Electronic

الكترونيك
المرحلة الاولى

قسم التقنيات الكهربائية\قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاظرة الأولى

1. المقدمة
2. التركيب الذري للمواد
3. مستويات الطاقة في الذرة
4. البلورات
5. اشباه الموصلات
6. تيار الفجوة
7. كيفية تحرك الفجوات

أسئلة ما قبل المحاضرة

س1 : ماهي الأهمية من دراسة الألكترونيك؟

س2 : ماهو التركيب الذري للمواد وكيف له ان يُأثر على عملية التوصيل في المواد؟

س3 : ماهي اشباه الموصلات و ما هي اهميتها في الألكترونيات؟

س4: ماهي مستويات الطاقة الرئيسية و ما الفرق بين مستوى و اخر؟

س5: ماهي البلورات؟

س6: ما هي اشباه الموصلات؟

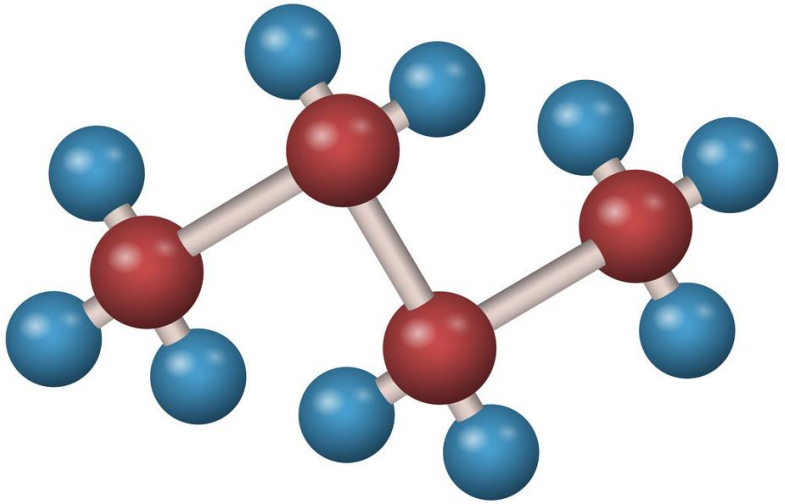
س7: ماهو الأختلاف بين العازل و شبه الموصل من حيث التركيب الذري؟

1. المقدمة

- تعتبر الألكترونيات هي الحجر الأساس في التقدم التكنلوجي و التطور الحاصل الذي نشهده في جميع مفاصل الحياة, فمثلاً كل الحواسيب الألكترونية و الطائرات واغلب الصناعات العسكرية الحديثة و وسائل الأتصال تعتمدا اعتماداً كاملاً على العناصر الألكترونية حيث يكون هو المحرك الاساسي لجميع العناصر في جهاز بالاضافة الى مسؤوليته في تنظيم جميع العمليات وتتابعها. كمثال على ذلك هو الشرائح الألكترونية في الكثير من الأجهزة الكهربائية. هذه الشرائح مصنعة من مادة السليكون وتحتوي على الآلاف من المكونات الإلكترونية الدقيقة جدا، مثل الترانزستورات والمقاومات والمكثفات التي تربط معا لتكون دوائر إلكترونية متكاملة. يمكن لهذه الشرائح أن تقوم بمعظم العمليات الحسابية والمنطقية المطلوبة لتنفيذ مهمة ما في جهازٍ الكتروني ما ويطلق عليها المعالج الدقيق او ما يعرف بال Microprocessor. لذلك من المهم جدا دراسة الألكترونيات والتعرف على الدوائر الألكترونية و كيفية تصميمها و اختيار القيم المناسبة لعناصرها.
- عند دراسة موضوع الألكترونيك والدوائر الألكترونية يجب ان ندعم مفهومنا اولاً عن خاصية التوصيل وشبه التوصيل و العزل وكيف لهذه الخواص ان تتوفر في مادة ولا توجد باخرى وما علاقة خاصية التوصيل للمواد بالتركيب الذري لها. فمثلا ما السبب في ان الخشب يعتبر من المواد العازلة التي لا تسمح بمرور تيار كهربائي خلالها؟ بينما الحديد فيعتبر من المواد الموصلة! ولماذا هنالك مواد شبه موصلة تقع ما بين العازلة والموصلة؟
- هذه المحاظرة سوف تبين التركيب الذري للمواد وعلاقته بخاصية العزل والتوصيل بالاضافة الى توضيح مفهوم شبه الموصل واهميته في بناء الدوائر الألكترونية.

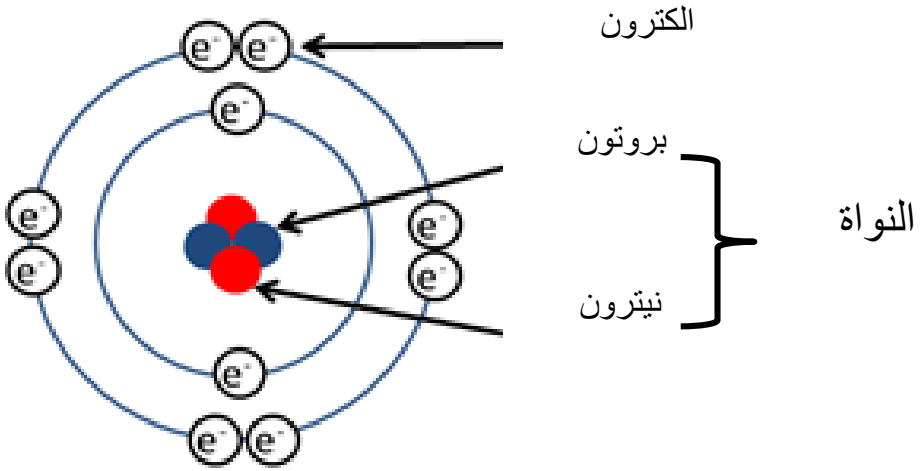
2. التركيب الذري للمواد

- جميع المواد تتكون من جسيمات متناهية في الصغر تدعى الجزيئات. تحتفظ الجزيئات بالخصائص الكيميائية والفيزيائية للمادة, وهي تتألف من اثنتين أو أكثر من الذرات المتماثلة أو المختلفة والتي ترتبط مع بعضها البعض بروابط كيميائية.



الكترونيك1

- تحتوي كل ذرة من هذه الذرات على نواة و التي بدورها تتكون من البروتونات الموجبة الشحنة و النيترونات المتعادلة الشحنة , كما تدور حول النواة مدارات تحتوي على الكترونات سالبة الشحنة.

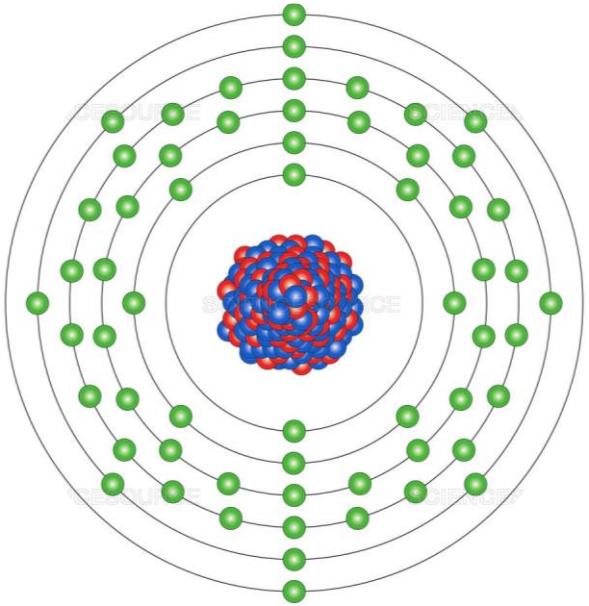


- يحتوي كُل مدار على عدد محدد من الألكترونات تحوم حول النواة.
- يُحسب عدد الألكترونات في الغلاف الواحد حسب القانون الاتي, حيث E هو عدد الألكترونات و n هو تسلسل المدار او الغلاف في الذرة:

$$E = 2 \times (n)^2$$

الكترونيك1

- مثال على ذلك :
  - اقصى عدد من الألكترونات من الممكن أن يوجد في الغلاف الأول هو = $2(1)^2 = 2$ الكترون
  - اقصى عدد من الألكترونات من الممكن أن يوجد في الغلاف الثاني هو = $2(2)^2 = 8$ الكترون
  - اقصى عدد من الألكترونات من الممكن أن يوجد في الغلاف الثالث هو = $2(3)^2 = 18$ الكترون
- كلما أقتربت الألكترونات من النواة كلما زادت قوة جاذبية النواة لها مما يتطلب تسليط طاقة كبيرة في سبيل تحرير هذه الألكترونات من الذرة وكلما أبتعدت الألكترونات عن النواة كلما سهل تحرير هذه الألكترونات من الذرة.

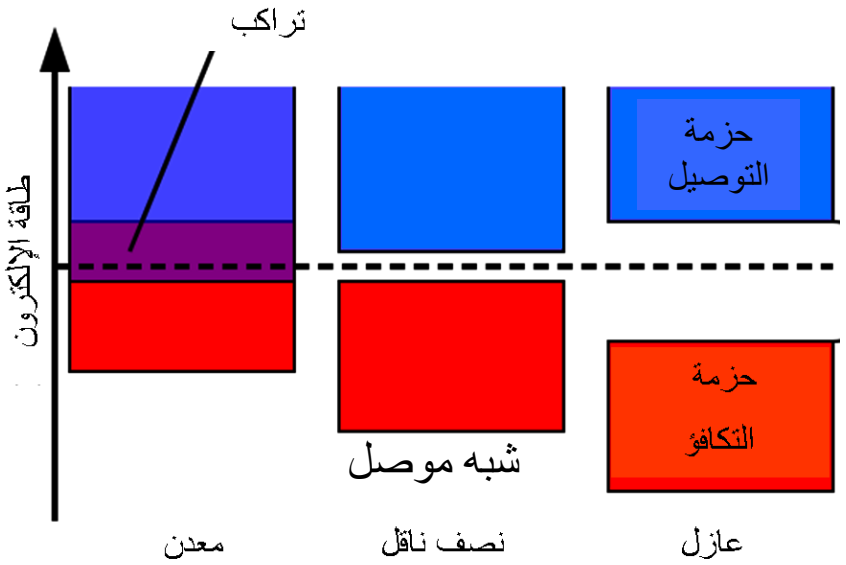


- تسمى الألكترونات في الغلاف الخارجي **بالكترونات التكافؤ** لقابليتها الأسرع على تحرير نفسها.

3. مستويات الطاقة في الذرة

تختلف طاقة الكترونات في الذرات المعزولة عن بعضها بإختلاف مواقعها في الأغلفة الخارجية للذرة و تصنف حسب طاقتها الى حُزمتين:

- **حزمة التكافؤ**: وهي الحزمة التي لاتكون فيها الألكترونات مستعدة للحركة من ذرة الى اخرى.
- **حزمة التوصيل** : وهي التي تستطيع فيها الإلكترونات الحركة بحرية والانتقال من ذرة الى اخرى.



الكترونيك1

- في العوازل تكون جميع ألكترونات الأغلفة الثانوية الخارجية في حزمة التكافؤ, اضافة الى ذلك توجد فجوة كبيرة بين مستويات الطاقة الواطئة ومستويات الطاقة العالية و نظرا لان الألكترونات لا تتحرك فلن يكون هنالك اي تيار كهربائي.

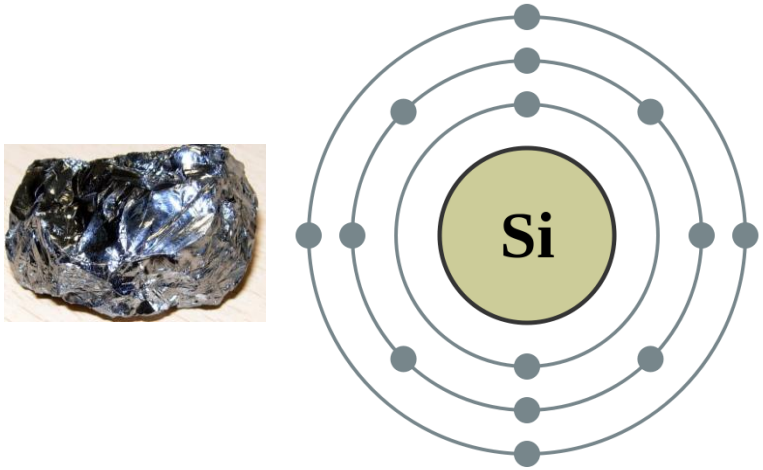
- اذا سلطت طاقة عالية على عازلٍ ما فسيكون للإلكترونات طاقة كافية لعبور الفجوة ما بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل وبذلك فإن التيار يسري في العازل و نقول ان العازل قد انهار تحت تأثير الفولتية العالية.

- تُقاسْ مستويات الطاقة في الذرات بوحدات ألكترون – فولت (eV) والتي هي مقدار الزيادة في الطاقة التي يكسبها الكترون عند تعجيله بواسطة مجال ناتج من واحد فولت.
- الألكترون – فولت $= 1.6 \times 10^{-14}$ جول.

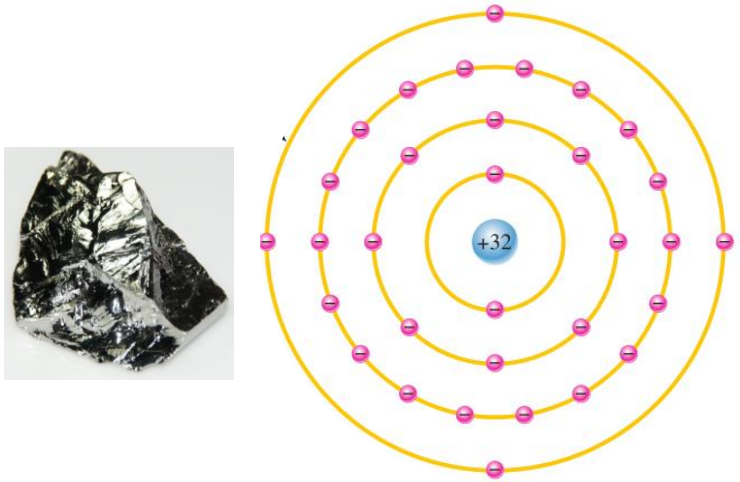
- في الموصلات فإن حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل تكون مندمجة مع بعضها البعض مما يسهل عملية انتقال الألكترونات اذا ما سلطت قوة دافعة كهربائية خارجية صغيرة على مادة موصلة.

5. اشباه الموصلات

- هي مواد غير موصله للتيار أو ضعيفة التوصيل في الظروف العادية و الدرجات الحرارة الطبيعية ومن أشهر المواد شبه الموصلة هي الجرمانيوم والسليكون. الكترونات هذه المواد تتوزع على حزمتين للطاقة هما حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل و تفصل بينهما فجوة ضيقة جدا.



توزيع الالكترونات في ذرة السيلكون (العدد الذري = 14)



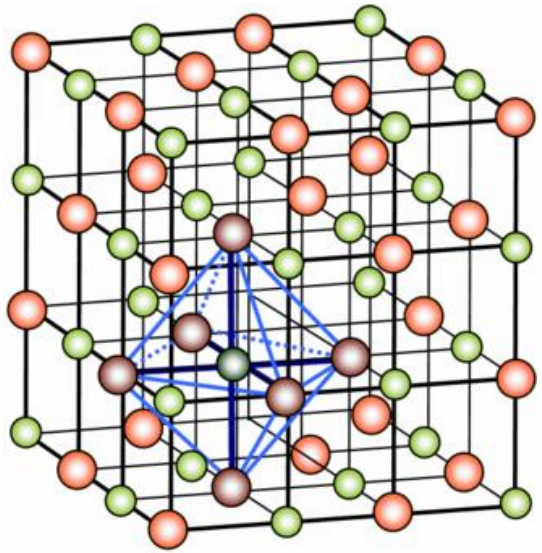
توزيع الألكترونات في ذرة جرمانيوم (العدد الذري =32)

- ذرة االجرمانيوم والسيلكون هي من الذرات رباعية التكافؤ في الجدول الدوري تحتوي على اربعة الكترونات في الغلاف الخارجي و حتى يكتمل التكافؤ لهما لابد من وجود ثمان الكترونات في الخلاف الخارجي و على ذلك فان كل ذرة تشارك الذرات الأربعة التي حولها بروابط تسمى بالأواصر التساهمية.

4. البلورات

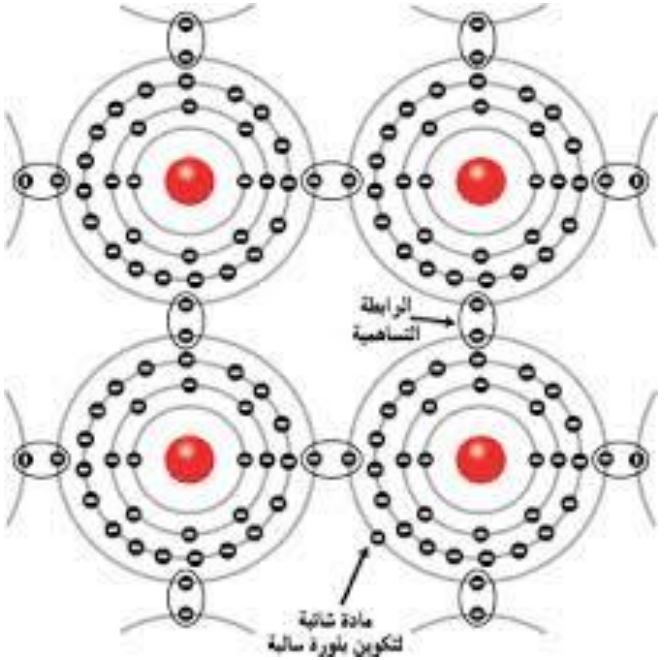
- تعتبر مواد السيلكون و الجرمانيوم من المواد البلورية حيث ان كل ذرة من هذه المواد لها اصرة مع كل من اربع ذرات اخرى مكونة تركيبا بلوريا رباعيا.

- المواد البلورية هي التي يكون لذراتها انتظام و ترتيب معين. هذا الترتيب والإنتظام يتفاوتان من مادة الى اخرى, فمثلا لمادة الزجاج يكون ترتيب الذرات عشوائياً اما الماس فتكون ذراته عالية الأنتظام. المادة التي يكون ترتيب ذراتها عشوائيا تعتبر مادة غير بلورية.



- اذا اصيب التركيب البلوري للبلورات فإن المكون لن يعمل في الدائرة الألكترونية فمثلا عند حدوث صدمة ميكانيكية حين سقوط المكون على الأرض مثلا قد يؤدي الى تمزيق التركيب البلوري. كذلك اذا المكون الى درجات حرارة فائقة و انصهر جزء من البلورة فإنها ستفقد خواصها.

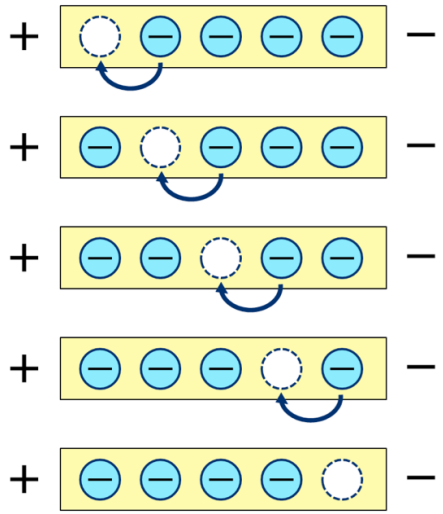
الكترونيك1



- درجة الصفر المطلق (C° 273.15-) تكون الذرة غير قابلة للتوصيل حيث انه لاتوجد الكترونات حرة لنقل الطاقة و ايضا ارتباط الإلكترونات بالنواة أكبر ما يمكن.
- عند تعرض البلورة الى مؤثرات خارجية كالضوء والحرارة تتحرر قسم من الالكترونات التكافؤية و تنتقل الى نطاق التوصيل. اذا تحركت الألكترونات من نطاق التكافؤ بأتجاه نطاق التوصيل فإنها تعمل على ترك فراغات او فجوات في الأواصر التكافؤية. هذه الفجوات اما تملا مرة اخرى من الكترونات صادرة من اواصر تكافؤية اخرى او راجعة من حزم التوصيل. هذه الحركة للالكترونات هي التي تسبب سريان التيار.

الكترونيك1

- عند تسليط فرق جهد على طرفي المادة شبه الموصلة تكون حركة الالكترونات الطليقة الموجودة في نطاق التوصيل باتجاه النهاية ذات الجهد الأعلى بينما تتحرك الفجوات في نطاق التكافؤ بعكس اتجاه الألكترونات و بذلك يكون التيار الكلي هو مجموع التيارين الناتجين من حركة الألكترونات والفجوات.



- تعتبر درجة حرارة الغرفة كافية لاحداث مثل هذا التأثير فتصبح بلورة الجيرمانيوم موصلة للتيار الكهربائي

أسئلة عن المحاضرة

- س١ : ماهي الأهمية من دراسة الألكترونيك؟
- س٢ : ماهي مكونات الذرة ؟
- س٣ : لماذا بعض المواد تتصف بخاصية التوصيل الكهربائي و البعض الاخر غير قابل للتوصيل الكهربائي؟
- س٤: ما هو اقصى عدد من الالكترونات ممكن ان يستوعب الغلاف الرابع في ذرة؟
- س٥: ما الفرق بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل؟
- س٦: ما هي اشباه الموصلات و ما هي اهميتها في الألكترونيات؟
- س٧: عرف الألكترون-فولت
- س8: ماهي المواد البلورية؟ و هل تعتبر اشباه الموصلات مواد بلورية؟
- س9: هل من الممكن ان تتحول المواد البلورية الى مواد غير بلورية؟
- س10: هل تؤثر درجة الحرارة على خاصية التوصيل في اشباه الموصلات؟

Electronic

الكترونيك
المرحلة الأولى
المحاضرة الثانية

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاظرة الثانية

1. التطعيم
2. تيار الالكترونات وتيار الفجوات
3. البلورة السالبة نوع (N)
4. البلورة الموجبة نوع (P)
5. المقاومة الاجمالية

الأختبار الأولي

س1 : ماهو المقصود بعملية التطعيم؟

س2 : ما المقصود بتيار الفجوات و تيار الإلكترونات

س3 : لماذا هنالك بلورة نوع P و اخر نوع N؟

س4 : ما المقصود بالمقاومة الاجمالية؟

التطعيم

- في اشباه الموصلات النقية و عند درجة حرارة الصفر المطلق التي تساوي **273- درجة مئوية** تكون جميع الالكترونات في حزمة التكافؤ ولا وجود لاي منها في حزمة التوصيل. لذلك فأن مادة شبة الموصل تكون عازلاً مثالياً. يكون مقدار الفولتيه بالنسبة للجرمانيوم 0.785v و للسيلكون 1.21v

- عند زيادة درجة الحرارة الى درجة حرارة الغرفة اي **20 درجة مئوية** تقفز الألكترونات من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل, اي تقل الفجوة ما بين حزمة التكافؤ و حزمة التوصيل كلما زادت درجة الحرارة.

- حينما ينتقل الالكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل سيترك مكانه فجوة, و لهذا السبب فإن في البلورات النقية يكون عدد الألكترونات في حزمة التوصيل يساوي عدد الفجوات في حزمة التكافؤ.

الكترونيك 1

- كل الكترون ينطلق الى حزمة التوصيل سيترك مكانه فجوة في حزمة التكافؤ. هذه الفجوات سوف تتسبب بحركة الاكترونات في حزمة التكافؤ او بمعنى اخر سوف تملأ الفجوات بالالكترونات و ينتج عن هذه العملية تكون فجوات جديدة تحل محل الالكترونات التي انتقلت الى الفجوات القديمة. عملية قفز الفجوات من مكان الى اخر يسبب تيار مستقل يسمى تيار الفجوات.

- بما ان حركة الالكترونات في حزمة التكافؤ تحتاج الى طاقة اعلا من حركة الالكترونات في حزمة التوصيل لذلك فأن التيار الناتج عن حركة الفجوات يكون اقل من التيار الناتج عن حركة الالكترونات في حزمة التوصيل.

- مجموع التيارين (تيار الفجوات في حزمة التكافؤ وتيار الألكترونات في حزمة التوصيل) هو التيار الكلي

- عند درجة حرارة الغرفة يكون التوصيل في **المواد شبه الموصلة النقية** كالجرمانيوم قليل وغير كافي.

الكترونيك 1

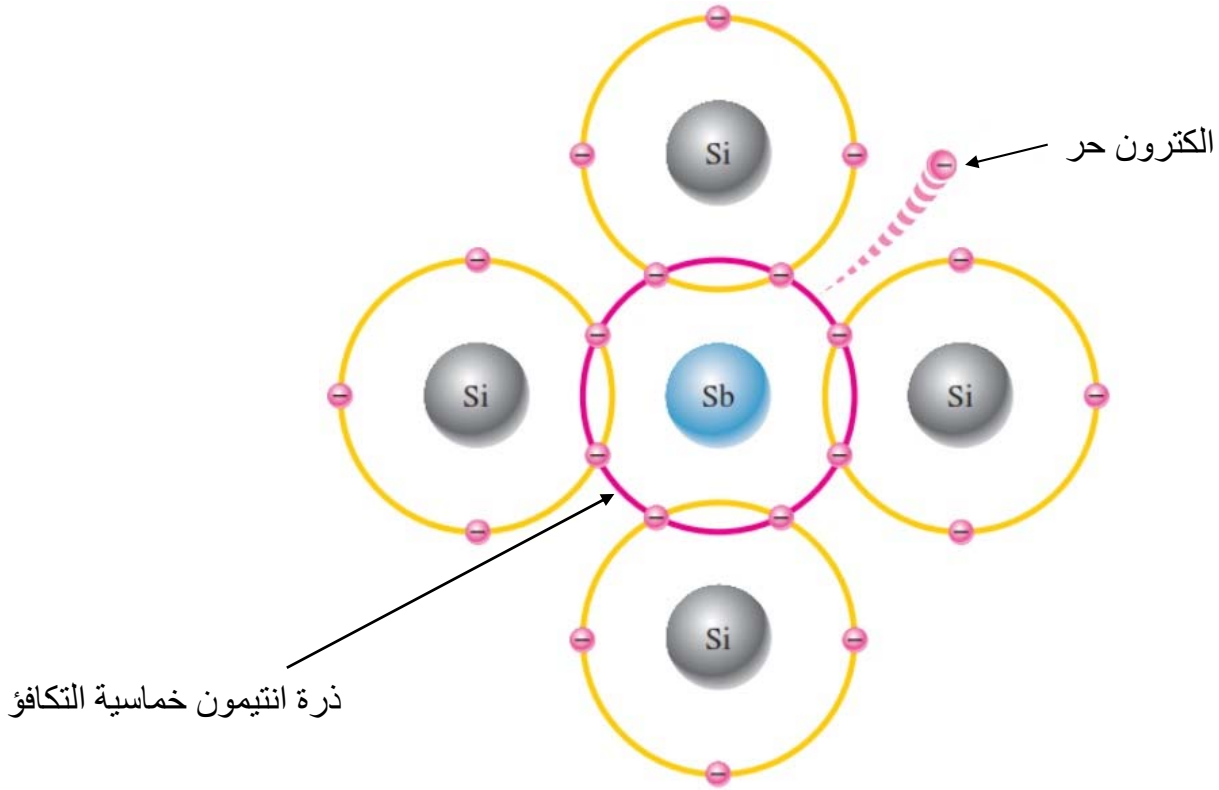
- من الممكن التحكم بقابلية التوصيل الكهربائي لاشباه الموصلات بواسطة الحرارة ولكن هذه الطريقة غير مرغوب بها من الناحية العملية لأسباب عدة :
  - للحرارة تأثير على عمر العناصر المصنعة من اشباه الموصلات.
  - من الصعب التحكم بدرجة حرارة هذه العناصر و خاصة اثناء اشتغال الدوائر الإلكترونية الحاوية على هذه العناصر.
- من انسب الطرق التي تستخدم للتحكم في مدى توصيل المواد شبه الموصلة هي ادخال نسب قليلة جدا من ذرات عناصر اخرى معينة في التشابك البلوري الى المواد شبه الموصلة. تسمى هذه العملية **بالتطعيم** و تسمى المواد المضافة بالشوائب.
- إضافة ذرة واحدة الى 100 مليون ذرة جرمانيوم تكفي لزيادة الموصلية 15 مرة تقريبا
- هنالك نوعان من التطعيم:
  - **الاول** هو باضافة عناصر خماسية التكافؤ (التي لها خمس الكترونات في الغلاف الخارجي) مثل الفسفور و الزرنيخ و الأنتيمون و البزموث.
  - **الثاني** هو باضافة عناصر ثلاثية التكافؤ(التي لها ثلاث الكترونات في الغلاف الخارجي) مثل البورون, و الالمنيوم, و الجليوم, و الكالسيوم.

البلوة السالبة نوع N-

- يتم تشكيل البلورة نوع N من اضافة احد العناصر خماسية التكافؤ الى بلورة الجرمانيوم او السيلكون النقية . تسمى هذه المواد المضافة بالمواد الشائبة لتمييزها عن ذرة الجرمانيوم او السيلكون.
- تضاف هذه العناصر بعناية و بمعدل مسيطر عليه في حدود جزء واحد لكل 10 مليون الى بلورة الجرمانيوم او السيلكون النقية.

- بما انه هذه المواد المضافة هي خماسية التكافؤ فإن اربع من الكتروناتها الخارجية لذراتها سترتبط باربع الكترونات خارجية لذرات المادة شبه الموصلة النقية. وبذلك فإن الالكترون الخامس سيكون غير مقيد وينتقل حراً خلال البلورة.

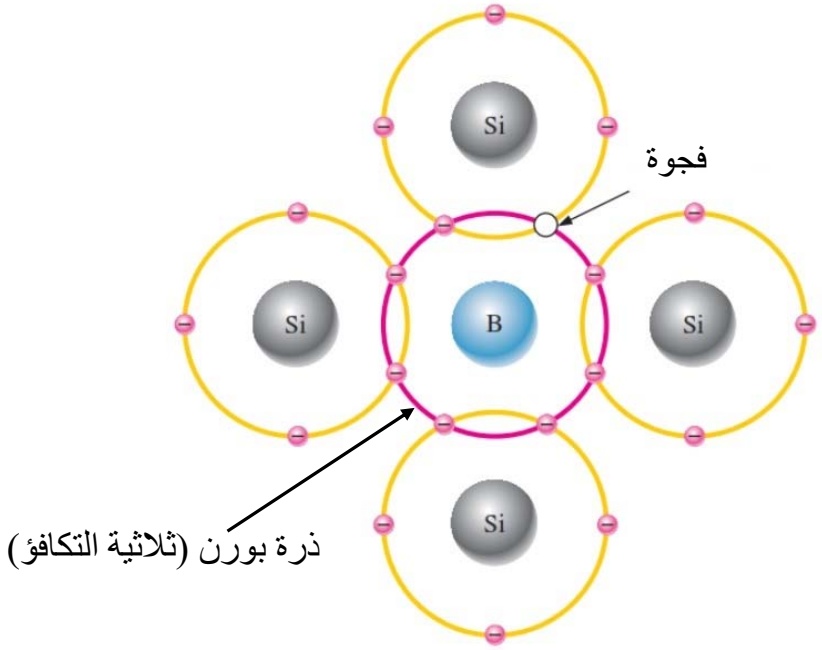
- اضافة **الكترون حر ذو شحنه سالبة** الى البلورة هو السبب في تسمية هذه البلورة بالبلورة السالبة نو **N**, اي **N**egative



البلورة السالبة نوع N-

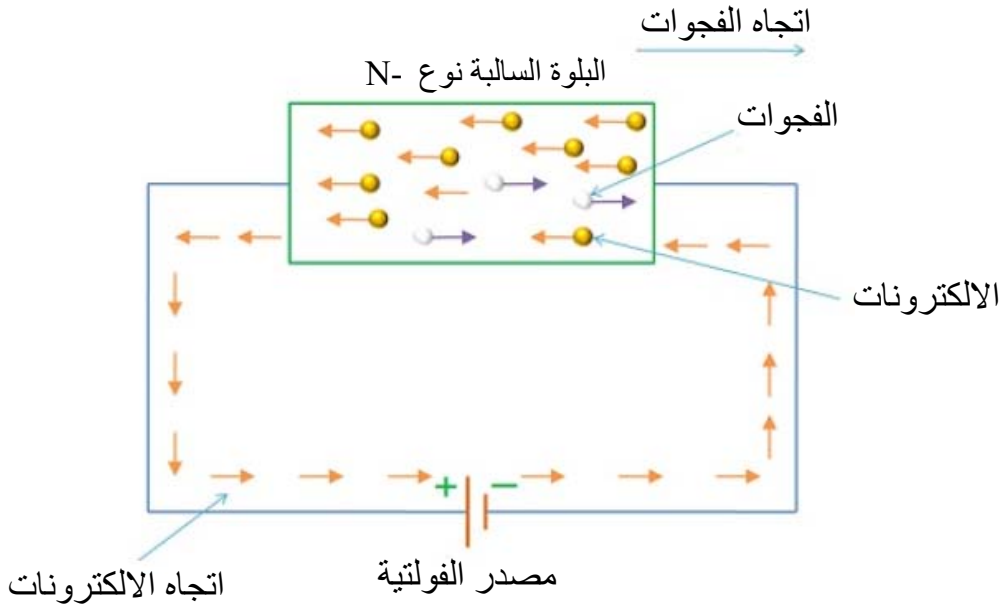
البلورة الموجبة نوع P-

- يتم تشكيل البلورة نوع P من اضافة احد العناصر ثلاثية التكافؤ الى بلورة الجرمانيوم او السيلكون النقية .
- نظرا لعدم وجود الكترون رابع في الخلاف الخارجي لهذه الذرات المضافة فإنها تترك اواصر تساهمية معينة تفتقر الى الكترون واحد. وبذلك تتكون الفجوات في التركيب البلوري.



- في هذه الحالة تعتبر البلورة من النوع الموجب Positive اي تحتوي على فجوات الموجبة الشحنة والمسؤولة عن سريان التيار في البلورة.

المقاومة الإجمالية



- لو أُخذت مادة بلورية نوع N ذات نهايات توصيل معدنية عند طرفيها كما موضح في الشكل, و ربط مصدر فولتيه الى النهايتين المعدنيتين. سنلاحظ إن الالكترون في حزمة التوصيل سوف يتحرك باتجاه النهاية المعدنية ذات الطرف الموجب و منه الى الموصل الخارجي. في نفس الوقت سيدخل الكترون اخر من النهاية السالبة الى المادة. لذا فلا يوجد تغيير في العدد الكلي للألكترونات في البلورة.

- التيار المحصل الذي يسري هو I بالامبيرات والنسبه بينه و بين الجهد المسلط هو قيمة المقاومة الاجمالية للبلورة. $R = \frac{V}{I}$

- قيمة هذه المقاومة هي دالة لكمية التطعيم خلال التصنيع. وبذلك يمكن استخدام التطعيم الخفيف لانتاج مقاومات ذات قيمة عالية والتطعيم المركز لانتاج مقاومات ذات قيمة قليله.

أختبار ما بعد المحاضرة

س1 : ماهو المقصود بعملية التطعيم؟

س2 : ما المقصود بتيار الفجوات و تيار الإلكترونات

س3 : لماذا هنالك بلورة نوع P و اخر نوع N؟

س4 : ما المقصود بالمقاومة الاجمالية؟ و هل من الممكن التحكم بمقاومة اشباه الموصلات عن طريق التطعيم

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة الثالثة

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة الثالثة

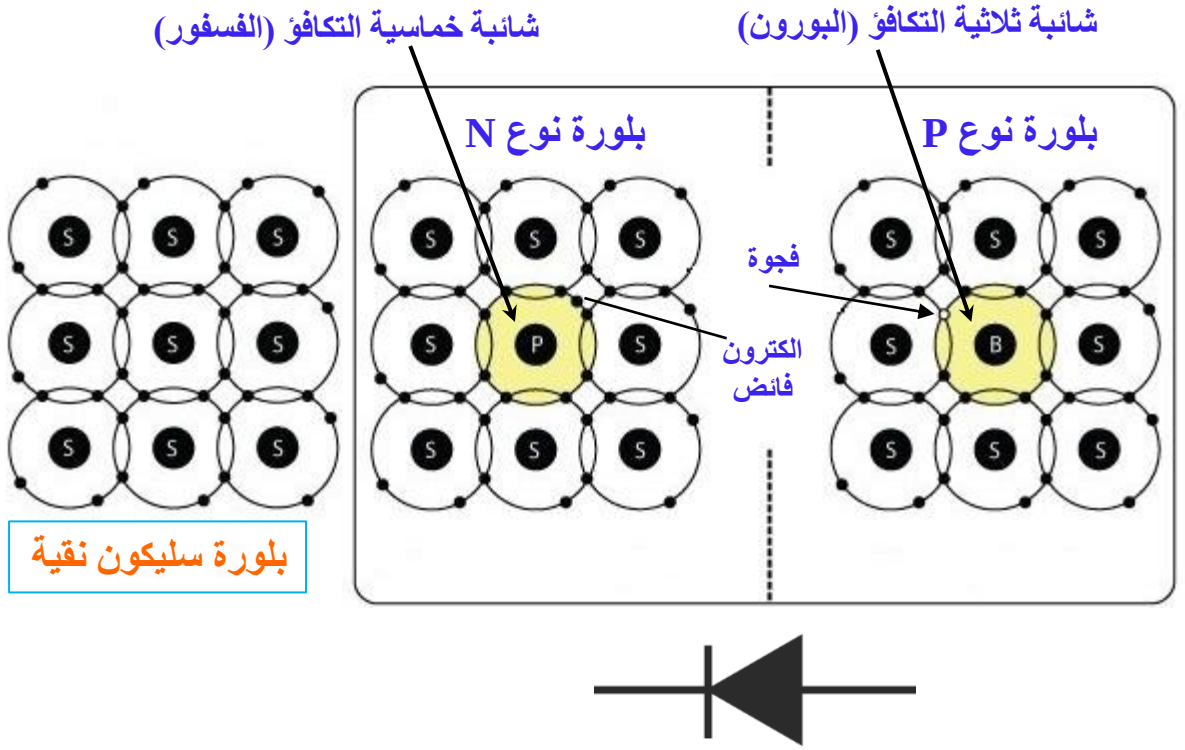
1. ثنائيات اشباه الموصلات
2. تكوين منطقة الإخْلاء و الجهد الحاجز
3. الثنائي المنحاز
   a) الانحياز الامامي
   b) الانحياز العكسي
4. التأثيرات الحرارية على ثنائيات اشباه الموصلات
5. تطبيقات الثنائيات

أسئلة ما قبل المحاضرة

1. ماهو الثنائي و من ماذا يتكون؟
2. ماهي طبقة الاستنزاف ولماذا تتكون في الثنائيات؟
3. ماهو الانحياز الامامي؟
4. ماهو الانحياز العكسي؟
5. هل لدرجة الحرارة تأثير على الثنائيات؟
6. ماهي اهم تطبيقات الثنائيات؟

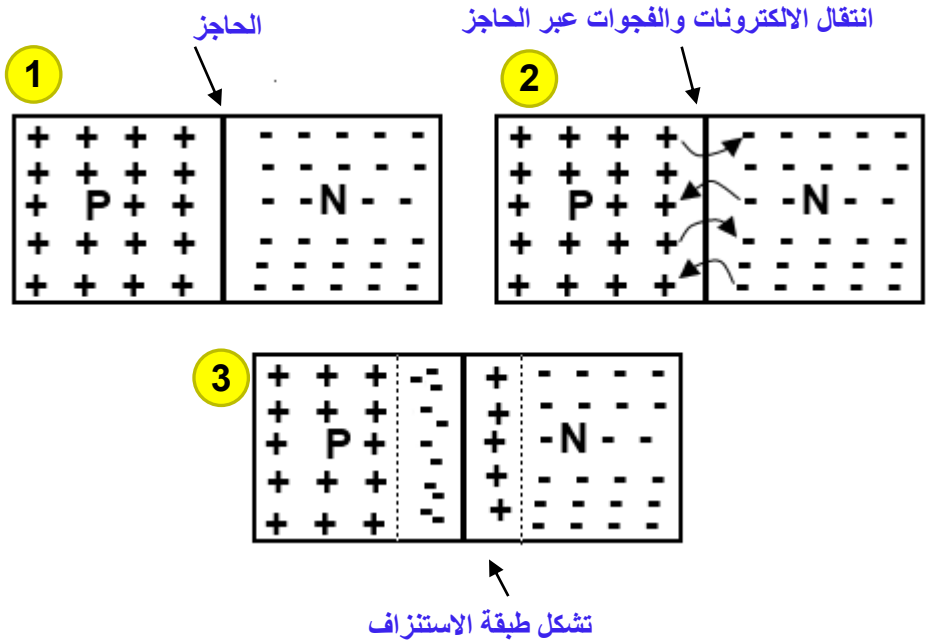
ثنائيات أشباه الموصلات Diode

عند تطعيم نصف قطعة بلورة نقية كبلورة السيلكون أو بلورة الجرمانيوم بشوائب خماسية التكافؤ تجعل منه نوع N و النصف الثاني من القطعة يُطعم بشوائب ثلاثية التكافؤ تجعل منه نوع P فأن المادة المتكونة من القطعتين تسمى (ثنائي الموصل او ال **Diode**)



الثنائي P-N و منطقة الاستنزاف

- كما ذكر سابقاً ان غالبية حاملات التيار في البلورة نوع N هي الالكترونات وغالبية حاملات التيار في البلورة نوع P هي الفجوات. تحتوي التركيب الناتج من التحام البلورتين على وصلة فلزية او حاجز (Barrier). هذه الوصلة تكون بمثابة حاجز مابين البلورتين, كما مبين بالشكل ادناه.



- تعبر الالكترونات القريبة من الحاجز في المادة نوع N الى الجانب الاخر من الحاجز الفاصل لاشغال الفجوات في المادة نوع P.

- عندما ينتقل الكترون عبر الحاجز الفاصل, يترك خلفه ذرة تكون في هذه الحالة فاقدة الكترونا واحداً عن حالتها الطبيعية و بذلك تصبح **ذرة متأينة و ذات شحنة موجبة.**

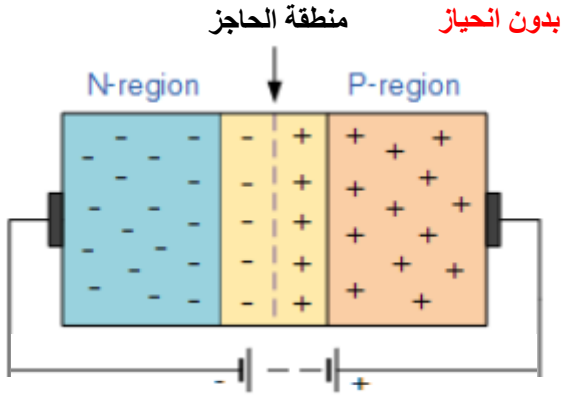
- انتقال الالكترون عبر الحاجز الفاصل داخلاً الى الفجوة الألكترونية يجلب الكترونا إضافيا داخل تلك الذرة و بذلك تصبح **ذرة متأينة و ذات شحنة سالبة**

- انتقال الإلكترونات وتَكَون الذرات المتأينة على طرفي الحاجز يُكَون منطقة تسمى **طبقة الاستنزاف** كما موضحة بالشكل. سميت هذا المنطقة بهذا الاسم لانها لا تحتوي على حاملات تيار حره.

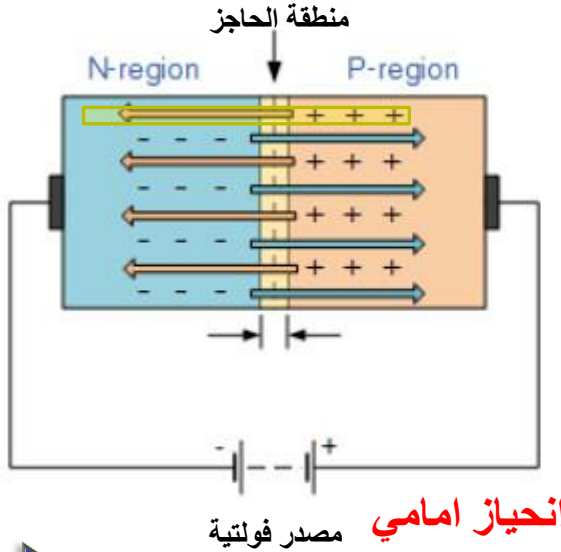
- يجب التأكيد على ان منطقة الإستنزاف تنشأ خلال عملية التصنيع و تعتبر أساسية في الثنائي.

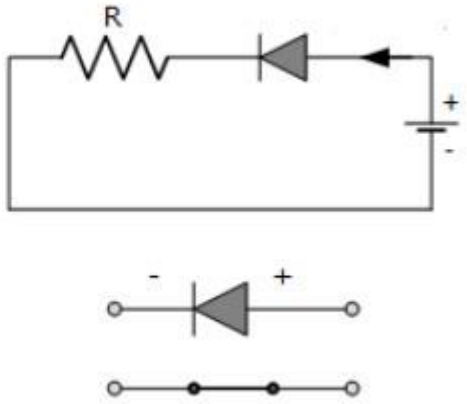
تسجيل

الإنحياز الأمامي (Forward Biased)



- عند توصيل الثنائي الى مصدر فولتية بحيث يوصل الطرف الموجب من المصدر الى الجانب P من الثنائي و يوصل الطرف السالب من المصدر الى الجانب N من الثنائي سينحاز الثنائي انحيازا اماميا.
- عندما يربط الثنائي بهذا الشكل فإن الألكترونات السالبة الشحنة سوف تندفع من الطرف السالب لمصدر الفولتية الى داخل المادة N و تنسحب الألكترونات من المادة P الى الطرف الموجب للمصدر.



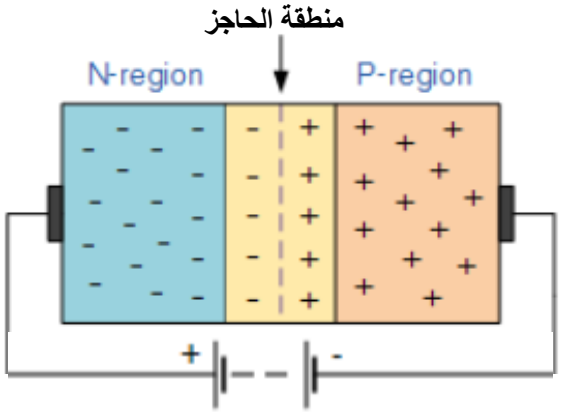


- هذا الانتقال وحركة الالكترونات خلال الدائرة لايمكن ان يتم مالم يكن جهد مصدر الفولتيه اكبر من جهد منطقة الاستنزاف, اي اكبر من 0.7v للسيلكون و 0.3v للجرمانيوم. حينما يزيد جهد المصدر عن تلك القيمة سيقل عرض منطقة الأستنزاف الى المقدار الذي يسمح بمرور الفجوات والالكترونات وبالتالي سريان التيار.

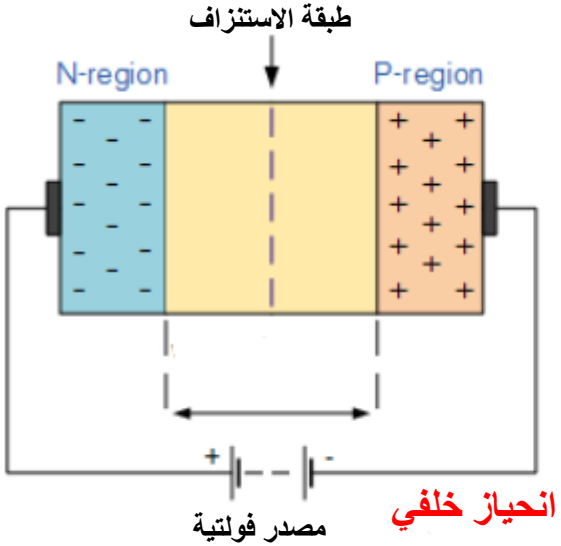
- يضيق عرض منطقة الاستنزاف نتيجة لقلة عدد الايونات الموجبة والسالبة.

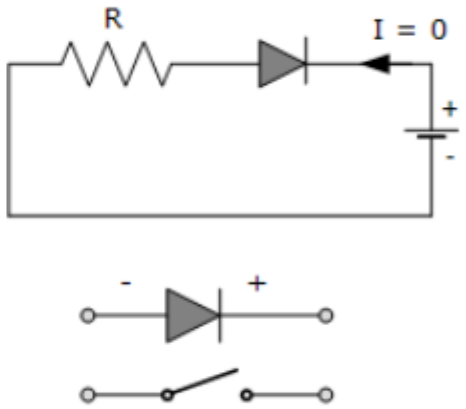
تسجيل

الإنحياز الخلفي (Reverse Biased)



- عند توصيل الثنائي الى مصدر فولتية بحيث يوصل الطرف الموجب من المصدر الى الجانب N من الثنائي و يوصل الطرف السالب من المصدر الى الجانب P من الثنائي سينحاز الثنائي انحيازا خلفيا.
- عندما يربط الثنائي بهذا الشكل فإن الألكترونات السالبة الشحنة سوف تندفع من الطرف السالب لمصدر الفولتية الى داخل المادة P و تنسحب الألكترونات من المادة N الى الطرف الموجب للمصدر.

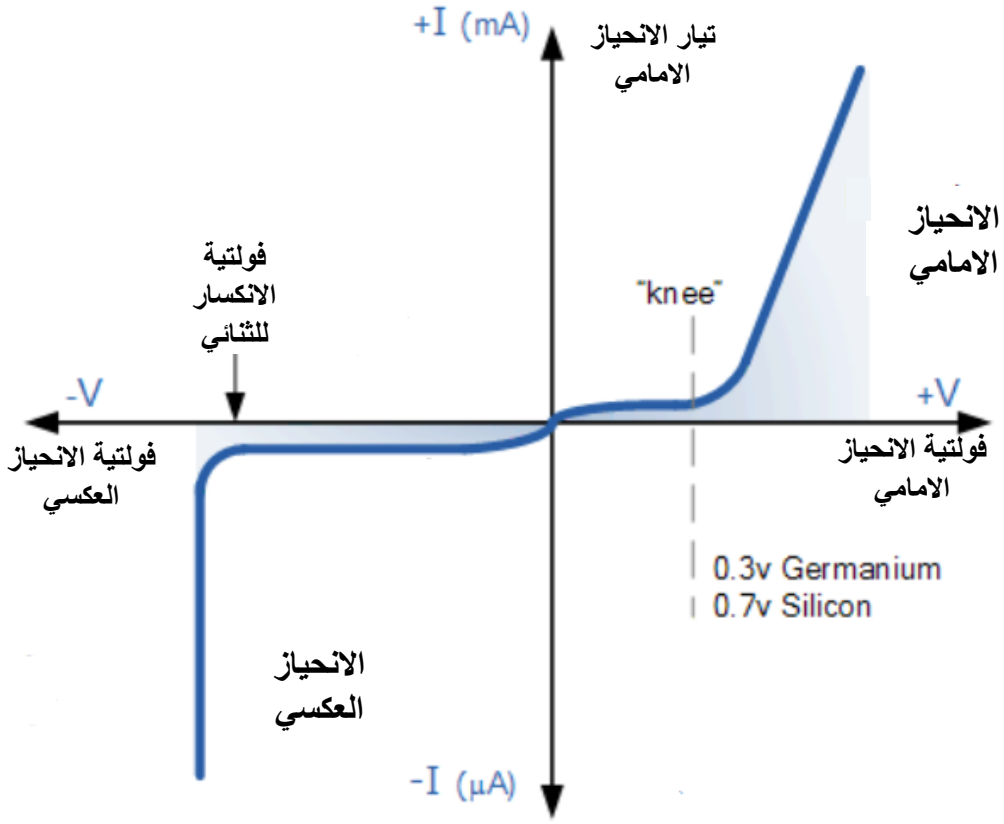




- نتيجة لعملية التنافر فإن الالكترونات تتحرك ابعد ما يمكن عن الطرف السالب والفجوات ابعد ما يمكن عن الطرف الوجب. ستكون هذه الحركة بإتجاه طبقة الاستنزاف مما يؤدي الى اتساعها و بالتالي عدم سريان التيار الكهربائي. بهذه الحالة يكون الثنائي منحاز انحياز عكسي.
- يزداد عرض منطقة الاستنزاف نتيجة لزيادة عدد الايونات الموجبة والسالبة على طرفي الحاجز.

تسجيل

- إن الاستمرار في زيادة مقدار فولتية المصدر سيؤدي الى اتساع منطقة الاستنزاف بشكل كبير كما انه سيؤدي الى كسر الاواصر التساهمية ما بين الذرات و نتيجة لذلك فإن الالكترونات المتحررة من الاواصر المكسورة ستتعجل خلال طبقة الاستنزاف. هذه العملية ينتج عنها سيل من الالكترونات يؤدي الى تيار **يسمى تيار الانهيار** و تدعى الفولتية التي تنتج تيار الانهيار **بفولتية الانكسار للثنائي**.



تأثير درجة الحرارة على عمل الثنائي

- في درجة حرارة الغرفة تكون قيمة الجهد للحاجز هي 0.7v في السيلكون و 0.3v للجيرمانيوم. و كلما زادت درجة الحرارة قلت قيمة الجهد للحاجز.
- ان التغير في قيمة جهد الحاجز لكلا البلورتين السيلكون والجيرمانيوم يؤخذ على النحو التالي:

$$\Delta v = -0.0025 \times \Delta T$$

- حيث يدل Δv على مقدار التغير بفولتية الحاجز مقاسا بالفولت و ΔT يدل على التغير بدرجة الحرارة و الاشارة السالبة تدل على ان الجهد يقل بزيادة درجة الحرارة.
- تعتبر ظاهرة اعتماد جهد الحاجز على الحرارة من المساوئ الموجودة في الثنائيات شبه الموصله ولكن في بعض الاحيان تستغل بعض اجهزة درجة الحرارة و تنظيمها.

تطبيقات الثنائي شبه الموصل

- بشكل عام يعمل الثنائي على توحيد اتجاه التيار حيث يسمح بمرور التيار باتجاه و لايسمح له بالمرور بالاتجاه الاخر وبذلك استخدم الثنائي كمحول لموجة التيار المتناوب الى تيار مستمر.
- من الممكن استخدام الثنائي كمتحسس لدرجة الحرارة.
- من الممكن استخدام الثنائي كمُعدل للفولتية و بالتالي حماية الاجهزة الكهربائية من التغيرات المفاجئة بالفولتية.

أسئلة ما بعد المحاضرة

1. ماهو الثنائي و من ماذا يتكون؟
2. ماهي طبقة الاستنزاف ولماذا تتكون في الثنائيات؟
3. ماهو الانحياز الامامي؟
4. ماهو الانحياز العكسي؟
5. هل لدرجة الحرارة تأثير على الثنائيات؟
6. ماهي اهم تطبيقات الثنائيات؟

رقم الحالة	جهد الحاجز	درجة الحرارة الاولى جهد 0.7 v الحاجز	درجة لحرارة الثانية	مقدار التغير بفولتية جهد الحاجز
الحالة الاولى	0.7	25	45	؟
الحالة الثانية	0.7	25	65	؟
الحالة الثالثة	0.7	25	85	؟
الحالة الرابعة	0.7	25	125	؟

- علياء حسين
- صفا علي شاكر
- شهلاء جاسم
- حسين طالب عباس
- حيدر فاضل
- سيف محمد

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة الرابعة

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة الرابعة

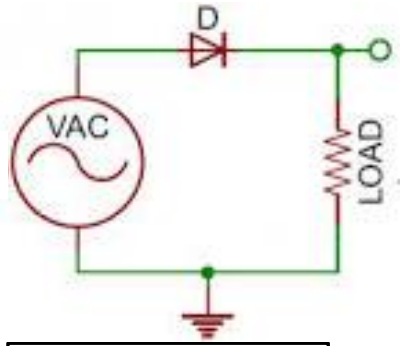
1. الثنائي كموحد للتيار
2. موحد نصف موجة
3. حساب قيمة V_{RMS} و قيمة V_P
4. تردد الأخراج Output Frequency
5. المحولة
6. فولتية الذروة العكسية
7. امثلة محلولة

أسئلة ما قبل المحاضرة

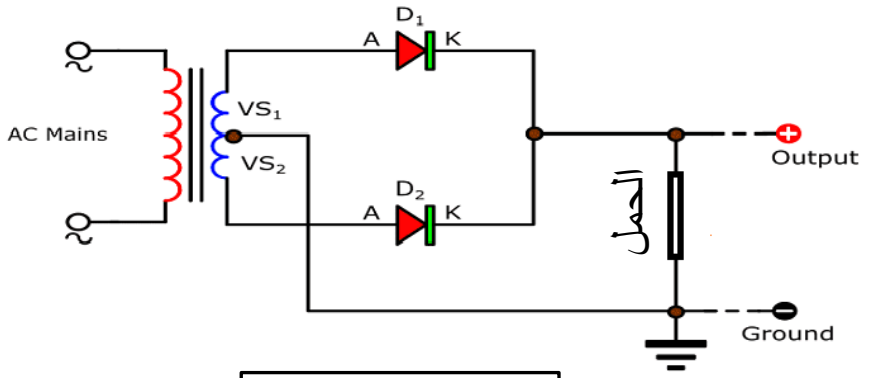
1. كيف يعمل الثنائي كموحد للتيار؟
2. ما المقصود بفولتية الذروة العكسية؟
3. ما الغرض من وجود المحولة عند ادخال معظم الاجهزة الالكترونية؟
4. ماهو تردد الأخراج في دائرة موحد نصف موجة؟

الثنائي كموحد للتيار

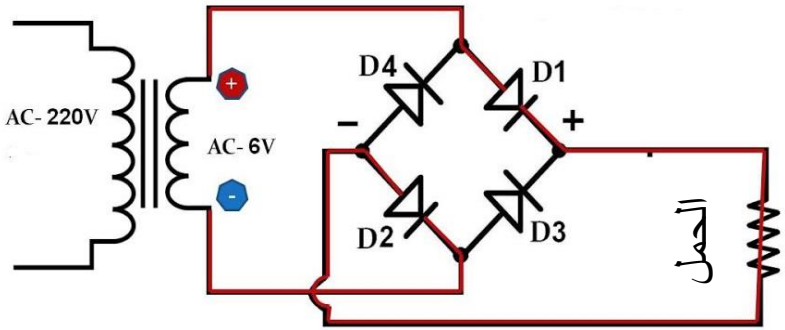
يستخدم الثنائي كموحد للتيار حين يحول طاقة المصدر المتناوب AC الى طاقة مستمرة تستخدم لتشغيل الدوائر الألكترونية. هنالك عدة انواع لربط الثنائي ما تجعله موحد نصف موجة و موحد لموجة كاملة و الموحد القنطري. معظم هذه الدوائر تعتمد على مرشح سعوي لتنعيم شكل الموجة المعدلة



موحد نصف موجة



موحد موجة كاملة

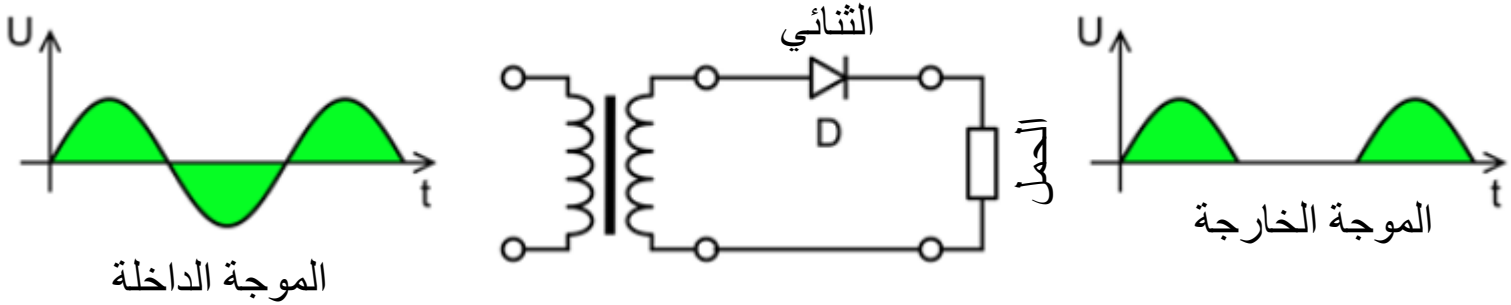


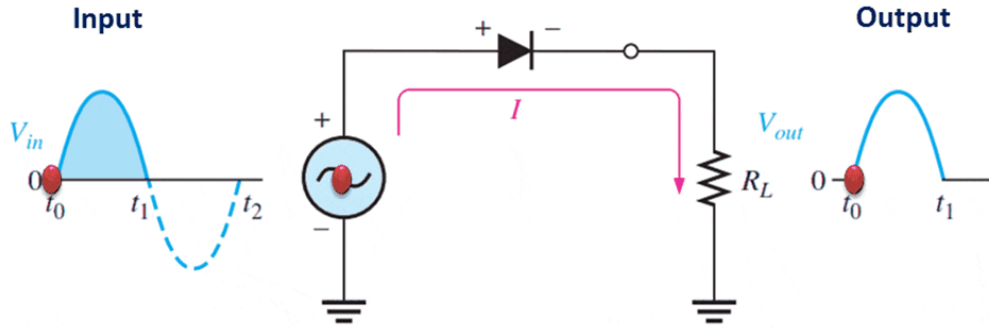
موحد موجة كاملة ـ القنطري

موحد نصف موجة The Half-Wave Rectifier

- عند ربط ثنائي و مقاومة (الحمل) على التوالي الى مصدر قدرة متناوبة فأن الدائرة تسمى موحد نصف موجة.

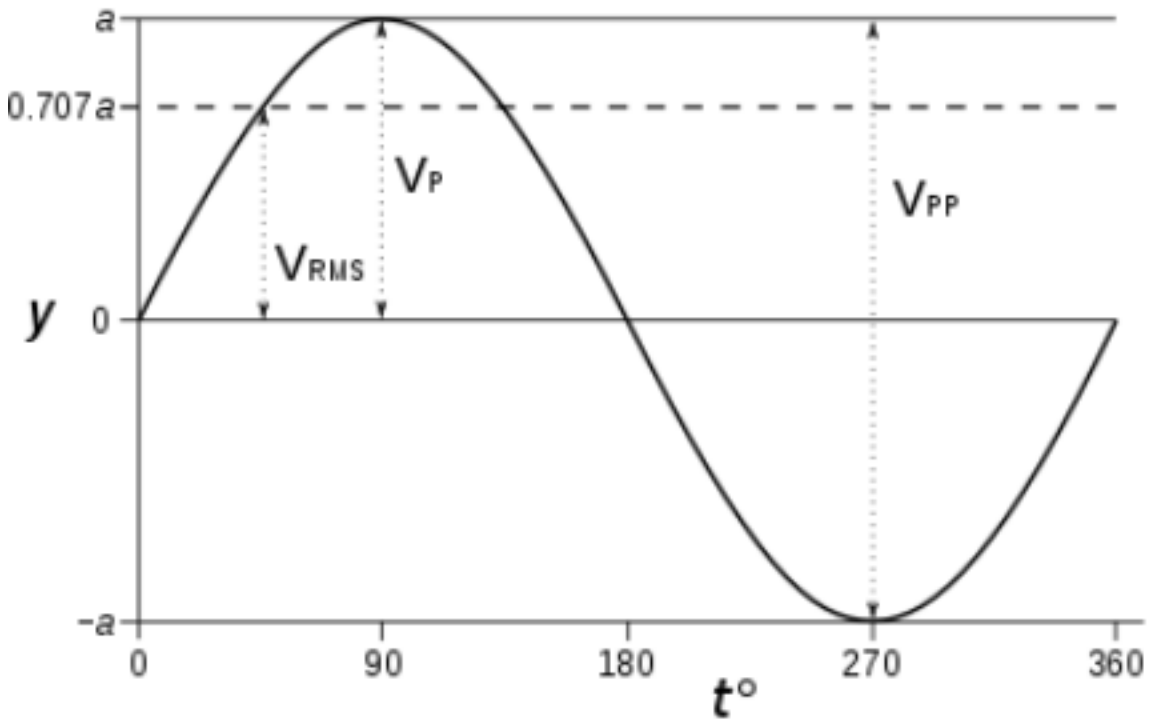
- اذا وصل الثنائي على التوالي مع حمل كما في الشكل فإنة يكون بمثابة مفتاح مغلق ومن ثم سيمرر التيار وذلك في نصف الموجة الموجبة للجهد فقط أي عندما يكون الجهد المسلط على الثنائي في الاتجاه الأمامي أما في نصف الموجة السالب فان الثنائي سوف لا يمرر التيار لأن الجهد المسلط علية يكون في اتجاه الانحياز العكسي.





حساب قيمة V_{RMS} و قيمة V_P

V_{RMS} **(جذر متوسط التربيع)** هو قيمة التيار المستمر الذى بمروره بمقاومة معينه يحدث نفس الأثرالحرارى للتيارالمتردد الذى يمربنفس المقاومة ونفس الزمن وتسمى ايضاالقيمة الفاعلة Active Value



$$V_{RMS} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707\ V_p$$

V_p: فولتية الذروة

القيمة المستمرة للفولتية و التيار

$$V_{dc} = \frac{V_p}{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$$

$$\pi = 3.14$$

حساب تردد الأخراج

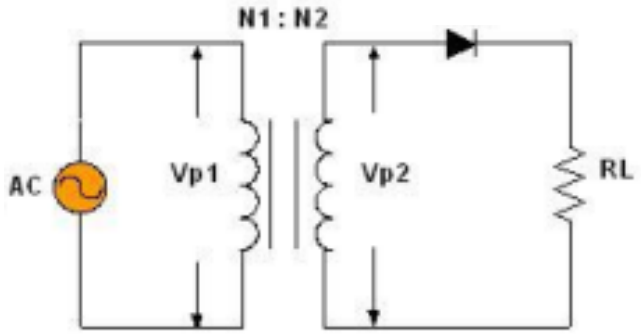
إن الفترة الزمنية لإشارة الإخراج هي نفس الفترة الزمنية لإشارة الإدخال في موحد نصف الموجة. فكل موجة واحدة في الأدخال تنتج موجة واحدة في الإخراج. ولذلك فإن تردد الإخراج يساوي تردد الأدخال.

$$F_{in} = F_{out}$$

المحولة

يمكن استخدام المحولة Transformer في الأجهزة الألكترونية لغرض رفع او خفض قيمة الفولتية المسلطة على الأجهزة. حيث إن V_{p1} و V_{p2} تمثل قيمة الفولتية على طرفي المحولة الأبتدائي والثانوي بينما N_1 و N_2 تمثل عدد لفات المحولة الأبتدائي والثانوي.

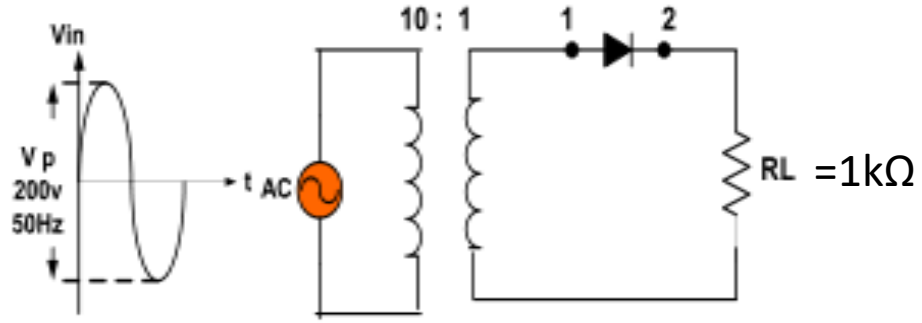
$$\frac{V_{P1}}{V_{p2}} = \frac{N_1}{N_2}$$



فولتية الذروة العكسية
Peak Inverse Voltage (PIV)

تعرف الفولتية العظمى عبر الثنائي في الأتجاه العكسي بفولتية الذروة العكسية.

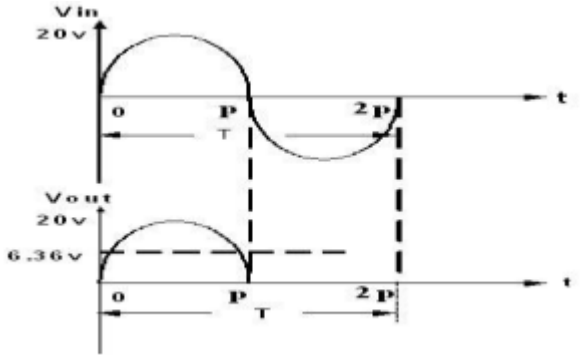
$$PIV = V_{P2}$$



مثال1: في دائرة موحد نصف الموجة المبين في الشكل. احسب

1. احسب فولتية الذروة في النقطة 1
2. ارسم شكل الموجة عند النقطتين 1 و 2
3. احسب قيمة الفولتية المستمرة V_{dc} و التيار المستمر I_{dc} على مقاومة الحمل R_L
4. احسب فولتية الذروة العكسية و تردد الأخراج

$$\frac{V_{P1}}{V_{p2}} = \frac{N_1}{N_2}$$



$$V_{P1} = 200v$$

$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = \frac{V_{P1} * N_2}{N_1} \Rightarrow V_{P2} = \frac{200*1}{10} = 20v$$

$$V_{DC} = \frac{V_{P2}}{\pi} = \frac{20}{3.14} = 6.369v$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{6.369}{1*10^3} = 0.006369A \Rightarrow I_{DC} = 6.369mA$$

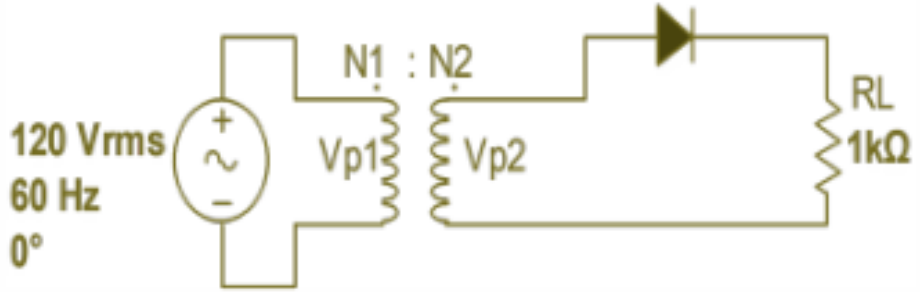
$$P.I.V = V_{P2} = 20v$$

$$f_{out} = f_{in} = 50HZ$$

مثال2: في دائرة موحد نصف الموجة المبين في الشكل علما ان نسبة N1:N2=4:1.

احسب

1. احسب قيمة الفولتية المستمرة V_{dc} و التيار المستمر I_{dc} على مقاومة الحمل R_L
2. احسب فولتية الذروة العكسية و تردد الأخراج
3. ارسم شكل الموجة الداخلة و الخارجة



$$V_{P1} = \sqrt{2} * V_{rms} = \sqrt{2} * 120v = 170v$$

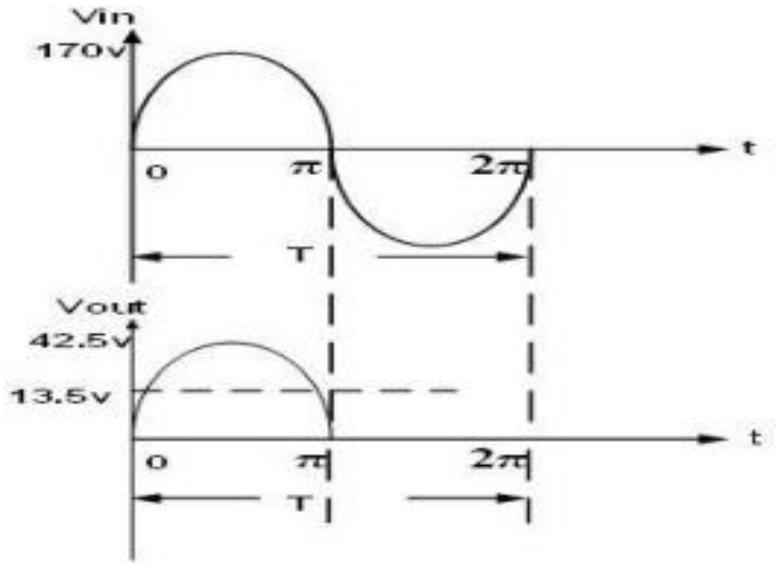
$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = \frac{N_2}{N1} * V_{P1} \Rightarrow V_{P2} = \frac{1}{4} * 170v = 42.5v$$

$$V_{DC} = \frac{V_{P2}}{\pi} = \frac{42.5}{3.14} = 13.5v$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{13.5}{1 * 10^3} = 13.5mA$$

$$PIV = V_{P2} = 42.5v$$

$$f_{out} = f_{in} = 60Hz$$



أسئلة ما بعد المحاضرة

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

1- عملية التوحيد يقصد بها تحويل فولتية التيار ---------- الى فولتية التيار----------

2- دائرة موحد نصف الموجه تستخدم ثنائي مقوم عدد ----------

3- يتصل طرف الانود للثنائي بمصدر ---------- المراد توحيده ويتصل طرف الكاثود بـ ----------

4- عند النصف الموجب لموجة الدخل يكون الثنائي منحاز ---------- بينما يكون الثنائي منحاز ---------- عند النصف السالب لموجة الدخل

5- في موحد نصف الموجة كل ذبذبة في ---------- تنتج ذبذبة واحدة في الإخراج ولذلك يكون تردد الإخراج ---------- لتردد الإدخال

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة الخامسة

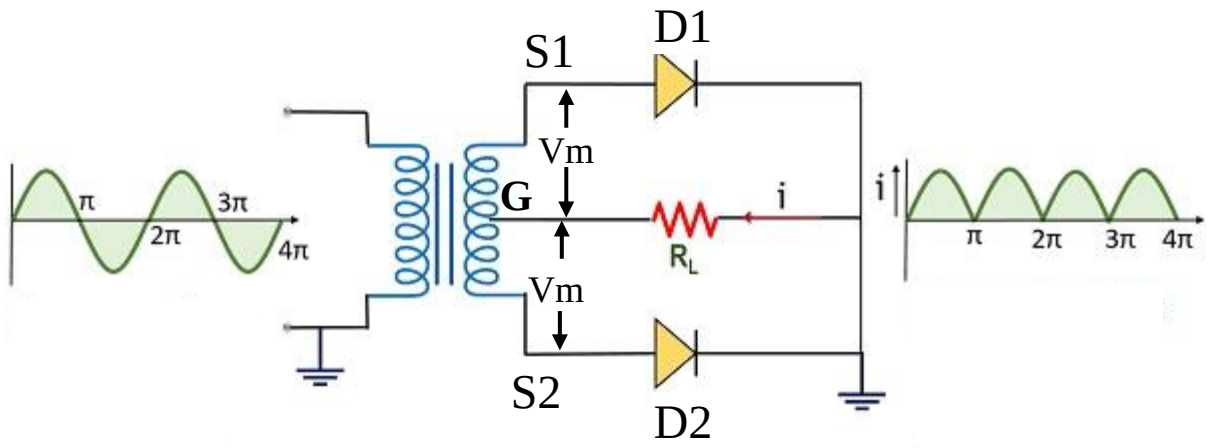
قسم التقنيات الكهربائية \ قوى

د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة الرابعة

- موحد الموجة الكاملة ذو المحولة ذات المآخذ الوسطى
- موحد الموجة الكاملة القنطري

موحد الموجة الكاملة ذو المحولة ذات المأخذ الوسطى
Full-Wave centre-Tapped Rectifier



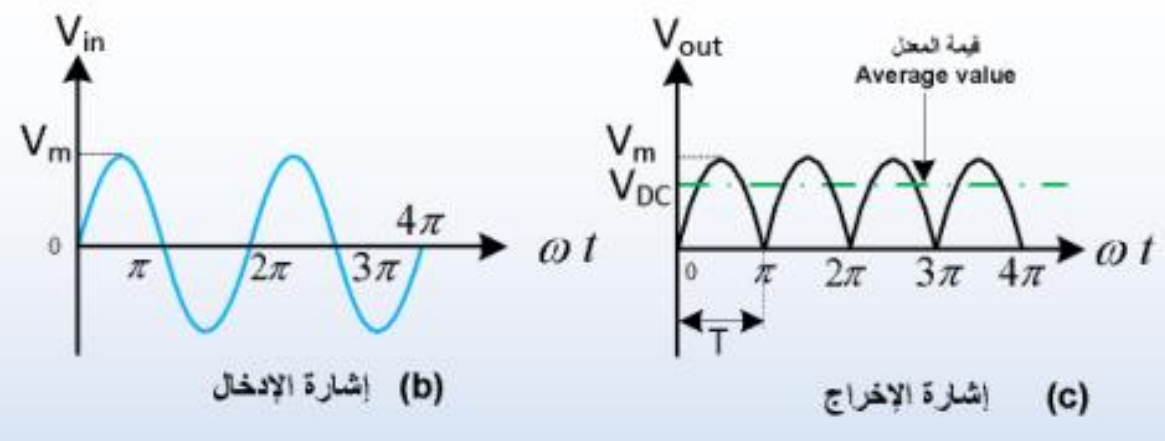
- في دائرة موحد الموجة الكاملة المبينة في الشكل الملف الثانوي للمحولة له مأخذ وسطي **G** يمثل نقطة المُرجع المُشترك لدائرة الموحد. تقاس فولتية الملف الثانوي من **b** الى **S2** و من **G** الى **S1** و ليست من **S2** الى **S1**. كما ان الفولتية من **S1** الى **S2** هي مقدار جمع الفولتيتن اي Vm +Vm

- خلال نصف الذبذبة الموجب لفولتية الملف الثانوي **يكون الثنائي العلوي D1 منحاز اماميا** ويكون الثنائي السفلي منحاز عكسيا لذلك يمر تيار في النصف العلوي D1 ومقاومة الحمل R_L .

- خلال نصف الذبذبة السالبة لفولتية الملف الثانوي يكون الثنائي العلوي D1 منحاز عكسيا ويكون **الثنائي السفلي D2 منحاز اماميا** لذلك يمر تيار في النصف السفلي D2 ومقاومة الحمل R_L .

تسجيل

- إن قيمة الفولتية المعدلة او المستمرة لاشارة الموجة الكاملة هي $V_{DC} = \frac{2 \times V_m}{\pi}$ حسب الأشتقاق المبين ادناه



$$V_{DC}=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_o \, d_\theta \longrightarrow V_{DC}=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} V_m \times \sin\theta \, d_\theta$$

$$V_{DC}=\frac{V_m}{\pi}\,[-\cos\theta]_0^{\pi} \longrightarrow V_{DC}=\frac{V_m}{\pi}\,\{-(\cos\pi-\cos 0)\}$$

$$V_{DC}=\frac{V_m}{\pi}\,\{-(-1-1)\} \longrightarrow V_{DC}=\frac{V_m}{\pi}\,\{2\} = V_{DC}=\frac{2 \times V_m}{\pi}$$

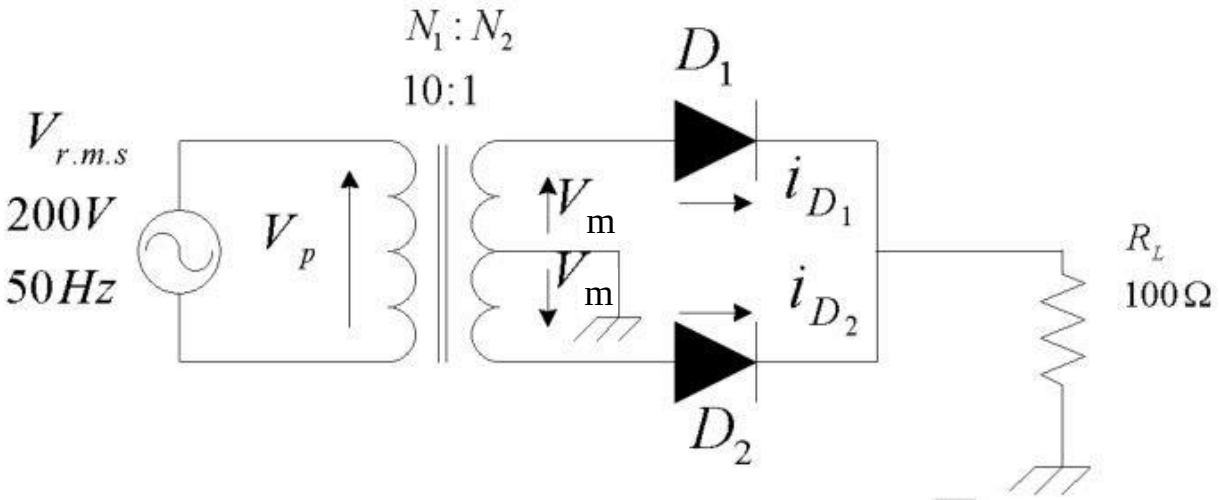
- تكون فترة إشارة الإخراج نصف فترة اشارة الأدخال اي بمعنى ان تردد اشارة الأخراج هو ضعف تردد اشارة الأدخال.

$$f_{out} = 2f_{in}$$

- فولتية الذروة العكسية PIV

PIV= 2Vm

- موحد بمأخذ وسطي يتغذى من مصدر فولتية جيبية مقدارها 200v و ترددها 50Hz عن طريق محولة نسبة لف الملف الاولى الى الثانوي 10:1 ربط مع حمل مقداره 100Ω. أرسم الدائرة الكهربائية ثم اوجد :
- 1. فولتية وتيار الحمل المستمر
- 2. التيار الذي يمر في الثنائي الأول D1
- 3. تردد اشارة الأخراج



$$V_{r.m.s} = \frac{V_P}{\sqrt{2}}$$

$$V_P = V_{r.m.s} * \sqrt{2} = 200 * \sqrt{2} = 282.8v$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_P}{V_{in}} \Rightarrow V_{in} = \frac{V_P * N_2}{N_1} = \frac{282.8 * 1}{10} = 28.2v$$

$$V_m = \frac{V_{in}}{2} = 14.14v$$ الفولتية على نصف الملف الثانوي

$$V_{D.C} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 * 14.14}{3.14} = 9v$$

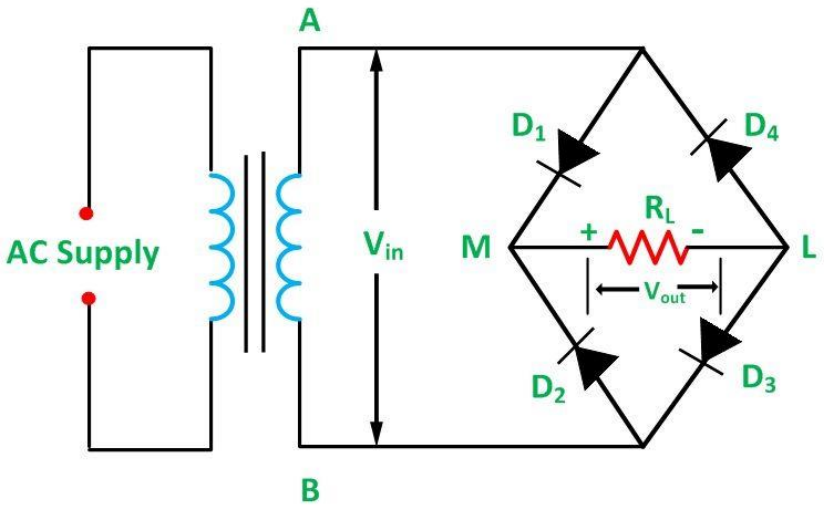
$$I_{D.C} = \frac{V_{D.C}}{R_L} = \frac{9}{100} = 0.09A = 90mA$$

$$I_{D1} = \frac{I_{D.C}}{2} = \frac{90}{2} = 45mA$$

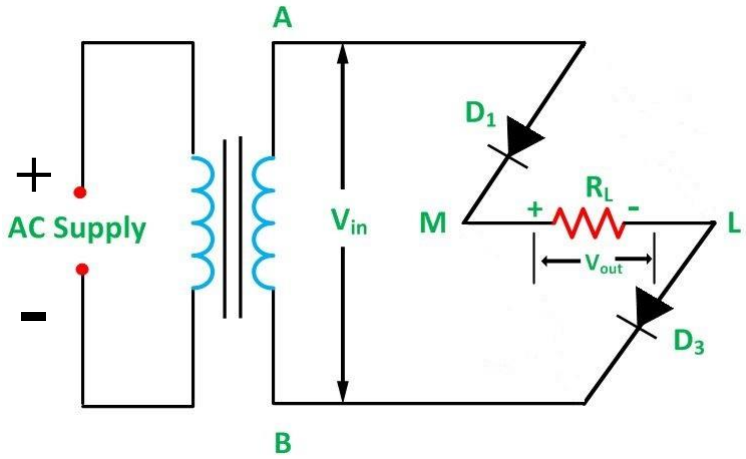
$$f_{out} = 2f_{in} = 2 * 50 = 100Hz$$

$$PIV = 2V_m = 2 * 14.14 = 28.28v$$

موحد الموجة الكاملة القنطري
Full-Wave Bridge Rectifier



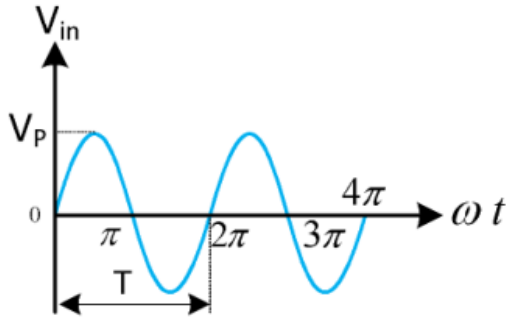
- في حال لا يوجد مأخذ وسطي للمحولات فيكون الحل هو استخدام دائرة موحد الموجة الكاملة القنطري.

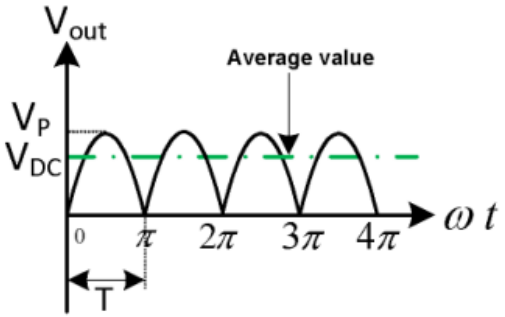


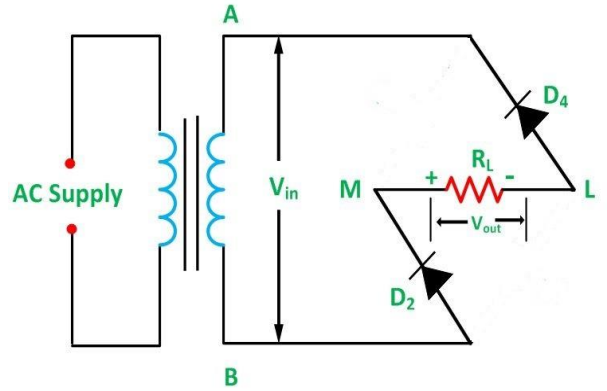
- في النصف الموجب لموجة الأدخال Vin فأن D1 وD3 في حالة انحياز امامي. D2 و D4 يكونان في حالة انحياز عكسي. لذلك يمر تيار في الدائرة عبر D1 و D3 و مقاومة الحمل R_L وهذا ينتج نصف موجة موجبة لموجة الأخراج Vout

a

تسجيل







b

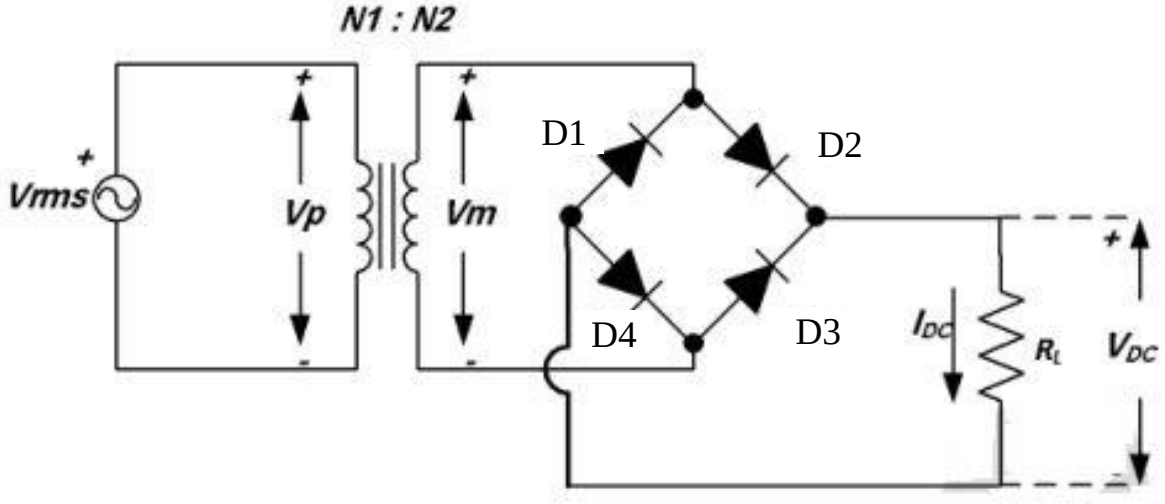
- اما في النصف السالب لموجة الأدخال Vin فأن D2 وD4 في حالة انحياز امامي. D1 و D3 يكونان في حالة انحياز عكسي. لذلك يمر تيار في الدائرة عبر D2 و D4 و مقاومة الحمل R_L وهذا ينتج نصف موجة موجبة لموجة الأخراج Vout

- إن قيمة الفولتية المعدلة او المستمرة لاشارة الموجة الكاملة هي $V_{DC} = \frac{2 \times V_{in}}{\pi}$

- تكون فترة إشارة الإخراج نصف فترة اشارة الأدخال اي بمعنى ان تردد اشارة الأخراج هو ضعف تردد اشارة الأدخال.
- فولتية الذروة العكسية PIV

PIV= Vm

مثال 1: في دائرة الموحد القنطري, اذا كانت الفولتية العظمى على الملف الثانوي للمحولة هو 68v اوجد الفولتية المستمرة في مقاومة الحمل 100Ω و كذلك التيار المستمر



القيمة العظمى لفولتية الحمل $V_{in} = 68v$

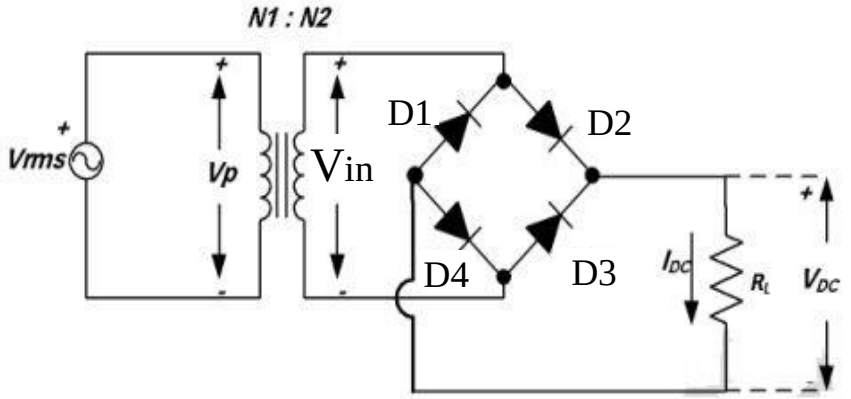
القيمة المستمرة لفولتية الحمل $V_{DC} = \frac{2\,V_{in}}{\pi} = \frac{2 \times 68}{\pi} = 43.3\ v$

تيار الحمل المستمر $I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{43.3}{100} = 0.433\ A$

تيار كل ثنائي $I_{D1} = I_{D2} = I_{D3} = I_{D4} = \frac{I_{DC}}{2}$

مثال 2: في دائرة الموحد القنطري, اذا كانت فولتية المصدر 210V/50Hz و نسبة تحويل المحولة N1:N2=3:1 و مقاومة الحمل هي 100Ω.

- ارسم الدائرة ثم جد التيار المستمر في كل ثنائي.
- اوجد القدرة الفعالة المستهلكة في الحمل.
- ارسم شكل فولتية الأخراج مبينا عليها القيمة و الزمن.



$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

$$V_p = V_{rms} \times \sqrt{2} = 210 \times \sqrt{2} = 296.98v$$

$$V_{in} = \frac{V_p \times N_2}{N_1} = \frac{296.98 \times 1}{3} = 98.99v$$

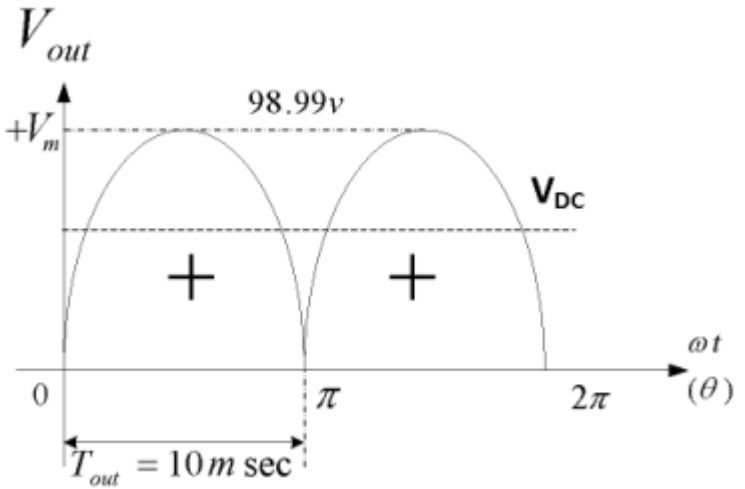
$$V_{DC} = \frac{2\,V_{in}}{\pi} = \frac{2 \times 98.99}{\pi} = 63\ v$$ القيمة المستمرة لفولتية الحمل

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{63}{100} = 0.63\ A$$ تيار الحمل المستمر

$$I_{D1} = I_{D2} = I_{D3} = I_{D4} = \frac{I_{DC}}{2} = \frac{0.63}{2} = 0.315A$$

$$V_{rms\,(out)} = \frac{V_{in}}{\sqrt{2}} = \frac{98.99}{\sqrt{2}} = 70v$$

$$P_{L,rms} = \frac{V_{rms\,(out)}^{\,2}}{R_l} = \frac{70^2}{100} = 49W$$



$$T_{out} = \frac{1}{f_{out}} = \frac{1}{2 * f_{in}} = \frac{1}{2 * 50} = \frac{1}{100} = 10ms$$

أسئلة \ واجب

1. ما هو الفرق بين دائرة موحد الموجة الكاملة و موحد نصف الموجة من حيث التركيب؟
2. ماذا يحصل اذا تم فصل الثنائي D1 في دائرة موحد الموجة الكاملة و ماهو تأثيره على اشتغال الدائرة؟
3. ماذا يحصل اذا تم قصر الثنائي D1 في دائرة موحد الموجة الكاملة و ماهو تأثيره على اشتغال الدائرة؟
4. ماذا يحصل اذا ربط D1 في دائرة موحد الموجة الكاملة بأتجاه عكسي و ما هو تأثيره على اشتغال الدائرة؟
5. محولة ذو فولتية ملف ابتدائي 117v وفولتية الملف الثانوي (275v-0-275v) يجهز حملا مقداره 10kΩ عن طريق دائرة موحد موجة كاملة.ارسم الدائرة و اوجد فولتية الحمل و تيار الحمل.

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة السادسة

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة السادسة

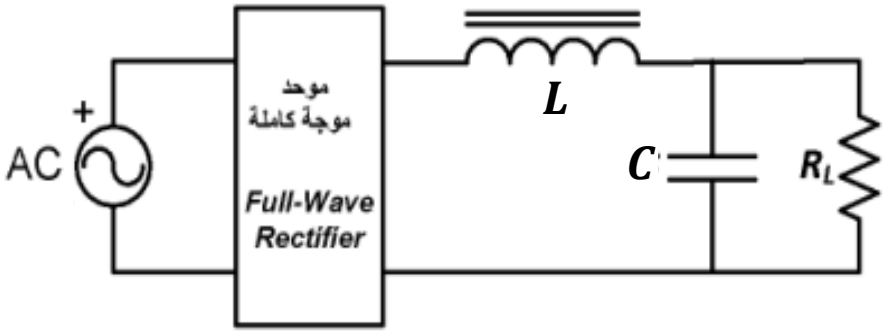
- المرشحات
- مرشح الأدخال الخانق
- الأخراج المستمر
- تموج الأخراج
- عامل التموج
- المحاثة الحرجة
- مرشح الادخال السعوي

المرشحات

- استخدام الفولتية المستمرة النبضية مقتصر على القليل من التطبيقات مثل شحن البطاريات و تحريك المحركات المستمرة.
- للحصول على فولتية مستمرة ثابتة القيمة يجب استخدام المرشحات.

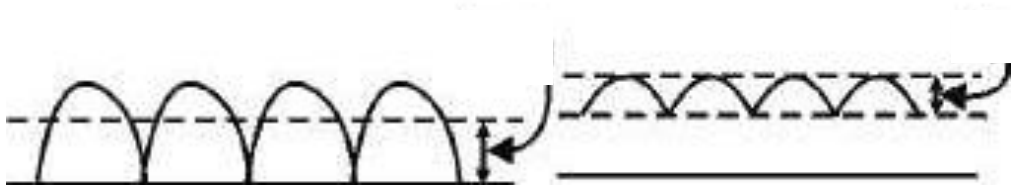
- **المرشحات:** هي دوائر إلكترونية مكونة من عناصر فعالة أو غير فعالة ولها خواص ترددية انتقائية؛ أي إنها مصممة من أجل تمرير الإشارات الكهربائية المتناوبة المترددة الواقعة في إحدى المجالات الترددية أو نقلها وفي الوقت نفسه تضعيف الإشارات ذات المجالات الترددية الأخرى أو منعها. فعلى سبيل المثال، إذا كانت هناك إشارة مفيدة بتردد f_1 مترافقة مع إشارة أخرى غير مرغوب بها بتردد f_2، فعند مرورها في المرشح تتم إزالة الإشارة ذات التردد f_2 ويسمح للإشارة ذات التردد f_1 بالمرور.
-

مرشح الادخال الخانق
Chock-input Filter



- الموجة الخارجة من الموحد لها مركبتان احدهما مركبة مستمرة (مرغوب بها) و اخرى مركبة متناوبة غير مرغوب فيها. يسمح الملف بمرور المركبة المستمرة و يقوم بحجز المركبة المتناوبة.

- يسمح الملف بمرور المركبة المستمرة لان $X_L = 0$ بالنسبة للتيار المستمر اما المركبة المتناوبة فإن الملف يمنعها من الخروج لان قيمة X_L تكون كبيرة جدا بالنسبة للتيار المتناوب.



- المتسعة تعمل عمل دائرة مفتوحة بالنسبة للمركبة المستمرة والتي يكون ترددها اقرب الى الصفر, لذلك فإن كل التيار المستمر يمر خلال المقاومة R_L

- تقوم المتسعة ايضا بتمرير اي مركبة متناوبة استطاعة المرور خلال الملف لان X_C تكون قليلة بالنسبة للتيار المتناوب وبذلك لا تمر المركبة المتناوبة خلال المقاومة او الحمل

$$X_L = 2\pi FL \qquad X_C = \frac{1}{2\pi FC}$$

frequency — قيمة المحاثة — قيمة المتسعة

- تحسب المركبة المستمرة بالمعادلة التالية :

مقاومة الحمل

$$V_{DC} = \frac{R_L}{R + R_L} \times V'_{DC}$$

$$X_L = 2\pi FL$$

- حيث ان V_{DC} هي الفولتية على الحمل و V'_{DC} هي الفولتية المستمرة الخارجة من موحد الموجة الكاملة .

R_L مقاومة الحمل

R مقاومة الملف المستمرة

- ان مقاومة الحمل و مقاومة الملف يشكلان مقسم فولتية عند تردد مقداره صفر حيث تكون R اصغر بكثير من R_L و لذلك فإن معظم الفولتية المستمرة تصل الى الحمل

تموج الاخراج:

- ان المركبة الموجودة فوق المركبة المستمرة و الغير مرغوب فيها تدعى التموج Ripple. ان هذا التموج يكون صغير لان ممانعة الملف X_L اكبر بكثير من ممانعة المتسعة X_C كما ان X_C اصغر بكثير من مقاومة الحمل R_L

- فولتية تموج الاخراج:

ممانعة المتسعة

$$V_r = \frac{X_C}{X_L} \times V_P = 5.28 \times 10^{-7} \times \frac{V_p}{L \times C}$$

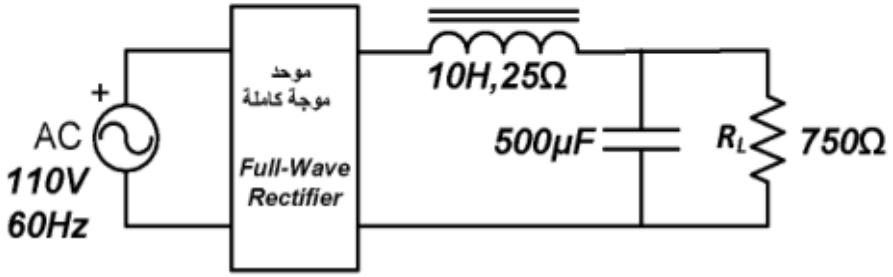
ممانعة الملف

عامل التموج:

يستخدم عامل التموج للمقارنة بين اجهزة القدرة فكلما كان عامل التموج اصغر كان الجهاز افضل

$$r = \frac{V_r}{V_{DC}} \times 100\%$$

مثال : في الدائرة التالية ، احسب عامل التموج المئوي إذا كانت قيمة الفولتية العظمى الخارجة من الموحد هي 25.7v .



$$V_r = 5.28*10^{-7}\frac{V_P}{LC}$$

$$\Rightarrow V_r = 5.28*10^{-7}\frac{25.7}{10*500*10^{-6}}$$

$$\Rightarrow V_r = 0.00271volt = 2.71*10^{-3}volt$$

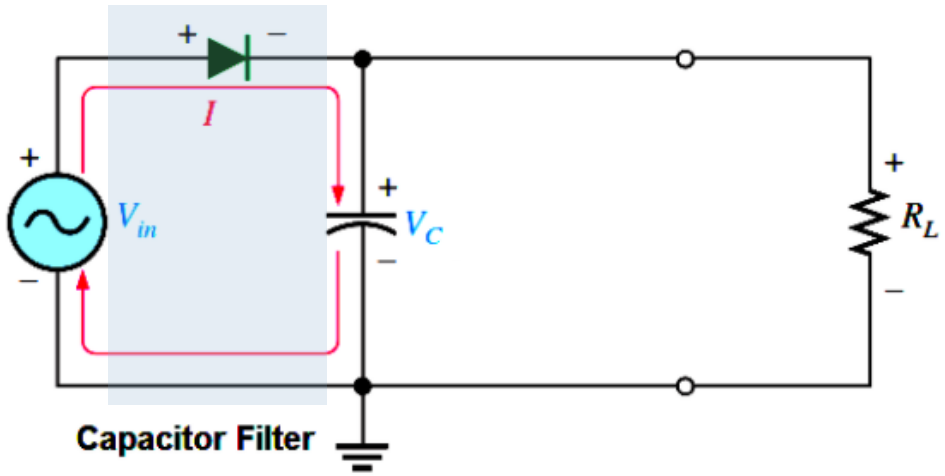
$$V'_{D.C} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2*25.7}{3.14} = 16.4v$$

$$V_{D.C} = \frac{R_L}{R_L+R}V'_{D.C} = \frac{750}{750+25}*16.4 = 15.9volt$$

$$\%r = \frac{V_r}{V_{D.C}}*100 = \frac{2.71*10^{-3}}{15.9}*100 = 0.017\%$$

مرشح الادخال السعوي
Capacitor-Input filter

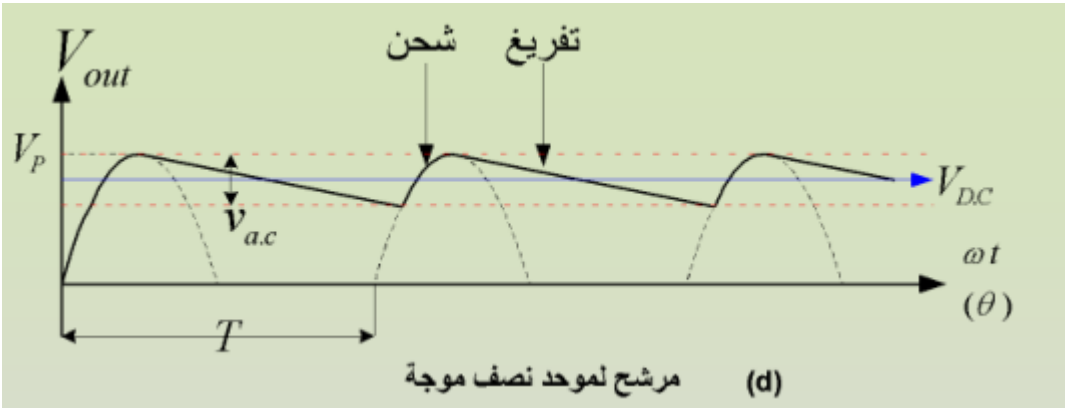
خلال ربع الذبذبة الاول من فولتية الادخال من الموجة يكون الثنائي في حالة انحياز امامي, أي كأنه مفتاح مغلق. لذا فأن المتسعة تشحن الى قيمة Vp.



- في حال عبور الذروة الموجبة يتوقف الثنائي عن التوصيل و كأن المفتاح قد انفتح لان فولتية المتسعة في هذه الحالة اكبر من فولتية المصدر و بذلك ينحاز الثنائي انحياز عكسي. وبما ان الثنائي في حالة عدم توصيل فأن المتسعة تبدأ بالتفريغ خلال مقاومة الحمل.

- ان ثابت الزمن (RLC) اكبر بكثير من فترة ذبذبة إشارة الادخال T ولهذا السبب فإن المتسعة ستفقد جزء صغير من شحنتها. و بالقرب من ذروة الادخال الموجبة التالية يتحول الثنائي الى وضع التوصيل و يعيد شحن المتسعة.

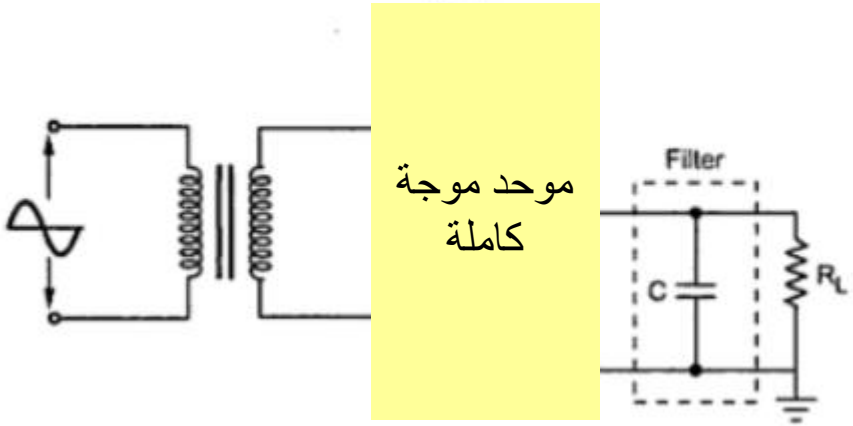
- إن فولتية إشارة الأخراج هذه ثابتة تقريبا و اختلافها الوحيد عن الفولتية المستمرة هي التموج الصغير الناتج عن شحن و تفريغ المتسعة و كلما كان التموج صغيرا كان ذلك افضل.

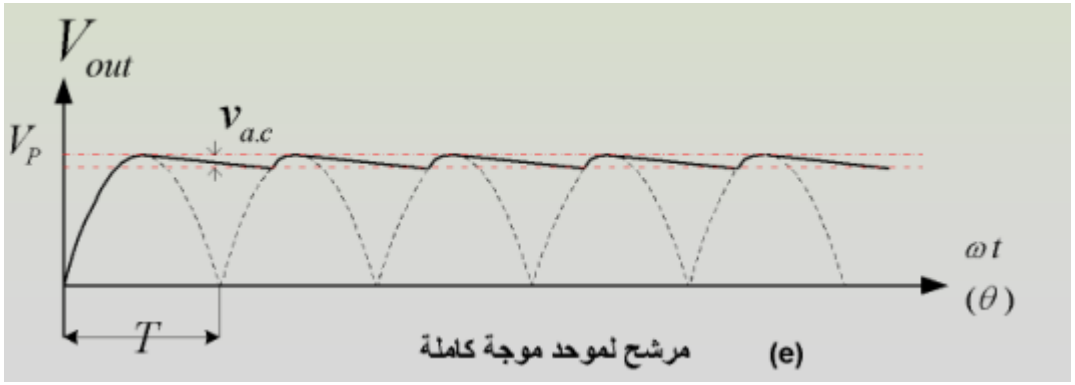


إن مقوم موجة كاملة (قنطري او بمأخذ وسطي) مربوط مع متسعة ينتج تقويم ذروة أفضل لان المتسعة تشحن مرتين لذا يكون التموج اصغر و تقترب فولتية الاخراج المستمرة من فولتية الذروة. نتيجة لذلك تكون موحدات الموجة الكاملة اكثر استعمالا.

في دوائر الموجة الكاملة المساقة بتردد (60Hz) تكون فترة الإخراج

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{120} = 8.33ms$$





وللحصول على ثابت زمن طويل يجب أن يكون $(R_L * C)$ أكبر بكثير من **(8.33ms)** على الأقل بعشر مرات وهذا يعني أن

$$R_L * C \geq 83.3ms$$

وعندما يتحقق هذا الشرط يمكن استخدام التقاريب التالية على موحدات الموجة الكاملة

$$\%\, r = \frac{v_r}{V_{D.C}} * 100\ \%$$

حيث

فولتية التموج الفعالة $v_r = \dfrac{0.0024\ V_P}{R_L C}$ (فولت)

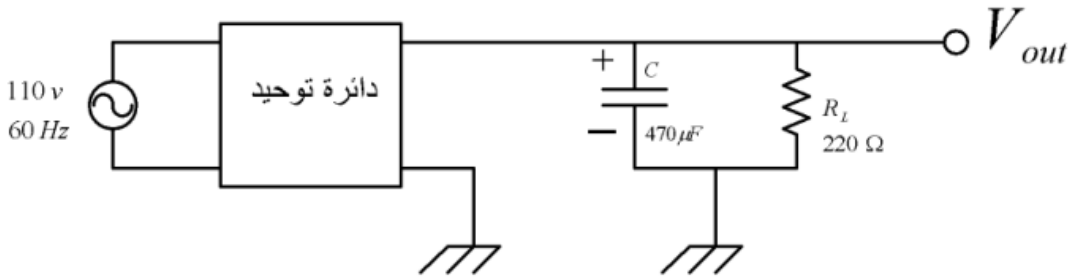
الفولتية المستمرة $V_{D.C} = (1 - \dfrac{0.00417}{R_L C}) V_P$ (فولت)

المتسعة الصغرى : هي اصغر قيمة لسعة المتسعة التي تعطي ترشيحاً جيداً وتحسب بالمعادلة

$$C_{\min} = \frac{0.24}{r * R_L}$$

مثال: في الدائرة المرسومة أدناه ، إذا كانت القيمة العظمى للفولتية الخارجة من الموحد هي 30v .

احسب عامل التموج المئوي r % .



الحل : لما كان تردد الإدخال 60Hz فهذا يعني أن تردد الإخراج 120Hz و T له يساوي 8.33msec

أي أن **10T** يساوي **83.33ms = 0.0833sec** .

$$R_L * C = 220 * 470 * 10^{-6} = 0.103 \text{sec}$$

وعليه فإن الشرط $R_L C \geq 10T$ قد تحقق لأن $0.103 > 0.0833$

$$V_r = \frac{0.0024 * 30}{0.103} = 0.699 volt$$

$$V_{D.C} = (1 - \frac{0.00417}{0.103}) * 30 = 28.8 volt$$

$$\%r = \frac{V_r}{V_{D.C}} * 100 = \frac{0.699}{28.8} * 100 = 2.43\%$$

$$\%\, r = \frac{v_r}{V_{D.C}} * 100\ \%$$

حيث

فولتية التموج الفعالة $v_r = \frac{0.0024\ V_P}{R_L C}$ (فولت)

الفولتية المستمرة $V_{D.C} = (1 - \frac{0.00417}{R_L C}) V_P$ (فولت)

مثال اخر : في المثال السابق إذا كانت $R_L = 10K\Omega$ ، ما مقدار القيمة الصغرى لمتسعة الترشيح التي نحتاجها لكي نضمن عامل تموج قدره 2% ؟

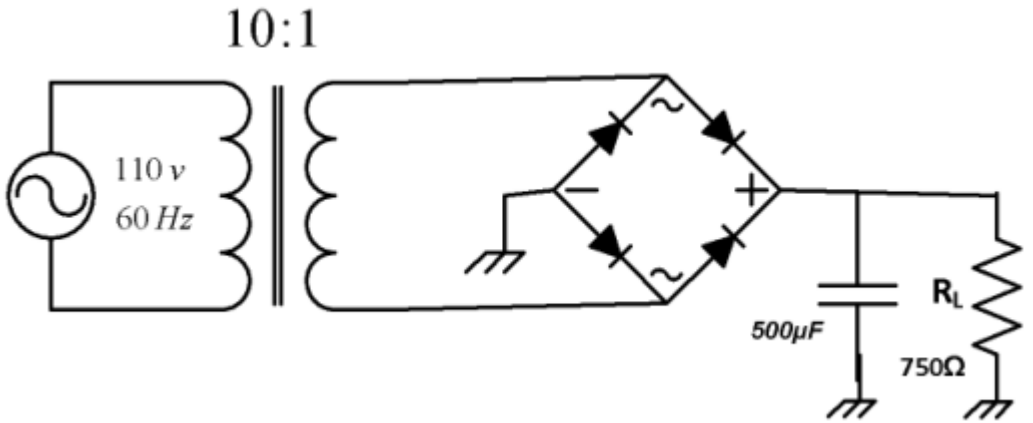
$$C_{\min} = \frac{0.24}{r * R_L}$$

الحل :

$$C_{\min} = \frac{0.24}{rR_L} = \frac{0.24}{2*10*10^3} = 12*10^{-6} F = 12\mu F$$

مثال :

في الدائرة الموضحة بالشكل أدناه اوجد عامل التموج ؟ $r\% = \frac{Vr}{V_{DC}} * 100\%$



$$R_L * C = 750 * 500 * 10^{-6} = 0.375s = 375ms$$

$$375ms > 83.3ms$$

$$V_P = \sqrt{2} * 110 \approx 155v$$

$$\frac{V_P}{V_m} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_m = \frac{N_2}{N_1} * V_P$$

$$V_m = \frac{1}{10} * 155 = 15.5v$$

$$V_{DC} = \left(1 - \frac{0.00417}{R_L * C}\right) * V_P = \left(1 - \frac{0.00417}{0.375}\right) * 15.5 = 15.327v$$

$$V_r = \frac{0.0024}{R_L * C} * V_P = \frac{0.0024}{0.375} * 15.5 = 0.099v$$

$$r\% = \frac{Vr}{V_{DC}} * 100\% = \frac{0.099}{15.327} * 100\% = 0.647\%$$

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة السابعة

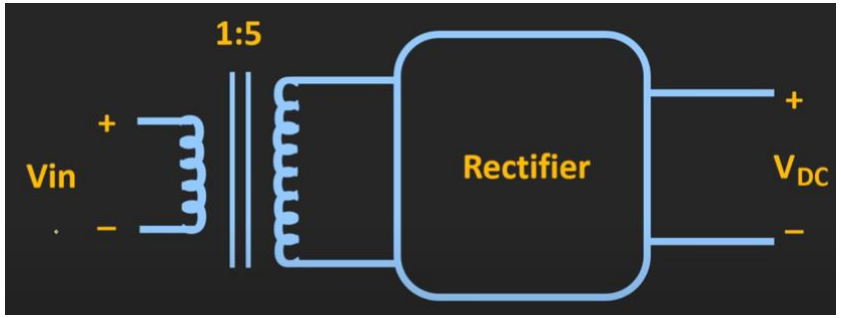
قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة السابعة

- **مضاعفات الفولتية المستمرة**
  - مضاعفات الفولتية الى الضعف
  - مضاعفات الفولتية الى ثلاثة اضعاف
  - مضاعفات الفولتية الى اربعة اضعاف
- **المقلم**
  - المقلم الموجب
  - المقلم السالب
  - المقلم المنحاز
  - المقلم المركب
- **الملزم**
  - الملزم الموجب
  - المزم السالب

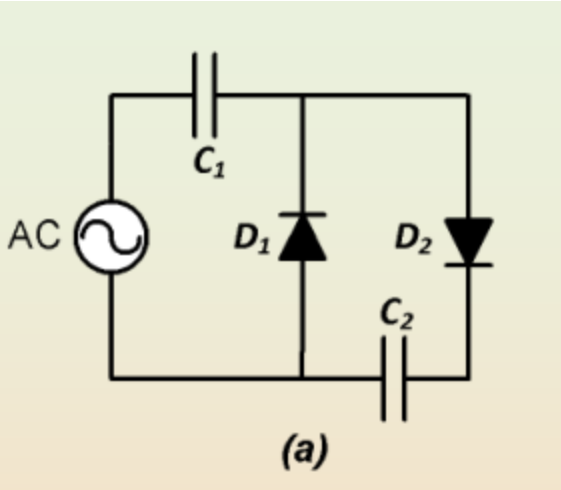
مضاعفات الفولتية المستمرة (D.C Voltage Multipliers)

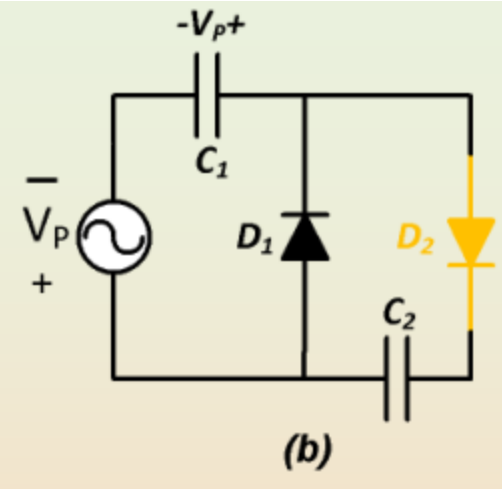
إن مضاعفات الفولتية تجمع في تركيبها وفي مبدأ عملها كل من الموحدات والمرشحات حيث تتألف دوائرها من ثنائيات القدرة ومتسعات الترشيح، وتكون مناسبة للاستخدامات التي تحتاج إلى فولتيات مستمرة عالية الجهد قليلة التيار مثل تجهيز أنبوب الأشعة المهبطية . ومنها مضاعف الفولتية إلى الضعف والى الثلاثة أضعاف والى الأربعة أضعاف ، وفي حالة زيادة المقاطع لأكثر من أربعة يصبح تنظيم الفولتية ردئ .

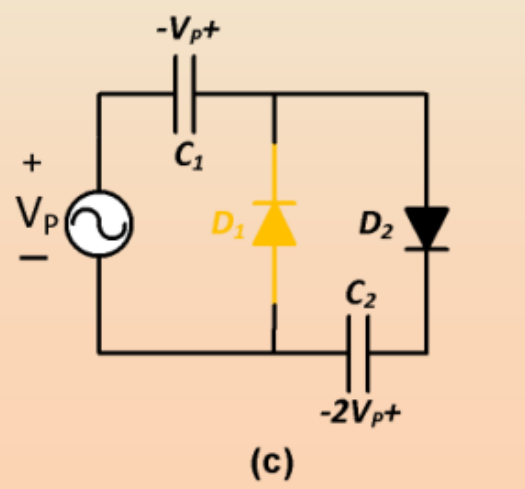


مضاعف الفولتية إلى الضعف Voltage doubler

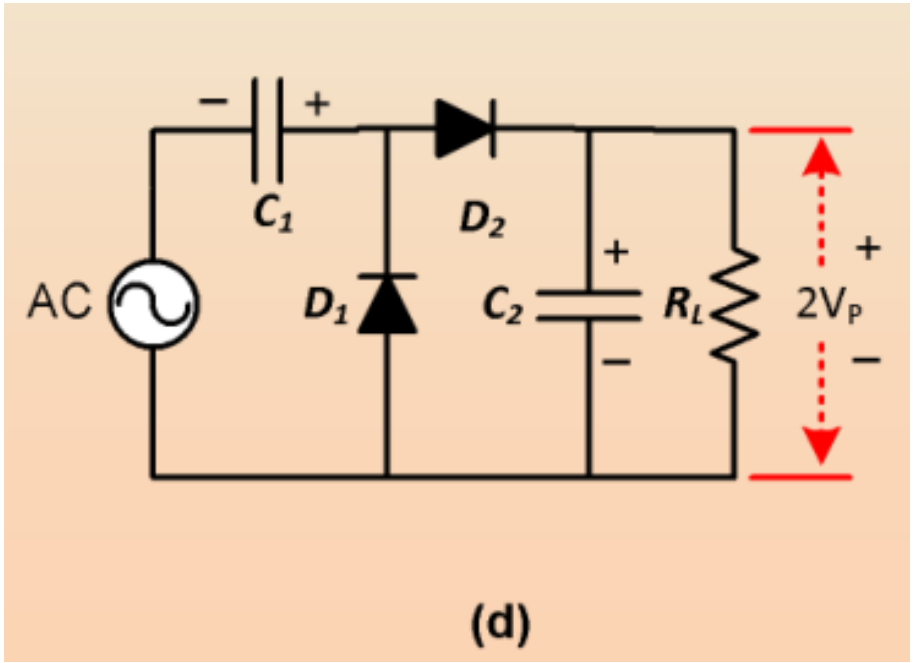
تتألف هذه الدائرة من متسعتين وثنائيي قدرة كما في الشكل (a) ، عند الذروة السالبة يكون (D_1) منحاز أمامياً أما **(D_2)** فيكون منحاز عكسياً ، وهذا يؤدي إلى شحن المتسعة **C_1** إلى فولتية الذروة ***V_p*** وبالقطبية المبينة بالشكل (b) ، عند الذروة الموجبة يكون **(D_1)** منحاز عكسيا ويكون الثنائي **(D_2)** منحاز أماميا كما في الشكل (c) وبما أن المصدر والمتسعة **(C_1)** مربوطان على التوالي ، ستتشحن المتسعة **(C_2)** إلى ***(2Vp)*** وبعد عدة ذبذبات تبلغ الفولتية على **(C_2)** المقدار ***(2Vp)*** .







ويمكن إعادة رسم دائرة مضاعف الفولتية إلى الضعف مع ربط مقاومة الحمل ، لاحظ الشكل (d) مع مراعاة قيمة مقاومة الحمل كلما كانت كبيرة بقيت فولتية الإخراج تساوي تقريباً ***(2Vp)*** ، وهكذا تكون فولتية الإخراج ضعف ذروة فولتية الإدخال مع بقاء تيار الحمل خفيفاً وثابت الزمن طويل .



(d)

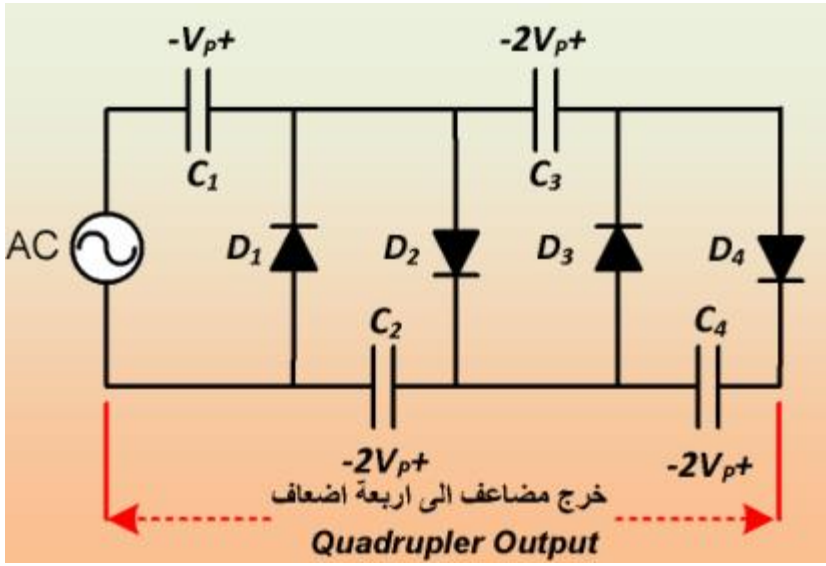
مضاعف الفولتية إلى ثلاثة أضعاف Voltage Tripler

ويتكون من ربط ثلاث مقاطع من ثنائيي قدرة كما في الشكل . إن ثنائيي القدرة الأوليين يعملان عمل مضاعف فولتية إلى الضعف الذي سبق شرحه ، عند الذروة السالبة من نصف الذبذبة يكون الثنائي ***(D₃)*** منحاز أماميا وهذا يعمل على شحن المتسعة ***(C₃)*** إلى ***(2Vp)*** وبالقطبية المبينة في الشكل.

إخراج الدائرة يظهر عبر ***(C₁)*** و ***(C₃)*** ويربط الحمل عبر إخراج الدائرة . وطالما كان ثابت الزمن طويلا كان الإخراج ***(3Vp)*** تقريبا .

مضاعف الفولتية إلى أربعة أضعاف Voltage quadrupler

هو أربعة ثنائيات قدرة متسلسلة كما في الشكل ، الثلاثة الأولى منها تمثل مضاعف الفولتية إلى ثلاثة أضعاف والذي سبق شرحه ، وبعد إضافة الثنائي الرابع إلى الدائرة يتكون مضاعف الفولتية إلى أربعة أضعاف ، نلاحظ في الشكل بأن المتسعة الأولى تتشحن إلى ***(Vp)*** أما بقية المتسعات تتشحن إلى ***(2Vp)*** ويؤخذ الإخراج عبر المتسعتين ***(C_2 و C_4)*** المربوطتين على التوازي . وهنا نحتاج إلى مقاومة حمل كبيرة (ثابت زمن طويل) للحصول على فولتية إخراج تساوي تقريبا ***(4Vp)*** .

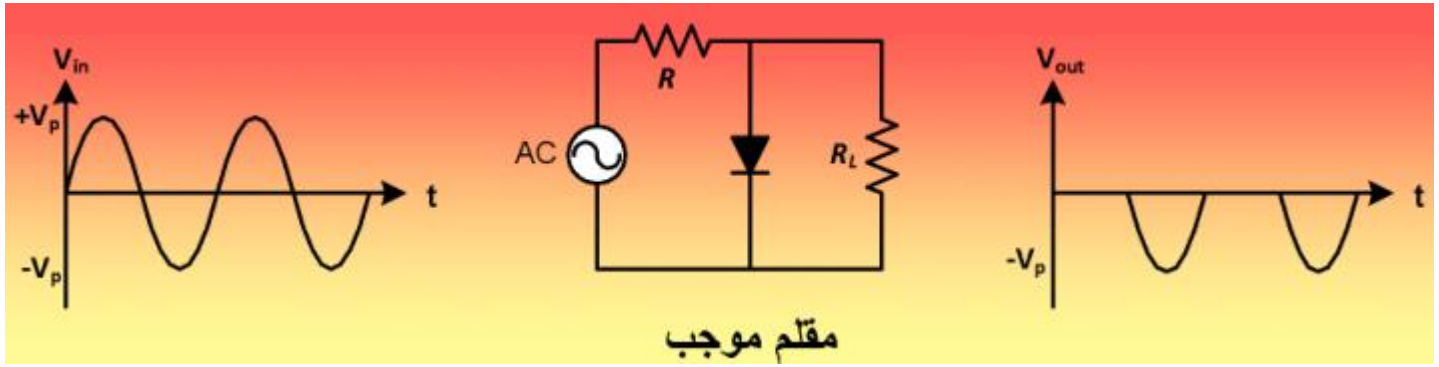


المقلم Clippers

في بعض المنظومات الالكترونية نرغب أحيانا بإزالة فولتيات الإشارة فوق أو تحت مستوى فولتية معين ، وباستخدامنا الثنائيات المقلمة يمكننا الحصول على الإزالة .

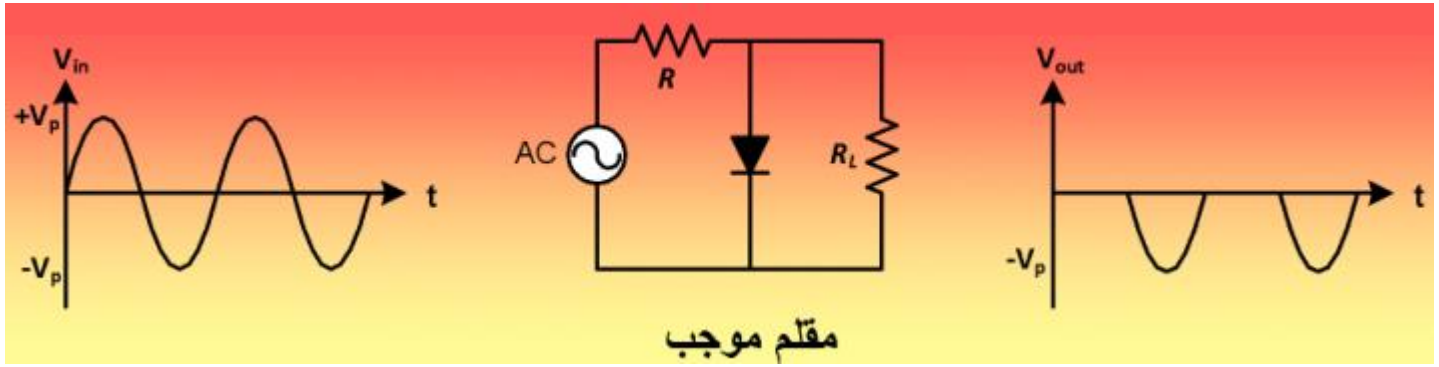
المقلم الموجب Positive Clipper

هي تلك الدائرة التي تزيل الأجزاء الموجبة من الموجة والمبينة بالشكل والذي نلاحظ فيه إن جميع الأجزاء الموجبة لإشارة الإدخال قد أزيلت في إشارة الإخراج . خلال نصف الذبذبة الموجب لفولتية الإدخال يكون الثنائي منحاز أماميا ويعمل كمفتاح مغلق كتقريب أولي ، الفولتية على دائرة قصر تساوي صفر. لذلك تكون فولتية الإخراج تساوي صفر لكل نصف ذبذبة موجب لإشارة إدخال الدائرة . كل الفولتية قد هبطت على المقاومة R



مقلم موجب

خلال نصف الذبذبة السالب لإشارة الإدخال يكون الثنائي منحاز عكسيا وكأنه مفتاح مفتوح وبالتالي تعمل الدائرة كمقسم



مقلم موجب

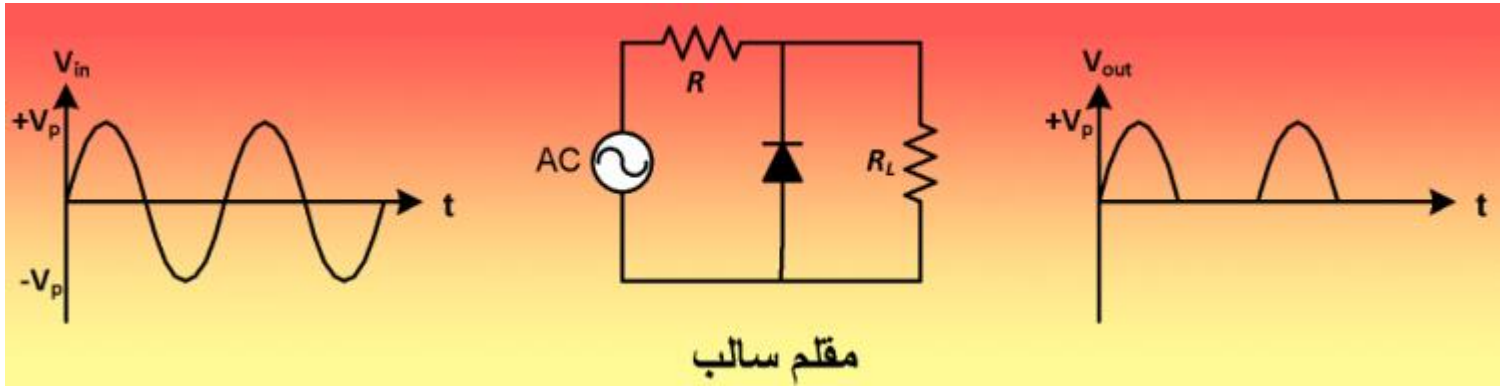
فولتية وبإخراج قدره $V_{out} = \frac{R_L}{R + R_L} V_P$ تكون RL اكبر بكثير من R عادة

ولذلك $V_{out} \cong -V_P$

أما في التقريب الثاني ، يسقط ثنائي السليكون الموصل فولتية (0.7v) للتغلب على الجهد الحاجز ولذلك تقطع إشارة الإخراج الموجبة قرب (+0.7v) وليس قرب الصفر أما إذا استخدم ثنائي الجرمانيوم فتقطع قرب (+0.3v) .

المقلم السالب Negative Clipper

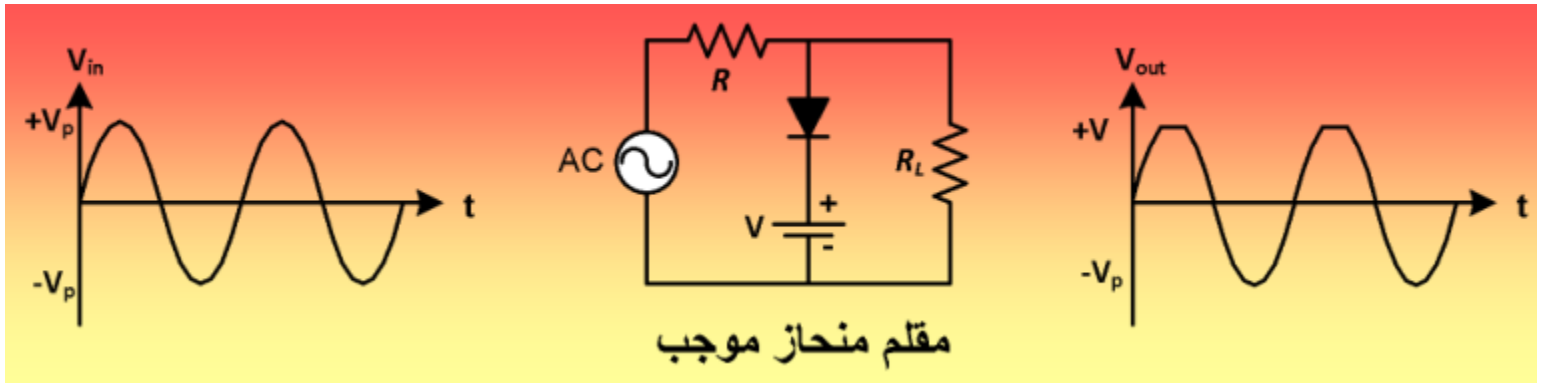
لو عكسنا أقطاب الثنائي الموضح في الشكل السابق ، سنلاحظ بأن الثنائي سيوصل في الأنصاف السالبة لموجة الإدخال وبذلك سنحصل مقلم سالب حيث انه يقوم بإزالة جميع الإشارة تحت مستوى الصفر فولت كما في الشكل



مقلم سالب

المقلم المنحاز Biased clipper

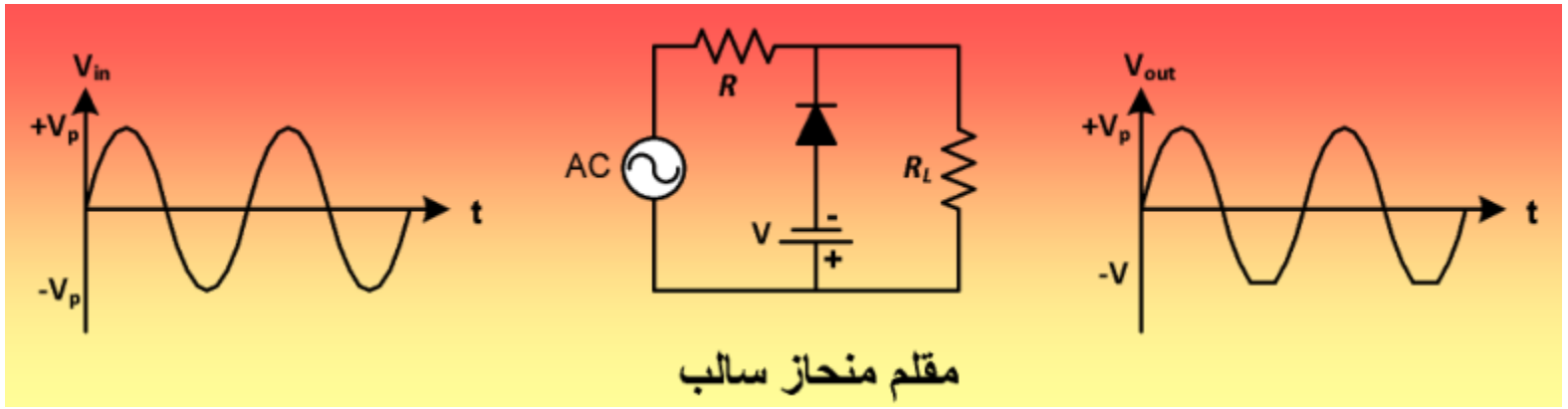
في بعض التطبيقات قد تحتاج مستوى تقليم مختلف عن الصفر . باستخدامنا المقلم المنحاز نستطيع تحريك مستوى التقليم إلى مستوى موجب أو سالب . يبين الشكل التالي مقلم منحاز موجب positive biased clipper ولكي يكون الثنائي في حالة توصيل يجب على فولتية الإدخال أن تكون اكبر من **(+V)** . وعندما تكون فولتية الإدخال **(V_{in})** اكبر من **(+V)** يعمل الثنائي مثالياً عمل مفتاح مغلق وتساوي فولتية الإخراج **(+V)** ويبقى مستوى فولتية الإخراج **(+V)** طالما زادت فولتية الإدخال عن مستوى **(+V)** .



مقلم منحاز موجب

عندما تقل فولتية الإدخال عن **(+V)** يصبح الثنائي مفتاح مفتوح (غير موصل) وبذلك تصبح الدائرة مقسم فولتية . وبما أن قيمة مقاومة الحمل R_L عادةً اكبر بكثير من قيمة المقاومة **R** ولذلك فان معظم فولتية الإدخال تظهر في الإخراج .

لو عكسنا الثنائي وكذلك عكسنا البطارية كما في الشكل التالي

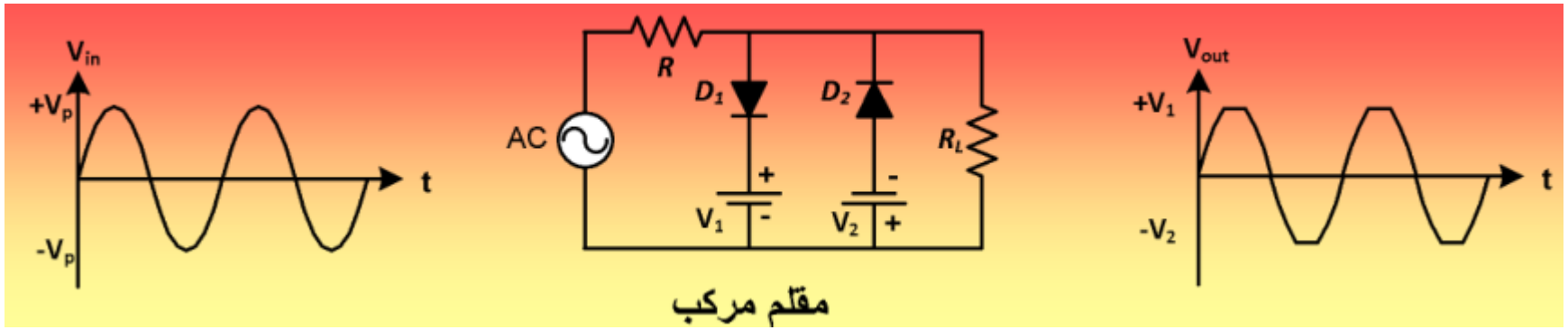


مقلم منحاز سالب

في هذه الحالة نحصل على مقلم منحاز سالب Negative biased clipper والذي تعمل دائرته عكس عمل دائرة المقلم المنحاز الموجب حيث يكون تحديد فولتية القطع في الجزء السالب **(-V)** وكما نلاحظ في رسم شكل موجة الإخراج

المقلم المركب Compound Clipper

وهو عملية جمع مقلم منحاز موجب و مقلم منحاز سالب ، كما في الشكل



مقلم مركب

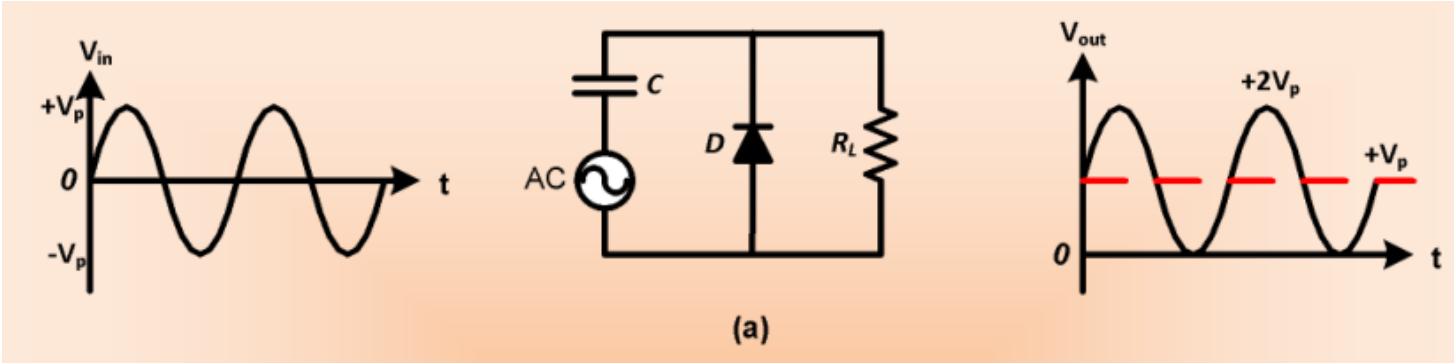
يتحول الثنائي D_1 إلى حالة التوصيل عندما تكون فولتية الإدخال اكبر من $(+V_1)$ ولهذا فان فولتية الإخراج تساوي $(+V_1)$ عندما تكون (V_{in}) اكبر من $(+V_1)$ ، ومن جهة أخرى وعندما تكون فولتية الإدخال V_{in} أكثر سالبيه من $(-V_2)$ يتحول الثنائي (D_2) إلى حالة التوصيل ولذلك فان فولتية الإخراج تساوي $(-V_2)$ طالما كانت فولتية الإخراج أكثر سالبيه من (V_2) ، وعندما تقع V_{in} بين $(-V_2)$ و $(+V_1)$ لا يوصل أي من الثنائيين وبما أن R_L اكبر بكثير من R ولذلك فان معظم فولتية الإدخال تظهر عبر الإخراج . في حالة أن أشارة الإدخال كانت كبيرة أي أن V_p أكبر بكثير من مستويي القطع (الموجب و السالب) ستظهر موجة الإخراج تشابه الموجة المربعة .

Clamper الملزم

إن عمل الملزم هو إضافة مركبة DC إلى الإشارة ،أي أن شكل الإشارة الأصلي يبقى كما هو وكل ما يحدث هو انحراف عمودي بالاتجاه الأعلى (إلزام موجب) أو بالاتجاه الأسفل (إلزام سالب) .

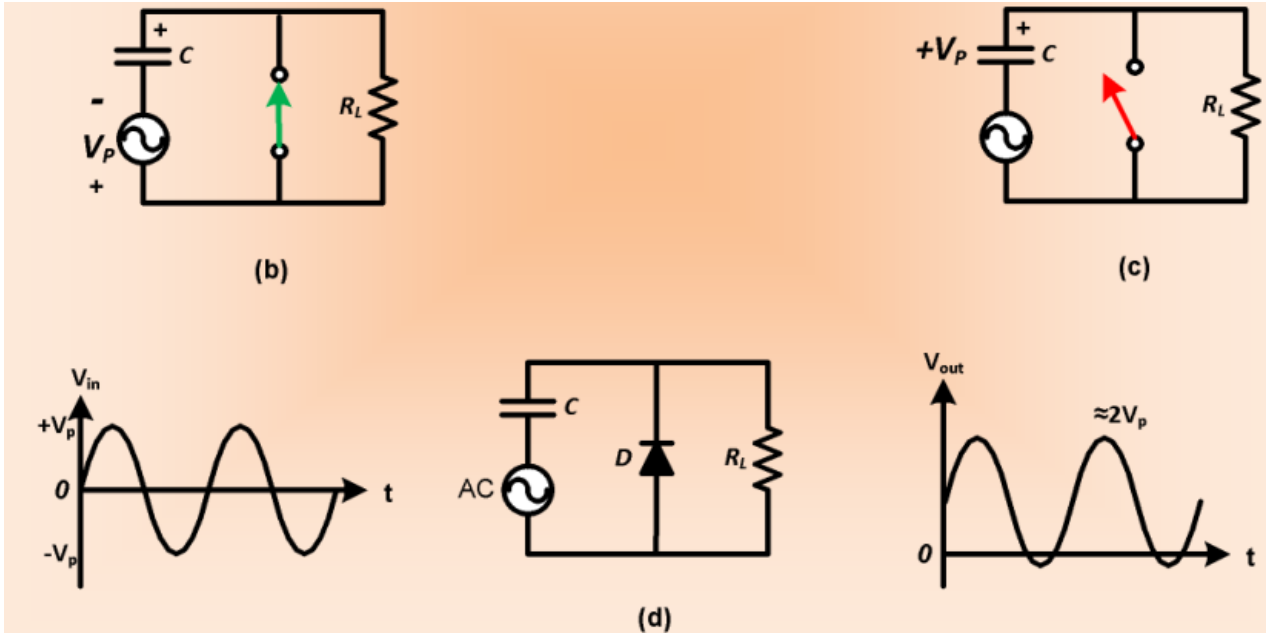
positive clamper الملزم الموجب

يبين الشكل (a) ملزما موجبا والذي يكون عمله مثاليا كما يلي :



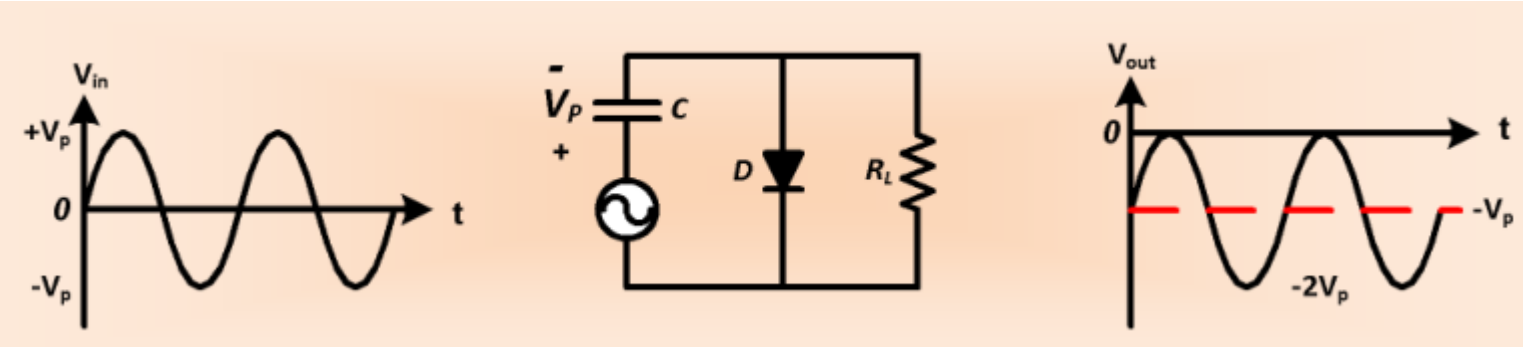
في نصف الذبذبة السالب الأول من فولتية الإدخال يكون الثنائي في حالة توصيل لاحظ الشكل (b) وبذلك تتشحن المتسعة إلى أعلى قيمة فولتية **(Vp)** وبالقطبية المبينة ، وبعد الذروة السالبة للمصدر بقليل ، يتوقف الثنائي عن التوصيل (مفتاح مفتوح) ، الشكل (c) . لقد جعل ثابت الزمن في هذه الدائرة **(R_LC)** اكبر بكثير من فترة إشارة الدخل **T** ولهذا السبب فان المتسعة تبقى تقريبا كاملة الشحنة خلال الوقت الذي يتوقف فيه الثنائي عن التوصيل . إن المتسعة تعمل عمل بطارية وبالقطبية الموضحة في الشكل (c) وهذا هو السبب بان فولتية الإخراج في الشكل (a) تكون إشارة موجبة اللزم .

أما في حالة التقريب الثاني فان الثنائي يسقط بضع أعشار من الفولت (حسب نوع مادته) ولذلك فان المتسعة لا تتشحن إلى قيمة **Vp** ولهذا السبب يكون اللزم غير تام ، ينخفض الإخراج عن مستوى الصفر قليلا ، الشكل (d) .



ملزم سالب Negative clamper

في حالة عكس الثنائي فإننا نحصل على ملزم سالب (Negative clamper) ، إن قطبية فولتية المتسعة تنعكس وهذا السبب بان هذه الدائرة تعطي إلزاما سالبا كما في الشكل



Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة الثامنة

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

المحاضرة السابعة

ثنائي الزينر

- تركيبه
- رمزه
- خواصه
- الانكسار الإنهياري انكسار الزينر
- جهد الانكسار
- تحمل القدرة
- ممانعة الزينر
- تأثيرات درجة الحرارة
- تقريب الزينر
- تنظيم الجهد المستمر

ثنائي الزينر Zener Diode

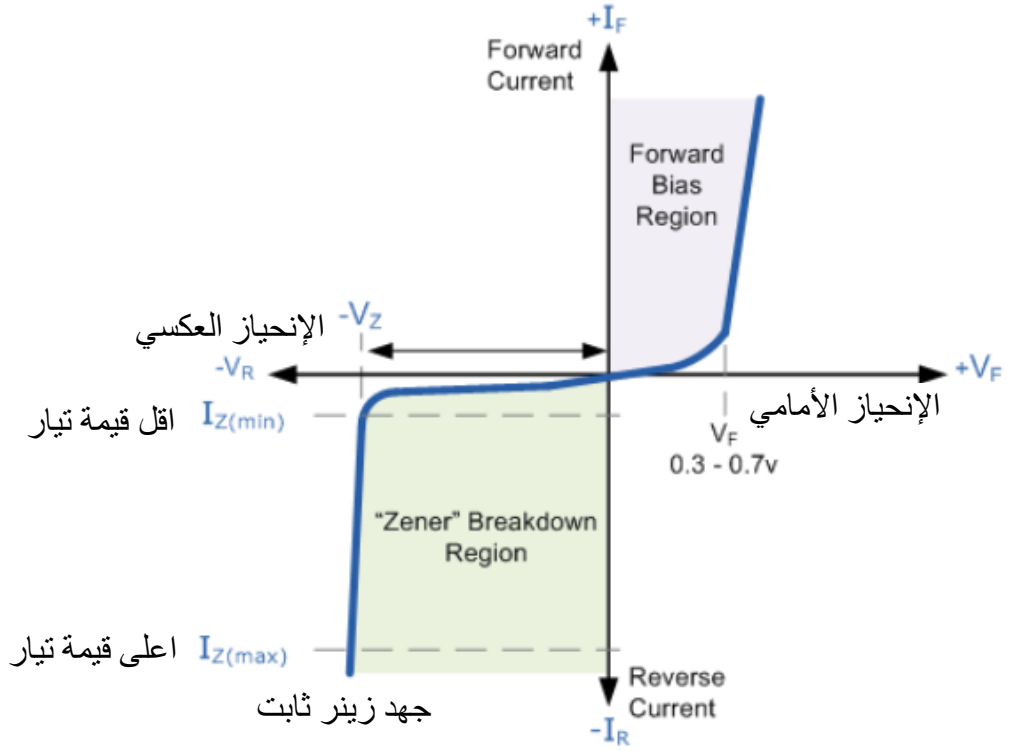
الرمز المستخدم لثنائي الزينر

- هو نوع خاص من الثنائي مصنع من مادة السيلكون, سُمي باسم صاحبه العالم الأمريكي زينر. ما يُميز ثنائي الزينر هو سماحهُ لمرور التيار الكهربائي المستمر في اتجاه واحد مثلما يفعل الثنائي العادي، ولكنه يسمح أيضا لمرور التيار في عكس الاتجاه إذا زاد الجهد الواقع عليه عن جهد الانكسار breakdown والذي يسمى جهد زينر.

- ثنائي الزينر يكون تصميمه مختلف عن الثنائي العادي إذ أن الشريحة النصف الناقلة من النوع (P) على حالها ولكن الطرف (N) عبارة عن نقطة موضوعة على الشريحة (P) ومن خلال مساحة وسمك تلك النقطة من الشريحة (N) يمكن التحكم بجهد الانهيار او جهد الزينر.

- الشكل يوضح منحني الخواص لثنائي زينر. نلاحظ من الشكل ان ثنائي الزينر له نفس خواص الثنائي العادي في حالة الانحياز الامامي, أما في حالة الانحياز العكسي فان تيار الثنائي يكون قليل جدا لحد الاهمال حتى نصل الى فولتية الانكسار V_Z حيث يزداد التيار بسرعة دون زيادة ملحوظة في الفولتية و تبقى ثابتة تقريبا و تساوي V_Z في معظم منطقة الانكسار. يوضح الرسم أيضًا الحد الأقصى للتيار العكسي الحالي (حد أقصى) . طالما أن التيار العكسي أقل من I_{ZMax} فإن الصمام الثنائي يعمل ضمن نطاقه الآمن . إذا تجاوز التيار I_{ZMax} سيتم تدمير الصمام الثنائي .

- المعلومات الخاصة بكل ثنائي زينر تبين عادة قيمة تيار الاختبار و يكون بعد انكسار المنحني كما و تبين قيم اقصى تيار



القدرة المتبددة في ثنائي الزينر

تبديد القدرة في ثنائي الزينر يحسب بالمعادلة التالية

$$P_Z = V_Z \times I_Z$$

المعلومات الخاصة بالزينر هي التي تحدد اقصى قدرة تحمل للزينر P_Z و I_{ZM} و على المستخدم ان لا يتعدى تلك القيم حتى لا يعطب الثنائي أو تتغير خواصه.

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

ممانعة الزينر Z_Z

عندما يعمل الزينر في منطقة الانكسار فإن زيادة صغيرة في الفولتية تنتج زيادة كبيرة في التيار و هذا يعني ان ممانعة الزينر صغيرة, ويمكن حساب هذه الممانعة بالمعادلة التالية:

$$Z_Z \approx \frac{\Delta v}{\Delta i}$$

مثال :

إذا كان التغير في فولتية زينر (80mv) وتغير للتيار مقداره (20mA) احسب ممانعة زينر؟

الحل:

$$Zz = \frac{\Delta v}{\Delta i} = \frac{80mv}{20mA} = \frac{0.08v}{0.02A} = 4\Omega$$

معامل درجة الحرارة Temperature coefficient

يحدد هذا المعامل النسبة المئوية لتغير جهد زينر **Vz** لكل درجه مئوية واحده . ويرمز له **Tc**

يمكن حساب التغير في فولتية زينر بالمعادلة التالية : $\Delta Vz = Tc \times \Delta T \times Vz$ حيث أن:

ΔVz – مقدار التغير في فولتية زينر ، **ΔT** - مقدار التغير في درجة الحرارة ، **Vz** - فولتية زينر عند 25°C

%0.004

مثال : إذا كان معامل درجة الحرارة لثنائي زينر Tc يساوي (0.004) بالمائة و فولتية زينر (15v) عند درجة حرارة (25°C) كم يكون التغير في فولتية زينر عندما تصبح درجة الحرارة (100°C) ؟

الحل:

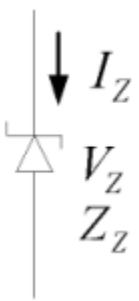
$$\Delta Vz = Tc \times \Delta T \times Vz$$

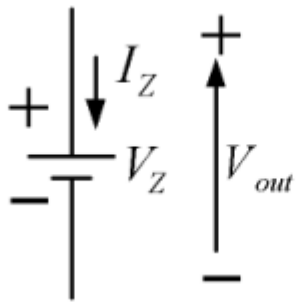
$$\Delta Vz = 0.004 \times 10^{-2} \times (100 - 25) \times 15 = 0.045v$$

ولذلك فان فولتية زينر عند 100°C هي $V_Z = 15v + 0.045v = 15.0.045v$

تقاريب زينر (الدائرة المكافئة لثنائي زينر)

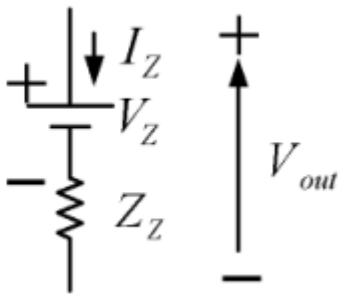
لثنائي زينر عندما يعمل في منطقة الانكسار تقريبان ... 1- التقريب الأول (الحالة المثالية) ، 2- التقريب الثاني .
وكما مبين في الرسم أدناه :





$$V_{out} = V_Z$$

الحالة المثالية



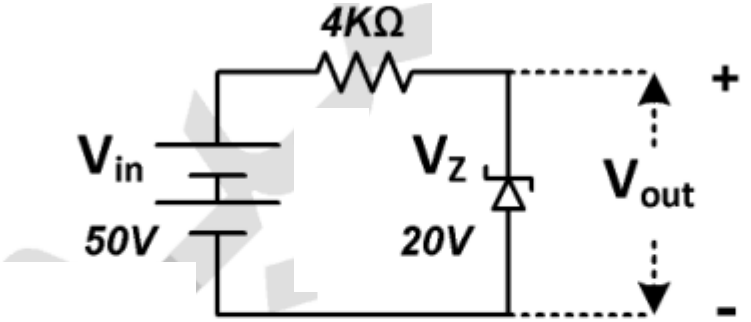
$$V_{out} = V_Z'$$

$$V_{out} = V_Z + I_Z * Z_Z$$

حالة التقريب الثاني

مثال: في الدائرة أدناه احسب فولتية الخرج إذا كانت (Vz =20v) و(Zz = 7Ω)

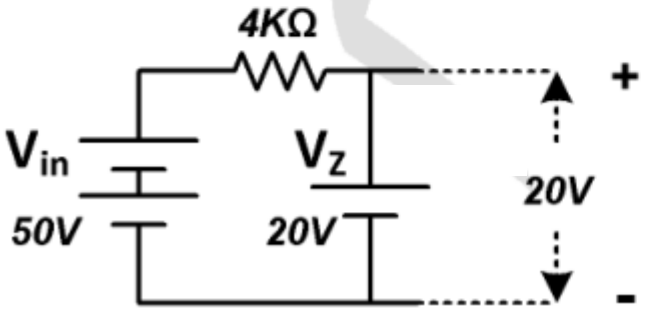
a- باستخدام التقريب المثالي للزينر ، b- باستخدام التقريب الثاني للزينر

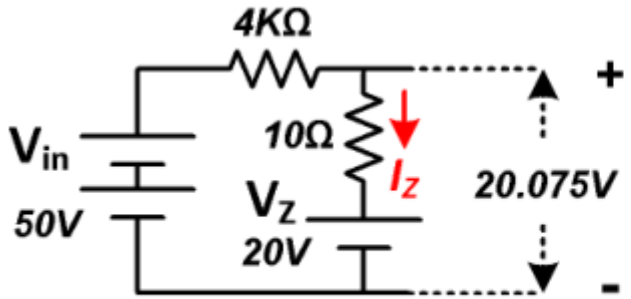


a - مثاليا

في التقريب المثالي يعمل ثنائي زينر كبطارية ذات فولتية مقدار ها Vz

Vout = Vz = 20v





b - في حالة التقريب الثاني

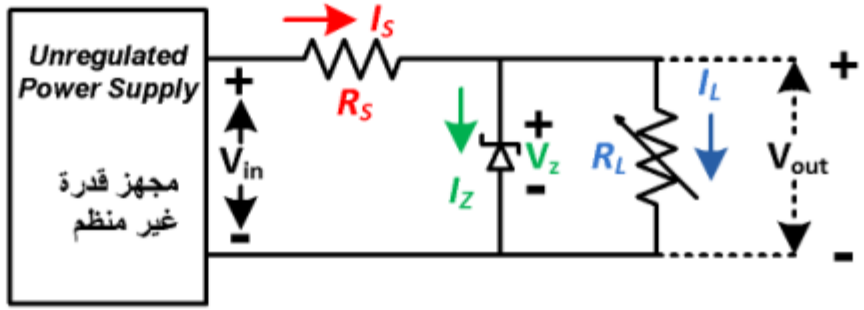
$$Iz = \frac{Vin - Vz}{Rs} = \frac{50 - 20}{4 * 10^3} = 0.0075\,A = 7.5mA$$

$$Vout = Vz + Iz * Zz$$

$$Vout = 20 + 0.0075 * 10 = 20.075v$$

منظم زينر Zener regulator

يستخدم ثنائي زينر كإحدى الطرق لغرض تنظيم الفولتية ،لاحظ الشكل ، حيث أن الفولتية الخارجة من مجهز قدرة غير منظم تستخدم كفولتية إدخال (V_{in}) لمنظم زينر و طالما V_{in} اكبر من V_z فان ثنائي زينر يعمل في منطقة الانكسار ، المقاومة R_S تمنع تيار زينر من تجاوز قيمة التحمل العظمى I_{ZM} .



قيمة التيار المار خلال المقاومة ألمحدده يمكن حسابه بالقانون

$$Is = \frac{Vin - Vout}{Rs}$$

إن التيار Is يتجزأ عند نقطة ارتباط مقاومة الحمل (R_L) مع ثنائي زينر، وحسب قانون كيرشوف $I_S = I_Z + I_L$

وعند إهمال ممانعة زينر الصغيرة $V_{out} \approx Vz$

$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L}$$

وعند حسابات أدق يجب الأخذ بنظر الاعتبار ممانعة زينر $V_{out} = Vz + Iz\,Zz$

المقاومة المحدده القصوى

لأجل أن يحافظ منظم زينر على فولتية الاخراج ثابتة يجب أن يكون هناك تيار زينر لجميع فولتيات المصدر وتيارات الحمل . إن أسوء حالة تحدث عندما تكون فولتية المصدر عند اقل قيمه وتيار الحمل عند أعظم قيمه لان تيار زينر يهبط إلى اقل قيمة . ولغرض الحصول على قيمة المقاومة المحددة القصوى المتوالية المسموح بها :

$$R_{S(\max)} = \frac{V_{in(\min)} - V_{out}}{I_{L(\max)}}$$

حيث أن : $R_{s(max)}$ - اكبر مقاومة محددة مسموح بها

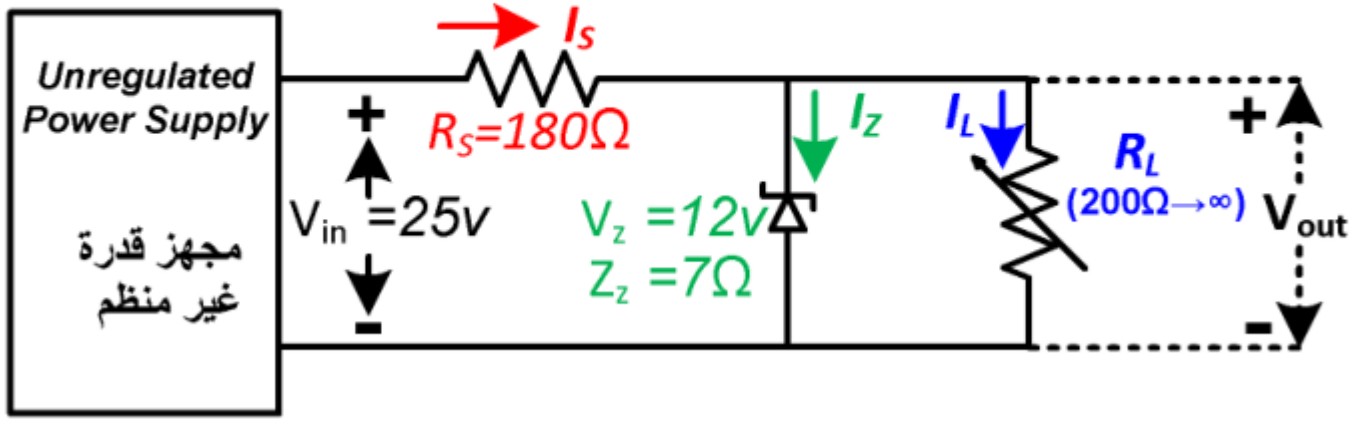
$V_{in(min)}$ - اصغر فولتية مصدر ممكنة

V_{out} - تساوي تقريبا فولتية زينر Vz

$I_{L(max)}$ - اكبر تيار حمل ممكن

وفي حالة استخدام مقاومة اكبر من $R_{s(max)}$ فان منظم زينر سيتوقف عن التنظيم لفولتيات المصدر المنخفضة ولتيارات الحمل العالية .

مثال : احسب عامل تنظيم الفولتية VR % للدائرة المرسومة أدناه : وهل قيمة R_S مناسبة ؟



الحل: بما أن مصدر ذو فولتية ثابتة فهذا يعني أن :

$$I_S(\min) = I_S(\max) = I_S = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} = \frac{25-12}{180} = 72mA$$

$$I_L(\min) = \frac{V_Z}{R_L(\max)} = \frac{12}{\infty} = 0mA$$

$$I_L(\max) = \frac{V_Z}{R_L(\min)} = \frac{12}{200} = 60mA$$

الحل: بما أن مصدر ذو فولتية ثابتة فهذا يعني أن :

$$I_S(\min) = I_S(\max) = I_S = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} = \frac{25-12}{180} = 72mA$$

$$I_L(\min) = \frac{V_Z}{R_L(\max)} = \frac{12}{\infty} = 0mA$$

$$I_L(\max) = \frac{V_Z}{R_L(\min)} = \frac{12}{200} = 60mA$$

$$I_Z(\min) = I_S - I_L(\max) = 72 - 60 = 12mA$$

$$I_Z(\max) = I_S - I_L(\min) = 72 - 0 = 72mA$$

يحفظ

$$V_{out}(\min) = V_Z + I_Z(\min) * Z_Z = 12 + 12 * 10^{-3} * 7 = 12.1volt$$

$$V_{out}(\max) = V_Z + I_Z(\max) * Z_Z = 12 + 72 * 10^{-3} * 7 = 12.5volt$$

$$\%V_R = \frac{V_{out}(\max) - V_{out}(\min)}{V_{out}(\min)} * 100 = \frac{12.5 - 12.1}{12.1} * 100 = 3.3\%$$

وهو عامل تنظيم الفولتية ، وهو المطلوب أولا .

وأما المطلوب الأخر : نعم قيمة R_S مناسبة لأنها أقل من قيمة $R_S(\max)$ التي سوف نجدها من العلاقة التالية :

$$R_S(\max) = \frac{V_{in}(\min) - V_Z}{I_L(\max)} = \frac{25-12}{60 * 10^{-3}} = 216\Omega$$

$$R_S < R_S(\max)$$ أي أن

مثال: في دائرة منظم زينر ، احسب قيمة المقاومة R_S مع رسم الدائرة إذا كانت :

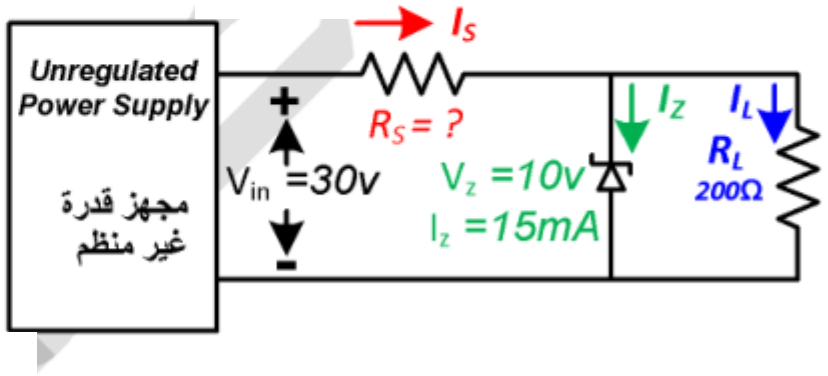
$V_{in} = 30v$ ، $V_Z = 10v$ ، $I_Z = 15mA$ ، $R_L = 200\Omega$

الحل:

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{10}{200} = 0.05A = 50mA$$

$$I_S = I_Z + I_L = 15 + 50 = 65mA$$

$$R_S = \frac{V_{in} - V_Z}{I_S} = \frac{30-10}{65*10^{-3}} = 307.6\Omega \approx 300\Omega$$



مثال:

منظم زينر له فولتية إدخال تتغير من (15v →20v) وتيار حمل يتغير من (20mA → 100mA) ، احسب قيمة مقاومة التوالي المحددة إذا كانت (Vz =10v) من اجل إبقاء فولتية الحمل ثابتة تحت جميع الظروف ؟

الحل:

إن أسوأ حالة يمر فيها المنظم عند أصغر فولتية مصدر و أعظم تيار حمل

$$R_{S\,(\max)} = \frac{V_{in\,(\min)} - V_{out}}{I_{L\,(\max)}}$$

$$Vout \cong Vz = 10\ v$$

$$R_{S\,(\max)} = \frac{15 - 10}{100 * 10^{-3}} = 50\ \Omega$$

ولذلك يجب اختيار (Rs<50Ω) لكي يعمل المنظم

Electronic

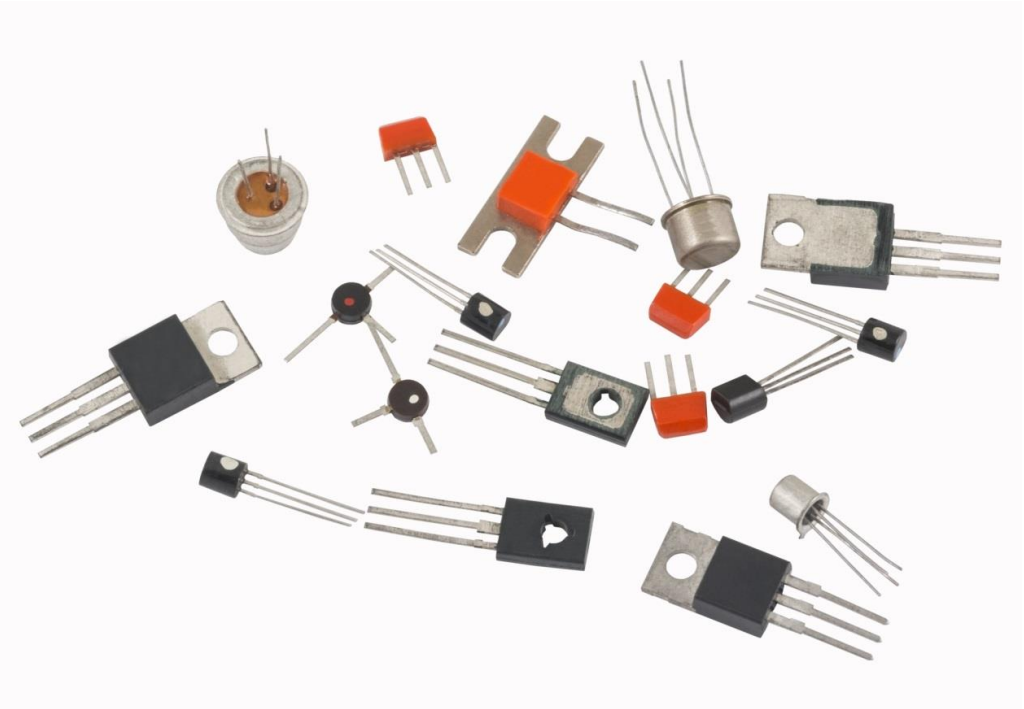
الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة التاسعة

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

الترانزستور ثنائي القطبية
Bipolar Transistors



- اصل كلمة ترانزستور مشتقة من الكلمتين (Transfer - Resistor) يمعنى المقاومة المتنقلة. يعتبر الترانزستور من اهم العناصر في الداوئر الالكترونية. تم انتاجه في عام 1951 حيث فتح المجال امام تصنيع الداوئر المتكاملة التي طُورت الى المعالج الدقيق عام 1971و التي تعتبر بمثابة الاساس في بناء الحاسبات الالكترونية.

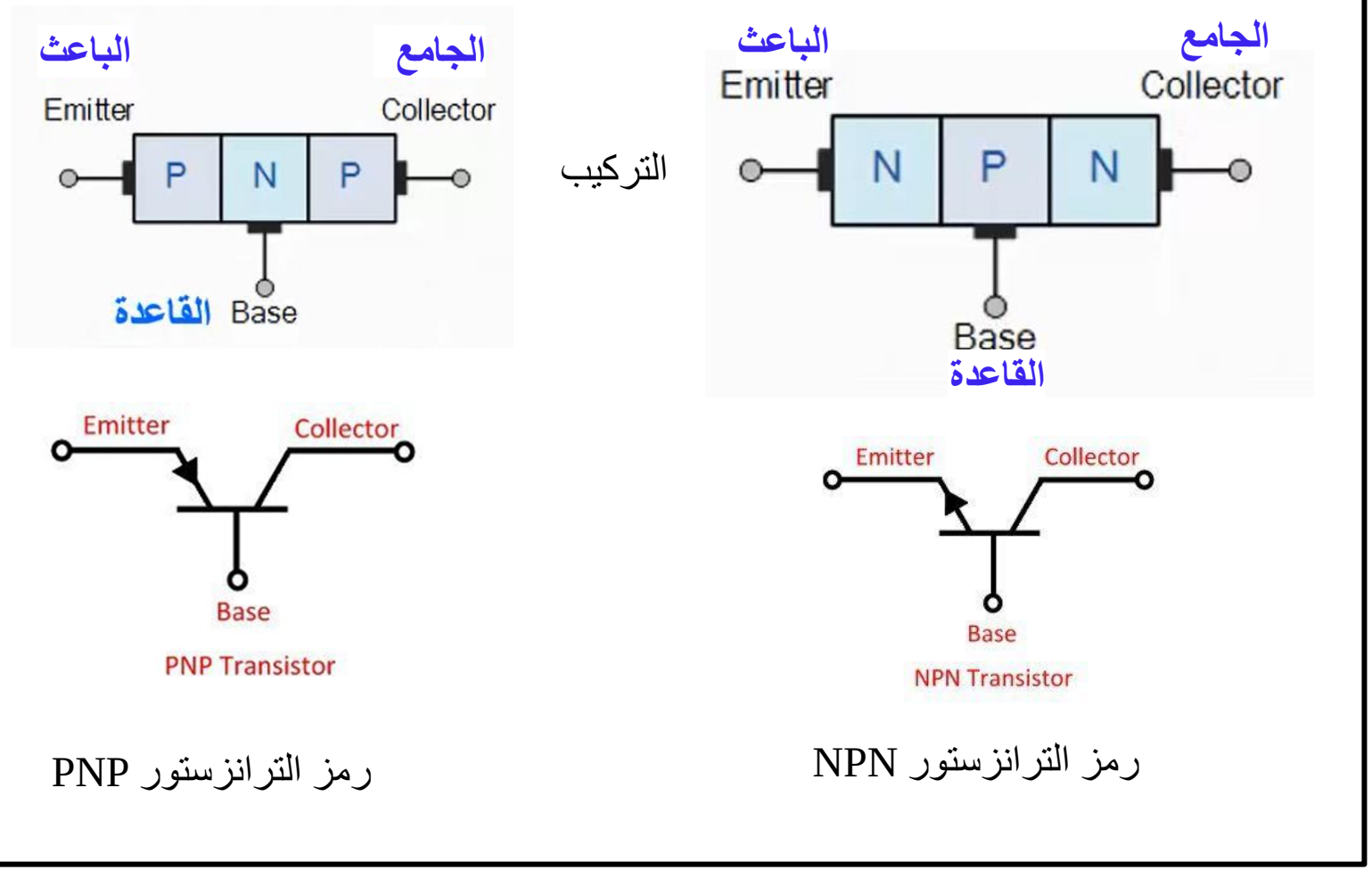
- يُعرف الترانزستور على انه عنصر الكتروني ثلاثي الطبقة ثنائي القطبية اي تشترك الالكترونات و الفجوات في ميكانيكية عمله لانتاج التيارات المختلفة فيه.

تركيب الترانزستور ثنائي القطبية

- الترانزستور عبارة عن ثنائيين ندعو الثنائي الواقع الى اليسار بالثنائي **الباعث- قاعدة** اما الثنائي الواقع على اليمين فيسمى ثنائئ **الجامع–القاعدة**

- **هنالك نوعين من الترانزستور:**
- الاول هو **نوع NPN** : في هذا النوع يطعم **الباعث** بغزارة وهو من يقوم بحقن الالكترونات الى القاعدة.

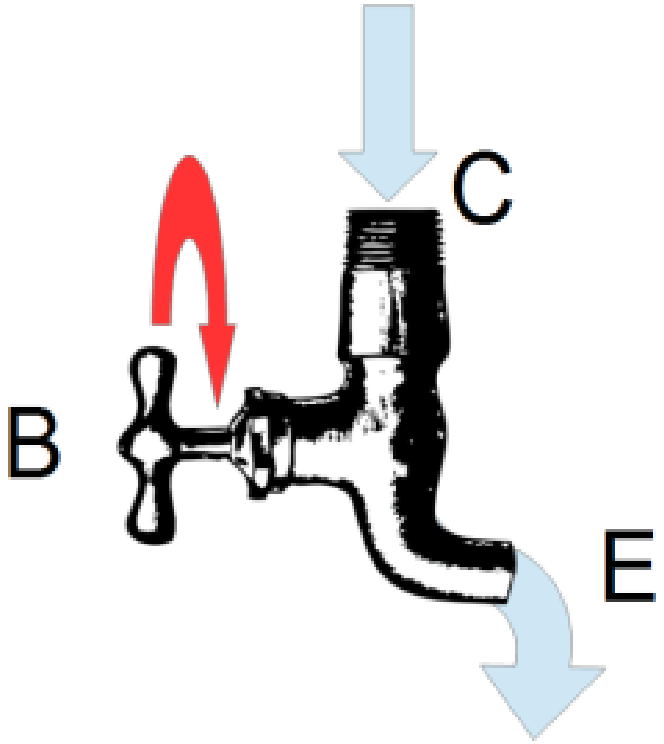
  - **القاعدة** تكون رقيقة و خفيفة التطعيم و تقوم بتمرير معظم الالكترونات المحقونة الى الجامع.
  - **الجامع** يكون تطعيمه ما بين الباعث الغزير و القاعدة الخفيف و يكون هو الاكبر بين المناطق الثلاث.
- النوع الثاني هو **نوع PNP** وفي هذا النوع يكون اتجاه التيارات والفولتيات عكس اتجاه التيارات و الفولتيات في النوع الاول



رسم تخطيطي مُبسط يوضح تركيب ترانزستور من النوع NPN و PNP

كيف يعمل الترانزستور

يمكن شرح آلية عمل الترانزستور بشكل بسيط بالتفكير في الأمر وكأنه صنبور ماء، والتيار الكهربائي مثل الماء، حيث يحتوي الترانزستور على ثلاثة مفاتيح: القاعدة Base، والمُجمّع Collector، والباعث Emitter، فتعمل القاعدة مثل مقبض الصنبور، ويشبه المُجمِّع أنابيب المياه التي تصل الماء إلى الصنبور، أما الباعث فيشبه الفتحة التي يصب الصنبور الماء منها، إذ يمكن التحكم في تدفق المياه عن طريق تدوير مقبض الصنبور، فكلما كان التدوير أقوى زاد تدفق المياه، وفي حال إغلاقه تماماً يتوقف تدفق المياه، أما عند فتحه تماماً فسيتدفق الماء بأكبر كميةٍ ممكنة، ويتم قياس ذلك على مفاتيح الترانزستور.



رسم توضيحي لكيفية عمل الترانزستور من خلال تشبيهه لعمل صنبور الماء

انواع الإنحياز للترانزستور

هنالك ثلاثة حالات لإنحياز الترانزستور:

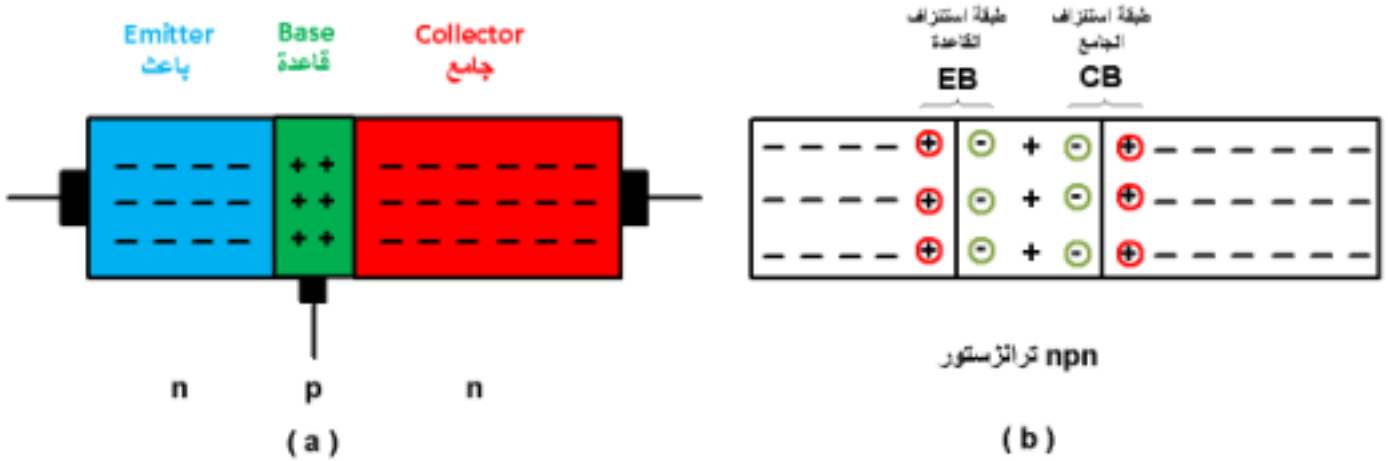
1. الترانزستور المنحاز أمامي-أمامي
2. الترانزستور المنحاز عكسي-عكسي
3. الترانزستور المنحاز امامي-عكسي

منطقة التشبع
Saturation
تيار الحمل
تيار المجمع
Ic
المنطقة الفعالة
Active Linear
0
Ib
تيار التحكم
تيار القاعدة
منطقة القطع
Cut-off

الترانزستور غير المنحاز

يُبين الشكل ادناه الشحنات الأغلبية في طبقات الترانزستور قبل تحرك اي منها عبر الوصلتين.

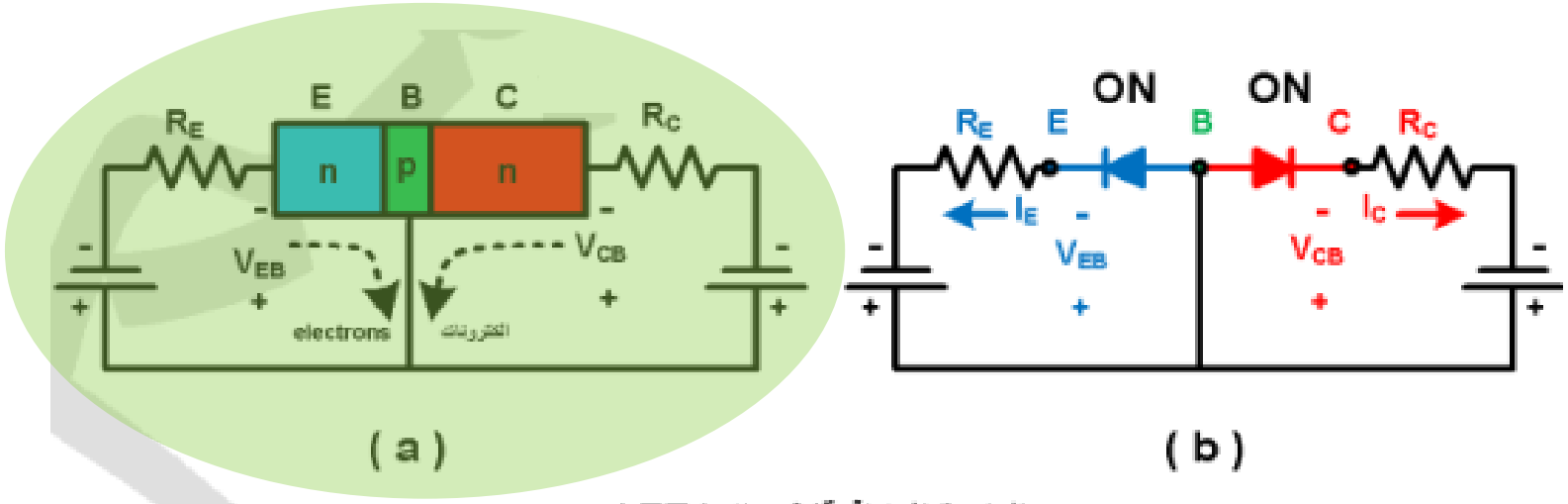
أن الالكترونات الحرة تنتشر عبر الوصلتين مما يؤدي الى طبقتي الاستنزاف لكل طبقة استنزاف جهد 0.3v في ترانزستور الجرمانيوم و 0.7v لترانزستور السليكون . ويعتبر ترانزستور السليكون ذو أهمية كبيرة . وبما أن المناطق الثلاث ذات نسب تطعيم مختلفة لذلك لا يكون لطبقتي الاستنزاف نفس العرض فكلما كان التطعيم غزيرا كلما كان تركيز الأيونات قرب الوصلة أعظم . أن هذا يعني أن طبقة الاستنزاف تنفذ قليلا في مناطق الباعث (فهو غزير التطعيم) ولكنها تنفذ بعمق في القاعدة الخفيفة التطعيم (طبقة الاستنزاف الثانية) وتنفذ بعمق أقل في منطقة الجامع .



1. الترانزستور المنحاز امامي-امامي

يوضح الشكل أدناه الترانزستور حينما يكون في حالة انحياز أمامي–أمامي FF وقد سمي هكذا لأن **ثنائي الباعث وثنائي الجامع منحازان أماميا** .

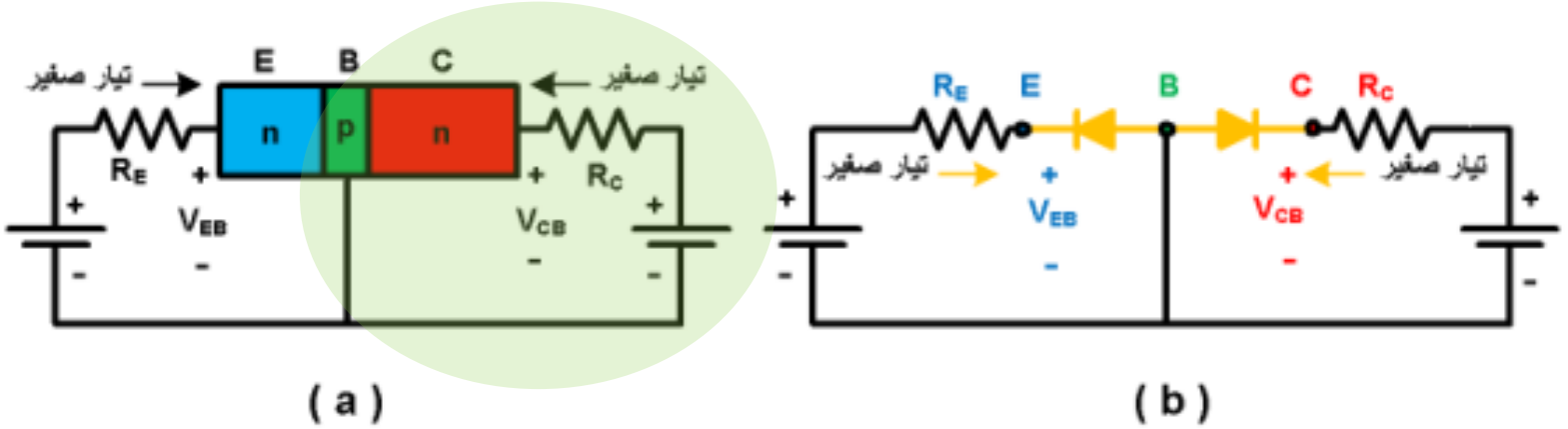
أن الإلكترونات تعبر الوصلتين وتجري نازلة خلال القاعدة الى سلك التوصيل الخارجي . ويبين الشكل (b) الدائرة المكافئة للانحياز FF فالفولتية بين الباعث و القاعدة V_{EB} تجعل الثنائي الباعث منحازا اماميا وتنتج تيارا اعتيادي المرور I_E وبالمثل فأن الفولتية بين الجامع و القاعد V_{CB} تجعل ثنائي الجامع في وضع انحياز أمامي مسببة مرور تيار اعتيادي I_C



الدائرة المكافئةلإنحياز (FF)

2. الترانزستور المنحاز عكسي - عكسي

يوضح الشكل ادناه الترانزستور عندما يكون في حالة انحياز عكسي - عكسي . تسريفقط تيارات صغيرة متكونة من تيار التشبع المنتج حراريا ومن تيار التسرب السطحي . أن المركبة المنتجة حراريا تعتمد على الحرارة وتتضاعف تقريبا لكل زيادة قدرها (10°) أما من الناحية الأخرى فأن مركبة التسرب السطحي تزداد مع زيادة الفولتية ويمكن إهمال هذه التيارات العكسية عادة.



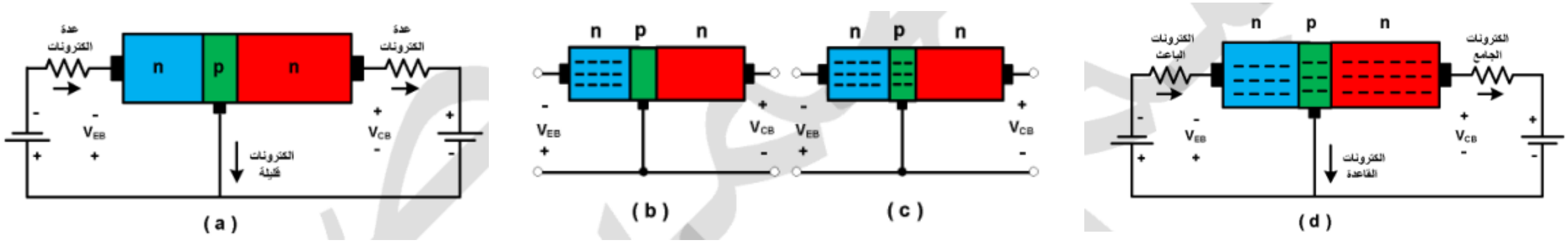
الدائرة المكافئة لإنحياز (RR)

3. الترانزستور المنحاز امامي - عكسي

يعتبر هذا النوع من الانحياز اهم انواع الانحياز و اكثرها شيوعا, و فيه يتم تحييز وصلة الباعث اماميا بينما يتم تحييز وصلة الجامعة عكسيا كما هو موضح في الشكل ادناه. في هذه الحالة نتوقع تيار باعث كبير (انحياز امامي) و تيار جامع صغير (انحياز عكسي), غير انه و خلافا لذلك التوقع, فإننا نحصل على تيار جامع كبير (أقل بقليل من تيار الباعث) على الرغم من الإنحياز العكسي المسلط. وهذه الميزة هي التي تجعل الترانزستور اختراع عظيم. و في ما يلي شرح لما يحصل:

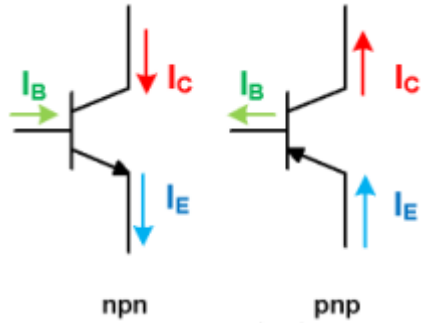
- نظرا لكون وصلة الباعث منحازة اماميا فإنه سوف يسري تيار امامي كبير عبر الباعث بإتجاه القاعدة I_E وذلك متى ما تغلب فولتية التحيز الامامية على جهد الوصلة الباعث V_{BE} .

- نظرا لكون منطقة القاعدة ضعيفة التطعيم و رقيقة فإن معظم (حوالي 95%) الالكترونات الحرة المحقونة من جهة الباعث سوف تتمكن من عبور منطقة القاعدة الى طبقة استنزاف الجامع وعندها يقوم مجال طبقة استنزاف الجامع بدفع تيار ثابت من الاكترونات الى منطقة الجامع و من ثم تغادر تلك الالكترونات الى سلك توصيل الجامع الخارجي ثم تجري الى الطرف الموجب من مصدر فولتية تحييز الجامع (V_{CC}). بالنتيجة نحصل على تيار جامع كبير على الرغم من الانحياز العكسي له.



الشكل ادناه يبين رموز و اتجاهات تيارات الترانزستور نوع NPN و PNP حيث ان اتجاه تيار الباعث يتبع نفس اتجاه السهم الموجود على الرمز الخاص بالترانزستور وتيار القاعدة و الجامع الاتجاه العكسي

$$I_E = I_C + I_B$$



المعامل β_{dc} والمعامل α_{dc} والعلاقة بينهما

يعرف المعامل β_{dc} بانه النسبة بين تيار الجامع الى تيار القاعدة في ظروف العمل الساكنة (dc)، كما يسمى كذلك بمعامل كسب التيار المستمر وكما يرمز له كذلك بالرمز (h_{FE}). ، اي ان:

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

وتكون قيمته لمعظم الترانزستورات اكبر من 20 وهو يتراوح عادة من 50 الى 300 ، علماً بانه في بعض الترانستورات الخاصة يمكن ان تصل قيمته الى 1000.

اما المعامل α_{dc} فيعرف بانه النسبة بين تيار الجامع الى تيار الباعث في ظروف العمل الساكنة (dc). اي ان:

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

وحيث ان تيار الجامع يكون عادة اقل بقليل من تيار الباعث لذا تكون قيمة المعامل α_{dc} اقل بقليل من الواحد، يمكن اشتقاق العلاقة التي تربط بين المعاملين β_{dc} و α_{dc} وكما يلي:

من قانون كيرشوف الخاص بالتيار (المجموع الجبري للتيارات الداخلة والخارجة في أي نقطة في أي دائرة كهربائية مغلقة يساوي صفر) لدينا:

$$I_E = I_C + I_B$$

بقسمة طرفي المعادلة (3-5) على I_C نحصل على:

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

من تعريف المعاملين β_{dc} و α_{dc} لدينا: $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$, $\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$ وبالتعويض في المعادلة الاخيرة نحصل على:

$$\frac{1}{\alpha_{dc}} = 1 + \frac{1}{\beta_{dc}}$$

وبترتيب الحدود يمكننا إيجاد المعامل α_{dc} بدلالة المعامل β_{dc} وكما يلي:

$$\frac{1}{\alpha_{dc}} = \frac{\beta_{dc}+1}{\beta_{dc}}$$

ومنه نجد:

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{\beta_{dc}+1}$$

وبنفس الطريقة يمكننا ان نجد المعامل β_{dc} بدلالة المعامل α_{dc} ، حيث نجد:

$$\beta_{dc} = \frac{\alpha_{dc}}{1-\alpha_{dc}}$$

مثال : ترانزستور سليكون محيز بطريقة امامي-عكسي، له (β_{dc}=50) وتيار الجامع يساوي (10mA)، اوجد كل من تيار القاعدة وتيار الباعث.

الحل: من معطيات المثال لدينا: $\beta_{dc}=50\ ,\ I_C=10mA\ \ ,\ \ I_B=?\ \ ,\ I_E=?$

من تعريف معامل كسب التيار المستمر لدينا:

$$\beta_{dc}=\frac{I_C}{I_B}$$

ومنه نجد:

$$I_B=\frac{I_C}{\beta_{dc}} \Rightarrow I_B=\frac{10}{50} \Rightarrow I_B=0.2mA$$

$$I_E=I_C+I_B \Rightarrow I_E=10+0.2 \Rightarrow I_E=10.2mA$$

Electronic

الكترونيك

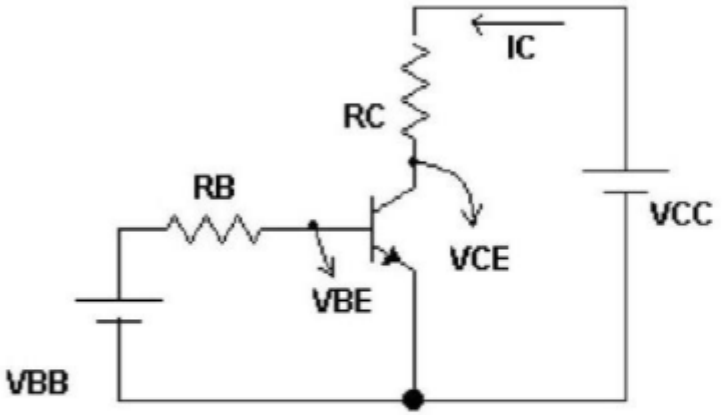
المرحلة الأولى

المحاضرة الحادية عشر

قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

دوائر الانحياز لدائرة الجامع الباعث المشتركة :

1-دائرة انحياز القاعدة :



K.V. L :

$$VBB = IBRB + VBE$$

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

K.V.L :

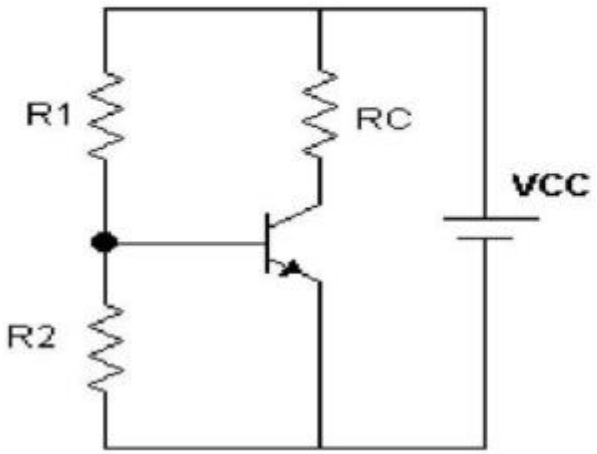
$$VCE = VCE - iCRC$$

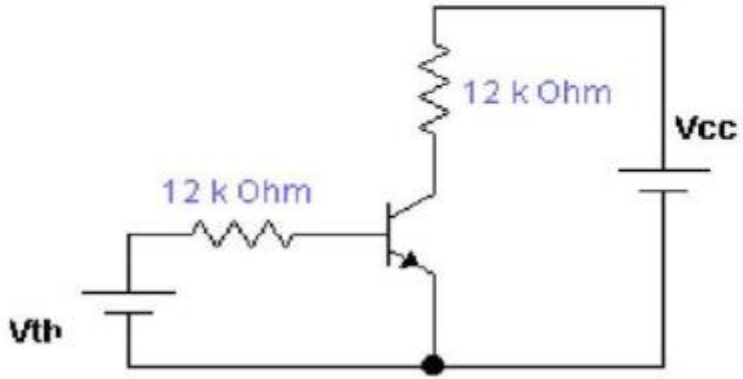
$$Ic = \beta_{IB}$$

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

Q-point (VCE , iC)

2- دائرة انحياز مجزئ الجهد :





K . V . L :

VCC = Ic Rc + VcE

VcE = Vcc – Ic Rc

By thev

$$Rth = \frac{R1\ R2}{R1 + R2}$$

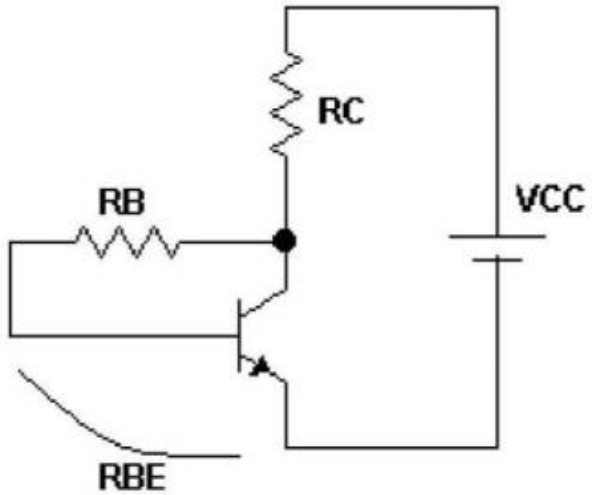
$$Vth = \frac{R2\ VCC}{R1 + R2}$$

$$Ic = \beta\ IB$$

$$IB = \frac{Vth - VBE}{Rth}$$

Q – Point (VcE , Ic)

3-دائرة التغذية العكسية من الجامع



K . V . L :

$$VCC = (IC + IB)\,RC + VcE$$

$$VcE = Vcc - Ic\,Rc$$

K . V . L :

$$Vcc = Ic\,Rc + IB\,RB + VBE$$

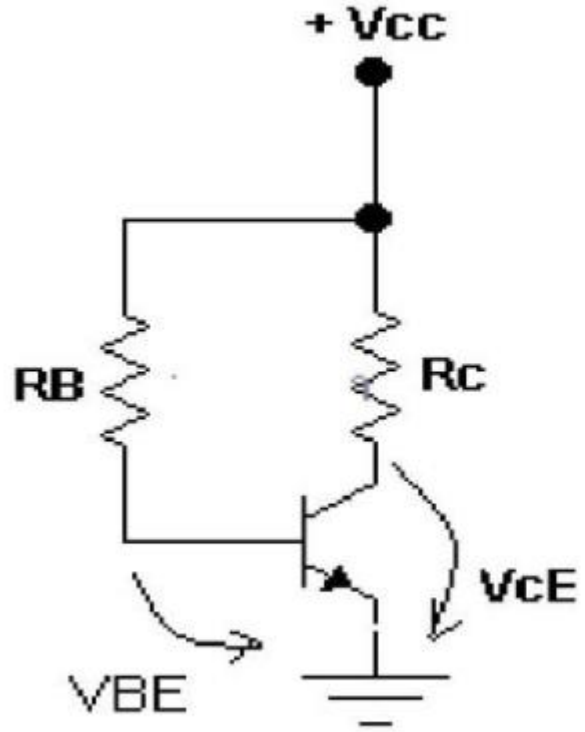
$$IB = \frac{IC}{\beta}$$

$$VCC = IC\,RC + \frac{RB}{B}\,IC$$

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

Q – Point (VcE ; Ic)

4-دائرة الانحياز الذاتي:



K . v . l :

$$vcc = Ic\,Rc + VcE$$

$$VcE = Vcc - Ic\,Rc$$

$$K . V . L : Vcc = IB\,RB + VBE$$

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

Q – Point (VcE ; Ic)

Electronic

الكترونيك

المرحلة الأولى

المحاضرة الثانية عشر

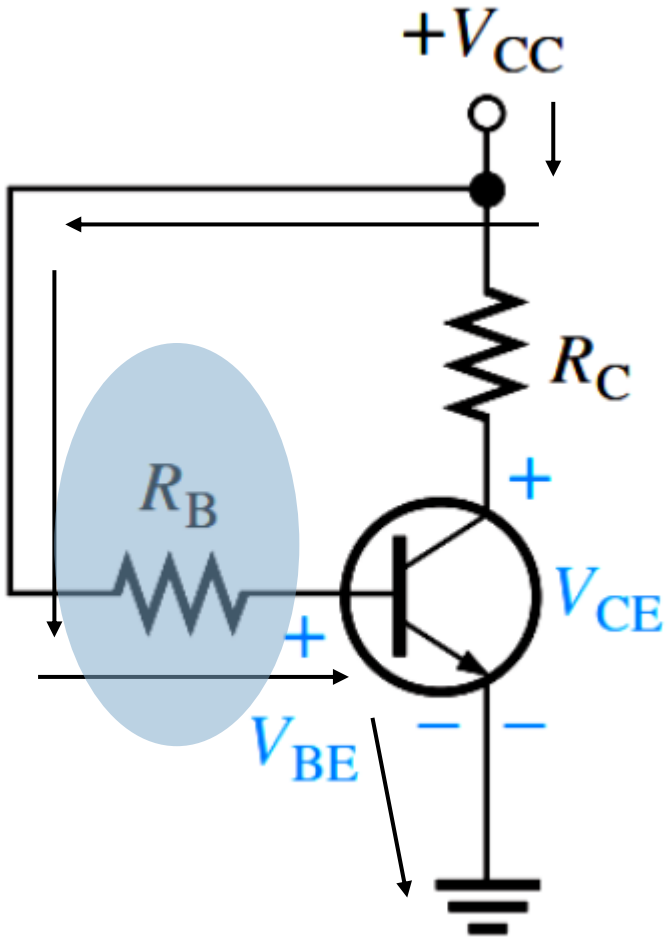
قسم التقنيات الكهربائية \ قوى
د. ذوالفقار حميد الأعرجي

دوائر انحياز الترانزستور

تعمل دوائر الترانزستور الخطية linear بانحياز أمامي على ثنائي الباعث وانحياز عكسي على ثنائي الجامع
ومن الطرق الشائعة لتحييز الترانزستور العمل الخطي :-

- أ- إنحياز القاعدة .
- ب- إنحياز مقسم الجهد .
- ت- إنحياز بالتغذية الخلفية للجامع .
- ث- إنحياز الباعث.

انحياز القاعدة



انحياز القاعدة هي احدى و اسهل طرق الانحيازحيث تضمن تسليط الفولتية على القاعدة و التي بدورها تضمن تيار كافي مسلط على الترانزستور لغرض تشغيله.
يكون تيار القاعدة حسب قانون اوم للتيار

$$V_{CC} - V_{R_B} - V_{BE} = 0$$

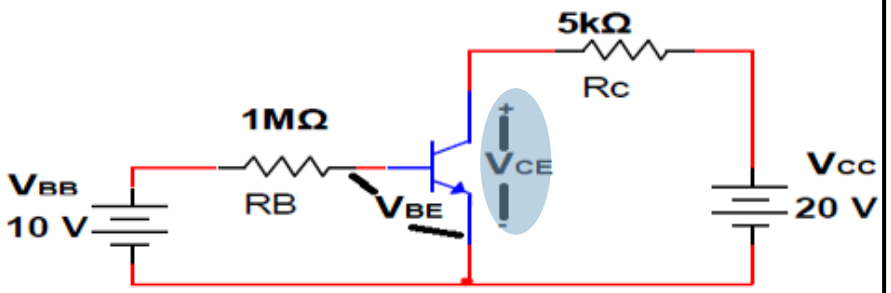
$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} = 0$$

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

مثال :للترانزستور السليكوني في الدائرة أدناه ($\beta dc = 100$) احسب الفولتية بين الباعث والجامع V_{CE}



الحل :-

3 $I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$

$I_B = \frac{10 - 0.7}{1 * 10^6} = 9.3\mu A$

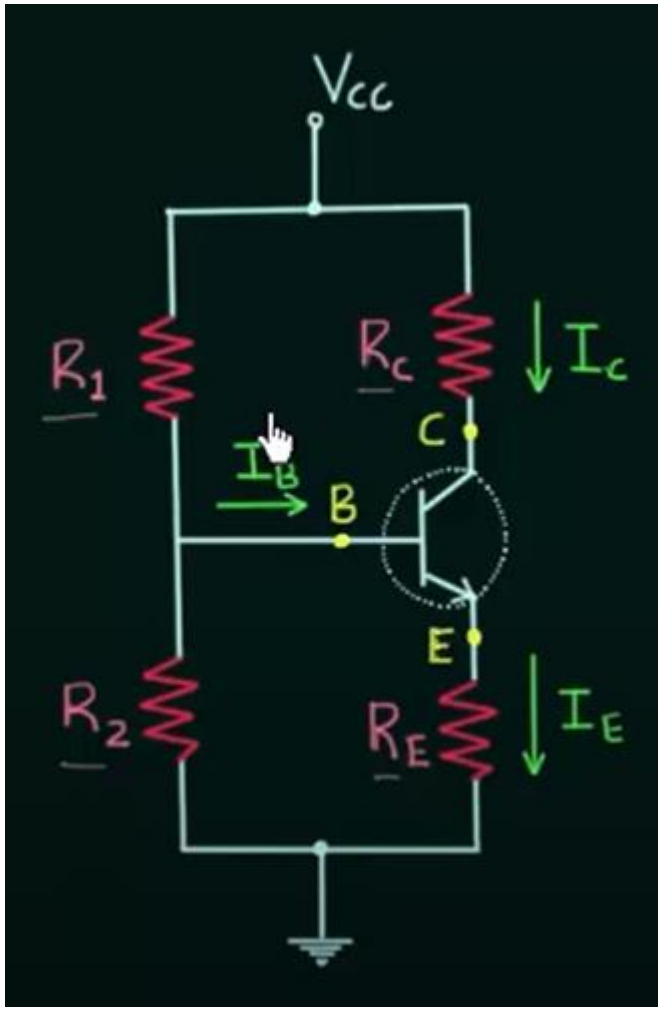
2 $I_C = \beta_{dc} * I_B$

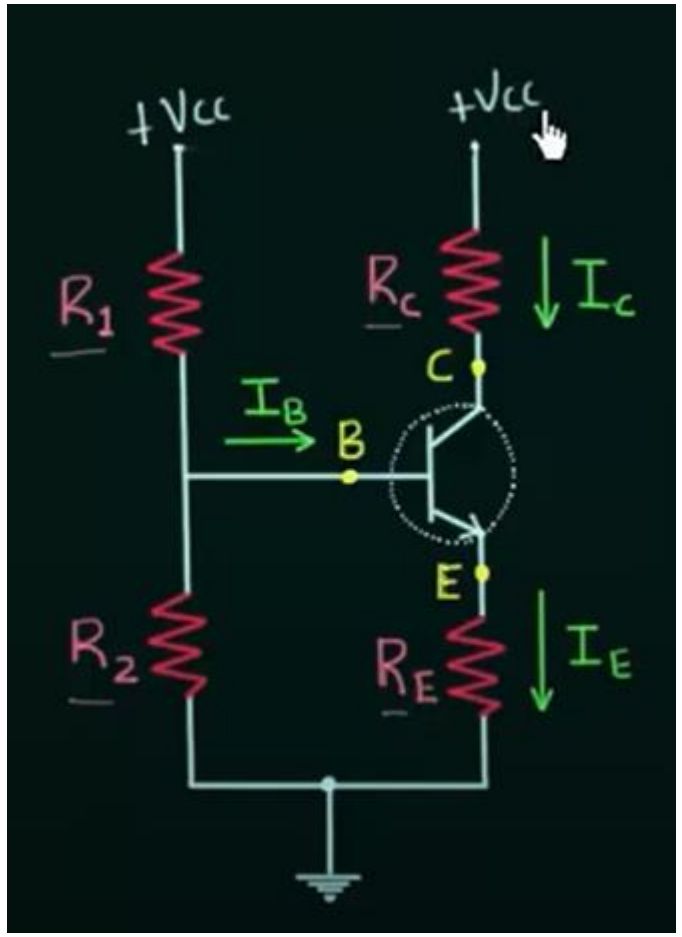
$I_C = 100 * 9.3\mu A = 0.93mA$

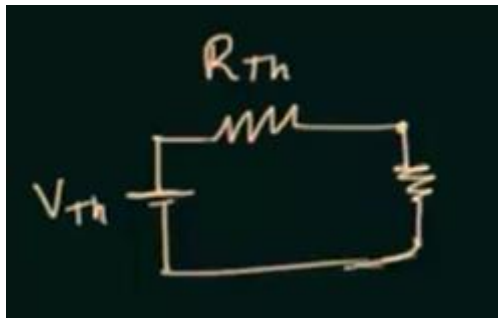
1 $V_{CE} = V_{CC} - I_C * R_C$

$V_{CE} = 20 - 0.93 * 10^{-3} * 5 * 10^3 = 15.4v$

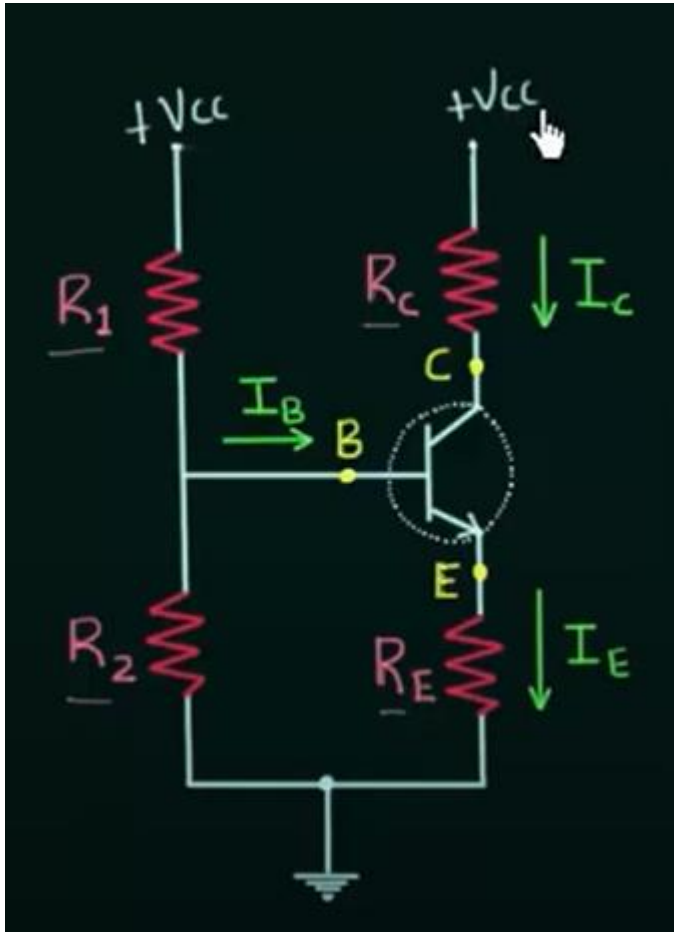
انحياز مقسم الفولتية Voltage - divider bias

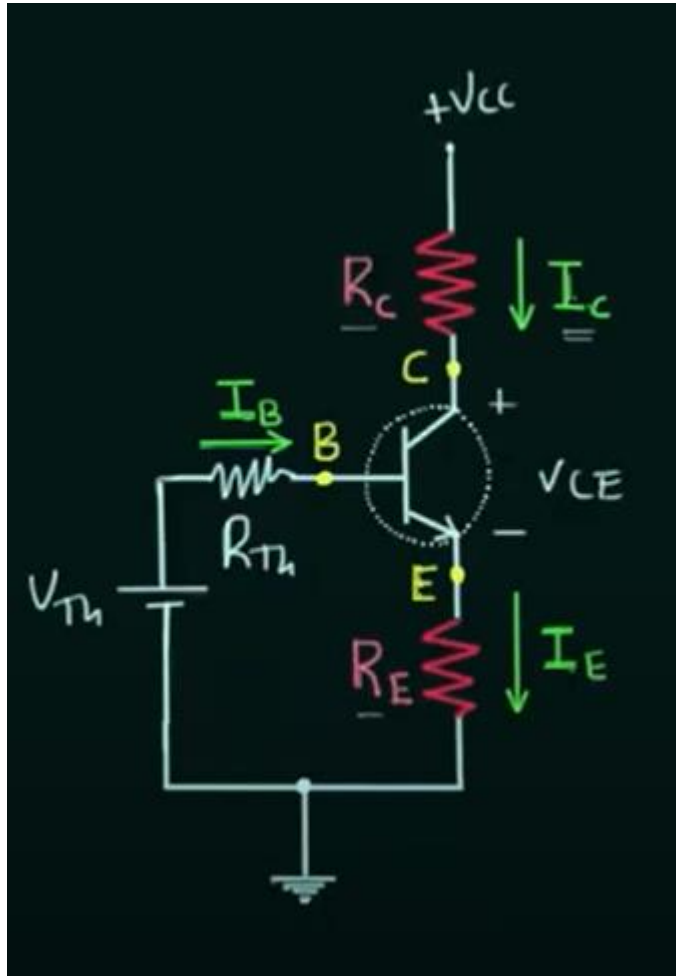


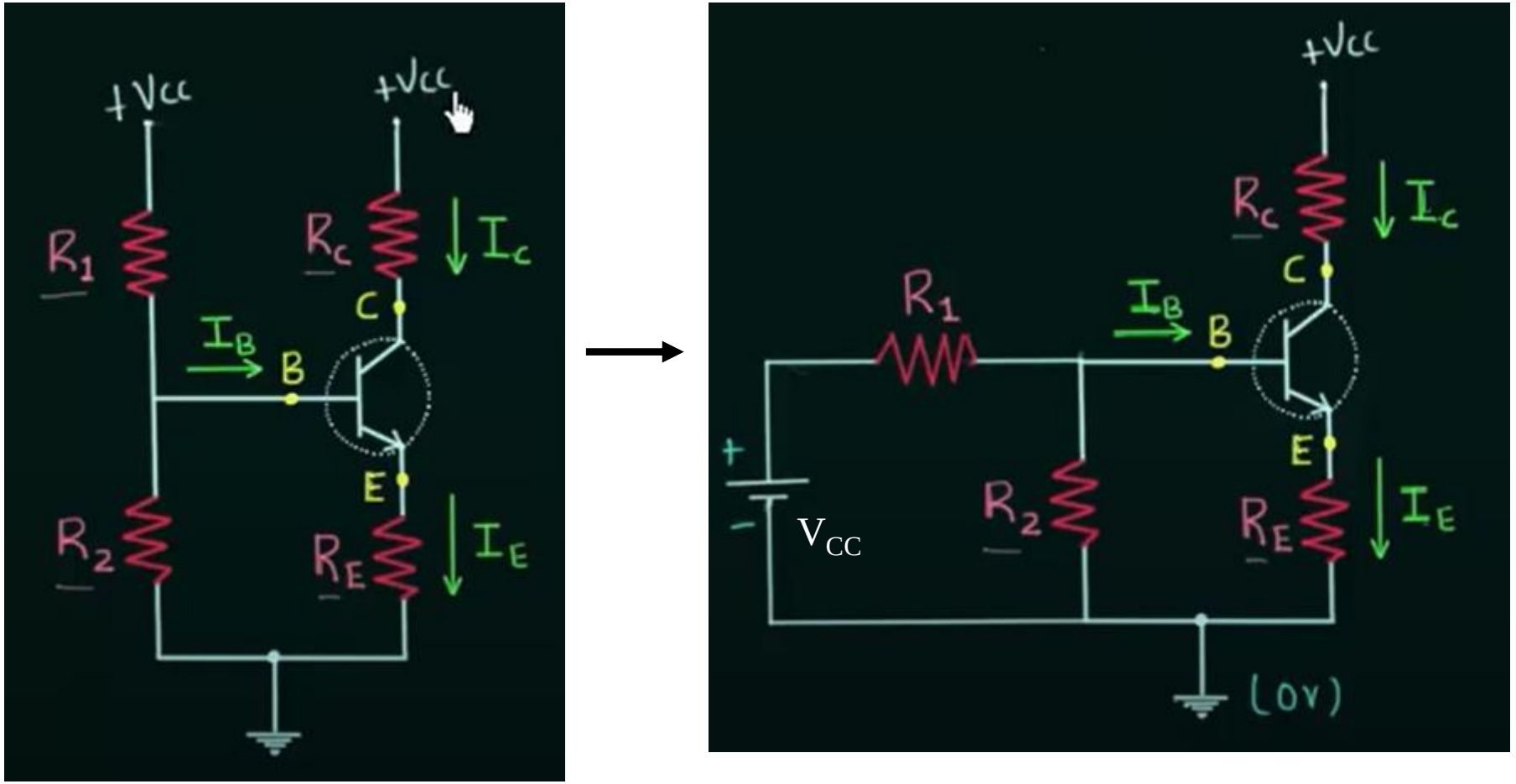


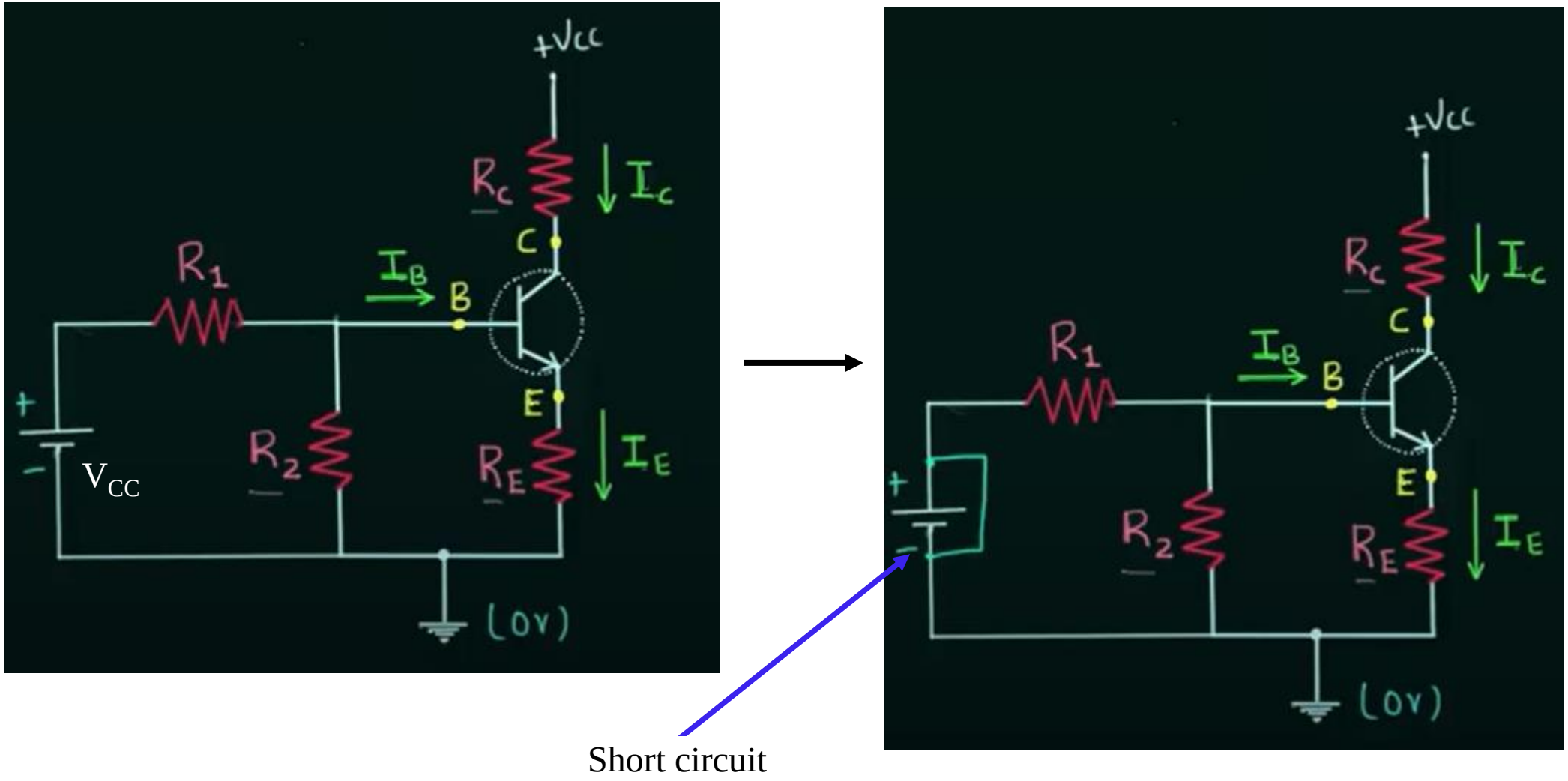


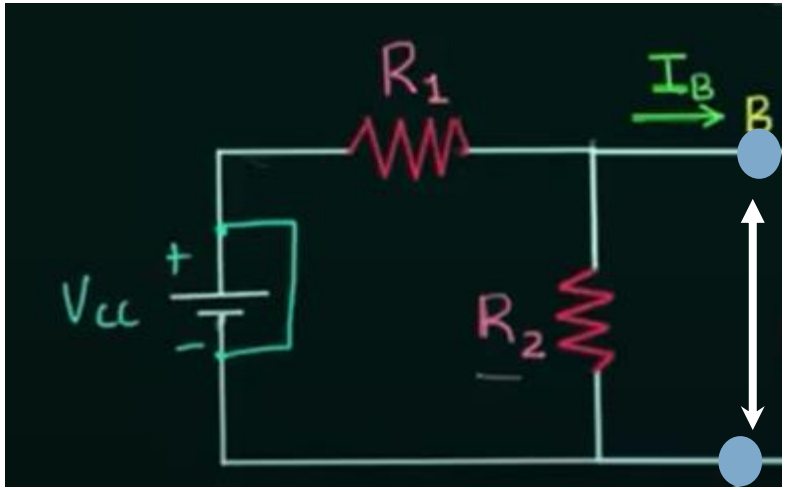
Thevenin theorem





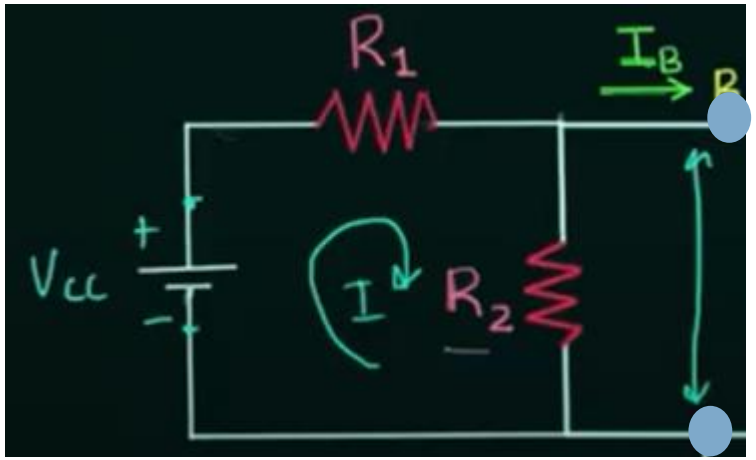

+Vcc
+Vcc
R1
Rc
Ic
C
IB
B
E
R2
RE
IE
+Vcc
Rc
Ic
C
R1
IB
B
E
+
VCC
R2
RE
IE
(0V)


+Vcc
Rc
Ic
C
R1
IB
B
E
+
-
VCC
R2
RE
IE
(0V)
+Vcc
Rc
Ic
C
R1
IB
B
E
+
R2
RE
IE
(0V)
Short circuit



$R_{eq} = R_{th}$

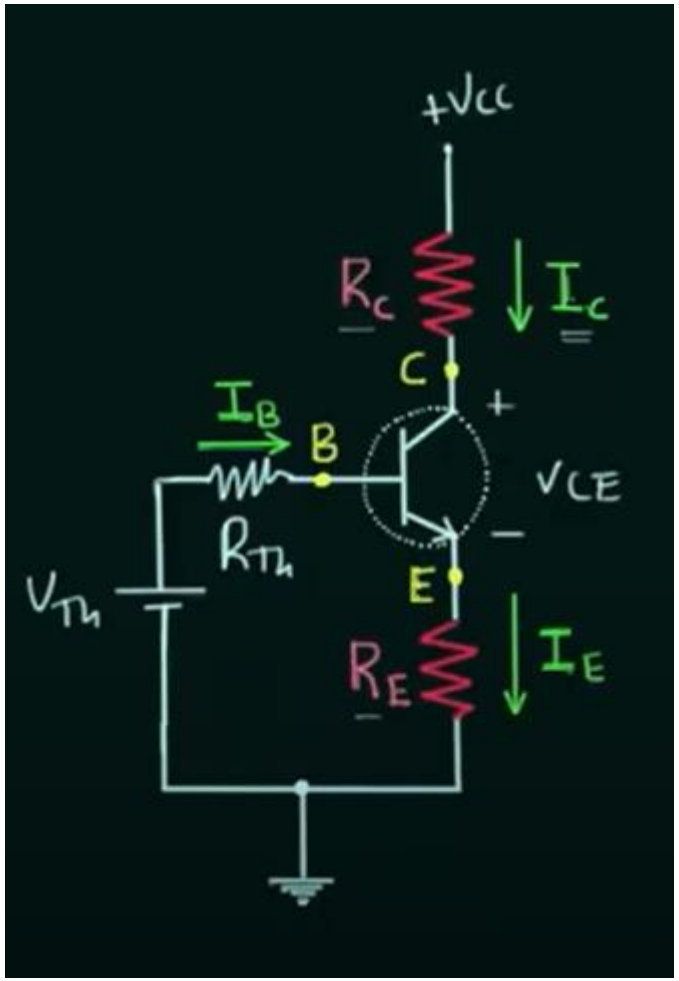
$$R_{th} = R1 \,||\, R2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



V_{th}

$$I = \frac{V_{cc}}{R_1 + R_2}$$

$$\therefore V_{Th} = I R_2 = \frac{R_2 V_{cc}}{R_1 + R_2}$$



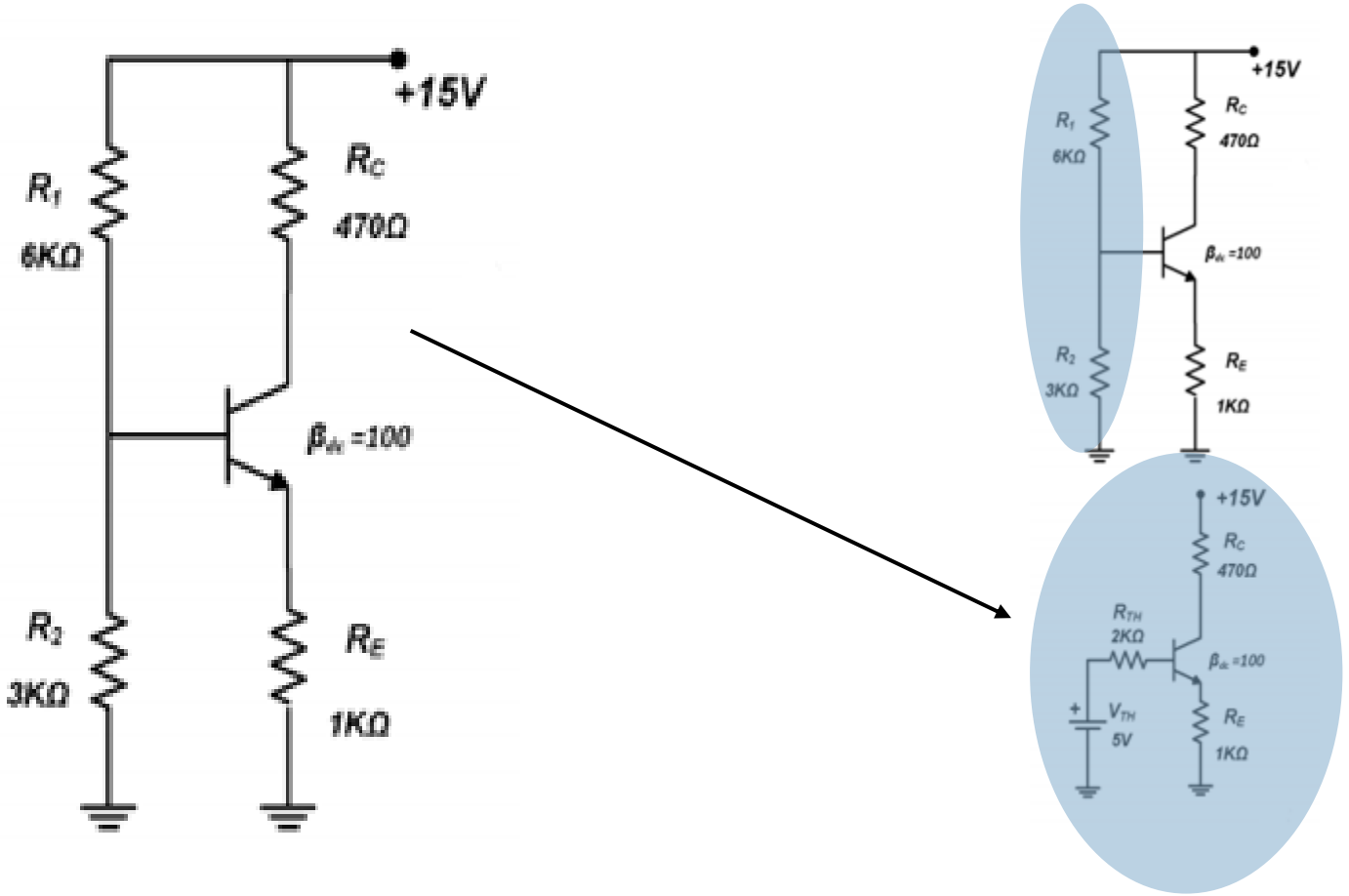
$$V_{Th} - I_B R_{Th} - V_{BE} - I_E R_E = 0$$

$$V_{Th} - I_B R_{Th} - V_{BE} - (\beta+1) I_B R_E = 0$$

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

$$I_C = \beta I_B = \frac{\beta (V_{Th} - V_{BE})}{R_{Th} + (\beta+1) R_E}$$

مثال : في الشكل أدناه اوجد القيمة الدقيقة التيار الباعث علما ان ($V_{BE} = 0.7$) و $\beta = 100$ ؟



الحل :- لو فتحنا طرف القاعدة . يكون مقسم الفولتية غير محمل .

نطبق نظرية ثفنن:

$$V_{\text{th}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{CC}$$

$$V_{\text{th}} = \frac{3K}{6K + 3K} * 15v$$

$$V_{TH} = 5v$$

$$R_{\text{th}} = R_1 // R_2$$

$$R_{\text{th}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 * 3}{6 + 3}$$

$$R_{\text{th}} = 2K\Omega$$

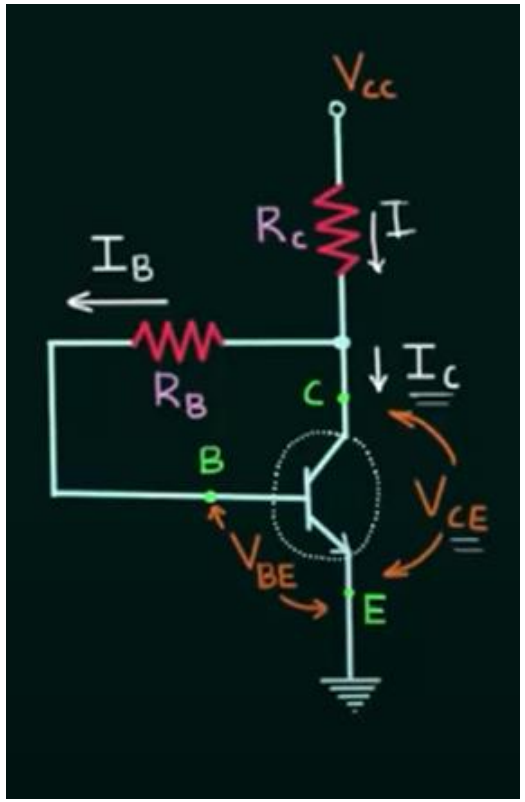
$I_C \cong I_E$

$$I_C = \beta I_B = \frac{\beta (V_{Th} - V_{BE})}{R_{Th} + (\beta + 1) R_E}$$

$I_C \cong I_E = 4.174\ mA$

انحياز بالتغذية الخلفية للجامع Collector feedback -bias

يوضح الشكل (3) انحياز بالتغذية الخلفية للجامع ، ومن صفاته البساطة والاستجابة العالية للترددات الواطئة ، وما يميزه عن انحياز القاعدة أن مقاومة القاعدة مربوطة إلى الجامع وليس إلى مجهز القدرة . نستعمل فولتية الجامع لسوق مقاومة القاعدة بدلا من تسليط فولتية مجهز ثابتة على مقاوم القاعدة وهذا يؤدي إلى تقليص تأثير β_{dc} على نقطة العمل Q .



$$I = I_C + I_B$$

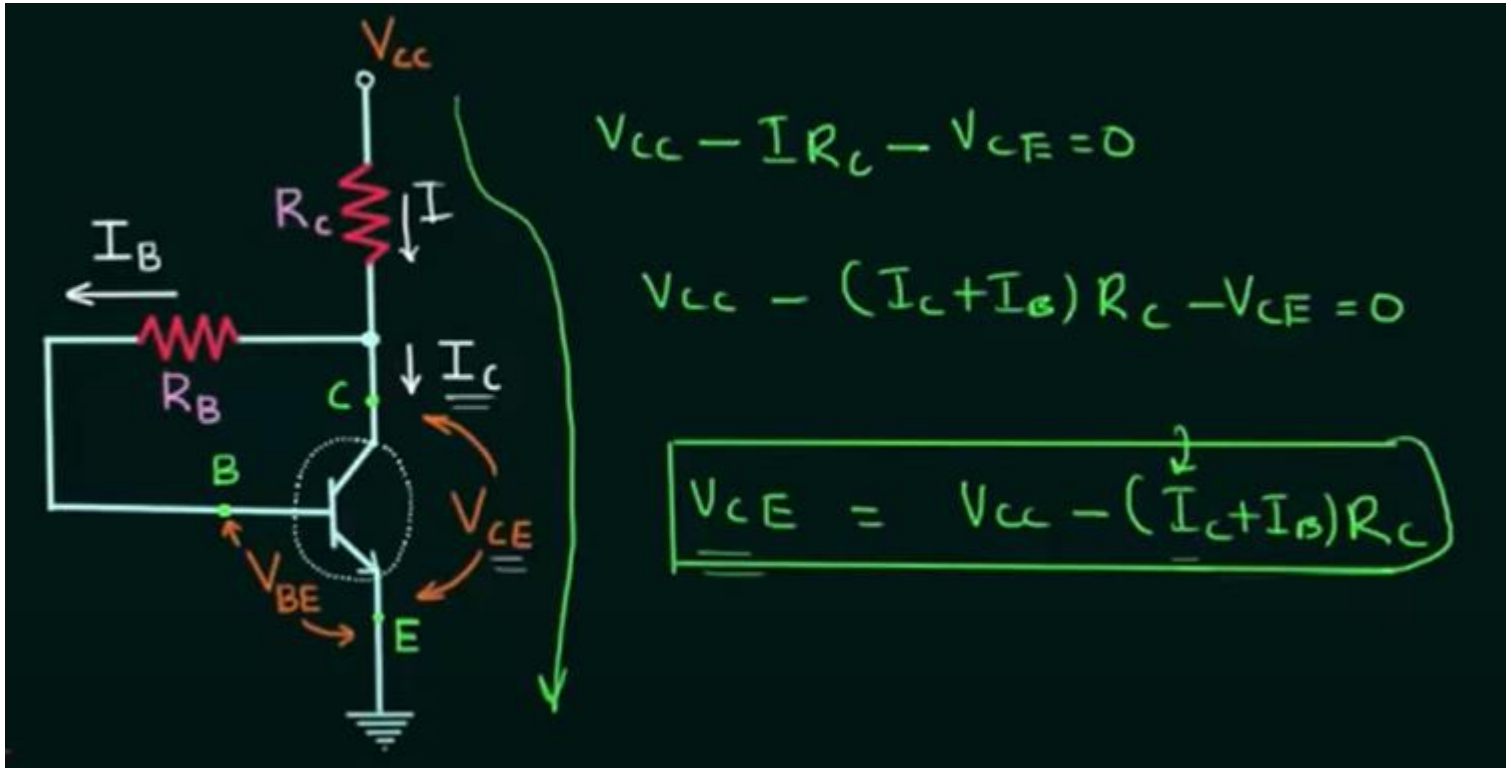
$$V_{cc} - (I_C + I_B)R_C - I_B R_B - V_{BE} = 0 \qquad (\beta I_B)$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$V_{cc} - [(\beta+1)R_C + R_B]I_B - V_{BE} = 0$$

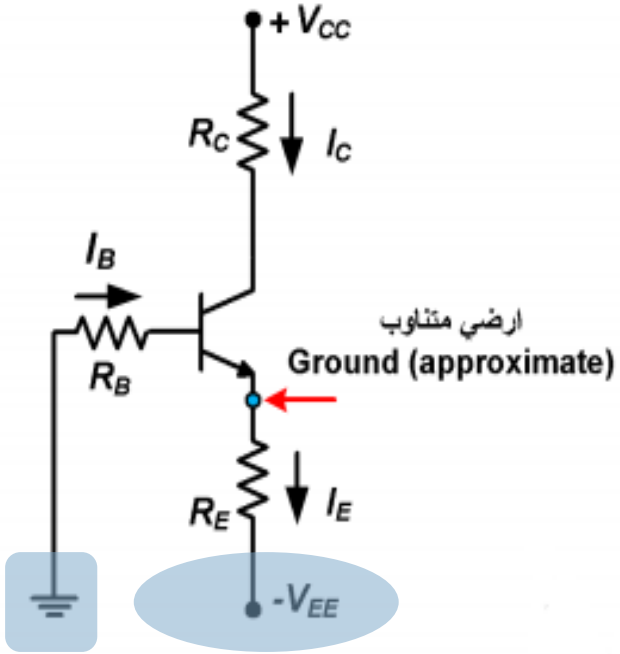
$$\therefore I_B = \frac{V_{cc} - V_{BE}}{(\beta+1)R_C + R_B}$$

$$I_C = \beta I_B = \frac{\beta(V_{cc} - V_{BE})}{(\beta+1)R_C + R_B}$$


Vcc
Rc
I
IB
RB
C
Ic
B
VCE
VBE
E
Vcc − I Rc − VCE = 0
Vcc − (Ic + IB) Rc − VCE = 0
VCE = Vcc − (Ic + IB) Rc

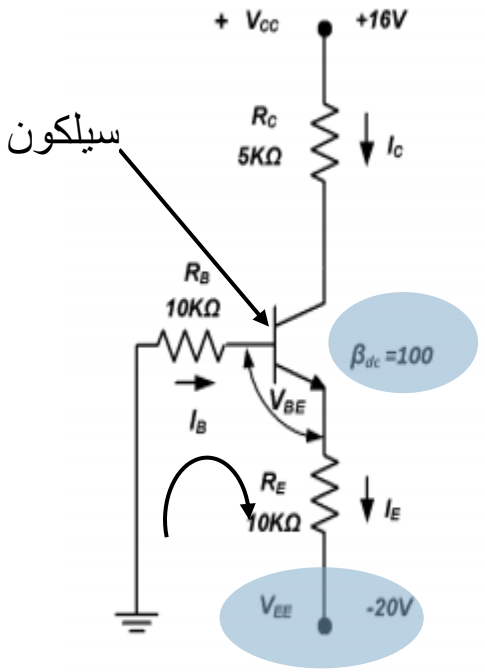
انحياز الباعثEmitter - bais

وهو الانحياز الشائع عند وجود مجهز مجزا وكما مبين بالشكل (4) ، مجهز مجزأ يعني فولتيات موجبة وسالبة . نلاحظ أن ثنائي الباعث منحاز أماميا بواسطة مجهز الفولتية السالبة V_{EE} خلال المقاومة R_E . أما ثنائي الجامع فيكون منحاز عكسيا بواسطة مجهز الفولتية الموجب V_{CC}.



الشكل (4)

مثال :احسب القيمة الدقيقة لتيار الباعث I_E لدائرة انحياز الباعث الموضحة بالشكل أدناه ؟ نطبق قانون كيرشوف للفولتية على دارة الباعث ـ القاعدة



الحل :-

$$I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E - V_{EE} = 0$$

$$I_B R_B + I_E R_E = V_{EE} - V_{BE}$$

$$\because I_C \cong I_E \Rightarrow\Rightarrow I_B = \frac{I_E}{\beta_{dc}}$$

$$R_B \frac{I_E}{\beta_{dc}} + I_E R_E = V_{EE} - V_{BE}$$

$$I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + R_B/\beta_{dc}} = \frac{20 - 0.7}{10000 + \frac{10000}{100}}$$

$$I_E = \frac{19.3}{10100} = 0.00191A = 1.91mA$$

جدول يوضح بعض المحاسن و المثالب ومكان استخدام كل نوع من أنواع الانحياز:

النوع	الميزة	المثلبة	مكان الاستعمال
انحياز القاعدة	البساطة	حساس للتغيرات في β_{dc}	الدوائر الرقمية ودوائر الغلق والفتح
مقسم الفولتية	استقرار النقطة Q	يحتاج الى اربعة مقاومات	مكبرات الغاية العامة
التغذية الخلفية للجامع	استجابة للترددات الواطئة	يعتمد على β_{dc} جزئيا	مكبرات الاشارة الصغيرة
انحياز الباعث	استقرار النقطة Q	يحتاج الى مجهز مجزأ	مكبرات الغاية العامة