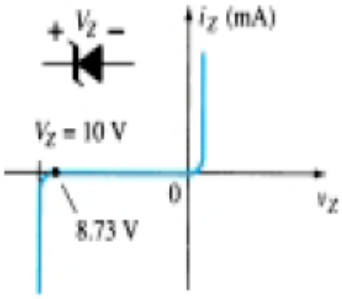
اعد حساب المطالب عند تغير مقاومة الحمل الى $R_L = 3\ \text{k}\Omega.$



Solution

$$V = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = \frac{1.2\ \text{k}\Omega(16\ \text{V})}{1\ \text{k}\Omega + 1.2\ \text{k}\Omega} = 8.73\ \text{V}$$





Since $V = 8.73$ V is less than $V_Z = 10$ V, the diode is in the "off" state as shown

$$V_L = V = \mathbf{8.73\ V}$$

$$V_R = V_i - V_L = 16\ V - 8.73\ \text{V} = \mathbf{7.27\ V}$$

$$I_Z = \mathbf{0\ A}$$

$$P_Z = V_Z I_Z = V_Z(0\ \text{A}) = \mathbf{0\ W}$$

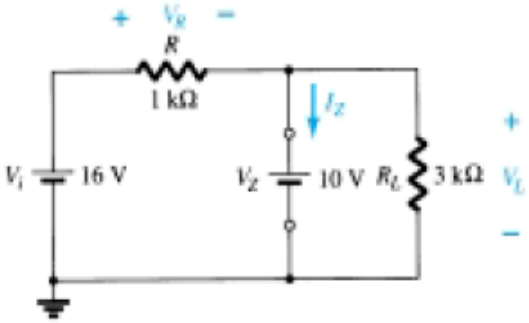
if RL=3k Ω

$$V = \frac{R_L V_i}{R + R_L} = \frac{3\ \text{k}\Omega(16\ \text{V})}{1\ \text{k}\Omega + 3\ \text{k}\Omega} = 12\ \text{V}$$

Since $V = 12$ V is greater than $V_Z = 10$ V, the diode is in the "on" state

$$V_L = V_Z = \mathbf{10\ V}$$

$$V_R = V_i - V_L = 16\ \text{V} - 10\ \text{V} = \mathbf{6\ V}$$



$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{10\ \text{V}}{3\ \text{k}\Omega} = 3.33\ \text{mA}$$

$$\text{I}_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6\ \text{V}}{1\ \text{k}\Omega} = 6\ \text{mA}$$

$$I_Z = I_R - I_L$$

$$= 6\ \text{mA} - 3.33\ \text{mA}$$

$$= \mathbf{2.67\ mA}$$

$$P_Z = V_Z I_Z = (10\ \text{V})(2.67\ \text{mA}) = \mathbf{26.7\ mW}$$

$$P_{ZM} = 30\ \text{mW}.$$

التطبيقات العملية لثنائي الزنير Application Off Zener Diode

يستخدم ثنائي الزنير في العديد من التطبيقات للدوائر الالكترونيى من اهمها :-

١. عنصر اساسي في منظمات الفولتية لمجهزات القدرة المستمرة
٢. يستخدم كعنصر فولتية مرجعية (Reference Voltage)في العديد من الدوائر الالكترونية مثل دوائر المقارن والمعايرة
٣. يعمل كعنصر حماية للتطبيقات العرضية للفولتيات المفرطة
٤. يعمل كمقلم قمة في العديد من دوائر المقلمات

منظمات الفولتية باستخدام ثنائي الزنير Zener Diode as Voltage Regulator

في مجهزات القدرة المستمره االهدف الاساسي هو الحصول على فولتية مستمره وذلك بتحويل الفولتية المتناوبة (AC) عبر مراحل التوحيد (Rectifier) ومن ثم تقليل التموج الى اقل مايمكن عبر دوائر المرشحات (Filter) لتكون فولتية الاخراج بعد ذلك ثابتة الشدة والاتجاه . ولكن هذة الفولتية تكون تحت تأثير عاملين اساسين هما :-

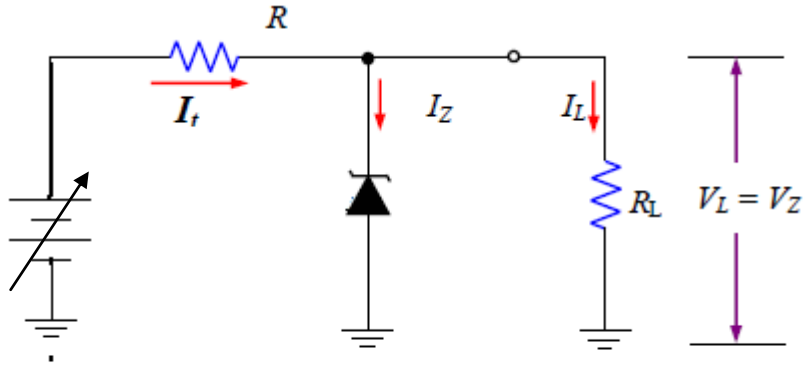
أولا": الزيادة الطارئة في فولتية المصدر (*line*) .

ثانيا": التغير بتيار الحمل*(load Current)*.

لذلك اصبح من الضروري ان نقوم بالمحافظه على فولتية الاخراج لمجهز القدرة المستمرة ثابتة مع التغير النسبي لفولتية المصدر وهذا ما يدعى بتنظيم الخط،*(line regulation)* وكذلك مع تغير تيار الحمل والذي يدعى بتنظيم الحمل (load regulation).

ثنائي الزنير منظم فولتية مع تغير فولتية المصدر Zener Regulation with a Varying Input Voltage

شكل اعـــلاه يبين دائرة عملية بسيطة لتثبيت قيمة فرق الجهد على طرفي الحمل V_L عند جهد يساوي جهد زينر V_Z في حالة تغير جهد الدخل V_{in} وهو ما يطلق عليه تنظيم الدخل أو تنظيم الخط.



استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير جهد الدخل

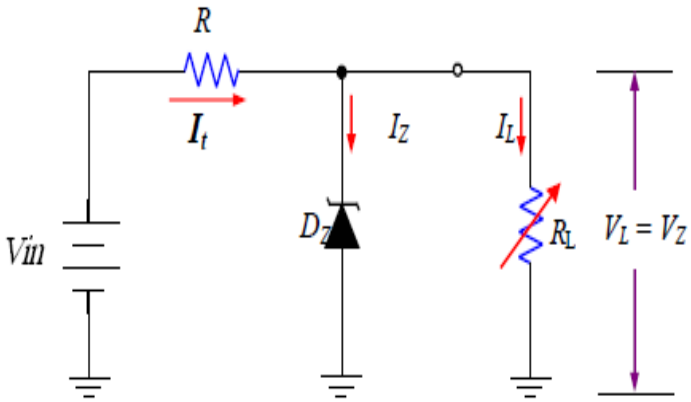
جهد الحمل ثابتا عند قيمة تساوي V_Z وهذا يؤدي إلى زيادة الجهد المطبق على المقاومة R وبالتالي زيادة التيار I_t المار خلالها. ونظرا لأن التيار المار خلال مقاومة الحمل I_L يكون ثابتا فإن الزيادة في التيار I_t تتدفق عبر الثنائي، وتستمر عملية تثبيت جهد الحمل مع تغير جهد الدخل طالما أن قيمة التيار المار خلال الزينر I_Z أكبر من قيمة I_{ZK} وأقل من قيمة I_{ZM} وذلك للحفاظ على ثنائي زينر في منطقة الانهيار.

ويمكن حساب فولتية التنظيم لتغير فولتية الخط من العلاقة التاليـــــــــة :-

$$\text{Line Regulation} = \left(\frac{\Delta Vo}{\Delta Vi}\right) \times 100\%$$

Regulation with a Varying Load Current ثنائي الزنير منظم فولتية مع تغيرتيار الحمل

شكل ادنـــاه يبين كيفية استخدام ثنائي زينر كمثبت لجهد الحمل V_L عند جهد يساوي جهد زينر V_Z في حالة تغير قيمة الحمل R_L وهو ما يطلق عليه تنظيم الحمل.



استخدام ثنائي زينر كمنظم مع تغير الحمل

عندما تكون أطراف الخرج لمنظم زينر للجهد المبين في شكل اعـــلاه مفتوحة ($R_L = \infty$)، فإن تيار الحمل I_L يساوي صفر وبالتالي يتدفق التيار الكلي I_t خلال ثنائي زينر. وعند توصيل مقاومة الحمل R_L فإن جزء من التيار الكلي يمر عبر الثنائي والجزء الآخر يمر خلال الحمل. وبتقليل قيمة R_L فإن قيمة تيار الحمل I_L تزيد بينما تقل قيمة تيار الزينر I_Z حيث أن قيمة التيار الكلي I_t تكون ثابتة. ويستمر ثنائي زينر في عملية تثبيت جهد الحمل V_L عند قيمة جهد الزينر V_Z إلى أن يصل تيار الزينر I_Z إلى اقل قيمة له (I_{ZK}) وعند هذه النقطة يصل تيار الحمل I_L إلي أقصى قيمة له $(I_{L(\max)})$

ويمكن حساب فولتية التنظيم في حالة تغير الحمل من العلاقة التالية

$$\text{Load Regluation} = \left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right)$$

حيث ان :

V_{NL}:- فولتية الاخراج في حالة اللاحمل

V_{FL}:- فولتية الاخراج في حالة الحمل الكامل

التاثير الحراري على الزنير الدايود (المعامل الحراري) Temperatue Coefficient

يحدد هذا المعامل النسبة المئوية لتغير جهد الزينر V_Z لكل تغير في درجة الحرارة مقداره واحد درجة مئوية. وكمثال على ذلك إذا كان $V_Z = 12V$ وكان المعامل الحراري $0.1\%^{\circ}C$ فإن V_Z يتغير بمقدار $0.012V$ عندما تتغير درجة حرارة الوصلة بمقدار $0.1\%^{\circ}C$ مكن استنتاج التغير في V_Z من خلال المعادلة الآتية:

$$\Delta VZ = VZ \times TC \times \Delta T$$ حيث:

V_Z = جهد الزينر عند $25\ ^{\circ}C$

TC = المعامل الحراري

ΔT = مقدار التغير في درجة حرارة الوصلة.

والمعامل الحراري TC إما أن يكون موجب (positive temperature coefficient) ويعني أن جهد زينر V_Z يزيد مع زيادة درجة الحرارة ويقل مع انخفاض درجة الحرارة، أو يكون سالب (negative temperature coefficient) فيعني أن جهد زينر V_Z يقل مع زيادة درجة الحرارة ويزيد مع انخفاض درجة الحرارة.

مثـــال Example

زينر دايود جهده يساوي (8.2v) والمعامل الحراري موجب (0.048%/Cº) اوجد قيمة جهد الزنير دايود عند درجة حرار(60 Cº)

Solution

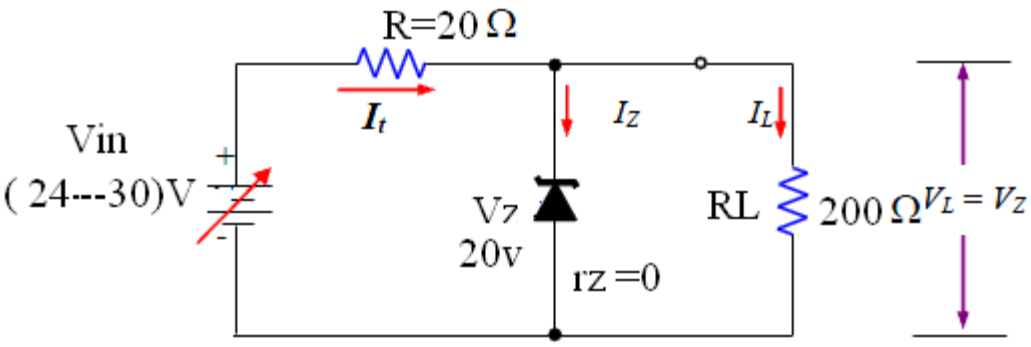
$$\Delta Vz = Vz \times Tc \times \Delta T$$
$$= (8.2) \times (0.048\% / C^{o})(60 - 25)C^{o} = 144mv$$

مثـــال Example

دائرة منظم جهد مبينه بالشكل ادناه احسب

١ ـ اقل واكبر قيمة لتيار الزنير (I_{Min} , I_{Max})

٢ ـ اعظم قدرة مبدده في المقاومة (R) و الزنير ($P_{z(max)}$)



بما ان تيار الحمل ثابت فان :-

Solution

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20\text{V}}{200\Omega} = 0.1\text{A}$$

$$I_t = \frac{V_{in} - V_Z}{R}$$

$$I_{t(\min)} = \frac{24\text{V} - 20\text{V}}{20\Omega} = 0.2\text{A}$$

$$I_{t(\max)} = \frac{30\text{V} - 20\text{V}}{20\Omega} = 0.5\text{A}$$

$$I_t = I_Z + I_L$$

$$I_{Z(\min)} = I_{t(\min)} - I_L = 0.2\text{A} - 0.1\text{A} = 0.1\text{A}$$

$$I_{Z(\max)} = I_{t(\max)} - I_L = 0.5\text{A} - 0.1\text{A} = 0.4\text{A}$$

$$P_{R(\max)} = I_{t(\max)}{}^2 \text{ R}$$

$$= (0.5) * 20 = 10\text{W}$$

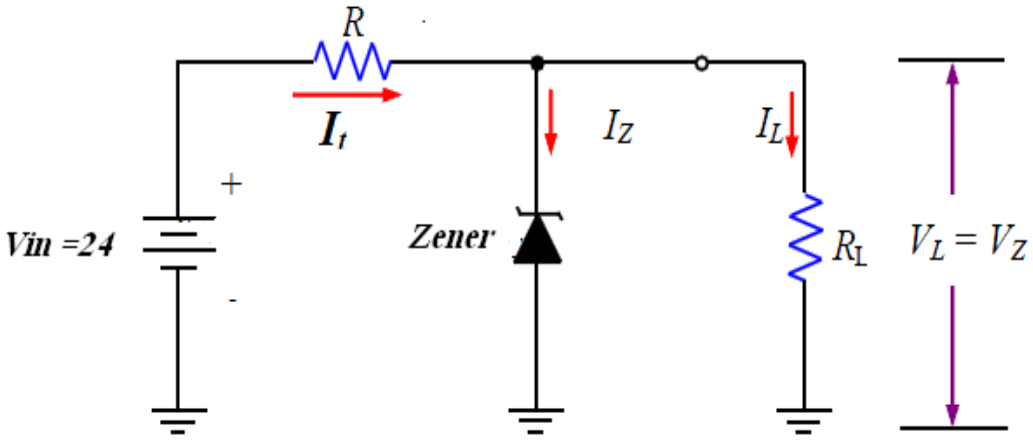
$$P_{Z(\max)} = V_Z I_{Z(\max)}$$

$$= 20\text{v} * 0.4\text{A} = 8\text{W}$$

Example مثـــال

في الدائرة الموضحة بالشكل ادناه اذا علمت ان $Vz = 12v$ $I_{zk} = 1mA$ $Iz_{max}=50mA$ $rz = 0$

احسب اعظم واقل قيمة لتيار الحمل واقل مقاومة حمل يعمل عندها الزنير كمنظم فولتية



Solution

$$I_{Z(\max)} = I_t = \frac{V_{in} - V_Z}{R} = \frac{24\text{V} - 12\text{V}}{470\Omega} = 25.5\text{mA}$$

$$\because I_t = I_{ZK} + I_{L(\max)}$$

$RL = \infty$ اقل قيمة لتيار الحمل تكون عندما تكون عندما

$$\therefore I_{L(\min)} = 0$$

$$\therefore I_{L(\max)} = I_t - I_{ZK} = 25.5\text{mA} - 1\text{mA} = 24.5\text{mA}$$

$$R_{L(\min)} = \frac{V_Z}{I_{L(\max)}} = 490\Omega$$

All World Moneys Do Not Buy Anther Day For You

Ted Turner

كل أموال العالم لن تشتري لك يوم أخر

الى اللقاء في الفصل الدراسي الثاني..... مع مزيد من الجهد والاجتهاد والتفوق العلمي

المهندس حسن عبد الكاظم مجاي

ترانزستورات ثنائية الوصلـــــة Bipolar Junction Transistors

مقدمة Introduction

يعتبر الترانزستور أحد أهم عناصر أشباه الموصلات التي تم اكتشافها في العصر الحديث. يستخدم الترانزستور بشكل عام في مكبرات الإشارات الكهربائية والمفاتيح الإلكترونية المختلفة، وقد ساعدت عدة عوامل مثل صغر حجمه، وسهولة تصنيعه، وقلة تكاليفه واستهلاكه القليل للطاقة الكهربائية على انتشاره بشكل كبير.

يوجد نوعان رئيسيان من الترانزستورات وهما الترانزستور ثنائي القطبية (Bipolar Junction Transistor) وترانزستور تأثير المجال (Field Effect Transistor).

تتناول دراسة النوع الأول وهو الترانزستور ثنائي القطبية الموضوعات التالية:

١ - تركيب الترانزستور ثنائي القطبية

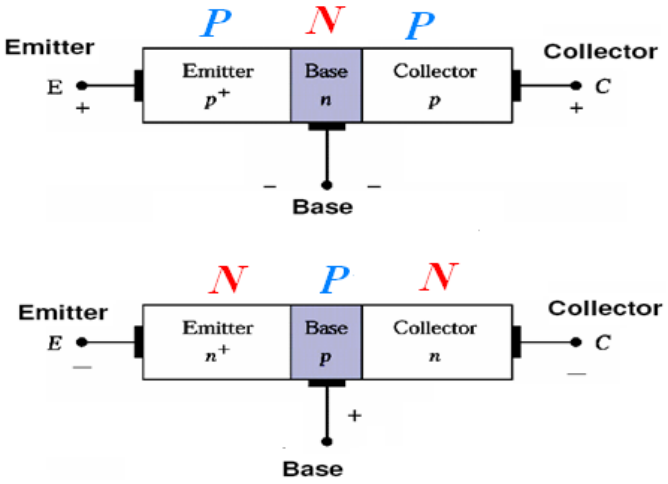
٢ - معاملات وخواص هذا الترانزستور

٣ - استخدام الترانزستور كمكبر

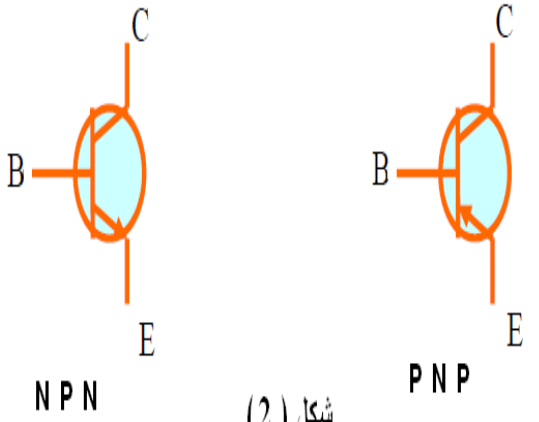
تركيب الترانزستور ثنائي القطبية Structure of Bipolar Junction Transistor

يتركب الترانزستور ثنائي القطبية من ثلاث بلورات من شبه الموصل المطعم مفصولة بوصلتين من النوع P N كما هو مبين في الشكل رقم (1) نحصل من هذه البلورات على ثلاثة اطراف هي الباعث(Emitter) والقاعدة (Base) والجامع (Collector)، ويوجد نوعان من الترانزستور ثنائي القطبية وهما NPN و PNP والشكل رقم (2) يبين التمثيل للرموز الطبيعية لهذه الأنواع من الترانزستور.

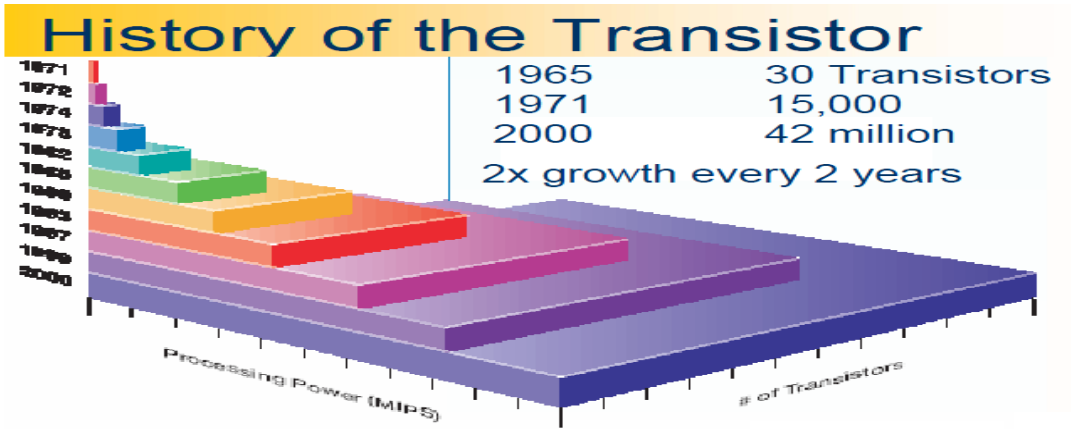
الوصلة P N التي تربط طرف القاعدة و طرف الباعث تسمى وصلة القاعدة -الباعث (Base-Emitter Junction) والوصلة التي تربط طرف القاعدة و طرف والجامع تسمى وصلة القاعدة - الجامع (Base-Collector Junction)، ويرمز اختصاراً الباعث بالحرف E وللجامع بالحرف C وكذلك القاعدة بالحرف B.

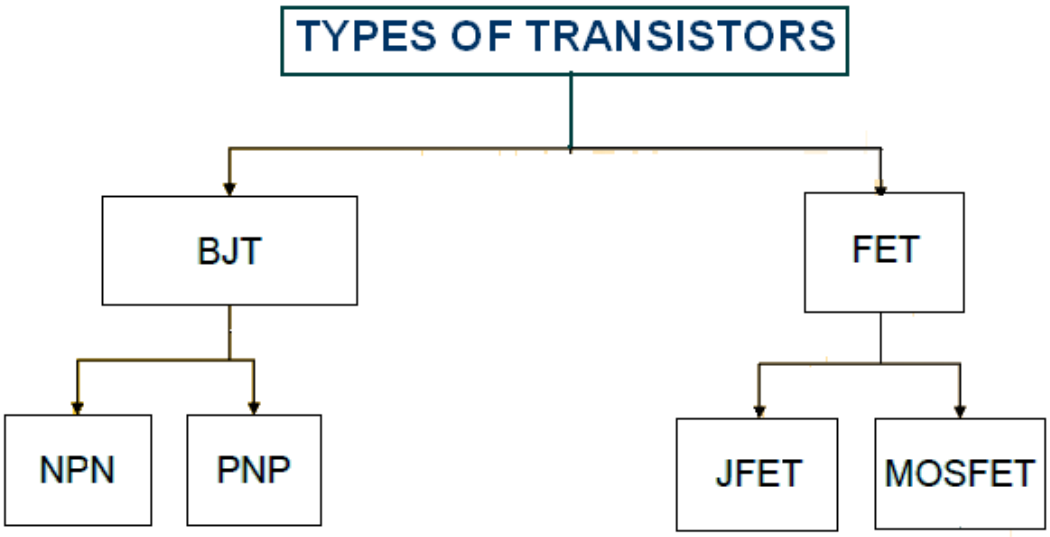


شكل رقم (1)
التركيب البلوري للترانزستور



شكل (2)
رمز الترانزستور





اطراف الترانزستور Transistot Tarminal

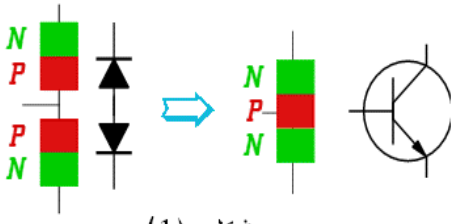
كما تقدم فان للترانزستور ثلاثة اطراف هي:-

١. طرف القاعدة (Base) وهي الطرف المركزي بين الطرفين الاخرين للترانزستور
٢. طرف الباعث (Emitter) وهو الطرف الذي يملك التركيز العالي من حوامل التيار الاغلبية
٣. طرف الجامع (Collator) وهو الطرف الاقل تركيز بحوامل التيار مقارنة بطرف الباعث ويكون مكان تجمع حوامل الاغلبية

نظرية عمل الترانزستور :

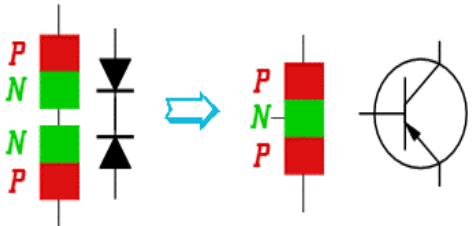
لكي نفهم كيفية عمل الترانزستور يجب أن تسترجع ما درسناه عن طريق عمل الموحدات العادي . وذلك باعتبار أن الترانزستور عبارة عن وصلتي دايود P-N متصلتين ببعضهما .

(A) إذا كان اتصال الأنودين معا (القاعدة) يكون الترانزستور من النوع NPN كما بالشكل رقـــم (1)



شكل (1)

(B) - إذا كان اتصال الكاثودين معا (القاعدة) يكون الترانزستور من النوع PNP كما بالشكل (2)



شكل (2)

انحيازات الترانزستور : Biasing Transistor

1 - انحياز أمامي وذلك بين القاعدة والباعث يؤدي إلى تصغير (منطقة الاستنزاف) في وصلة الباعث مما يؤدي إلى بعث أكبر عدد من الالكترونات وبالتالي انتشارها عبر وصلة الباعث ـ القاعدة . حيث يمتد جزء قليل جدا من هذه الالكترونات لتتحد مع الفجوات في القاعدة والجزء الأكبر يعبر إلى الجامع

2 - انحياز عكسي بين الجامع والقاعدة يعمل على تجميع الالكترونات من القاعدة بواسطة تيار انسياق لكل من الالكترونات حوامل الشحنات الأقلية الموجودة بالقاعدة . ويعتمد هذا التيار على تيار الانتشار من الباعث ـ القاعدة بدرجة كبيرة أكثر من اعتماده على الجهد العكسي

وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار على الترانزستور نجد أن

$$I_E = I_B + I_C$$

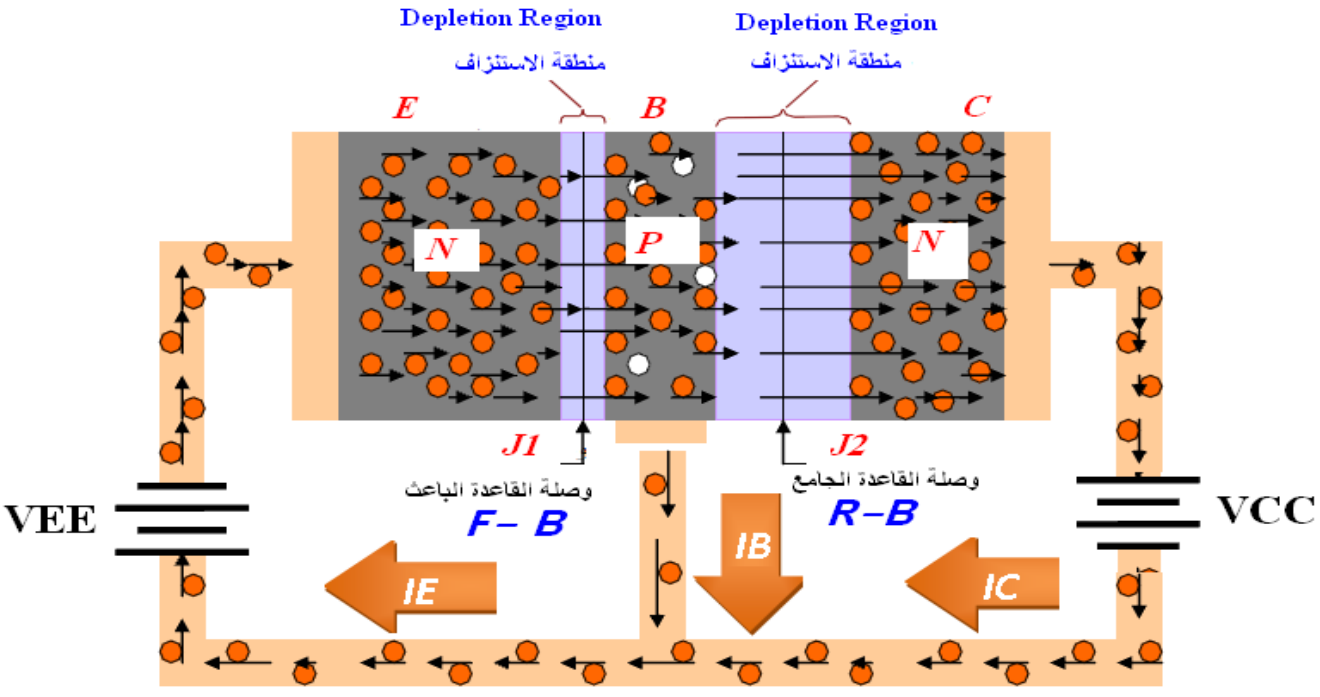
حيث : I_E تيار الباعث

I_C تيار الجامع

I_B تيار القاعدة

أي أن تيار الباعث يساوي محصلة مجموع تيار القاعدة وتيار الجامع

وكما في الشكل ادناه



معاملات الترانزستور :

1 - معامل كسب التيار β (BETA)

يحدد العلاقة بين تيار الجامع I_C وتيار القاعدة I_B كما يلي $\beta = I_C/I_B$

وتتراوح قيمة β للترانزستورات العادية من 20 إلى 200 باستثناء بعض الترانزستورات الخاصة والتي تصل فيها β حوالي 10000 . في معظم لوحات بيانات الترانزستور يرمز لهذا المعامل بالرمز الهجيني h_{FE}

2 - معامل كسب التيار Alpha_ α

يحدد العلاقة بين تيار الجامع I_C إلى تيار الباعث I_E كما يلي :

$\alpha = I_C/I_E$ حيث تتراوح α عادة من 0.90 إلى 0.995 .

العلاقة بين α و β

نشتق العلاقة بين العاملين β و α كما موضح بالعلاقات الرياضية التالية :-

$$\beta = \frac{IC}{IB} \Rightarrow IB = \frac{IC}{\beta} \Rightarrow Ic = \beta IB$$

$$\alpha = \frac{IC}{IE} \Rightarrow IE = \frac{IC}{\alpha} \Rightarrow IC = \alpha IE$$

$$IE = IC + IB$$

$$\frac{IC}{\alpha} = IC + \frac{IC}{\beta}$$

$$dvide \cdot by \cdot IC$$

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

$$\alpha(\beta + 1) = \beta$$

$$\alpha\beta + \alpha = \beta$$

$$\alpha(\beta + 1) = \beta$$

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

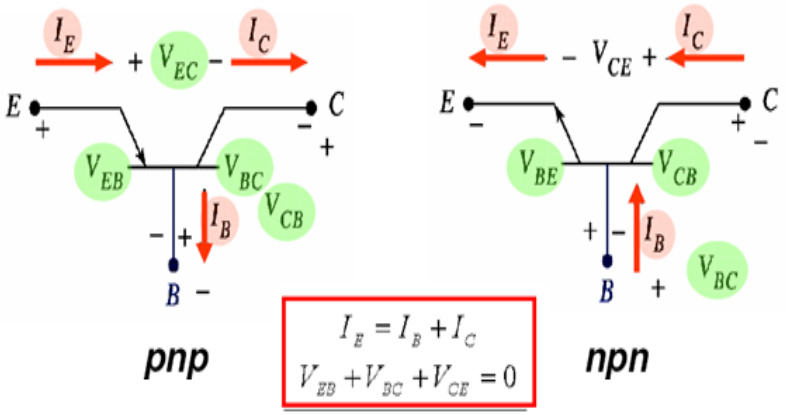
$$\beta = \alpha(\beta + 1)$$

$$\beta = \alpha\beta + \alpha$$

$$\alpha = \beta - \alpha\beta$$

$$\alpha = \beta(1 - \alpha)$$

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

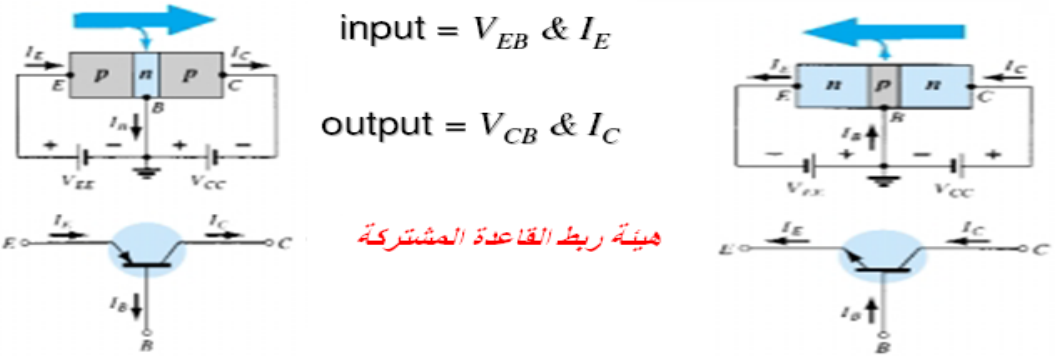


شكل يوضح تيارات وفولتيات الترانزستور بنوعيه

هيئات ربط الترانزستور Transistor configuration connected

1 - القاعدة المشتركة COMMON BASE:

تعني أن طرف القاعدة هو الطرف المشترك بين كل من دائرة الباعث (الدخل) ودائرة الجامع (الخرج) كما موضح بالشكل ادناة



لدراسة خصائص الترانزستور ربط القاعدة المشتركة (C-B) تحتاج لمعرفة مجموعتين من الخصائص هما :-

(A) خصائص الخرج 0UTPUT CHARACTERS

وهي رسم بياني يمثل العلاقة بين فولية الخرج V_{CB} وتيار الخرج **Ic** عند قيم ثابتة لتيار الدخل I_E

حيث يعمل الترانزستور في ثلاثة مناطق هي

المنطقة الفعالة ACTIVE REGION:

في هذه المنطقة تكون وصلة الجامع ـ القاعدة (دائرة الخرج) منحازة عكسياً . ووصلة الباعث ـ القاعدة (دائرة الدخل) منحازة أمامياً .

نلاحظ من المنحنى أن تيار الجامع يزداد بزيادة تيار الباعث كما نلاحظ أن تأثير V_{CB} على تيار الجامع I_C صغير جداً يمكن إهماله ويستخدم الترانزستور في هذه المنطقة لتكبير الإشارات .

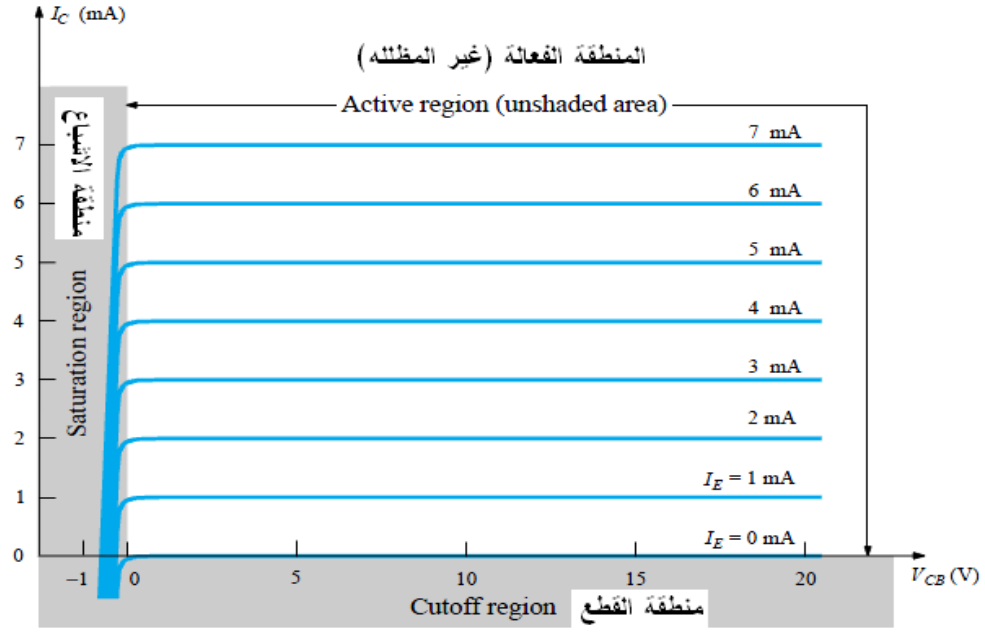
منطقة القطع CUTOFF REGION :

في هذه المنطقة تكون كل من وصلة الباعث ـ القاعدة (دائرة الدخل) منحازة عكسياً . ووصلة الجامع ـ القاعدة (دائرة الخرج) منحازة عكسياً . تيار الجامع I_C يساوي تيار التشبع العكسي عندما يكون تيار الباعث مساوياً للصفر . يستخدم الترانزستور في هذه المنطقة كمفتاح قطع OFF SWITCH .

منطقة التشبع SATURATION REGION:

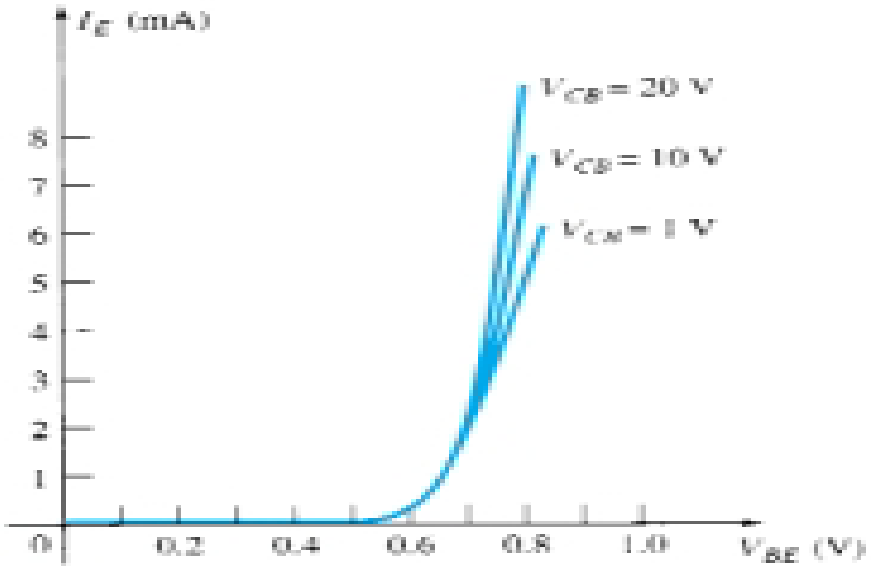
وهذه المنطقة تكون دائرة الدخل (الباعث ـ القاعدة) منحازة أماميا . وكذلك دائرة الخرج (الجامع ـ القاعدة) منحازة أمامياً أيضا . لا يزداد تيار الجامع I_C بزيادة I_E . ويستخدم الترانزستور في هذه الحالة كمفتاح وصل ON SWITCH

والشكل ادناه يوضح منحني خواص الاخراج لهيئة ربط القاعدة المشتركة

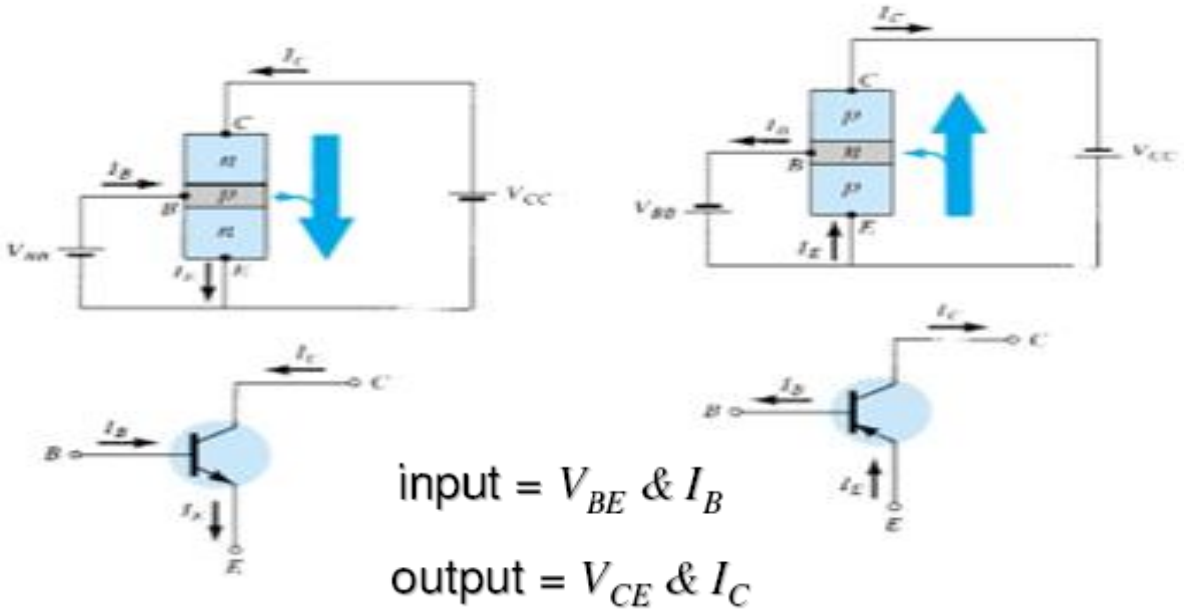


B - خصائص الدخل :

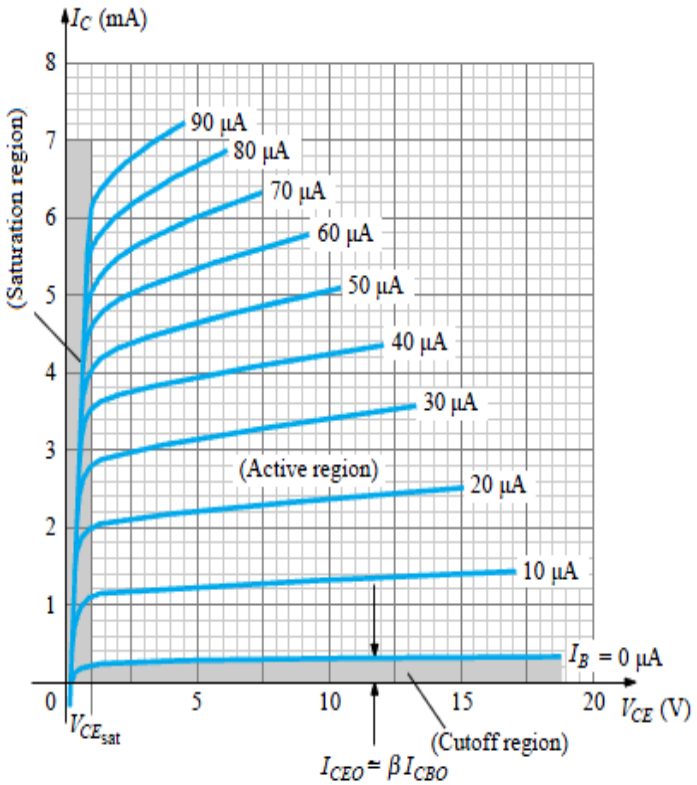
هو رسم بياني يمثل العلاقة بين فولتية الدخل V_{EB} وتيار الدخل I_E عند قيم ثابتة لفولتية الخرج V_{CB} يظل تيار الباعث I_E صغير جدا إلى أن تتغلب فولتية الدخل V_{EB} على جهد الحاجز وبعدها يزداد تيار الباعث بزيادة فولتية انحياز دائرة الخرج V_{CB} بزيادة تيار الباعث IE عند ثبوت V_{EB} شكل ادناه خصائص الدخل للترانزستور مشترك القاعدة .



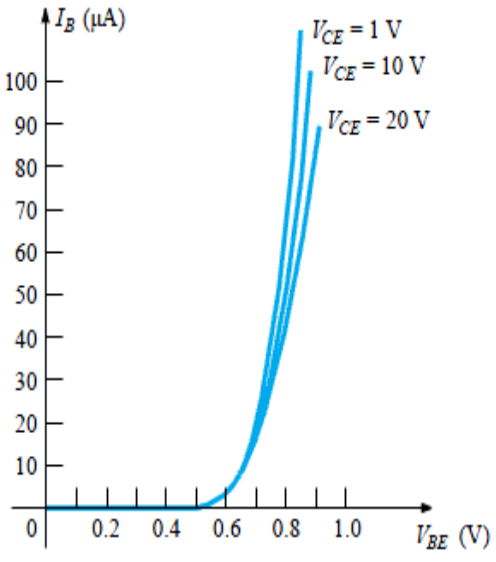
2 – خصائص الباعث المشترك COMMON EMITTER :



في هيئة ربط الباعث المشترك يكون طرف الباعث هو المشترك بين طرفي الادخال والاخراج وكما موضح بالشكل اعلاه فيما يوضح الشكل ادناه خواص الادخال وخواص الاخراج لهيئة ربط الباعث المشترك

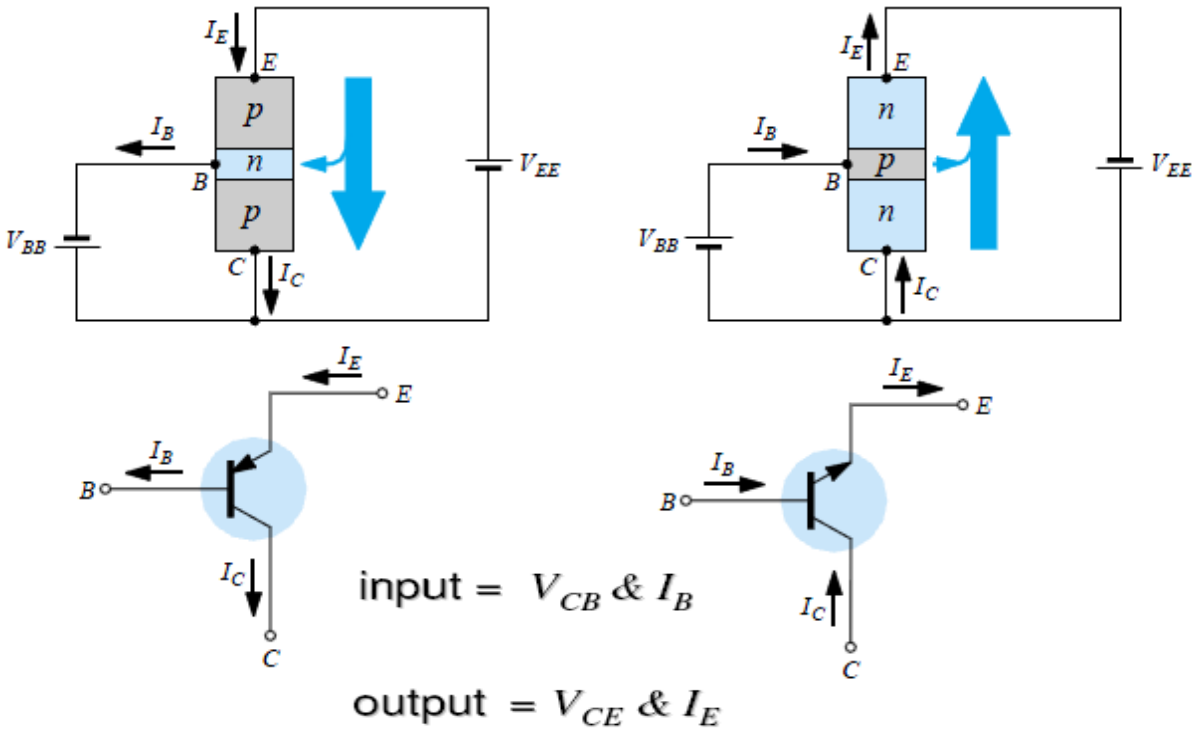


منحني خواص الاخراج لهيئة ربط الباعث المشترك



منحني خواص الادخال

3 - خصائص المجمع المشترك COMMON COLLECTOR:



input = V_{CB} & I_B

output = V_{CE} & I_E

الجـــامع المشـترك يعـني أن طـرف الجـــامع مشـترك بـين دائـرة الـدخل (القاعـدة ــ الجـــامع) ودائـرة الخـرج (الباعث ــ الجـــامع) .

ويلاحظ أن خصائص الخرج والدخل للجـــامع المشترك تماثل خصائص الدخل والخرج للباعث المشترك .

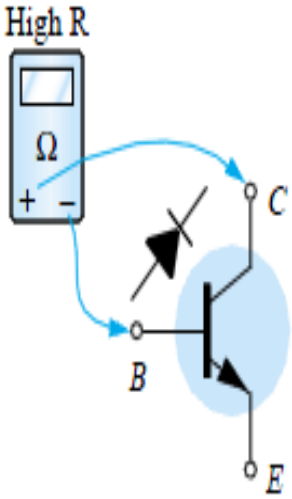
خصائص الخـــــرج IN PUT CHARACTSTIC

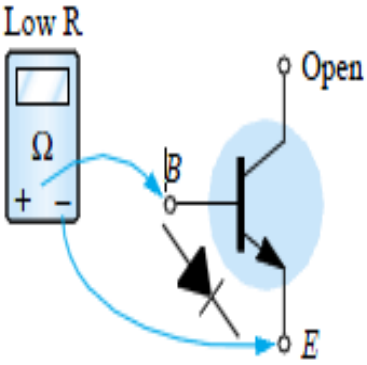
علاقة بين جهد الباعث الجـــامع V_{EC} وتيار الباعث I_E عند ثبوت تيار القاعدة I_B

خصائص الدخل OUT PUT CHARACTSTIC

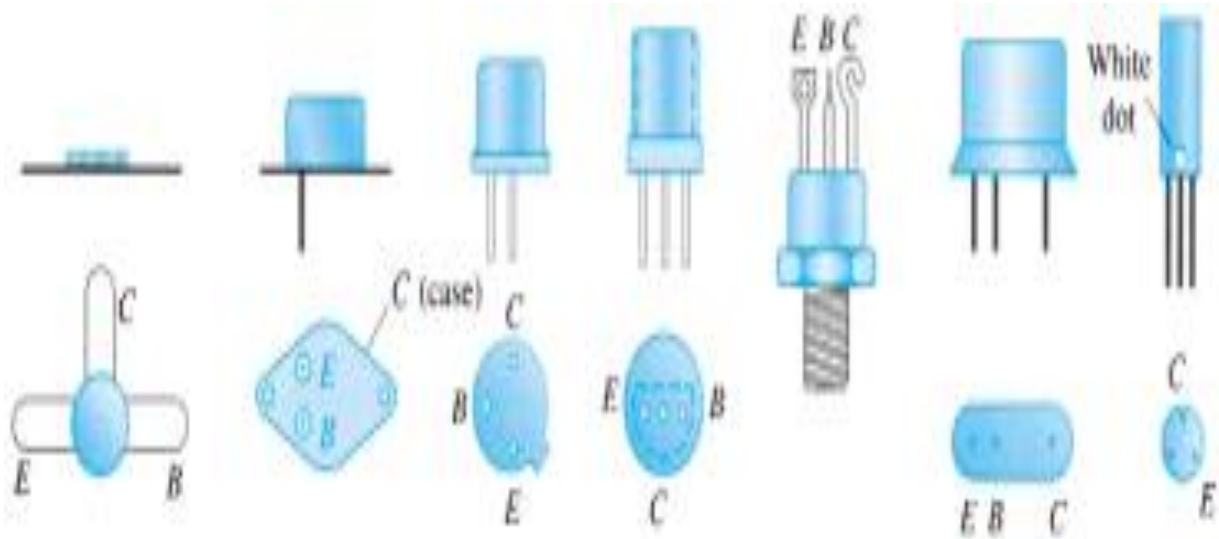
علاقة بين جهد القاعدة الجـــامع V_{BC} وتيار القاعدة I_B عند ثبوت جهد الباعث الجـــامع V_{EC}

فحص وتحديد اطراف الترانزستور





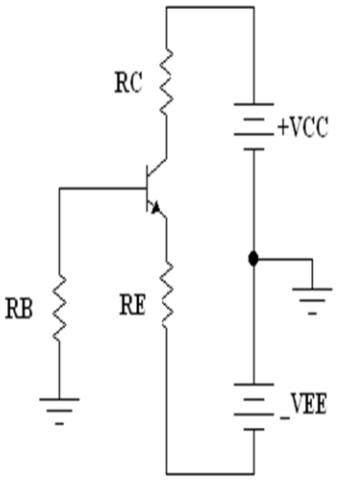
إشكال مختلفة لأنواع من الترانزستورات



دوائر انحياز الترانزستور Transistor Biasing Circuits

يمكن تقسيم دوائر انحياز الترانزستور الى اربعة انواع وحسب المخطط الكتلي الموضح ادناه

انحياز الباعث
Emitter

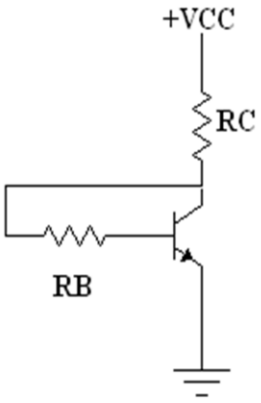


$$IE = \frac{VEE}{RE}$$

$$ICsat = \frac{VCC+VEE}{RC+RE}$$

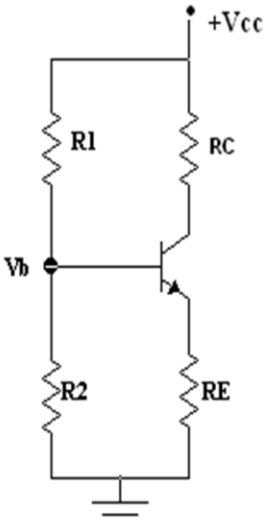
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

انحياز التغذية العكسية للجامع
Collector feed back bias



$$IC = \frac{VCC-VBE}{RC+\frac{RB}{\beta dc}}$$

انحياز مقسم الجهد
Voltage divider bias

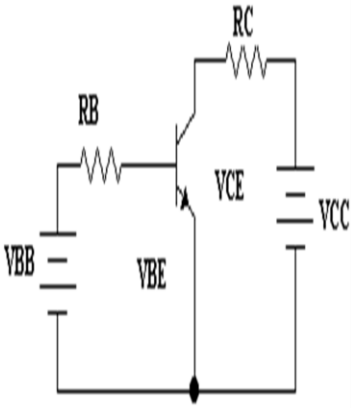


$$Vb = \frac{R2}{R1+R2}VCC$$

$$IE = \frac{Vb-VBE}{RE}$$

$$ICsat = \frac{VCC}{RC+RE}$$

انحياز القاعدة
Base Bias



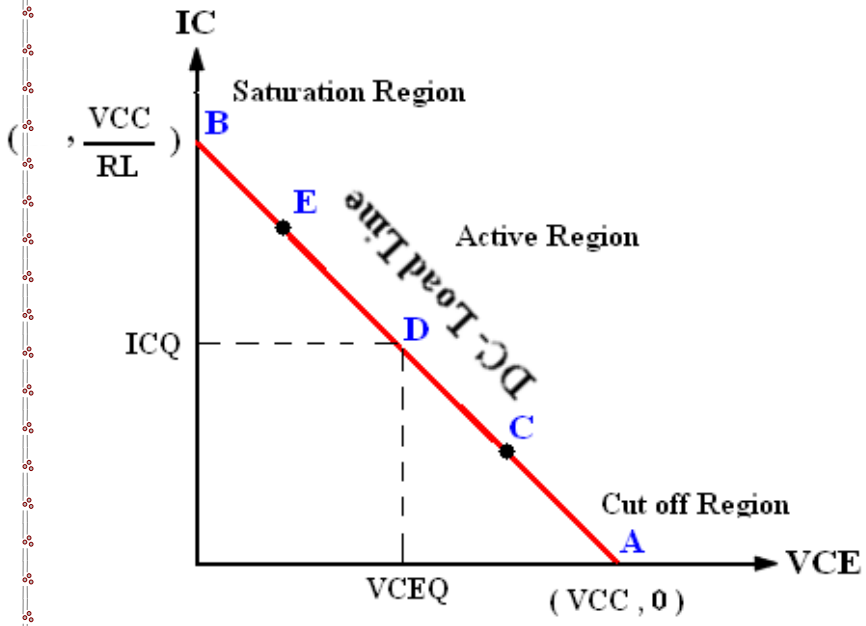
$$IB = \frac{VBB-VBE}{RB}$$

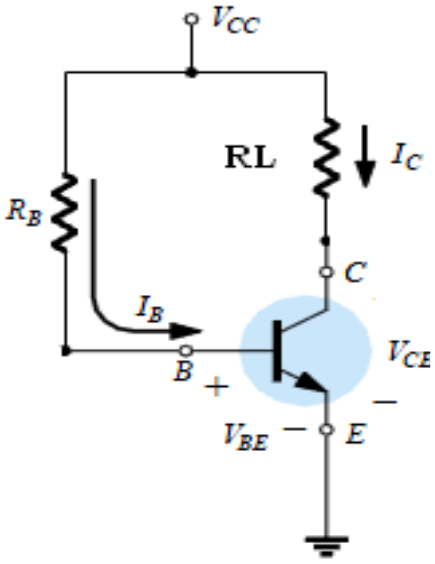
$$IC = \beta IB$$

$$ICsat = \frac{VCC}{RC}$$

خط الحمل المستمر DC- Load Line

خط الحمل المستمر يمثل الخط الواصل بنقاط عمل الترانزستورالمحصوره بين النهايه الصغرى (cut off point) والنهاية العليا (Saturation point)ومن نقطة تقاطع هذا الخط مع منحني الخواص نحصل على نقطة عمل الترانزستور (Q – Point) ويمكن تحديد هاتين النقطتين كما يلي :-





لوحللنا الدائرة الموضحة بالشكل اعلاه بستخدام قانون كيرشوف حيث ان

$$VCC = ICRL + VCE$$

بالقسمة علىRL

$$\frac{VCC}{RL} = IC + \frac{VCE}{RL}$$

$$\therefore IC = \frac{VCC}{RL} - \frac{VCE}{RL}$$

$$IC = -\frac{VCE}{RL} + \frac{VCC}{RL}$$

نلاحظ من المعادلة الاخيرة انها تشبة الى حد كبير معادلة المستقيم

Y=-Mx+C

وان ميل خط الحمل المستمر يساوي -1/RL

كيف (H W) ؟؟؟

لرسم خط الحمل المستمر نحتاج لتحديد نقطتين في منطقتين من مناطق عمل الترانزستور احداهما في منطقة القطع (Cut off Region) عندما يكون الترانزستور في حالة القطع والنقطة الاخرفي منطقة الاشباع (Saturation Region) أي عندما يكون الترانزستور في حالة التوصيل وكما يلي :-

1- Cut off point (A

When

$$I_B = 0 \Rightarrow I_C = 0$$

$$Vcc = IcRL + VCE$$

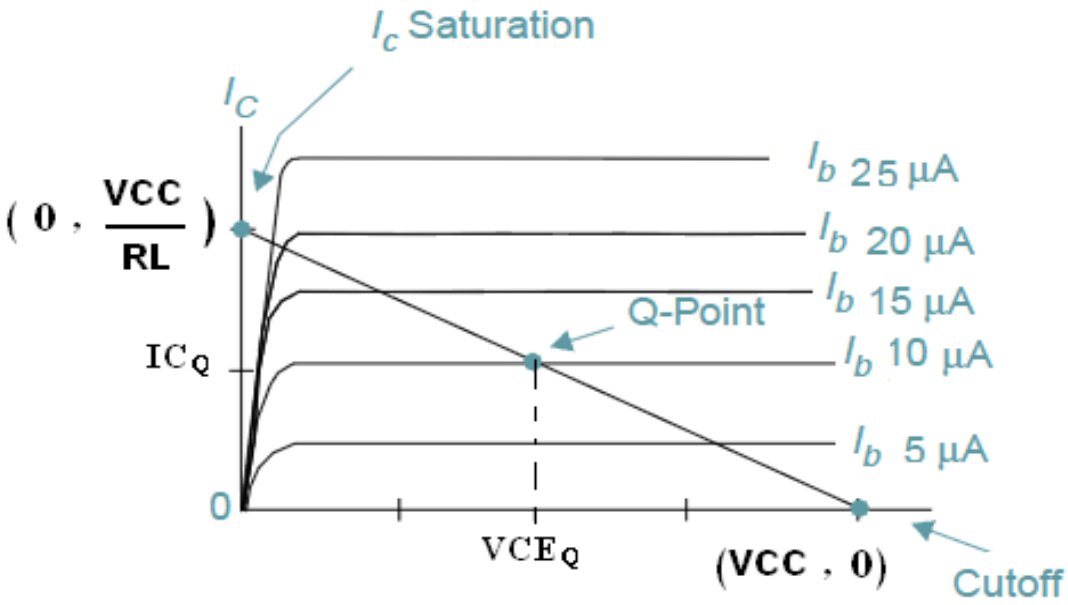
$$\therefore VCC = VCE(First.Point) \Rightarrow \{VCC, 0\}$$

2- Saturation Point (B)

When VCE=0

$$VCC = IcRL + VCE$$

$$\therefore IC = \frac{VCC}{RL} \Rightarrow (Second.Point) \Rightarrow \{0, \frac{VCC}{RL}\}$$



DC- Load Line خط الحمل المستمر

نقطة عمل الترانزستور *Q- Point*

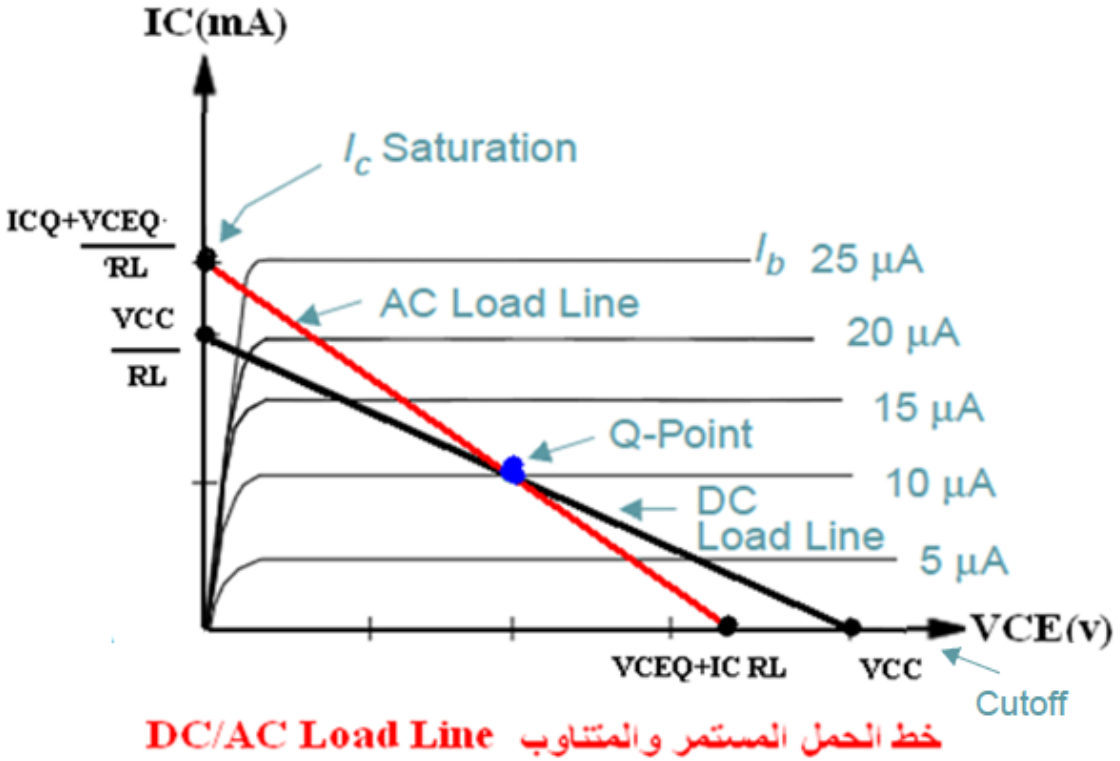
وهي النقطة الناتجة من تقاطع خط الحمل المستمر مع منحني الخواص للترانزستور والتي تحدد طبيعة عمل الترانزستور (مكبر او مفتاح) وتكون على نوعين هما :-

١. نقطة عمل الترانزستور الساكنة (DC-Q- Point)

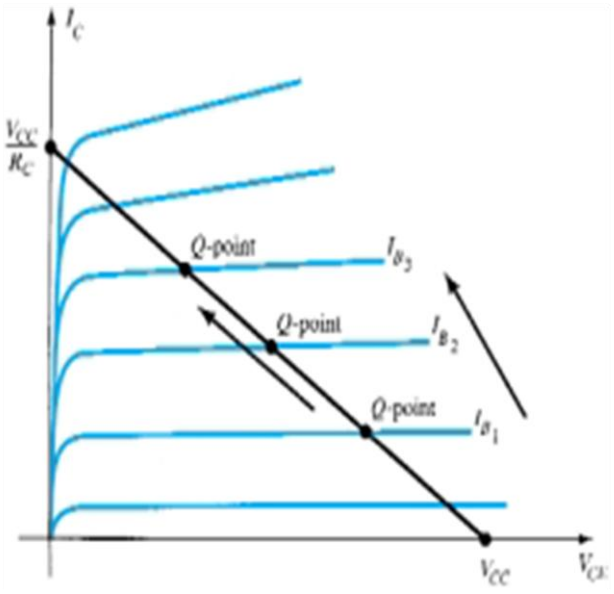
حيث تمثل نقطة عمل الترانزستور في حالة عدم تسليط اشارة ادخال حيث تمثل مقدار تيار الجامع الساكن (IC_Q) ومقدار الفولتية (VCE_Q)وحسب هيئة ربط دائرة الترانزستور .

٢. نقطة عمل الترانزستور المتناوبة (AC- Q-Point)

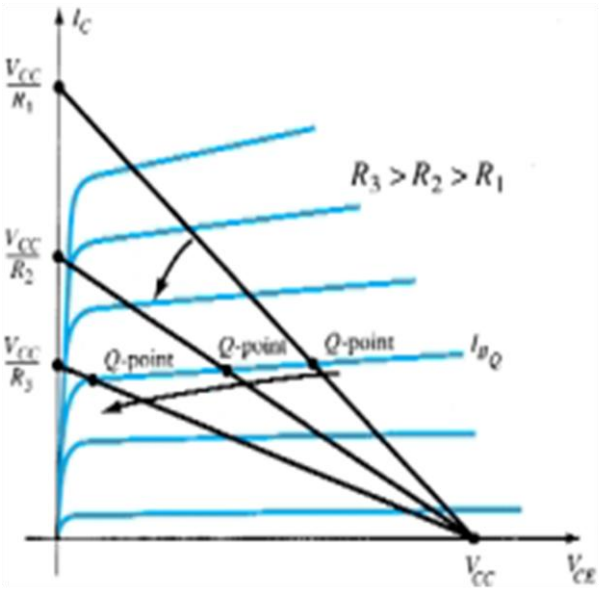
وهي نقطة عمل الترانزستور الحاصلة من تقاطع خط الحمل المستمر (DC-Load Line) مع خط الحمل المتناوب (AC- Load Line) في منحني خواص الترانزستور .



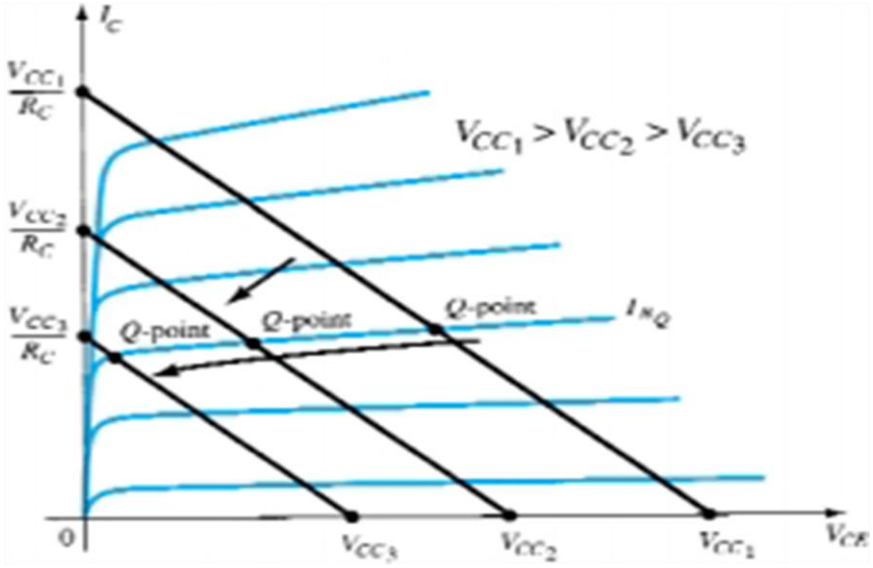
DC/AC Load Line خط الحمل المستمر والمتناوب



تغير موقع نقطة العمل مع تغير مستويات تيار القاعد



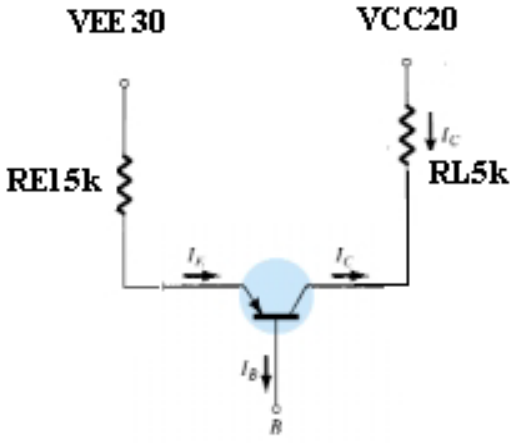
تغير مستويات خط الحمل المستمر مع تغير مقاومة الحمل

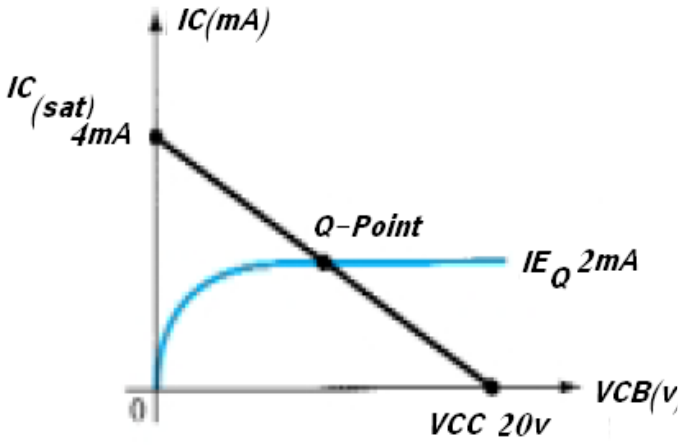


تأثير تغير VCCعلى خط الحمل

مثال EXAMPLE

في الدائرة الموضحة ادناه ارسم خط الحمل المستمر وحدد نقطة عمل الترانزستور





Solution

1-First Point (A) at Cut off

VCB =VCC=20v

2-Second Point (B) at Saturation

$$\mathbf{IC_{(sat)}}=\frac{VCC}{RL}=\frac{20v}{5k}=4mA$$

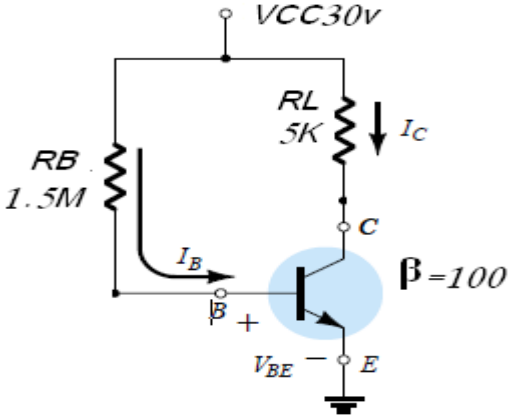
$$IE=\frac{VEE}{RE}=\frac{30v}{15k}=2mA$$

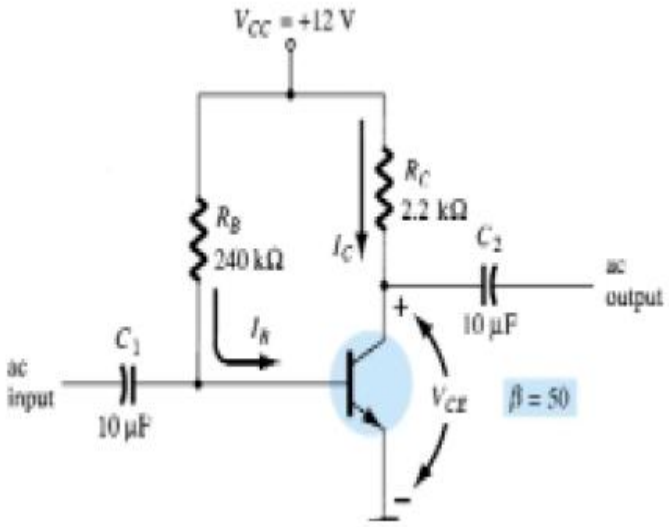
$$IC=\alpha IE=2mA=IC_Q$$

$$VCB=VCC-(IC\times RL)=20-(2\times 5)=10v(VCB_Q)$$

مثال EXAMPLE(H-W)

في دائرة الباعث المشترك (CE) الموضحة بالشكل ادناة أرسم خط الحمل المستمر ثم حدد نقطة عمل الترانزستور





EXAMPLE مثال

في الدائرة الموضحة ادنا احسب

I_{B_Q} ، I_{C_Q} ، V_{CE_Q} ، V_B ، V_C ، V_{BC}.

Solution

$$I_{B_Q} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12\text{ V} - 0.7\text{ V}}{240\text{ k}\Omega} = \mathbf{47.08\ \mu A}$$

$$I_{C_Q} = \beta I_{B_Q} = (50)(47.08\ \mu\text{A}) = \mathbf{2.35\ mA}$$

$$V_{CE_Q} = V_{CC} - I_C R_C$$
$$= 12\text{ V} - (2.35\text{ mA})(2.2\text{ k}\Omega)$$
$$= \mathbf{6.83\ V}$$

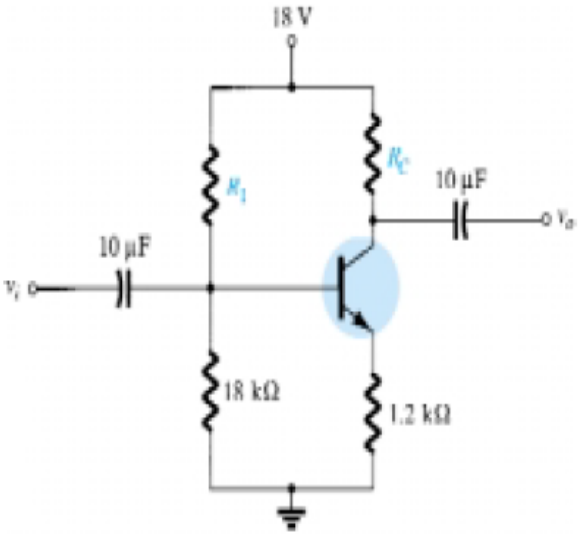
$$V_B = V_{BE} = \mathbf{0.7\ V}$$

$$V_C = V_{CE} = \mathbf{6.83\ V}$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 0.7\text{ V} - 6.83\text{ V}$$
$$= \mathbf{-6.13\ V}$$

EXAMPLE مثـــال

في الدائرة الموضحة ادناه اذا علمت ان $I_{C_Q} = 2$ mA و $V_{CE_Q} = 10$ V, احسب R1 و Rc



Solution

$$V_E = I_E R_E \cong I_C R_E$$

$$= (2\text{ mA})(1.2\text{ k}\Omega) = 2.4\text{ V}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7\text{ V} + 2.4\text{ V} = 3.1\text{ V}$$

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = 3.1\text{ V}$$

$$\frac{(18\text{ k}\Omega)(18\text{ V})}{R_1 + 18\text{ k}\Omega} = 3.1\text{ V}$$

$$324\text{ k}\Omega = 3.1R_1 + 55.8\text{ k}\Omega$$

$$3.1R_1 = 268.2\text{ k}\Omega$$

$$R_1 = \frac{268.2\text{ k}\Omega}{3.1} = \mathbf{86.52\text{ k}\Omega}$$

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

$$V_C = V_{CE} + V_E = 10\text{ V} + 2.4\text{ V} = 12.4\text{ V}$$

$$R_C = \frac{18\text{ V} - 12.4\text{V}}{2\text{mA}}$$

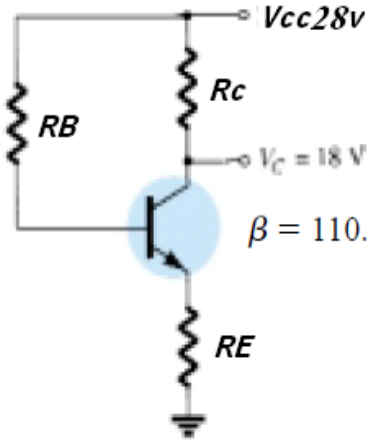
$$= \mathbf{2.8\text{ k}\Omega}$$

EXAMPLE مثـــــــال

في دائرة الترانزستور هيئة انحياز الباعث تملك المواصفات التالية

$I_{C_Q} = \frac{1}{2} I_{C_{sat}}$, $I_{C_{sat}} = 8$ mA, $V_C = 18$ V, $\beta = 110$.

احسب R_C, R_E, R_B.



$$I_{C_Q} = \tfrac{1}{2} I_{C_{sat}} = 4 \text{ mA}$$

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_{C_Q}} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_{C_Q}}$$

$$= \frac{28 \text{ V} - 18 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = \mathbf{2.5\ k\Omega}$$

$$I_{C_{sat}} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

$$R_C + R_E = \frac{V_{CC}}{I_{C_{sat}}} = \frac{28 \text{ V}}{8 \text{ mA}} = 3.5 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 3.5 \text{ k}\Omega - R_C$$

$$= 3.5 \text{ k}\Omega - 2.5 \text{ k}\Omega$$

$$= \mathbf{1\ k\Omega}$$

$$I_{B_Q} = \frac{I_{C_Q}}{\beta} = \frac{4 \text{ mA}}{110} = 36.36\ \mu\text{A}$$

$$I_{B_Q} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

$$R_B + (\beta + 1)R_E = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{B_Q}}$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{B_Q}} - (\beta + 1)R_E$$

$$= \frac{28 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{36.36\ \mu\text{A}} - (111)(1 \text{ k}\Omega)$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36\ \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= \frac{27.3 \text{ V}}{36.36\ \mu\text{A}} - 111 \text{ k}\Omega$$

$$= \mathbf{639.8\ k\Omega}$$

نظرية التراكب لتحليل دوائر الترانزستور Super Position Theory

ان استخدام الترانزستور كمكبر يتطلب تطبيق فولتيات مستمرة ومتناوبة ممايتطلب ايجاد طريقة لتحليل سلوك دوائر الترانزستور وان ابسط طريقة للتحليل هو التجزئة الى قسمين تحليل مستمر (DC) و تحليل متناوب (AC) وكما يلي :-

1- الدائر المكافئة المستمرة DC –equivalent Circuit

للحصول على الدائر المكافئة المستمرة تنبع الخطوات لتالية :-

1) اختزال كافة المصادرالمتناوبة الى الصفر(Circut Short)

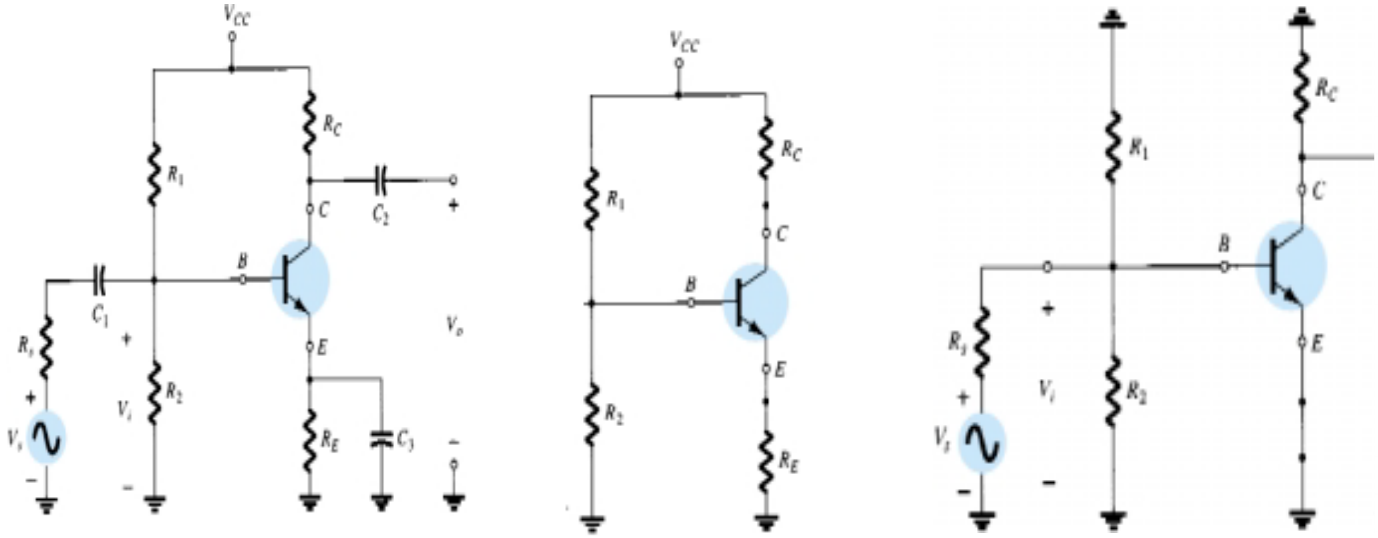
2) فتح كافة متسعات الاقران والامرار (Open Circuit)

2- الدائرة المكافئة المتناوبة AC- equivalent Circuit

للحصول على الدائر المكافئة المتناوبة تنبع الخطوات لتالية :-

1) اختزال كافة المصادرالمستمرة الى الصفر(Short Circut)

2) قصر كافة متسعات الاقران والامرار (Short Circuit)



الدائرة الأصلية الدائرة المكافئة المستمرة الدائرة المكافئة المتناوبة

المكبـــــــــرات
AMPLIFIER

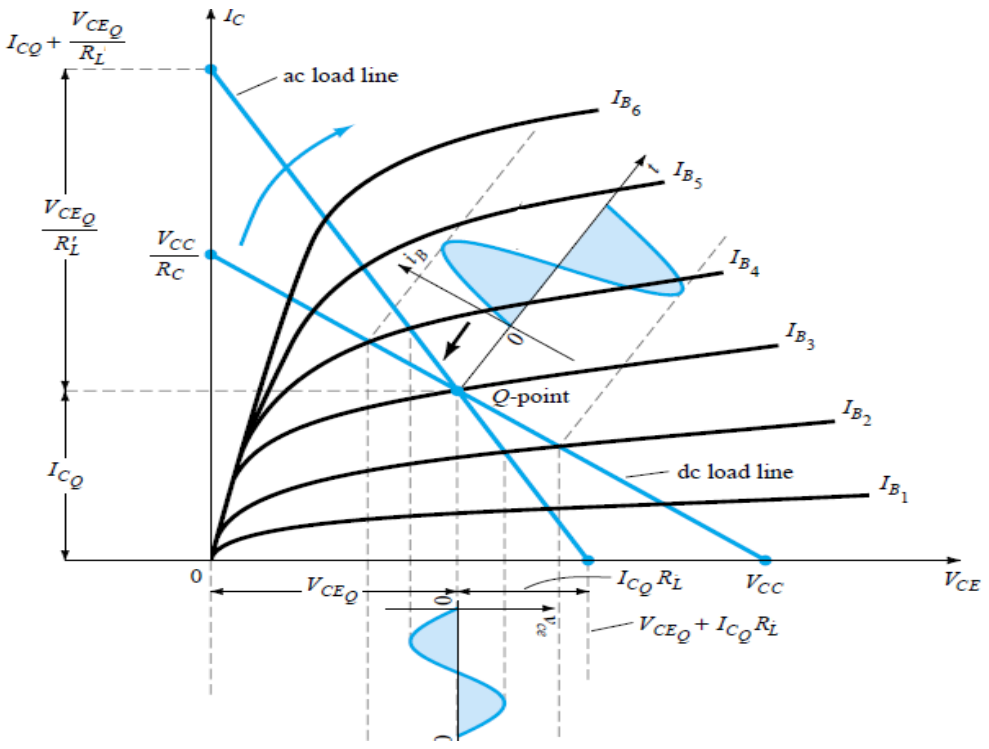
التكبيرAmplification

وهي عملية زيادة شدة الاشار بسبب معدل التغيرات في تيار الادخال والتي تنعكس على دائرة الاخراج للمكبر بالاعتماد علي مقدار فولتية الانحياز ومعامل التكبير للترانزستور (β)وهذا يحدث في المنطقة الفعالة(Active Region) أي عندما تكون وصلة القاعدة الباعث بالانحياز الامامي (FB) بينما تكون وصلة القاعدة الجامع بالانحياز العكسي (RB).

المكبـــــــــر Amplifier

دائرة الكترونية تستعمل لزيادة التيار ـ الفولتية او القدرة لاشارة الادخال بالاعتماد على هيئة الربط (Configuration)للمكبر ونوعيته.

والرسم البياني لخواص اخراج مكبر الباعث المشترك يوضح التغيرات التي تحدث لاشارة الادخال وانعكاسها على كل من تيار الجامع (Ic) والفولتية (VCE).



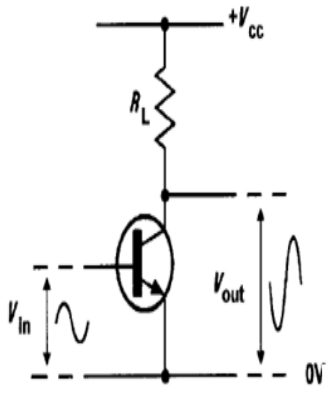
أنواع المكبرات

تصنف المكبرات وفق اعتبارات عديدة اهمها التصنيف وفق هيئة ربط دائرة المكبر والتي تشمل الانواع التالية :-

١. مكبر الباعث المشترك (CE - Amplifier)

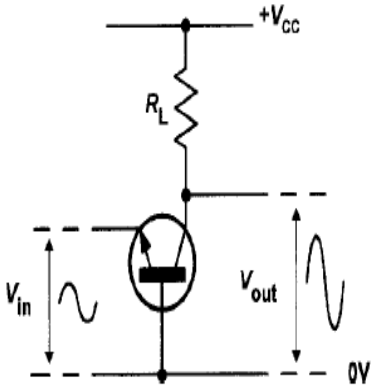
٢. مكبر الجامع المشترك (CC- Amplifier)

٣. مكبر القاعدة المشتركة (CB - Amplifier)



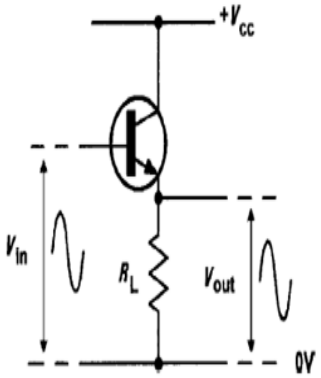
مكبر ربط هيئة الباعث المشترك

Common-emitter configuration



مكبر ربط هيئة القاعدة المشتركة

Common-base configuration



مكبر ربط هيئة الجامع المشترك (تابع الباعث)

Common-collector (emitter follower) configuration

جدول يوضح مقارنه بين هيئات ربط المكبرات BJT amplifier circuit configurations

Parameter المعاملات	Mode of operation نموذج ربط المكبر		
	Common emitter	Common collector	Common base
Voltage gain ربح الفولتية	medium/high (40)	unity (1)	high (200)
Current gain ربح التيار	high (200)	high (200)	unity (1)
Power gain ربح القدرة	very high (8,000)	high (200)	high (200)
Input resistance ممانعة الادخال	medium (2.5 kΩ)	high (100 kΩ)	low (200 Ω)
Output resistance ممانعة الاخراج	medium/high (20 kΩ)	low (100 Ω)	high (100 kΩ)
Phase shift فرق الطور	180°	0°	0°
Typical applications التطبيقات العملية	يستخدم لاغراض العامه General-purpose AF and RF amplifiers	يستخدم للتوافق بين الممانعات Impedance matching; input and output stages	يستخدم في المكبرات الراديوية RF and VHF/UHF amplifiers

الدوائر المكافئة للترانزستور ونماذجها

Transistor Equivalent Circuits and Models

مقدمـــة

لكي نفهم سلوك مكبرات الاشارة الصغيرة (small-signal transistor amplifier)من المهم ان نتعرف على خصائص عملها وهذا يعني التعرف على عوامل دائرة المكبر مثل (ممانعة الادخال ، ممانعة الاخراج ، ربح الفولتية ... الى اخرة).

وان هذا الموضوع لحد الان يحدد الخواص بواسطة استخدام المعامل (β) باعتبار ان اغلب دوائر المكبرات تربط بهيئة الباعث المشترك (CE) وهذة الطريقة للتحليل تمتاز بميزتين اساسيتين هما :-

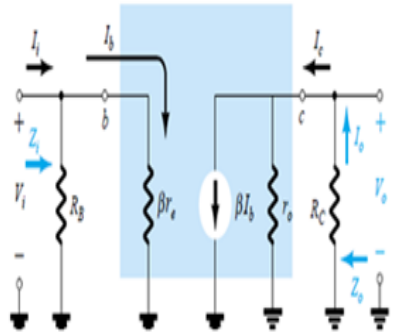
اولا": أن قيم مكونات الدائرة متوفرة بسهولة .

ثانيا": خطواتها يسهل فهمها .

كما توجد سيئة اساسية في هذا النوع من التحليل هي انها الحصول منها على نتائج دقيقة بسبب ان الادخال والاخراج في دوائر مكبرات الترانزستور ليس مستقله بالكامل ، فمثلا" تيار الاخراج يتأثر بواسطة مقاومة الحمل (RL) بدلا" من تن يكون ثابت القيمه عند (βI_B) ، بنفس الطريقة فولتية الاخراج تتأثر بأدخال الدائرة . ويمكن تقسيم الدوائر المكافئة للترانزستور الى مايلي:-

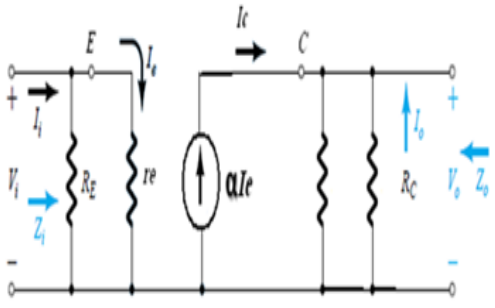
نموذج الدائرة المكافئة للمكبرات بأستخدام المعاملات

r_e , β



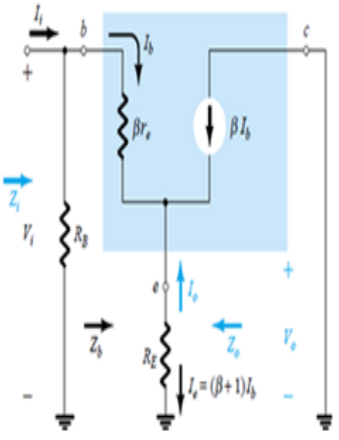
الدائرة المكافئة لمكبر الباعث المشترك

Equivalent Circuit - (CE)



الدائرة المكافئة لمكبر القاعدة المشتركة

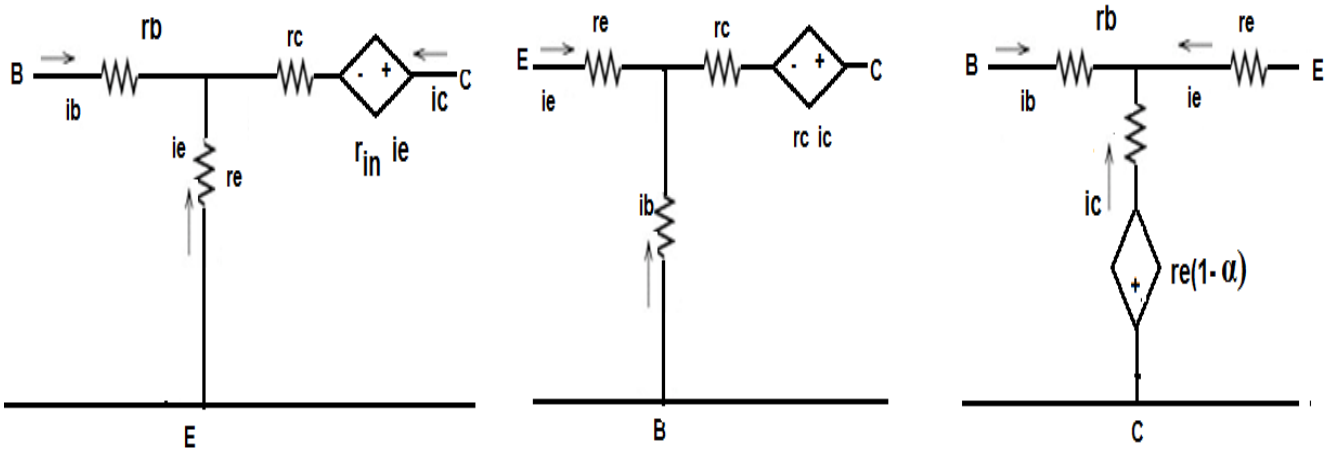
Equivalent Circuit - (CB)



الدائرة المكافئة لمكبر الجامع المشترك(تابع الباعث)

Equivalent Circuit- (Cc)

نماذج الدائرة المكافئة للمكبرات باستخدام النموذج T



الدائرة المكافئة المتناوبة للترانزستور باستخدام الثوابت الهجينة

AC – Equivalent Circuit For Transistor By H- Parameter

واحده من الطرق التي تأخذ بالحساب كل التأثيرات في الادخال والاخراج للمكبرات هي تحليل دوائر مكبرات الترانزستور باستخدام المعاملات الهجينة (H- Parameter).

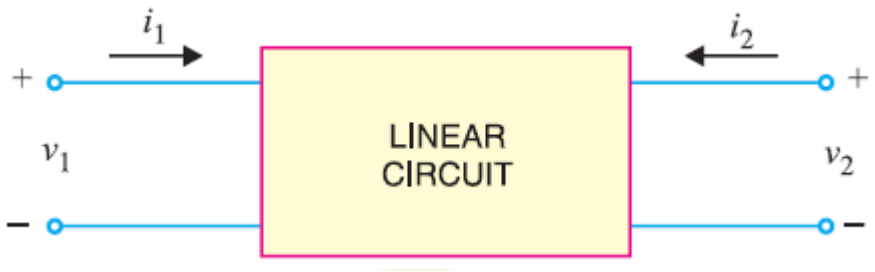
هناك اربعة عوامل اوثوابث تصف سلوك شبكة خطية ذات مدخلين وكما كوضح بالمخطط الكتلي ادناه . والعوامل الهجينة الاربعة (H- Parameter) يمكن ان تكتب اضافة الى حرف (h) وبجانبه رقمين (h_{11} , h_{21} , h_{12} , h_{22}) حيث يشير الرقم الاول الى كميات الادخال فيما يشير كميات الاخراج بينما الحرف (h) يشير الى مختصر كلمة (hybrid) والتي تعني الهجين كون العامل الهجيني يمكن ان يكون له وحدات مختلفة . فيما نستبدل الرقم برمز يشير الى الكمية التي يمثلها هذا العامل كما سنلاحظ من خلال التحليل .

ومن اهم ميزات استخدام المعاملات الهجينه هي :-

١. الحصول على نتائج دقيقة بسبب انها تأخذ بالحساب التاثيرات في الادخال والاخراج

٢. هذه المعاملات يمكن ان تقاس بسهولة جدا".

والمخطط ادناه يمثل دائرة خطية لها اطراف ادخال واخراج يمكن تحليلها للحصول على معادلتي الفولتية والتيار الموضحة ادناه



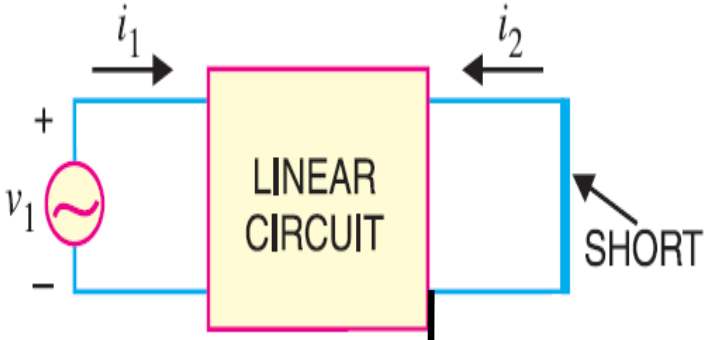
$$v_1 = h_{11}\, i_1 + h_{12}\, v_2 \qquad ...(i)$$

$$i_2 = h_{21}\, i_1 + h_{22}\, v_2 \qquad ...(ii)$$

ولحساب المعامل الهجيني نحلل الدائرةاعلاه في حالتين مرة بقصر دائرة الاخراج والمرة الاخرى بفتح دائرة الادخال وكما يلي

٠١ لايجاد المعاملين (h_{11} , h_{21}) من خلال قصر دائرة الاخراج (Out Put Short Circiut)

٠٢ ايجاد المعاملين (h_{12} , h_{22}) من خلال فتح دائرة الادخال (in put open Circuit)



$$v_1 = h_{11}\, i_1 + h_{12}\, v_2 \qquad ...(i)$$

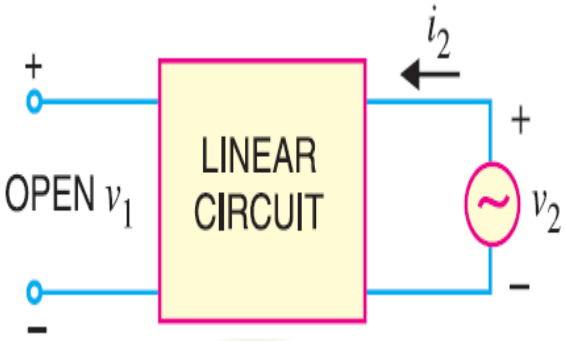
$$v_1 = h_{11}\, i_1 + h_{12} \times 0$$

$$h_{11} = \frac{v_1}{i_1} \quad \text{for } v_2 = 0 \text{ i.e. output shorted}$$

$$i_2 = h_{21}\, i_1 + h_{22}\, v_2 \qquad ...(ii)$$

$$i_2 = h_{21}\, i_1 + h_{22} \times 0$$

$$h_{21} = \frac{i_2}{i_1} \quad \text{for } v_2 = 0 \text{ i.e. output shorted}$$



$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2 \qquad ...(i)$$

$$v_1 = h_{11} \times 0 + h_{12} v_2$$

$$h_{12} = \frac{v_1}{v_2} \quad \text{for } i_1 = 0 \text{ } i.e. \text{ input open}$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2 \qquad ...(ii)$$

$$i_2 = h_{21} \times 0 + h_{22} v_2$$

$$h_{22} = \frac{i_2}{v_2} \quad \text{for } i_1 = 0 \text{ } i.e. \text{ input open}$$

من خلال تحليل العوامل الاربعه اتضح لنا مايلي

١. **المعامل (h_{11}) يمثل النسبه** $h_{11} = \left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{V2=0}$ **وهذه النسبة تمثل مقاومه**
وحدة قياسها الاوم لذلك يمكن اعادة صياغتها بالرمز (h_i)(Input Rsistance)

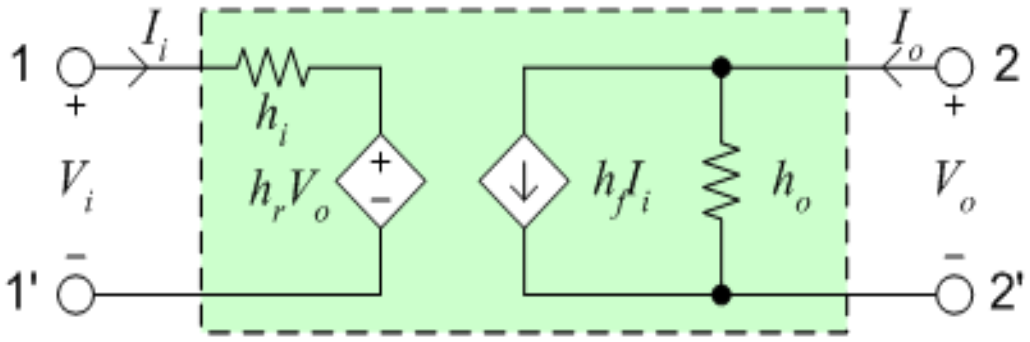
٢. **المعامل (h_{21})يمثل النسبة** $h_{21} = \left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V2=0}$ **وهذه النسبة تمثل الربح في التيار وهي كمية ليس لهاوحدات قياس ويمكن اعادة صياغتها بالرمز**
(Forward Current Gain)(h_f)

٣. **المعامل (h_{12}) يمثل النسبه** $h_{12} = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_1=0}$ **وهذه النسبة تمثل معكوس ربح الفولتية وهي كمية ليس لهاوحدات قياس ويمكن اعادة صياغتها بالرمز(h_r)**
(reverse voltage Gain).

٤. المعامل (h_{22}) يمثل النسبة $h_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{I_1=0}$ وهذه النسبة تمثل معكوس المقاومه (admittance.) وتقاس بوحدات mho عكس الاوم($\mho$) ويمكن اعادة صياغتها بالرمز (h_o).

والجدول ادنا يمثل المعاملات الهجينة الاربعة برمزها الجديد وقد اضيف حرف اخر الى المعامل يمثل نوع هيئة الربط للمكبر مثلا" الباعث المشترك ،القاعدة المشتركة او الجامع المشترك

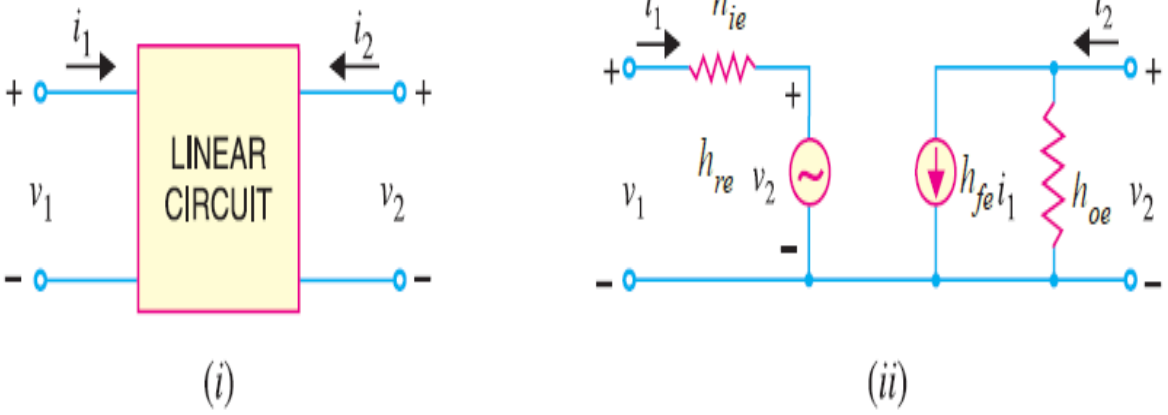
Condition	h parameter	CB	CE	CC
Out Put Shorted	h_{11}	h_{ib}	h_{ie}	h_{ic}
	h_{21}	h_{fb}	h_{fe}	h_{fc}
InPut Open	h_{12}	h_{rb}	h_{re}	h_{rc}
	h_{22}	h_{ob}	h_{oe}	h_{oc}



$$V_i = h_{11} I_i + h_{12} V_o = h_i I_i + h_r V_o$$

$$I_o = h_{21} I_i + h_{22} V_o = h_f I_i + h_o V_o$$

الشكل ادنا يوضح الدائرة المكافئة لمكبر الباعث المشترك باستخدام المعاملات الهجينه (H-Parameters).



(i) (ii)

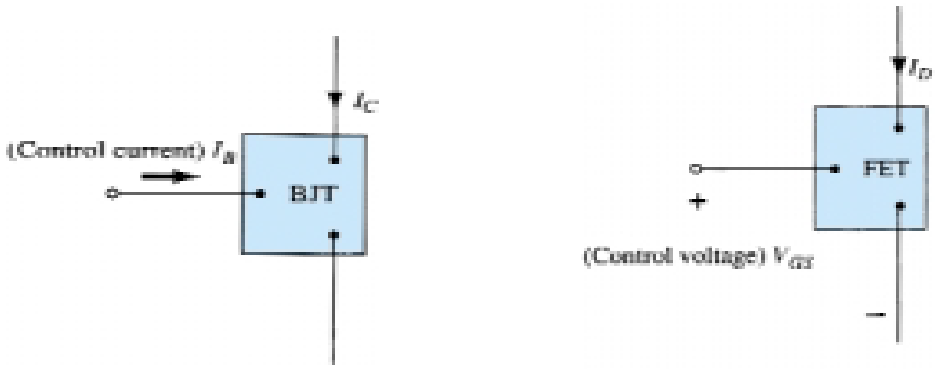
الترانزستور تأثير المجال Field Effect Transistor

مقدمة

قبل عام ١٩٥٢ بدأت الأبحاث لإنتاج مقاومة يمكن التحكم في قيمتها عن طريق تغيير المجال الكهربائي المطبق عليها، ثم ما لبث أن أعلن العالم شوكلي (Shockley) في عام ١٩٥٢ عن اكتشافه ترانزستور التأثير المجالي.إلا أن استعمال هذا الترانزستور لم يتحقق إلا في عام ١٩٦٢ وذلك لعدم توافر الإمكانيات التقنية والتكنولوجية لتصنيعه في ذلك الوقت.

الترانزستور تأتير المجال (FET) هو نوع من الترانزستورات المصنوعة من المواد شبة الموصله والتي سبق وان تعرفنا على الصنف الاول منها وهو الترانسزتور الثنائي (BJT)

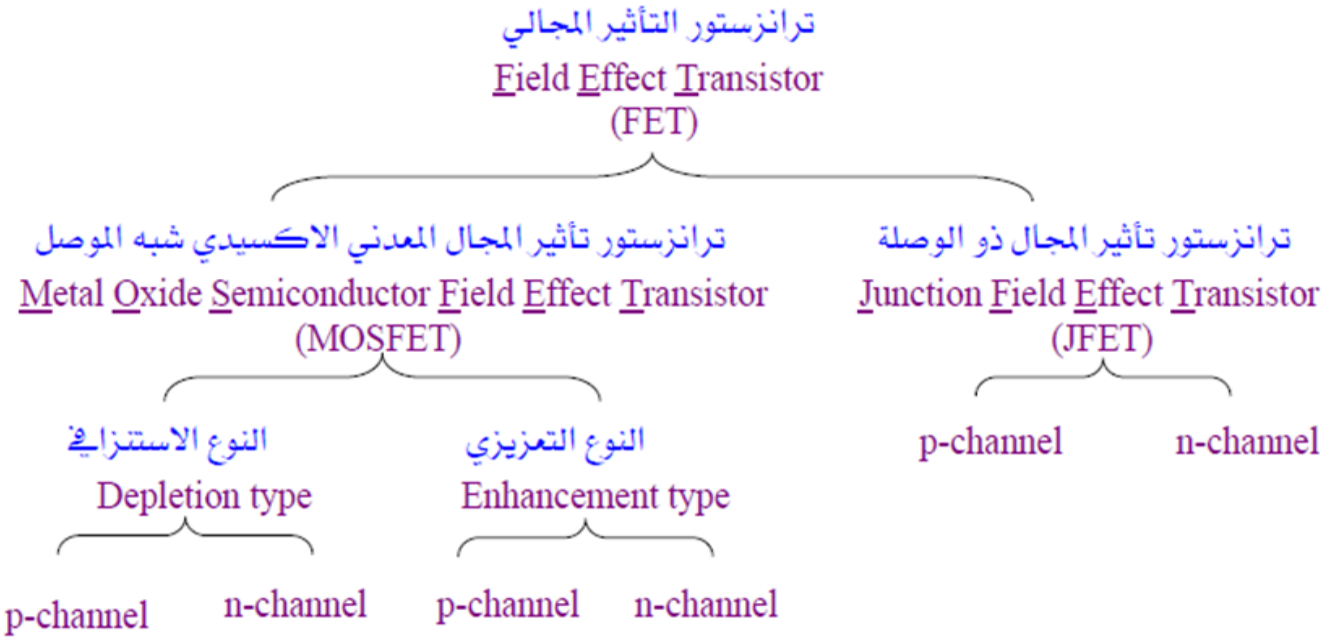
والاختلاف الابتدائي بين هذين النوعين هو أن الترانزستور الثنائي (BJT) في الواقع يعتمد التيار كعنصر سيطرة اما الترانزستور تأثير المجال (FET) فانه يعتمد الفولتية للسيطر وهذا ماسيتوضح لنا بشكل جلي عند دراسة خواص الترانزستور (FET) .



كما أن الترانزستور (BJT) ينقسم الى قسمين كما تعرفنا هما (PNP)و (NPN) تبعا" لتركيبه البلوري فيما ينقسم الترانزستور (FET) حسب تركيبه البلوري الى (channel- P) و (channel- N) كما من المهم ان نستذكر ان الترانزستور (BJT) هو عنصر ثنائي (Bipolar) والذي يعني انه يعتمدفي عملة على حاملات الشحنه بنوعيها (الالكترونات والفجوات) .

فيما يعتمد الترانوستور تأثير المجال (FET) على صنف واحد من حاملات الشحنه اما الالكترونات او الفجوات بالاعتماد على تركيبه البلوري لذلك يدعى هذا النوع من الترانزستورات بالاحادي (Unipolar) .

المخطط الكتلي ادنا يوضح بالتفصيل انواع الترانزستور تأثير المجال



ميزات الترانزستور تأثير المجال

١ - الاستقرار الحراري (thermal stability) حيث لا يعتمد التيار على حاملات التيار الأقلية التي تتأثر بتغير درجة الحرارة.

٢ - سهولة تصنيعه واحتلاله مساحة أقل في الدوائر المتكاملة.

٣ - أقل ضجيجا.

٤ - مقاومة الدخل عالية جداً وتصل إلي عدة عشرات من الميجا أوم.

٥ - صلاحيته للترددات العالية أكثر من الترانزستور ثنائي القطبية، حيث تحتاج حاملات الشحنة في الترانزستور ثنائي القطبية إلي زمن للعبور مما يجعله غير فعال للترددات العالية.

٦ - له كفاءة (efficiency) أكبر من كفاءة الترانزستور ثنائي القطبية.

٧ - يمكن استعماله كحمل فعال (active load) في الدوائر المتكاملة.

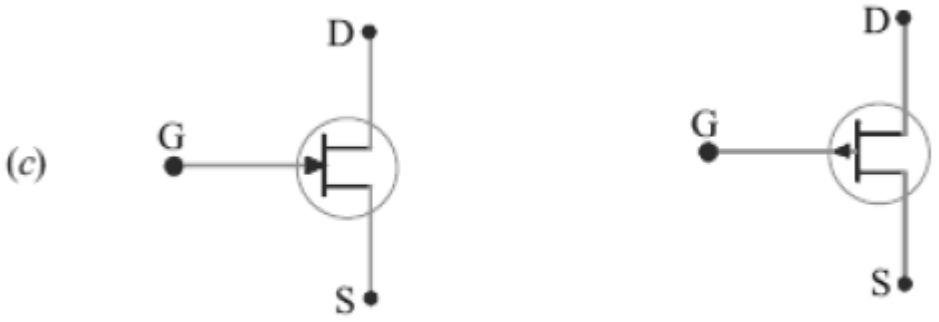
في حين يمتاز الترانزستور ثنائي القطبية بكبر حاصل ضرب الكسب في العرض الترددي (gain bandwidth product) مقارنة بترانزستور تأثير المجال.

التركيب البلوري لترانزستور تأثير المجال

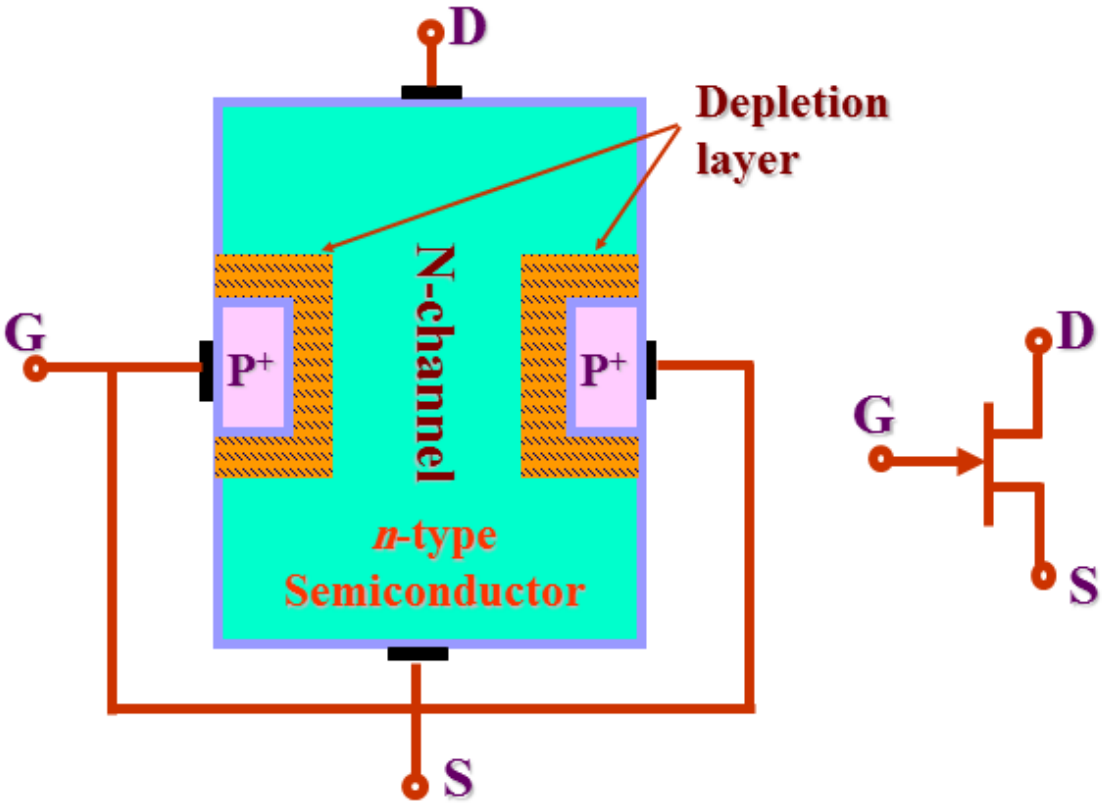
يتكون ترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة من مادة شبه موصل من النوع N أو النوع P طُعم جانبيه ببعض الشوائب للحصول على منطقتين من مادة شبه الموصل من نوع معاكس لنوع الاول (منطقتان من النوع P- في البلورة من النوع N ومنطقتان من النوع N في البلورة من النوع P-) كما هو مبين بشكل أدناه ويطلق على الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذو القناة N (N-channel JFET) إذا كانت مادة البلورة من النوع N بينما يطلق على الترانزستور اسم ترانزستور تأثير المجال ذو القناة P- (P-channel JFET) إذا كانت مادة البلورة من النوع P-. ولترانزستور تأثير المجال ذو الوصلة ثلاث اطراف هي:

- **المنبع (S) Source:** هو طرف البلورة الذي تدخل من خلاله حاملات الشحنة الغالبية (الالكترونات في حالة الترانزستور ذو القناة N والفجوات في حالة الترانزستور ذو القناة P-) مكونة بذلك تيار المنبع (Source current) الذي يرمز له بالرمز I_S. ويناظر طرف المنبع (S) في الترانزستور أحادي القطبية طرف الباعث (E) في الترانزستور ثنائي القطبية.
- **المصرف (D) Drain:** هو طرف البلورة الذي تخرج من خلاله حاملات الشحنة الغالبية مكونة بذلك تيار المصرف (Drain current) الذي يرمز له بالرمز I_D. ويناظر طرف المصرف (D) في الترانزستور أحادي القطبية طرف المجمع (C) في الترانزستور ثنائي القطبية.

- **البوابة (G) Gate**: هي عبارة عن المنطقتين الجانبيتين للبلـــورة وتكون البوابة من مادة معاكسة لنوع مادة البلـــورة وتتميز بتركيز عالٍ للشوائب ويناظر طرف البوابة (G) في الترانزستور احادي القطبية طرف القاعدة (B) في الترانزستور ثنائي القطبية.

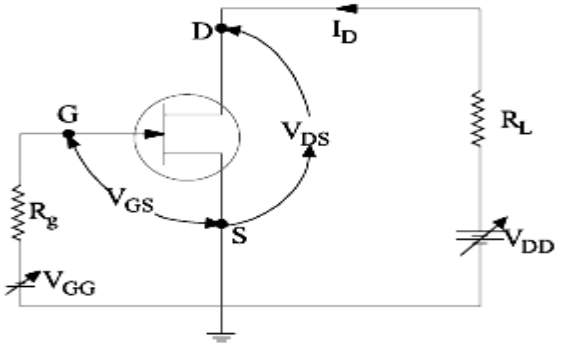


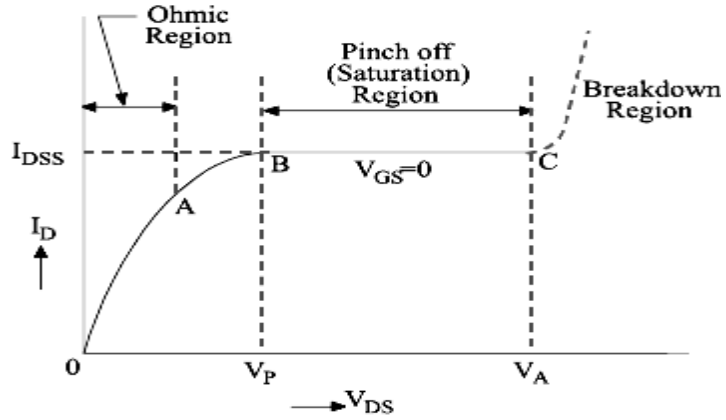
FET construction

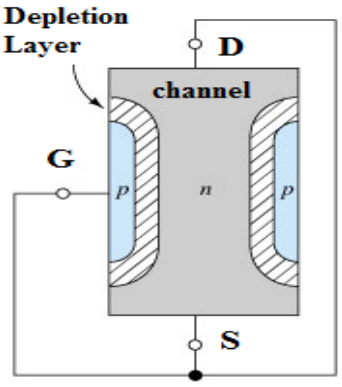


خواص الترانزستور تأثير المجال المستقرةStatic

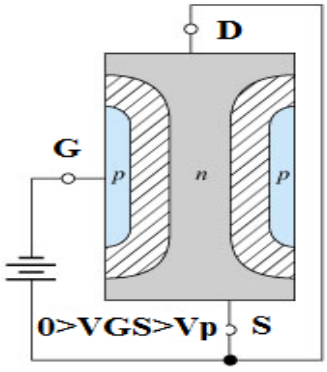
Characteristics of a JFET



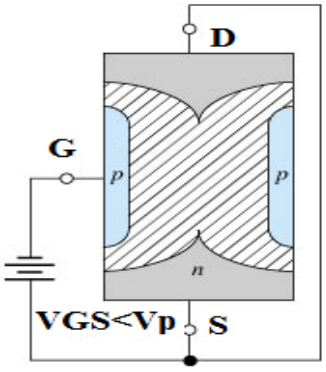




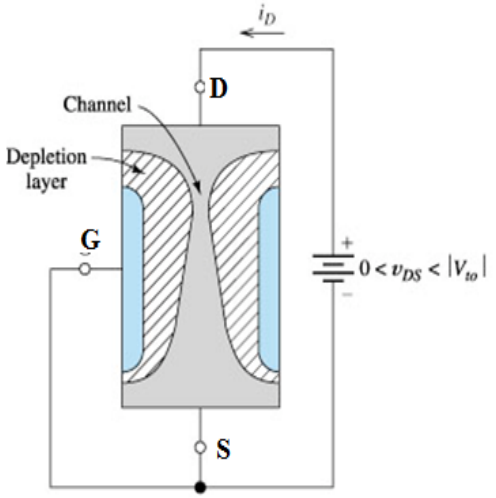
انحياز البوبة يساوي صفر تكون منطقة الاستنزاف ضيقة ينتج عنها مقاومة قليلة بين المصدر والمصرف



انحياز معتدل للبوابة ينتج عنه ضيق في القناة

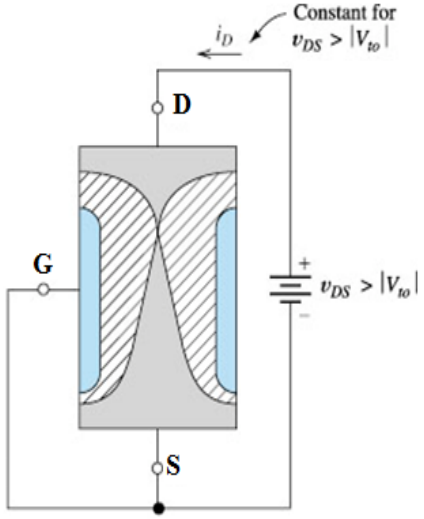


انحياز عكسي كبير للبوابة يسبب اتساع منطقة الاستنزاف وانغلاق القناة وزيادة مقاومتها



القناة يصبح ضيق بزيادة الفولتية

VDS



يضيق مسار تيار المصرف عندما تكون

VDS>VP

الكترونيات القدرة Power Electronics

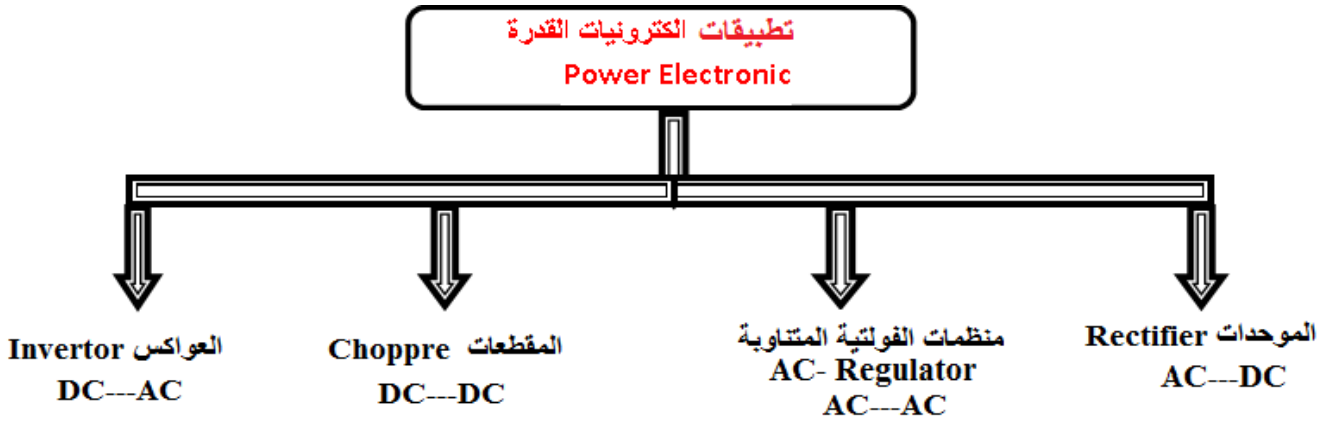
إلكترونيات القوى (Power Electronics) حيث سنتعرف على العناصر الإلكترونية التي تستعمل في أنظمة التحكم بالقدرة الكهربائية. لقد سهلت هذه العناصر من التحكم بالقدرة المنقولة للأحمال الكهربائية، وقللت من حجم دارات التحكم وتكلفتها، واستحوذت على دور كبير في مجال الإلكترونيات الصناعية. ومن بين هذه العناصر سنتناول عائلة الثايرستور(Thyristor)

عائلة الثايرستور

وهي عائلة من القطع الإلكترونية التي تتركب من أربع طبقات شبه موصلة (pnpn) مثل ثنائي شوكلي Shockley Diode، والمقوم السيلكوني المحكوم Silicon Controlled Rectifier SCR، والمفتاح السيلكوني المحكوم Silicon Controlled Switch SCS، والدياك (Diac) والترياك (Triac).

وهذه الثايرستورات المختلفة تتشارك بالإضافة إلى تركيبها رباعي الطبقات في أنها تكون ذات مقاومة عالية(دارة مفتوحة) إلا أنه يؤثر عليها بجهد معين حتى تقدح، وعند قدحها تصبح مقاومتها صغيرة، وتبقى كذلك حتى يقل التيار المار فيها عن قيمة معينة، وبذلك يتم إطفاؤها ويعتمد ذلك على نوع العنصر.

تستعمل الثايرستورات للتحكم في مقدار القدرة المنقولة إلى حمل كهربائي ومثال ذلك التحكم بشدة الإنارة، التحكم بسرعة المحركات، أنظمة الاشتعال، وأنظمة الشحن.

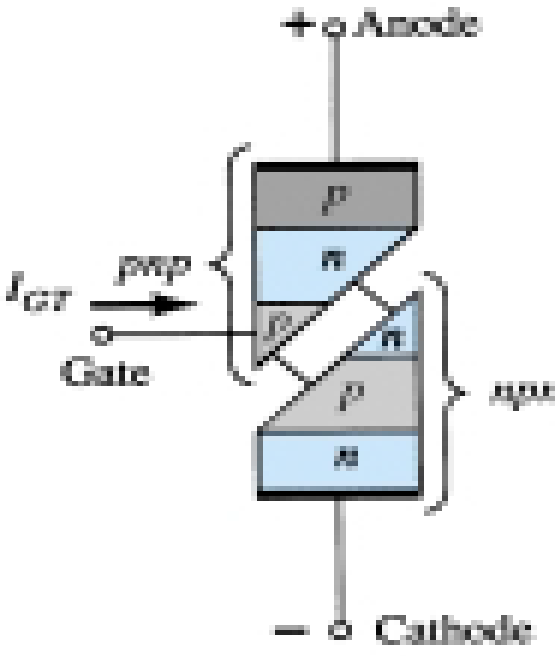


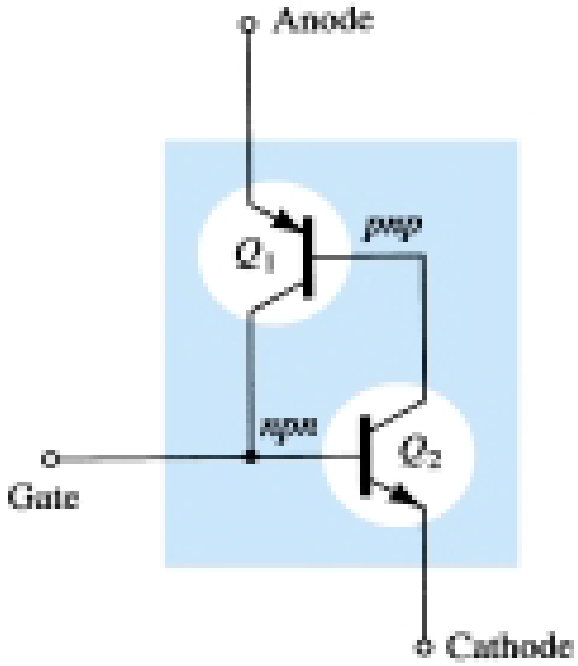
الثايرستور (المقوم السلكوني المتحكم) Silicon- Controlled Rectifier(SCR)

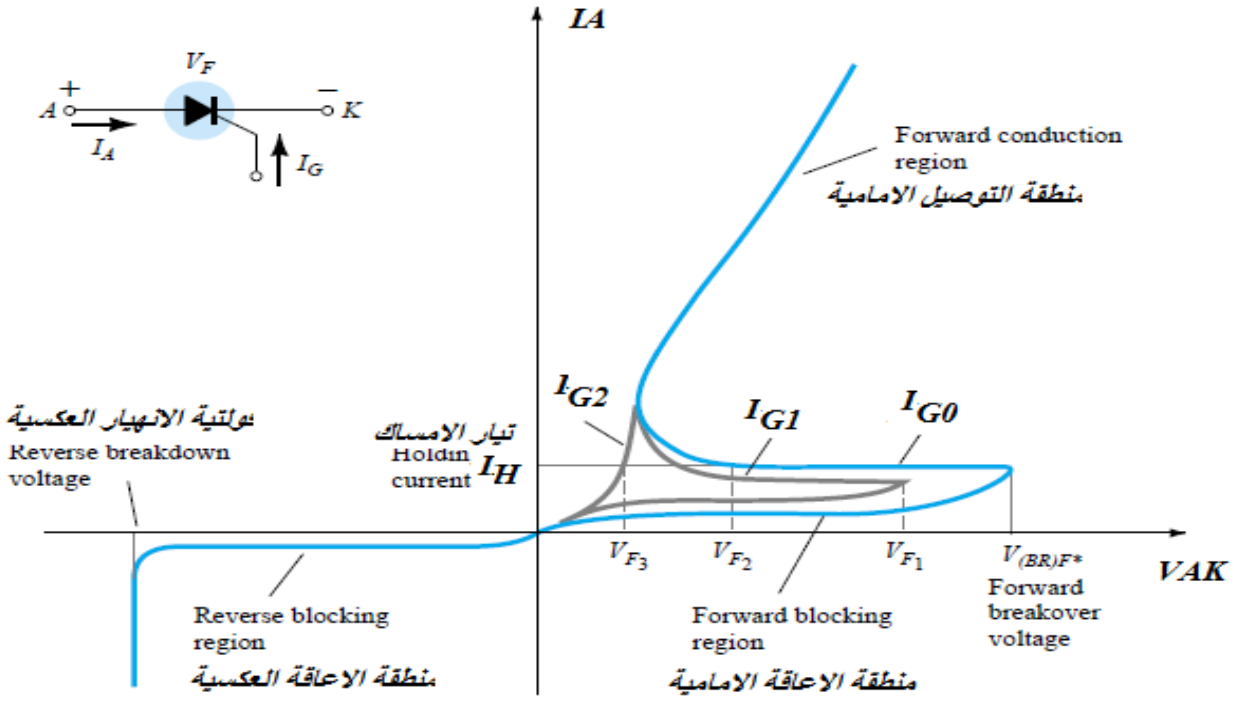
يعد المقوم السيلكوني المحكوم (Silicon-Controlled Rectifier) ويشار إليه بالأحرف (SCR) من أهم عناصر عائلة الثايرستور، وتعود أهميته لكونه يتحمل مرور تيارات عالية؛ مما ساعد على انتشار تطبيقاته، ويكافئ مفتاح ثلاثي الأطراف أحادي الاتجاه (المصعد والمهبط والبوابة) يمرر التيار الكهربائي في اتجاه واحد من المصعد إلى المهبط، حيث يتم التحكم بتشغيله بواسطة البوابة، وكونه من أهم عناصر العائلة أصبح يشار إليه باسم العائلة(ثايرستور) بحيث عندما يقال ثايرستور يكون المقصود المقوم السليكوني المحكوم بالبوابة.

تركيب الثايرستور :

يتكون الثايرستور من أربع طبقات من شرائح شبه موصلة كما في الشكل(A) يطلق على الطبقة الموجبة P1 طبقة المصعد، وتتصل بطرف توصيل خارجي يسمى المصعد(Anode) وعلى الطبقة السالبة N1 التي تليها بطبقة

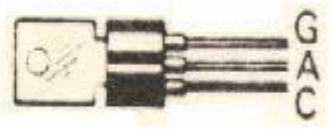


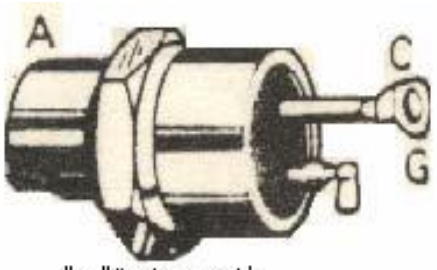




SCR Chractreistics منحني خواص الثايرستور

ثايروستورات القدرة المنخفضة





ثايرستورات القدرة المتوسطة والعالية

SCR Turn - OFF Techniques طرق قدح الثايرستور

يقصد بالقدح نقل الثايرستور من منطقة *الاعاقة* الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي، وينتقل الثايرستور إلى منطقة التوصيل الأمامي بإحدى الطرق الآتية :

الحرارة إذا زادت درجة حرارة الثايرستور، فإن تيار التسرب الأمامي يزداد نتيجة توليد أزواج إضافية من الإلكترونات والفجوات، وإذا زاد هذا التيار عن حد معين فإن الثايرستور ينتقل من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي.

الضوء إذا تعرض الثايرستور للضوء، فإن تيار التسرب الأمامي يزداد، نتيجة توليد أزواج إضافية من الإلكترونات والفجوات، وإذا زاد هذا التيار عن حد معين فإن الثايرستور ينتقل من منطقة الحجز الأمامي إلى منطقة التوصيل الأمامي. ويوجد ثايرستورات ضوئية (LASCR) حيث يزود الثايرستور بعدسة تعمل على تركيز الضوء على وصلة البوابة، ويعمل الضوء بدل تيار البوابة على قدح الثايرستور.

زيادة الجهد الامامي إذا زاد فرق الجهد المطبق بين المصعد والمهبط عن قيمة محددة(جهد الانهيار الأمامي) فإن الثايرستور ينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي.

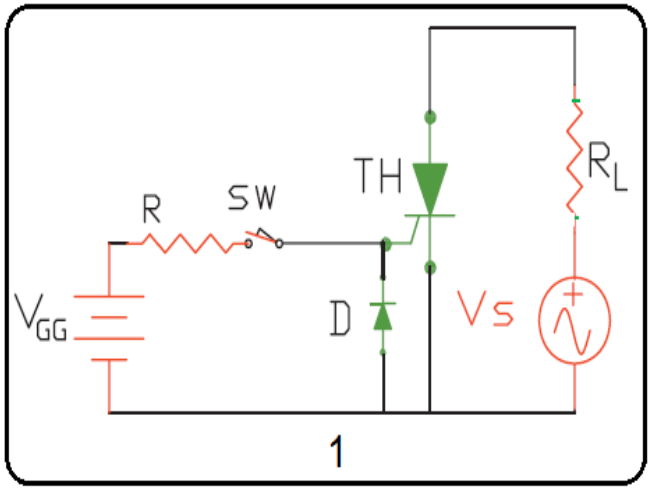
المفاجئ يؤدي إلى مرور تيار من خلال الوصلة J_2 المنحازة عكسيا التي تكافئ مكثفا يعتمد التيار المار فيه على معدل تغير الجهد عليه ، فإذا كان معدل التغير كافياً فإن الثايرستور سينتقل إلى منطقة التوصيل الأمامي. ولا تستخدم هذه الطريقة في عملية القدح .

البوابة تعدّ عملية القدح بالبوابة من أهم طرق القدح وأكثرها استعمالا ، وتهدف عملية القدح إلى حقن كمية كافية من التيار إلى طرف البوابة، تعمل على تحيز الوصلة J2 أماميا، وبالتالي تحويل الثايرستور إلى حالة التوصيل، ولتتم عملية القدح وجب توفر الشرطين الآتيين :

١. أن يكون جهد المصعد موجباً بالنسبة للمهبط .
٢. توفر نبضة قدح موجبة مناسبة على بوابة الثايرستور.

طرق قدح الثايرستور عن طريق البوابة

اولا": القدح بالتيار المستمر :

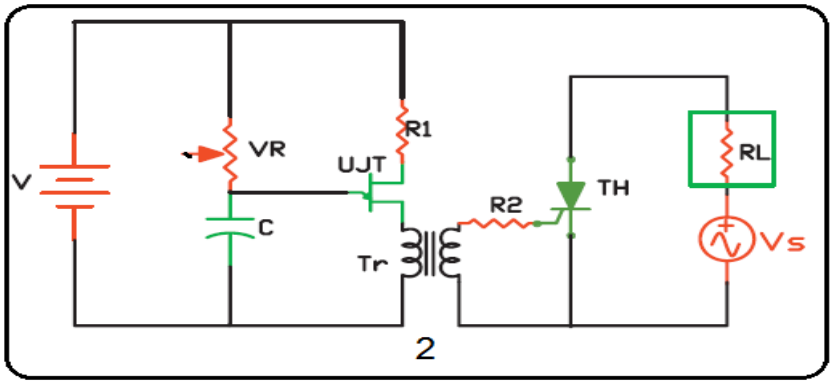


1

يبين الشكل(1) دارة لقدح الثايرستور، حيث تتكون الدائرة من مصدر للتيار المستمر، مقاومة ومفتاح لوصل دائرة البوابة أو لفصلها، ففي النصف الموجب لمصدر تغذية الحمل وعند إغلاق المفتاح توصل البوابة بجهد موجب؛ مما يؤدي إلى قدح الثايرستور، وبالتالي مرور تيار في الحمل، أما في النصف السالب فيتوقف الثايرستور عن التوصيل؛ لأن الثنائي (D) يوصل لحماية وصلة البوابة من الجهد العكسي.

ثانيا": القدح بالنبضات

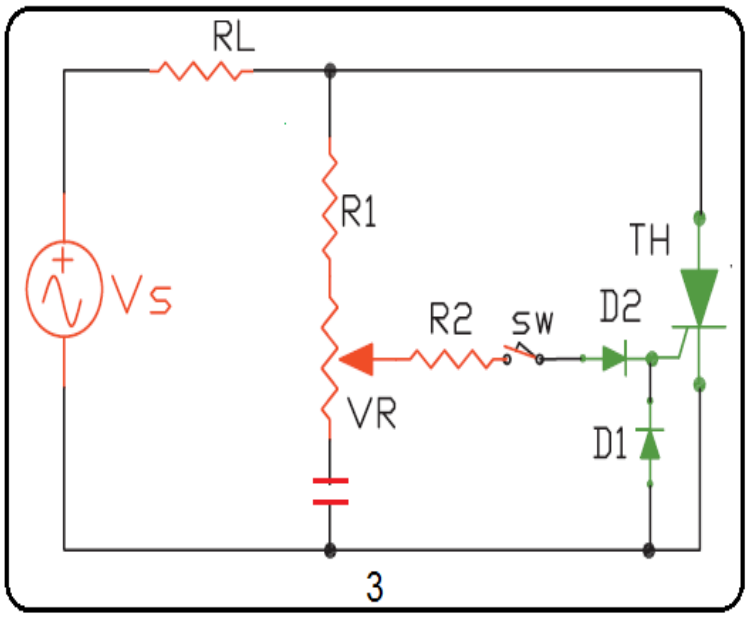
حيث يتم قدح الثايرستور بواسطة نبضة أو مجموعة من النبضات، حيث يتم الحصول على النبضات بواسطة دارة القدح، وهي عبارة عن مذبذب متعدد الاهتزاز يسمح بالتحكم بتردد نبضة القدح وعرضها، ومن ميزات هذه الطريقة تقليل القدرة المبددة في دائرة البوابة، بالإضافة إلى إمكانية عزل دائرة البوابة عن دائرة الحمل كما في الشكل (2) .



2

زاوية القدح

أو زاوية الإشعال تعرف بزاوية تأخير تطبيق نبضة القدح على البوابة بالنسبة إلى اللحظة التي يتحول فيها الثايرستور إلى حالة التوصيل الأمامي ويرمز لها بالرمز (α) وتتراوح قيمتها من 0 - 180° .



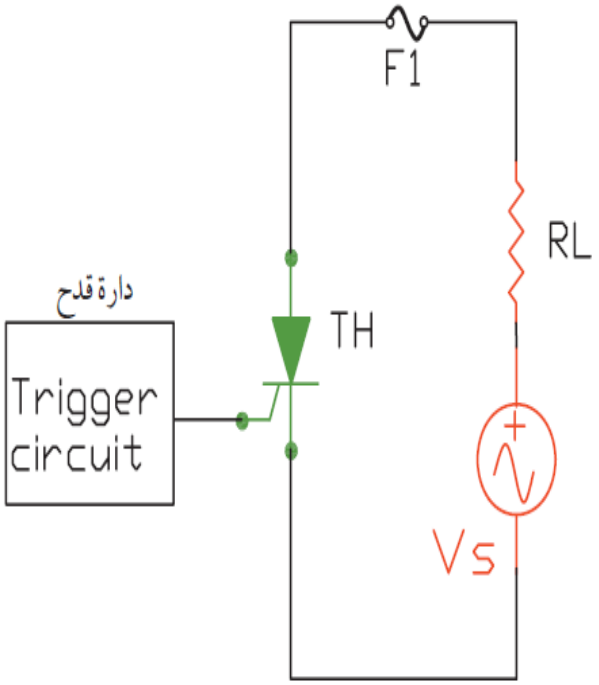
ثالثا": القدح بالتيار المتناوب

حيث يستعمل نفس مصدر التغذية للحصول على إشارة القدح المناسبة لقدح الثايرستور، حيث يتم تخفيض الجهد المتناوب إلى قيمة مناسبة بواسطة مجموعة من المقاومات. ففي النصف الموجب يتم الحصول على قيمة مخفضة للجهد المتناوب بواسطة مجموعة من المقاومات، ويستعمل الثنائي (D_2) لحجب الجهد السالب عن البوابة التي تصل متزامنة مع وجود الجهد الموجب على مصعد الثايرستور، حيث يتم الحصول على توصيل تام في النصف الموجب، أما في النصف السالب فإن الثايرستور لا يمرر تياراً، ويبين الشكل(3) إحدى دارات القدح بواسطة التيار المتناوب، وفي مثل هذه الطريقة يمكن التحكم بزاوية القدح لغاية 90 درجة فقط .عن طريق ثابت الزمن (T=R C) .

تطبيقات الثايرستور

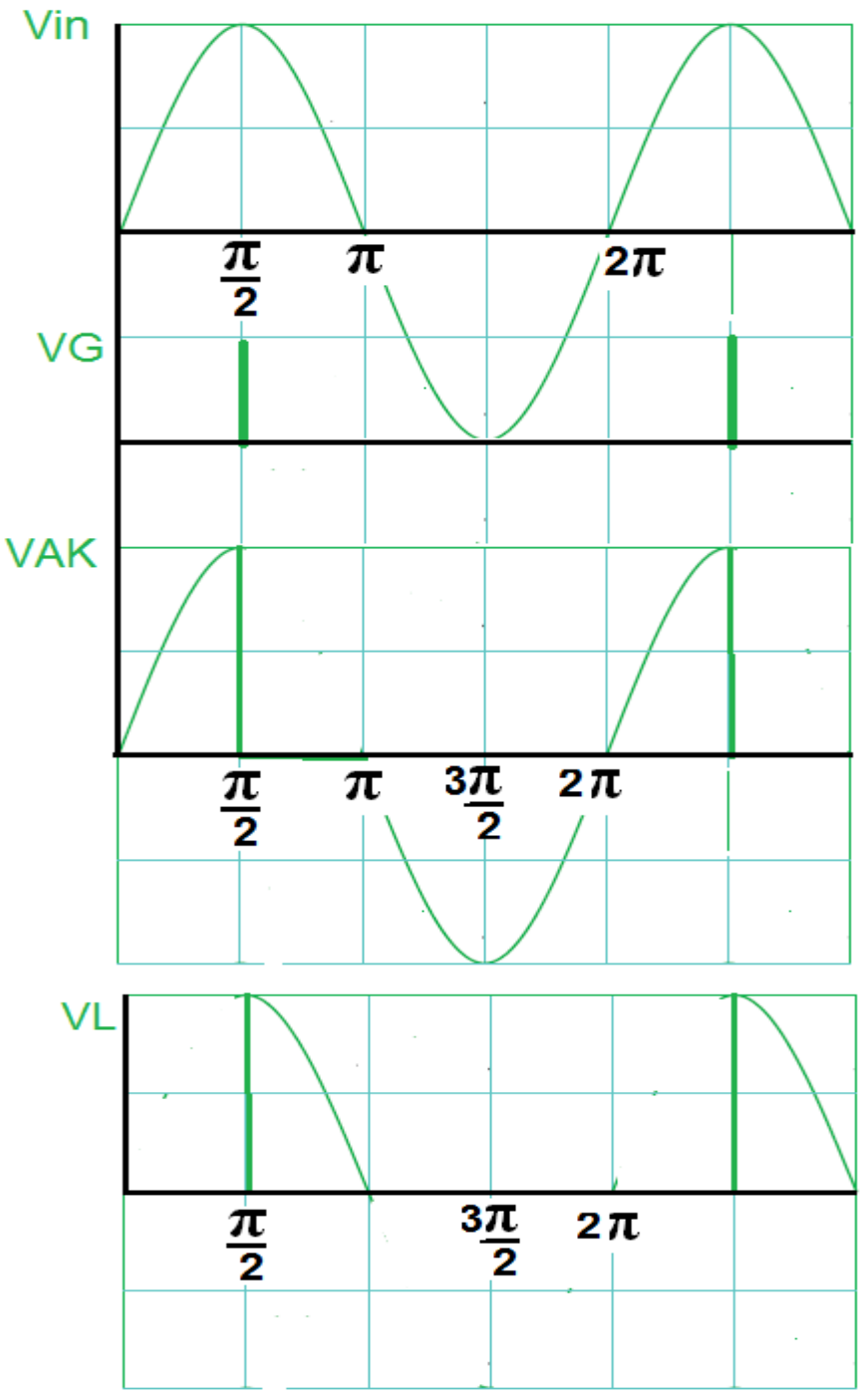
المقومات المحكومة Contral Rectifie

تعدّ المقومات المحكومة من أهم تطبيقات الثايرستور، حيث يمكن بواسطتها الحصول على قيمة متوسطة للجهد (Average Voltage) على طرفي الحمل، ومنها مقومات نصف موجة ومقومات موجة كاملة، وقد تكون أحادية الطور وثلاثية الطور.



مقوم نصف موجة Half Wave Rectifier

يبين الشكل اعلاه دارة مقوم نصف موجة محكوم باستخدام ثايرستور، وتشبه دارة مقوم نصف موجة باستخدام الثنائي، في النصف الموجب للمصدر يكون الثايرستور في منطقة الحجز الأمامي، ولا يمر تيار في دارة الحمل، وعند قدح الثايرستور بزاوية قدح معينة (α) بواسطة دارة البوابة، يمر تيار في الحمل، ويكون كل الجهد تقريباً على طرفي



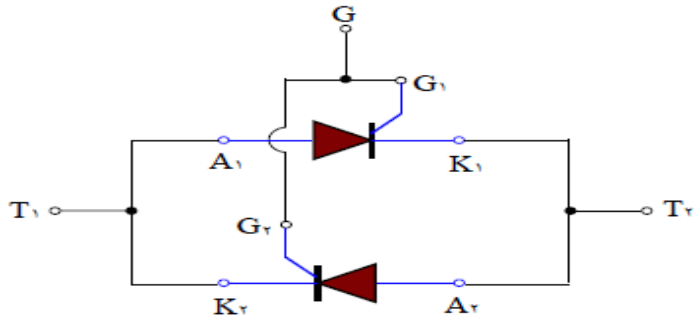
الاشكال الموجية لموحد نصف موجة متحكم _

الترياك Triac

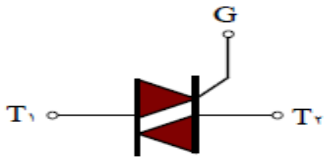
الترياك هو عنصر شبه موصل متعدد الطبقات ويكافئ عدد اثنين ثايرستور موصلين على التوازي وبشكل عكسي، أي أن مصعد الثايرستور الأول موصل إلى مهبط الثايرستور الثاني ومهبط الثايرستور الأول موصل إلى مصعد الثايرستور الثاني كما هو مبين في شكل ادنـــاه يبين نفس الشكل التركيب الطبقي الترياك والرمز الخاص به.

ويمتاز الترياك بأنه يوصل التيار في كل الاتجاهين:

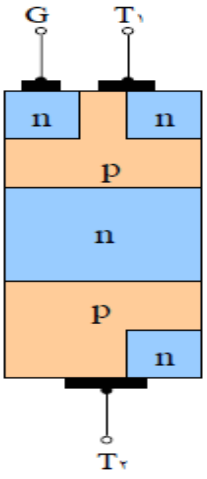
- من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 إذا كان جهد T_1 أعلى من جهد T_2 وطبقت إشارة الإشعال بين البوابة G والطرف T_2.
- من الطرف T_2 إلى الطرف T_1 إذا كان جهد T_2 أعلى من جهد T_1 وطبقت إشارة الإشعال



(B)

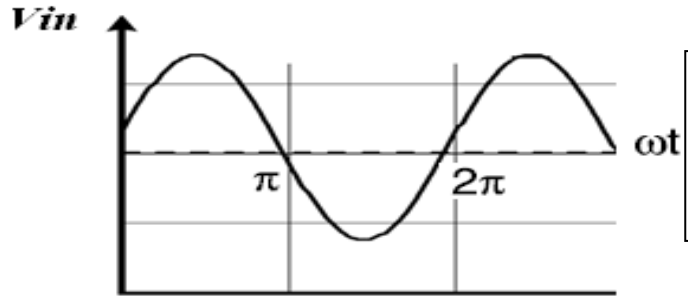


C

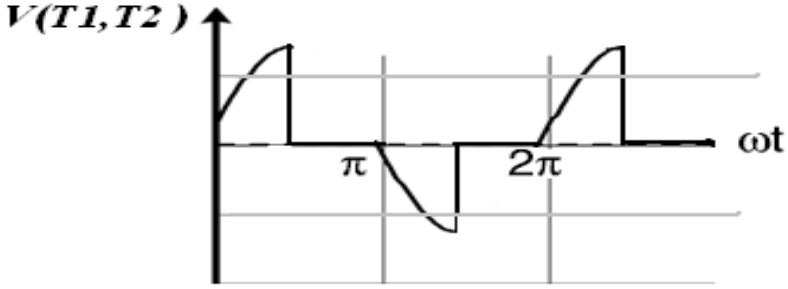


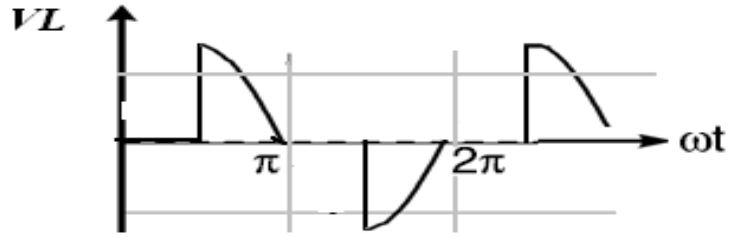
A

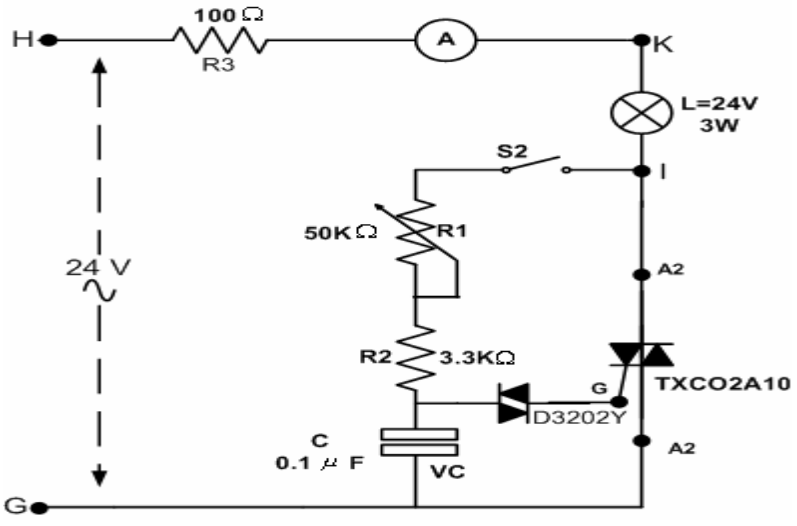
A لتركيب B الدائرة المكافئة (C) الرمز الألكتروني



الاشكال الموجية التي توضح نظرية عمل منظمات الفولتية المتناوبة حيث تعتبر الدائرة ادناه تطبيق من تطبيقاتها



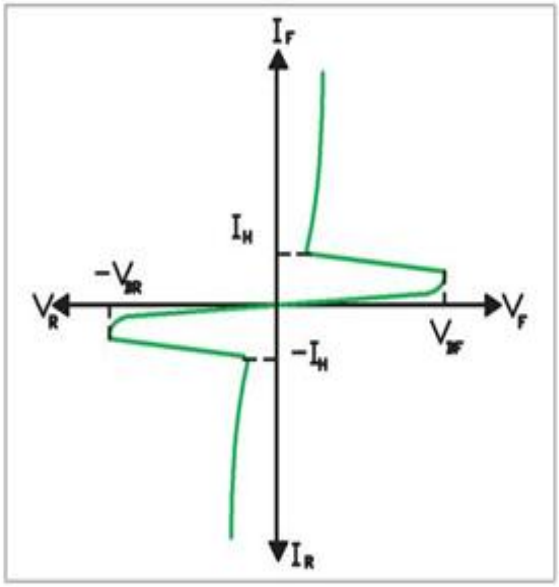




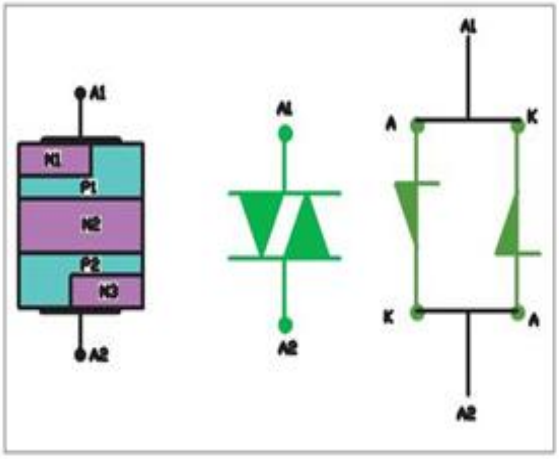
الدياك DIAC

أحد عناصر عائلة الثايرستور، له طرفان متماثلان هما المصعد الأول (A1) والمصعد الثاني(A2)، وهو عبارة عن مفتاح ثنائي الاتجاه يسمح بمرور التيار في اتجاهين متعاكسين، ويكافئ زوجا من ثنائي شوكلي موصولين على التوازي وعلى التعاكس،

يوصل الدياك في أي من الاتجاهين عن طريق زيادة الجهد عليه إلى قيمة تتجاوز قيمة جهد الانهيار الأمامي، ومن الجدير بالذكر أن للدياك جهدي انهيار، أحدهما موجب والأخر سالب، ويبين الشكل ادناه منحنى خصائص الدياك.



شكل منحني خواص الدياك



شكل التركيب البلوري للدياك والرمز

الى اللقاء في السنة القادمة بعد فرحة النجاح ان شاء الله العلي القدير ..... دعواتي لكم بالنجاح والموفقيه..... والصلاة والسلام على نبينا محمد واله الطيبين الطاهرين.....

المهندس حسن عبد الكاظم بجاي