وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني كركوك

الحقيبة التعليمية

القسم العلمي: التقنيات الالكترونية والاتصالات

اسم المقرر: الكترونيك ١

المرحلة / المستوى: الاولى

الفصل الدراسي: الاول

السنة الدراسية: ٢٠٢٤ ـ ٢٠٢٥

معلومات عامة

اسم المقرر:	الكترونيك ١						
القسم:	التقنيات الالكترونية والاتصالات						
الكلية:	المعهد التقني كركوك						
المرحلة / المستوى	الاولى						
الفصل الدراسي:	الاول						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	٢	عملي	٢			
عدد الوحدات الدراسية:	٤						
الرمز:	ETK101						
نوع المادة	نظري		عملي		كلهما	نعم	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	نعم						
اسم المقرر النظير	الكترونيك						
القسم	الكهرباء						
رمز المقرر النظير	ELTP101						
معلومات تدريسي المادة							
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	فيصل غازي صابر						
اللقب العلمي:	مدرس مساعد						
سنة الحصول على اللقب	٢٠١٣						
الشهادة :	ماجستير						
سنة الحصول على الشهادة	٢٠١٢						
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	٩						

الوصف العام للمقرر

تعريف الطالب على:

المكونات الالكترونية المصنعة من أشباه الموصلات باختلاف أنواعها – تركيبها – خواصها - استخداماتها في الدوائر الالكترونية-تطبيقاتها وتحليل الدوائر الالكترونية الخاصة بها . إعطاء الطالب فكرة عن الالكترونيك الضوئي ومكوناته والدوائر المتكاملة وتطبيقات مبسطة لمكبر العمليات .

الاهداف العامة

- ما هي اشباة الموصلات
- الخواص الاساسية لاشباة الموصلات
- ما هو P-Type
- ما هو N-Type
- ما هو PN Junction (Diode)
- ما هو Transistor
- ما هو Thyristor
- ما هو Diac
- ما هو Triac
- ما هو Integrated Circuit
- ما هو Operation Amplifier 741

الأهداف الخاصة

- كيفية تصنيع P-Type وما هي خواصه
- كيفية تصنيع N-Type وما هي خواصه
- كيفية تصنيع PN Junction (Diode) وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Transistor وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Thyristor وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Diac وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Triac وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Integrated Circuit وما هي خواصه
- كيفية تصنيع Operation Amplifier 741 وما هي خواصه

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- التعرف على اسماء القطع الالكترونية ومن ما يتكون كل قطعة
- التعرف على المجالات الممكنه لاستخدام كل قطعة من القطع الالترونية
- الظروف القياسية لتشغل كل قطعة من القطع الالكترونية

- **أمثلة أهداف تدريسية:**
- استخدام الدايود في دوائر الموحد
- استخدام الترانزستور في عمليات تكبير الاشارة
- استخدام الثايرستور والدياك والترايك في دوائر السيطرة
- استخدام مكبر العمليات في عمليات تكبير الاشارات

المتطلبات السابقة

- مادة الفيزياء والرياضيات لطلبة الاعدادية
- مادة الطبيعيات لطلبة الدراسات المهنية

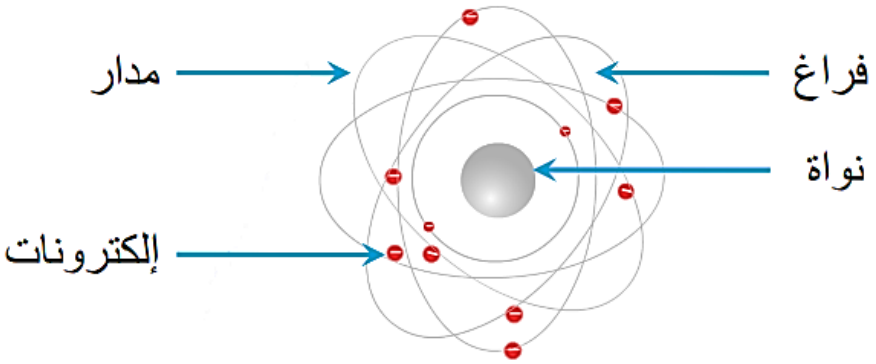
الفصل الاول اشباة الموصلات						
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	النظري	العملي					
الأسبوع الأول	2		التركيب الذري	نظرية أشباه الموصلات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			مستويات الطاقة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			البلورات		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			التوصيل في البلورات		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تيار الفجوة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			كيفية تحرك الفجوات		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الثاني	٢		بلورة موجبة نوع P	التطعيم	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			بلورة نوع سالبة N		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تيار الالكترونات وتيار الفجوات		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			المقاومة الإجمالية.		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الثالث والرابع	٢		وصلة PN تكوين منطقة الإخلاء	ثنائيات أشباه الموصلات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			الجهد الحاجز- التأثيرات الحرارية		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			الانحياز الأمامي - الانحياز العكسي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تيار العبور الزائل - منحنيات الخواص في الاتجاهين الأمامي والعكسي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تيار حاملات الأقلية - تيار التسرب ألسماحي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			جهد الانكسار - جهد الانهيار		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			أعظم تيار إمامي - أعظم تيار عكسي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			الدائرة المكافئة للثنائي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	

الفصل الثاني الدايود						
عنوان الفصل	الوقت		العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
التوزيع الزمني	النظري	العملي					
الأسبوع الخامس	٢		موحد نصف الموجه	الثنائي كموحد للتيار	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			القيمة المستمرة للتيار وحسابها		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			القيمة الفغالة للتيار وحسابها		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تردد الخرج		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الأسبوع السادس	٢		باستخدام محولة تفرع وسطي	توحيد الموجة الكاملة	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			الموحد القنطري		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			حساب القيم المستمرة والفعالة للجهود والتيارات-		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تردد الخرج		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			مقارنة بين توحيد نصف الموجة والموجة الكاملة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			مقارنة بين موحدات الموجة الكاملة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع السابع	٢		الترشيح باستخدام المتسعة	المرشحات	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			مرشحات (LC) و(RC)		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			جهود الخرج والتموج و مضاعفات الجهد		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			دوائر التقليم-التقليم الموجب-التقليم السالب-التقليم المركب		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			كاشف الذروة الى الذروة-ملزمات الموجبة والسالبة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الثامن والتاسع	٢		تركيبه ورمزه وخواصه الأمامية والمكسية	ثنائي الزينر	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			جهود الانهيار والانكسار		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			ممانعة زينر وحمل القدرة وتأثيرات درجة الحرارة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تقريب الزينر وتنظيم الجهد المستمر		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			دائرة مصدر جهد مستمر –الثنائي متغير السعة وتطبيقاته.		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	

الفصل الثالث الترانزستور						
عنوان الفصل / التوزيع الزمني	الوقت: نظري	الوقت: عملي	العنوان الفرعي		طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع . العاشر والحادي عشر	٢		تركيبة ورمزه وخواصه ومناطقه	الترانزستور ثنائي القطبية	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تعريف (Bdc) وتعريف (Cdc) والعلاقة بينهما		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			تعريف المناطق المهمة على منحنيات الخواص		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			دوائر انحياز الترانزستور وانحياز القاعدة وانحياز الباعث وانحياز الجامع		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			التقريب في الترانزستور والدائرة المكافئة		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الثاني عشر	٢		مناطق العمل و-تعريف Iceo و Icbo	منحنيات خواص الترانزستور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			منحني كسب التيار		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			العلاقة بين Ic ,Icbo		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الثالث عشر و الرابع عشر	٢		انحياز القاعدة وانحياز الباعث	دوائر انحياز الترانزستور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			انحياز الجامع والانحياز الذاتي		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			انحياز التغذية الخلفية وانحياز مقسم الجهد		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
			أمثلة تطبيقية		محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	
الاسبوع الخامس عشر			خط الحمل المستمر	الدائرة المكافئة المستمرة للترانزستور	محاضرة	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة, مناقشة	

١-١- الذرة Atom

الذرة هي أصغر شي يمكن الحصول عليه في المادة عند تجزيئتها، وهي متعادلة الشحنة وتعد الذرات هي المكون الأساسي لجميع المواد الموجودة في الكون، فكل عنصر موجود في الجدول الدوري يمتلك تركيبه الذري الفريد والمختلف عن باقي العناصر، فلكل عنصر خصائصه الفيزيائية المميزة له اعتمادا على كتلته الذرية، وقد مرت الذرة بالكثير من مراحل الدراسة حتى وصل العلماء لما نعرفه اليوم. تتكون الذرة من بروتونات موجبة الشحنة، ونيوترونات متعادلة الشحنة، وإلكترونات سالبة الشحنة، وما يحدد عدد كل منها هو نوع العنصر.



شكل (١) الذرة

١-١-١- البروتون Proton

هو جسيم دون ذري يمتلك شحنة موجبة مساوية لمقدار شحنة الإلكترون، وفيما يأتي أبرز خصائصه:

١- تبلغ كتلته ١,٦٧٢٦٢ ×١٠-٢٧ كغ، وهي تساوي ١٨٣٦ ضعف كتلة الإلكترون.

٢- عدد البروتونات هو العدد الذي يمثل العدد الذري للعنصر، وهو أيضاً ما يحدد ترتيب العناصر في الجدول الدوري.

٣- ساد اعتقاد حتى وقت متأخر من القرن العشرين حول ان البروتون جسيم اولي أي لا يوجد شيء داخله ولا يمكن تقسيمه، حيث قام علماء فيزياء الجسيمات الأولية بالكشف عن تركيب البروتونات، وتم تصنيفها ضمن الباريونات(Baryons) ، والباريونات عبارة عن جسيمات تتكون بشكل اساسي من ثلاث جسيمات أولية تعرف بالكواركات (Quarks) .

١-١-٢- النيوترونات Neutron

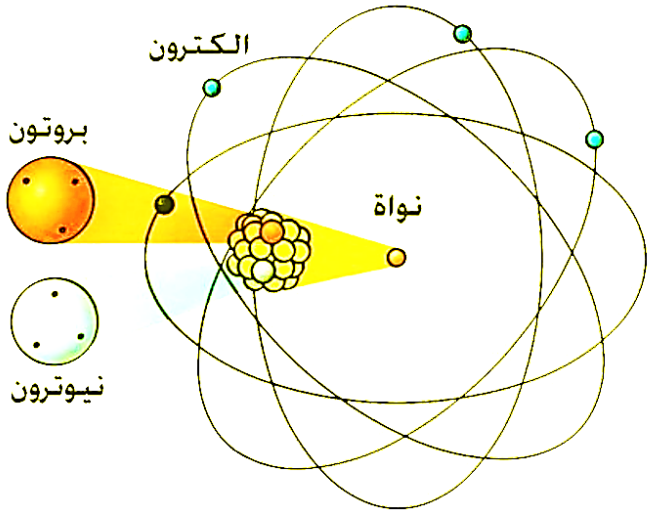
النيوترونات هو جسيم دون ذري موجود في أنوية جميع العناصر ما عدا الهيدروجين العادي؛ إذ إنّ نواته تحوي على بروتون واحد فقط، وفيما يأتي أبرز خصائص النيوترونات:

١- النيوترونات لا تمتلك شحنة كهربائية. كتلتها تبلغ ١,٦٧٤٩٣ ×١٠-٢٧ كغ أي أنه أثقل من البروتون بقليل، وهو ما يعادل ضعف كتلة الإلكترون بـ ١٨٣٩ مرّةً.

٢- تُعرَف البروتونات والنيوترونات بالنيوكليونات) بالإنجليزية(Nucleons :؛ لأنهما محصوران في الحيز الضيق والكثيف الذي يمثل ٩٩,٩٪ من كتلة الذرة والمعروف بالنواة.

٣ـ كما هو الحال بالنسبة للبروتون، فإن النيوترون ظل يُعدّ جسيماً أولياً حتى أنهى هذا الاعتقاد علماء فيزياء الجسيمات في نهاية القرن الماضي.

٤ـ مثل البرتونات، فإن النيترونات تعدّ من مجموعة الباريونات التي تحتوي على ثلاثة كواركات، ومن الجدير بالذكر أيضاً أنها ما يحافظ على تماسك النواة على الرغم من عدم وجود جسيمات سالبة داخلها، بل فقط جسيمات متعادلة وموجبة هو ما يُعرَف بالقوى النووية القوية التي تفوق قوة تنافر البروتونات الموجبة مع بعضها البعض، وتحافظ على تماسك النواة.



شكل (٢) نواة الذرة

١ـ١ـ٣ـ الالكترون Electron

الإلكترونات هي جسيمات دون ذرية تحمل شحنة سالبة أساسية، وتعد من الجسيمات الاولية، وفيما يأتي ابرز خصائص الإلكترونات:

١ـ لا تحتوي على مكونات داخلها، ولا يمكن تجزيئها.

٢ـ لا يوجد ما هو أخفّ منها في الذرة. تبلغ كتلة الإلكترون ٩,١٠٩٣٨٣٥٦×١٠$^{-٣١}$ كغ، وهذه الكتلة لا يتم احتسابها عند حساب كتلة الذرة لصغرها الشديد.

٣ـ توجد الإكترونات حول الأنوية، وتكون موزَّعة في مستويات الطاقة المختلفة، وعند نزع إلكترون من مداره حول نواة فإن الذرة تصبح مُتأيِّنةً، وتُسمّى أيوناً.

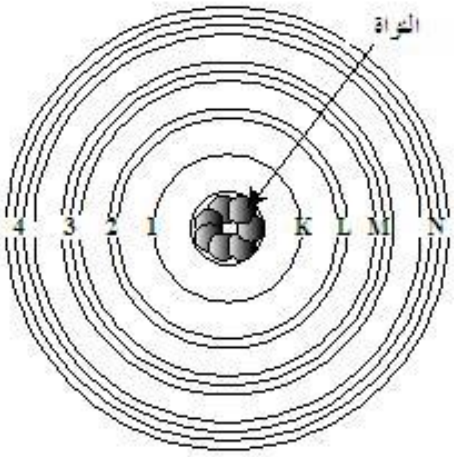
٤ـ يمكن للإكترونات أن توجد بشكلٍ حر جنباً إلى جنب مع الأيونات في حالة المادة المعروفة بالبلازما.

٥ـ بما أن النواة موجبة الشحنة الكهربائية، والإلكترونات التي تدور حولها سالبة الشحنة فهذا يعني وجود قوة كهربائية متبادلة بين النواة والإلكترونات تجذب الإلكترونات نحو النواة.

عندما تدور الإلكترونات حول النواة فإنها تدور في مدارات مقيدة بمسافات محددة عن مركز الذرة هذه المدارات تُسمى أغلفة (Shells) في صورة طبقات فوق بعضها يُرمز لها بالحروف (**K, L, M, N, O, P, Q**) أو

بالأعداد (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧) والغلاف الأول القريب من النواة هو الغلاف (**K**) أو رقم (١) ثم الذي يليه (**L**) أو (٢) وأبعدها هو (**Q**) أو رقم (٧) وكل مدار من هذه المدارات هو في الحقيقة مكون من عدد من المدارات الثانوية يرمز لها بالحروف (**s, p, d, f**) ومصدر هذه الحروف هي الاصطلاحات التي أُتبعت في دراسة التحليل الطيفي للمواد (principal, diffuse, fundamental ,sharp) فإذا فحصنا أحدها مثل الغلاف (L) سوف نجد أنه يتكون من غلافين ثانويين متقاربين جداً والغلاف (**M**) له ثلاثة أغلفة ثانوية والغلاف (**N**) له أربعة أغلفة ثانوية وبما أن الأغلفة متقاربة جداً من بعضها في غلاف معين فإن الطاقة اللازمة لحركة إلكترون بين الأغلفة الثانوية صغيرة جداً بالمقارنة مع الطاقة المطلوبة لإزاحة إلكترون من أحد الأغلفة الرئيسية إلى آخر.وأقصى عدد في كل غلاف محدد بالقاعدة: $S = 2n^2$

حيث : (S)عدد الإلكترونات (n) رقم المدار.



شكل (٣) مدارات الالكترونات

مثال: ما عدد الإلكترونات في الغلاف (L) أو رقم (2) هو

$S = 2\ (2)^2 = 8$ electrons

أي أن المدار الثاني لا يستطيع أن يقبل أكثر من ثمانية إلكترونات، فإذا كانت ذرة مادة السليكون تحتوي على (١٤ إلكترون) فإن ذلك يعني أن المدار الأول سوف يحتوي على (٢ إلكترون) والمدار الثاني يحتوي على (٨ إلكترون) والباقي وهو (٤ إلكترون) يكون في المدار الثالث والذي يستطيع أن يستوعب (١٨ إلكترون).

معنى ذلك إنه قبل أن تتواجد الإلكترونات في الغلاف الثاني يجب أن يكون الغلاف الأول قد امتلأ بالحد الأقصى له طبقاً للمعادلة السابقة ولا توجد إلكترونات في المدار الثالث قبل أن يمتلئ المدار الثاني بالحد الأقصى له وهكذا . ومع أنه يوجد عدد أكبر من الإلكترونات في الأغلفة الخارجية الأكثر بعداً عن الأغلفة التي تسبقها إلا أن الغلاف الخارجي للذرة لا يمكن أن يحتوي على أكثر من ثمانية إلكترونات، كما لا يمكن أن تكون الأغلفة الخامس، السادس، السابع كاملة العدد من الإلكترونات والسبب هو أن الإلكترونات تبدأ في شغل الأماكن في أغلفة جديدة قبل أن يتم شغل كل الأماكن في الأغلفة السابقة.

يُحدد الغلاف الخارجي والمسمى (غلاف التكافؤ / Valence shell) النشاط الكيميائي للعنصر فإذا كان الغلاف الخارج ممتلئاً بالكامل بالإلكترونات فإن المادة تكون خاملة ولا تتفاعل كيمائياً مثال: النيون (١٠ إلكترون) الغلاف الأول يحتوي على (٢ إلكترون) والغلاف الثاني يحتوي على (٨ إلكترون) وهو الحد الأقصى لهذا الغلاف.

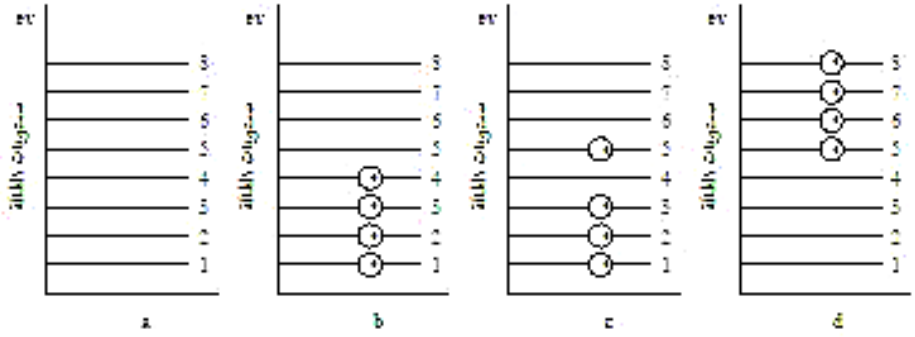
معنى ذلك إنه قبل أن تتواجد الإلكترونات في الغلاف الثاني يجب أن يكون الغلاف الأول قد امتلأ بالحد الأقصى له طبقاً للمعادلة السابقة ولا توجد إلكترونات في المدار الثالث قبل أن يمتلئ المدار الثاني بالحد الأقصى له وهكذا . ومع أنه يوجد عدد أكبر من الإلكترونات في الأغلفة الخارجية الأكثر بعداً عن الأغلفة التي تسبقها إلا أن الغلاف الخارجي للذرة لا يمكن أن يحتوي على أكثر من ثمانية إلكترونات، كما لا يمكن أن تكون الأغلفة الخامس، السادس، السابع كاملة العدد من الإلكترونات والسبب هو أن الإلكترونات تبدأ في شغل الأماكن في أغلفة جديدة قبل أن يتم شغل كل الأماكن في الأغلفة السابقة.

يُحدد الغلاف الخارجي والمسمى (غلاف التكافؤ / Valence shell) النشاط الكيميائي للعنصر فإذا كان الغلاف الخارج ممتلئاً بالكامل بالإلكترونات فإن المادة تكون خاملة ولا تتفاعل كيمائياً مثال: النيون (١٠ إلكترون) الغلاف الأول يحتوي على (٢ إلكترون) والغلاف الثاني يحتوي على (٨ إلكترون) وهو الحد الأقصى لهذا الغلاف.

إذا كان الغلاف الخارجي غير ممتلئ فإنه يمكن أن يتحد بروابط كيميائية مع ذرات أخرى ليعطي نفس تأثير الأغلفة الخارجية الممتلئة. والإلكترون يجب أن يكون في أحد الأغلفة بمعنى أنه لا يمكن أن يستقر بين الأغلفة. ولكي نسمح لإلكترون بأن يتحرك من غلاف إلى آخر فإنه يتطلب كميات محددة من الطاقة (quanta) هذا الكم من الطاقة هو أصغر وحدة من الطاقة يمكن أخذها في الاعتبار. فإذا كانت الطاقة المطلوبة لإزاحة إلكترون من أحد الأغلفة إلى آخر بمقدار (٤) وحدات فإن طاقة قدرها (٣) وحدات لا تستطيع أن تصنع إزاحة.

١-١-٤- حزم الطاقة Energy Bands

لا تمتلك المواد شبه الموصلة إلكترونات تملأ جميع مستويات الطاقة المسموحة من الأغلفة الثانوية الخارجية للذرة وطبقاً لمبادئ بولي للاستبعاد (pauli,s exclusion principle) للفيزياء فإنه لا يوجد إلكترونين خلال منظومة واحدة لهما نفس مقدار الطاقة تماماً لذلك عند وجود عدد معين من مستويات الطاقة فإن لكل مستوى منها قيمة مختلفة عن الآخر.



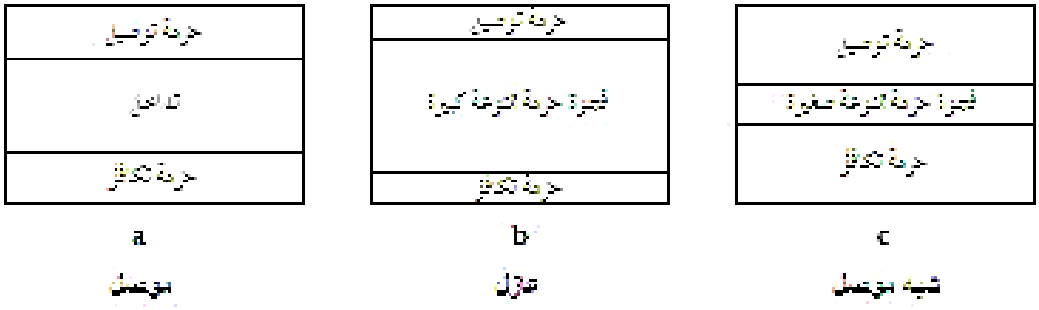
شكل (٤) مستويات الطاقة

إذا أخذنا ذرة لها أربعة إلكترونات في الغلافين الخارجيين ولها ثمان حالات لمستوى طاقة ممكنة مسموح بها. فإن الإلكترونات الأربعة تكون موجودة في مستويات الطاقة الأربعة السفلي (١, ٢, ٣, ٤) فعند إمداد هذه المنظومة بالطاقة فإن الإلكترون الموجود في المستوى رقم (٤) يتحرك إلى المستوى الأعلى رقم (٥) وكلما زادت الطاقة الداخلة إلى الذرة فإن الإلكترونات تتحرك حتى تصل إلى الوضع النهائي للمستويات (٥, ٦, ٧, ٨) وتبقى المستويات (١, ٢, ٣, ٤) خالية.

تتكون المادة الصلبة من عدد هائل من الجزيئات التي ترتبط مع بعضها وعلى ذلك فإن جميع المستويات لجميع الجزيئات يجب أن تكون مختلفة وذلك استناداً إلى مبادئ بولي للاستبعاد . ونظراً لأن الخطوط المفردة كثيرة جداً لذا يندمج عدد من هذه الخطوط على هيئة حزم (Bands) وينقسم العدد الكلي لمستويات الطاقة في الأغلفة الثانوية الخارجية إلى نوعين:

أ- **حزمة تكافؤ Valence band :** وفيها لا تكون الإلكترونات مستعدة للحركة من ذرة إلى أخرى.

ب- **حزمة توصيل Conduction band:** وفيها تكون الإلكترونات حرة في الحركة كذلك يمكنها أن تكون حاملة للتيار (Current Carriers)



شكل (٥) حزمة التوصيل والتكافؤ للمواد

١. في الموصل النحاسي تندمج حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل شكل (a) فإذا سلطت قوة دافعة كهربائية (emf) صغيرة على الموصل فهي كافية لإحداث سريان التيار.

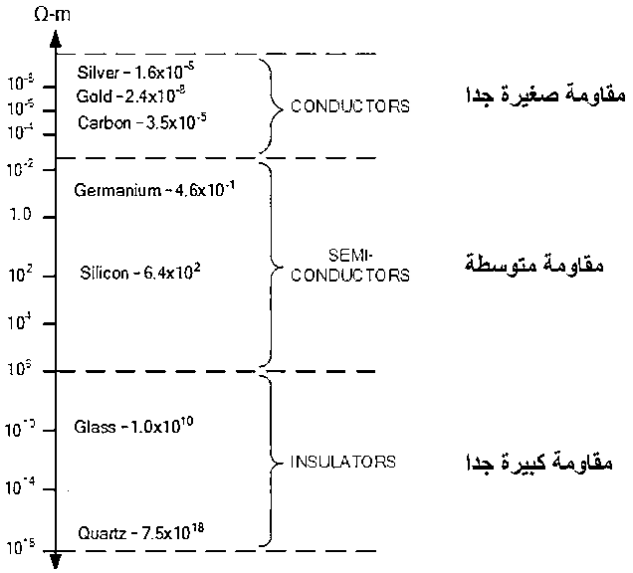
٢. في العازل جميع الإلكترونات في الأغلفة الخارجية الثانوية تكون في حزمة التكافؤ بالإضافة إلى وجود فجوة كبيرة بين مستويات الطاقة السفلي المسوح بها لحزمة التكافؤ ومستويات الطاقة العليا المسموح بها لحزمة التوصيل شكل (b) وتُسمى هذه الفجوة بالحزمة الممنوعة (band Forbidden) والتي لا تحتوي على حالات لمستويات طاقة مسموح بها وعلى ذلك يمكن إهمال حركة الإلكترونات في الظروف العادية. فإذا سلطت جهداً على عازل فإن الإلكترونات تحتاج إلى طاقة معينة لعبور الفجوة الممنوعة إلى حزمة التوصيل وعند حدوث ذلك يسري التيار في العازل ونقول أن العازل قد انهار تحت تأثير الجهود العالية.

٣. المواد الأساسية المستخدمة في أشباه الموصلات هي عناصر لها ثمان حالات طاقة مسموح بها في الغلاف الثانوي الخارجي ولها أربعة إلكترونات في الأغلفة الثانوية الخارجية مثال (السليكون ، الجرمانيوم) . عندما

تتكون مادة صلبة من ذرات السليكون أو الجرمانيوم نحصل على حزمتين للطاقة منفصلتين بفجوة ضيقة شكل (c) تكون أربع من حالات مستويات الطاقة المسموح بها لكل ذرة في حزمة التوصيل وأربع من حالات الطاقة المسموح بها في حزمة التكافؤ وللحصول على سريان للتيار الكهربائي في المادة فإنه يجب تجهيز طاقة خارجية كافية لجعل الإلكترونات تعبر الحزمة الممنوعة إلى حزمة التوصيل.

١-٢- المواد

تقسم المواد في الطبيعة الى موصلات وعوازل واشباه الموصلات .عدد ألالكترونات الموجودة في المدار الخارجي للذرة (حزم التكافؤ) يحدد قدرة المادة على التوصيل الكهربائي حيث أن الالكترونات الموجودة في ألاغلفة الداخلية تكون اقرب الى النواة فتكون قوة التجاذب بينها وبين البروتونات الموجودة في النواة قوية جدا وتدعى هذه ألالكترونات بألالكترونات المقيدة , أما ألالكترونات الموجودة في ألاغلفة الخارجية فتكون ابعد عن النواة فتكون قوة التجاذب بينها وبين البروتونات الموجودة في النواة ضعيفة وتدعى هذه ألالكترونات بالألكترونات التكافؤ أو ألالكترونات الحرة, لذا فأن الخواص الكهربائية للمواد تتحدد بعدد ألالكترونات الموجودة في ألاغلفة الخارجية لذراتها ولذلك تقسم المواد حسب قابليتها للتوصيل الى



شكل (٦) المقاومة النوعية للعناصر

١-٢-١- الموصلات:-Conductors

هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها، وتسمى كذلك بالناقلات الكهربائية، وتعتبر المعادن من أكثر المواد الناقلة للكهرباء، ويضاف إلى المعادن كمواد موصلة للكهرباء مواد أخرى مثل المحاليل، والأحماض، والقواعد، والكربون، حيث تتميز هذه المواد بأنها تحتوي على إلكترونات حرة في مدارها الأخير، قابلة للحركة عند وجود قوة خارجية تدفعها للحركة، ومن أفضل الموصلات الكهربائية هي معادن الذهب، و**الفضة**، والألمنيوم، والنحاس الذي يعتبر من أشهر المعادن في التمديدات الداخلية، والأجهزة الكهربائية؛ لجودته وانخفاض تكلفته،

على خلاف الذهب والفضة ذات التكلفة المرتفعة. وتتأثر كفاءة الناقلات الكهربائية بالحرارة، ولهذا يفضل وجود درجات حرارة منخفضة حولها لتؤدي وظيفتها بكفاءة وقدرة عالية.

١-٢-٢- العوازل:-Insulators

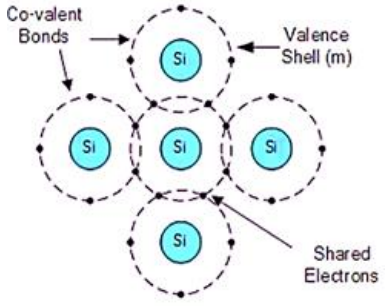
هي المواد التي لاتنتقل الشحنة الكهربائية خلالها ويعود ذلك الى عدم أحتوائها على الكترونات طليقة حيث يكون ترابط ألالكترونات قويا وتكون ألاغلفة مملؤة بصورة متوازنة ونحتاج الى قوة دافعة كهربائية عالية جدا ليتولد تيار كهربائي ومن الأمثلة عليها الغازات بأنواعها، وبعض السوائل، والمواد الصلبة التي يستثنى منها المعادن، والكربون، وتعتبر المواد العازلة ضرورية ومهمة عند لمس التيار الكهربائي مثل البلاستيك، والمطاط.

١-٢-٣- أشباه الموصلات:-Semiconductors

هي مواد تسمح بمرورالتيارالكهربائي بشكل ضعيف وأيضاً هي مادة عازلة، وتسمح بإمكانية ضبط قدرتها على التوصيل الكهربائي، وتستخدم هذه المواد مثل السيليكون، والجرمانيوم، في الإلكترونيات التي تضم الحواسيب، والتلفاز، والراديو، والآلات الحاسبة، والترانزستور.وغيرها ويمكن التحكم بتوصيلية هذه المواد أما عن طريق زيادة درجة الحرارة أو عن طريق التشويب ألخ...

١-٢-٣-١- بلورات الجرمانيوم والسليكون

تتوزع الذرات في البلورة على شكل نماذج هندسية متماثلة، في بلورات السليكون والجرمانيوم كل ذرة لها رابطة مع كل من أربع ذرات أخرى مكونة تركيباً رباعياً كل ذرة لها أربع إلكترونات في الغلاف الخارجي ولما كان الغلاف الخارجي يمكن أن يستوعب حتى ثمانية إلكترونات لذا عند مشاركة إلكترونات الغلاف الخارجي للذرات المتجاورة فإن الأغلفة الخارجية ستكتمل بسبب إلكتروناتها الأربعة مضافاً إليها أربعة إلكترونات من الذرات المجاورة (إلكترون من كل ذرة) مما يرفع العدد إلى ثمانية إلكترونات وهو الحد الأقصى المسموح به للغلاف الخارجي. وتُسمى مشاركة إلكترون بين ذرتين لنفس المادة رابطة تساهمية (Covalent band) وفي المواد شبه الموصلة تكون الروابط التساهمية على شكل أزواج وفي الشكل يمثل كل خط إلكتروناً مشتركاً مكوناً رابطة تساهمية.



شكل (٧) بلورة سيليكون نقية ومستقرة

١-٢-٣-٢- خصائص المواد الشبة الموصلة (الجرمانيوم و السيليكون)

١- لها خصائص كهربائية بين المواد الموصلة والمواد العازلة ولذلك سميت بالشبة موصلة.

٢- تمتلك عدد قليل من الالكترونات الحرة ولذلك لا يمكنها توصيل التيار الكهربائي ولكن يمكن تحسين هذه التوصيلية باضافة بعض الشوائب لها التي تزيد من الالكترونات الحرة فيها.

٣- تتم اضافة عدد من الذرات الشوائب بنسبة ١ (شائب) : ١٠ مليون (شبة موصل) تسمى بعملية التطعيم.

٤- يتم استخدام عنصر شبة موصل كالسيليكون واضافة شوائب للحصول على بلورة جديدة اما تكون موجبة او سالبة

١-٣- اشباه الموصلات

١-٣-١- اشباه الموصلات النقية Intrinsic Semiconductor Material

كما سبق توضيحه فإن المادة البلورية المصنوعة من السليكون النقي أو الجرمانيوم النقي تعتبر مادة شبه موصلة نقية. فعندما تكون المادة في درجة حرارة الصفر المطلق تكون جميع الإلكترونات في حزمة الطاقة رابطة تكافؤية ولا وجود لأي منها في حزمة التوصيل لذلك فإن المادة تكون عازلاً مثالياً.

١- فجوة الطاقة (Energy Gap_EG): تقل كلما زادت درجة الحرارة المحيطة بالمادة شبه الموصلة المصنوعة من السليكون أو الجرمانيوم فإذا سُخنت هذه المادة فإن الإلكترونات سوف تقفز تاركة حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل.

٢- عند درجة حرارة الغرفة يحدث عبور للإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل انتقال الإلكترون من حزمة التكافؤ يترك وراءه فجوة إلكترونية (Hole)

٣- في البلورة النقية عدد الإلكترونات في حزمة التوصيل مساوياً لعدد الفجوات الإلكترونية في حزمة التكافؤ أي إلكترون لك فجوة (electron – hole pairs)

٤- في حزمة التوصيل تكون الإلكترونات حرة في التنقل، وبصورة مشابهة إذا تحرك إلكترون في حزمة التكافؤ لملئ فجوة إلكترونية فإنه سوف يترك فجوة إلكترونية في المكان الذي جاء منه. لذلك يمكن الحصول على تيار في حزمة التوصيل وتيار مستقل في حزمة التكافؤ والذي ينتج عن قفز الفجوات الإلكترونية من ذرة إلى أخرى.

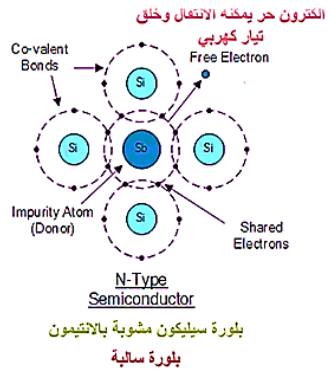
٥- الإلكترون الموجود في حزمة التوصيل له مستوى طاقة أعلى من الفجوة الإلكترونية الموجودة في حزمة التكافؤ.

٦- الإلكترون الواقع في حزمة التوصيل يتطلب لتحريكه طاقة إضافية من مصدر خارجي أقل من الطاقة اللازمة لتحريك الإلكترون الواقع في حزمة التكافؤ. وعلى ذلك فإن الجزء الأكبر من التيار يكون ناشئاً عن إلكترونات حزمة التوصيل كما سيكون هناك في الوقت نفسه تيار فجوات إلكترونية ذو قيمة صغيرة. أي أن الإلكترونات هي حاملة لتيار الأغلبية والفجوات الإلكترونية حاملة لتيار الأقلية وتساهم كلتا الحاملات في صنع التيار الكلي.

١-٣-٢- اشباه الموصلات نوع (N)

تُسمى العناصر التي لها خمسة إلكترونات في الغلاف الخارجي (المجموعة الخامسة في الجدول الدوري) عناصر خماسية التكافؤ وتُستخدم العناصر خماسية التكافؤ في تصنيع أشباه الموصلات مثل : (الفسفور ، الزرنيخ) ويتم تشكيل المادة من نوع (N) عندما يدخل أحد هذه العناصر بدقة وبمعدل متحكم فيه وفي حدود (جزء واحد لكل ١٠ مليون) إلى بلورة الجرمانيوم النقية أو بلورة السليكون النقية. هذه العملية تُسمى التطعيم (Doping) غالباً ما تُسمى هذه الذرات الداخلة بالذرات الشائبة (impurity atoms) لتمييزها عن ذرات الجرمانيوم أو السليكون الموجودة في التركيب البلوري. تزيح كل ذرة شائبة ذرة جرمانيوم أو سليكون في التركيب البلوري وعلى ذلك فإن التركيب البلوري الجديد يكون غير نقي. ولما كانت الذرة ذات التكافؤ الخماسي تكون مرتبطة بأربع روابط تساهمية مع أربع ذرات مجاورة فإن الإلكترون الخامس يكون غير مرتبط مع الذرة الأم ولكن بإمكانه (الانتقال) خلال البلورة.

بما أن الذرات خماسية التكافؤ تُضيف إلكتروناً طليقاً إلى البلورة فإنها تُسمى ذرات مانحة (donor atoms) وعلى ذلك فإن المادة من نوع (N) ذات إلكترونات أكثر من البلورة النقية ولكن يجب أن نتذكر أن أن قطعة من هذه المادة تكون متعادلة عندما يتعلق الأمر بالشحنة الكلية حيث أن عدد الشحنات الموجبة يكون مساوياً مع عدد الشحنات السالبة في كتلة المادة وفي حالة وجود إلكترون طليق إضافي فإن خاصية الذرة المانحة هي أن تحتوي في تركيبها شحنة موجبة في نواتها أكثر مما تمتلكه ذرة المادة الأصلية النقية ويكون الإلكترون طليقاً في الذرة المانحة لأنها جزء من تركيب بلوري منتظم وعند تلف هذا التركيب البلوري فإن الإلكترون لن يصبح عند ذلك طليقاً.



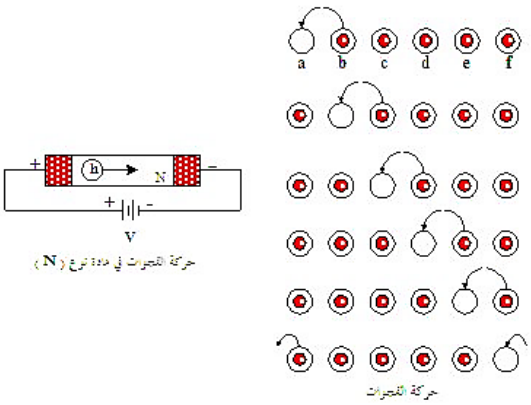
شكل (٨) بلورة سيليكون مشوبة نوع N

تكون الطاقة اللازمة لكسر الرابطة التساهمية في المواد شبه الموصلة النقية بحدود (0.7_1.1 v) وعند تشكيل مادة نوع (N) فإن مستوى الطاقة للإلكترونات الإضافية يكون في حدود (0.01 v) فقط تحت حزمة التوصيل. وحيث أن الطاقة الواصلة إلى هذه الإلكترونات في درجة حرارة الغرفة بواسطة الحرارة يكون في حدود (0.02v) فإن الإلكترونات تنتقل إلى حزمة التوصيل. لذلك وبالإضافة إلى الإلكترونات المانحة توجد أيضاً إلكترونات من العلاقة (إلكترون/فجوة إلكترونية) في حزمة التوصيل وفجوات إلكترونية في حزمة التكافؤ تساهم أيضاً في سريان التيار وتكون النتيجة أنه في المادة نوع (N) تكون:

١. الإلكترونات هي حاملات لتيار الأغلبية

٢. الفجوات الإلكترونية هي حاملات لتيار الأقلية

إذا أخذنا كتلة من نوع (N) ذات نهايات توصيل معدنية عند طرفيها متصلة بمصدر قوة دافعة كهربائية (v) فسوف يتحرك الإلكترون في حزمة التوصيل خلال المادة نوع (N) إلى النهاية المعدنية الموجبة ثم الموصل الخارجي، وفي نفس الوقت يدخل إلكترون آخر من النهاية المعدنية السالبة إلى المادة من نوع (N) لذا فلا يوجد تغيير في العدد الكلي للإلكترونات في كتلة المادة من نوع (N) التيار الناتج هو (I) بالأمبير.



شكل (٩) حركة الفجوات والتيار

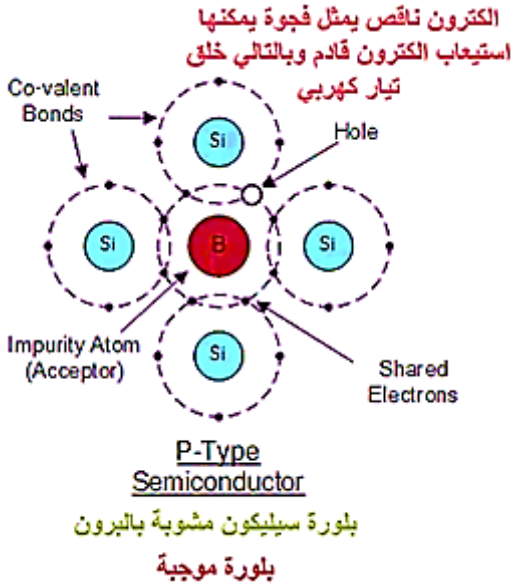
إذا كانت هناك فجوة إلكترونية في المادة من نوع (N) فإن حركتها تكون باتجاه النهاية السالبة للمصدر الكهربائي وذلك لأن الفجوات الإلكترونية تُمثل الشحنة الموجبة .

الشكل يوضح طبيعة توليد تيار بواسطة الفجوات الإلكترونية، نفرض أن الفجوة الإلكترونية عبارة عن دائرة فارغة وكل فجوة بها إلكترون (دائرة مظللة) سنلاحظ أن الإلكترونات تقفز إلى الدائرة الفارغة فعندما يقفز إلكترون من الدائرة (b) إلى الدائرة (a) فإن الدائرة (b) تُصبح فارغةً وعليه يقوم الإلكترون في الدائرة (c) بالقفز إلى الدائرة (b) مخلفاً وراءه دائرة فارغة ليقفز فيه إلكترون من الدائرة (d) وهكذا . سنلاحظ أن حركة الإلكترونات في انتقالها عبر الدوائر الفارغة تتحرك جهة اليسار بينما تتحرك الدوائر الفارغة (الفجوات الإلكترونية) جهة اليمين تبعاً لذلك يأتي التيار في مادة نوع (N) من الإلكترونات الحرة الحركة في حزمة التوصيل ، الآن لدينا تياراً إضافياً ناتج عن الفجوات الإلكترونية المتحركة في الاتجاه العكسي نتيجة لذلك فإن التيار الكلي في المادة من نوع (N) هو مجموع تيار الإلكترونات (تيار الأغلبية) في حزمة التوصيل مضافاً إليه تيار الفجوات (تيار الأقلية) في حزمة التكافؤ.

١-٣-٣- اشباه الموصلات نوع (P)

تسمى العناصر التي لها ثلاث إلكترونات في غلافها الخارجي بالعناصر ثلاثية التكافؤ مثل (البورون _ الألمونيوم) عند إدخال هذه العناصر الشائبة في بلورة جرمانيوم أو سليكون بواسطة التطعيم فإننا نحصل على مادة نوع (p) وتصبح ذرات الشوائب المضافة جزءاً مكملاً للتركيب البلوري ولكنها تترك روابط تساهمية تفتقر إلى إلكترون

واحد وهكذا تتشكل الفجوات الإلكترونية في المادة نوع (p) في المادة نوع (N) تضيف الذرة الخماسية التكافؤ إلكتروناً حراً إلى التركيب البلوري وتسمى ذرة مانحة (donor atom) في المادة نوع (p) تترك الذرة الثلاثية التكافؤ التركيب البلوري مفتقراً إلى إلكترون واحد . لهذا التأثير المعاكس تسمى الذرة الثلاثية التكافؤ بالذرة القابلة (acceptor atom) والتي هي عكس الذرة المانحة.



شكل (١٠) بلورة سيليكون مشوبة نوع P

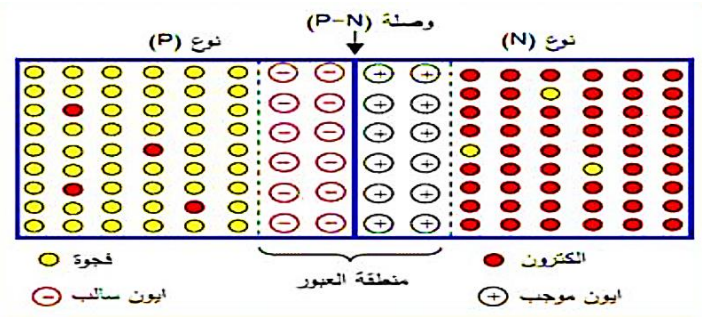
عند تسليط قوة دافعة كهربائية (emf) عبر طرفي كتلة من مادة نوع (p) تتم إزاحة حاملات تيار الأغلبية والتي هي الفجوة الإلكترونية باتجاه الطرف السالب لمصدر الجهد عند وصول الفجوة الإلكترونية إلى النهاية المعدنية السالبة يدخل إلكترون من الدائرة الخارجية لملئها . يحقن إلكترون بشكل تلقائي إلى النهاية المعدنية الموجبة وتتكون فجوة إلكترونية جديدة تبعاً لذلك فإن الإلكترونات في هذه الدائرة هي حاملات التيار في أسلاك التوصيل والنهاية المعدنية ولكن الفجوات الإلكترونية تكون حاملات تيار الأغلبية في داخل شبة الموصل.

١-٤- الوصلة الثنائية (الدايود Diode)

تتكون الوصلة من جزئين الجزء الأول عبارة عن بلورة تم معالجتها بالذرات المانحة أي أن بها إلكترونات حرة بمعنى آخر من نوع (N) أما الجزء الثاني فهو من بلورة تم تطعيمها بذرات قابلة أي من نوع (P) كما تحتوي الوصلة على حاجز (barrier) يكون موجود بين سطحي الالتصاق للبلورة نوع (N) مع البلورة من نوع (P) ويجب أن نتذكر أن حاملات التيار في المادة نوع (N) هي الإلكترونات وأن حاملات التيار في المادة نوع (P) هي الفجوات الإلكترونية .

ما أن يتم التصاق البلورتين أثناء عملية التصنيع حتى تنتقل الإلكترونات القريبة من سطح الالتصاق من البلورة من نوع (N) خلال الحاجز لتملأ الفجوات الإلكترونية القريبة منة في البلورة من نوع (P).

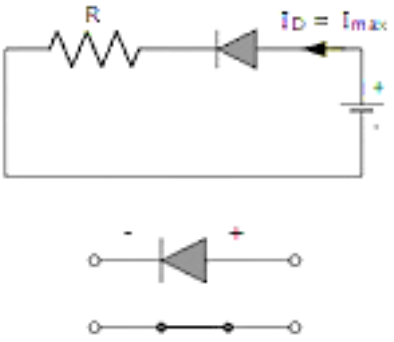
ينشأ عن ذلك ارتفاع جهد الأولى لخروج شحنات سالبة منها وانخفاض جهد الثانية نوع (p) لانتقال شحنات سالبة إليها . ويستمر ارتفاع وانخفاض الجهد في التدرج على جانبي الحاجز حتى يصل فرق الجهد بينهما حداً معيناً يسمى (جهد العزل) فتمتنع الإلكترونات من الانتقال من بلورة (N) إلى البلورة (P) ويحدث اتزان أو تعادل أو استقرار في هذه المنطقة الصغيرة لتكون ما يعرف بالمنطقة المحايدة أو الخاملة لعدم وجود أي شحنات متحركة.



شكل (١١) الوصلة الثنائية

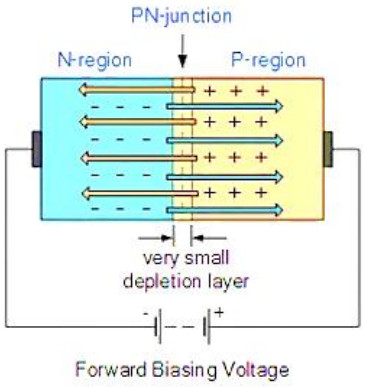
١-٤-١ الانحياز الأمامي (Forward Bias)

عندما يتم توصيل الطرف الموجب (Anode) للدايود بالطرف الموجب لمصدر الطاقة، و الطرف السالب (Cathode) بالطرف السالب لمصدر الطاقة، عندها يكون الدايود في حالة الانحياز الامامي، و يسمح بتمرير التيار، لأن في هذه الحالة تكون المقاومة بين طرفيه منخفضة جداً.



شكل (١٢) رمز الدايود وطريقة عمله

عندما نقوم بتوصيل الدايود بمصدر الطاقة ويكون الجانب P من الدايود متصلاً بالقطب الموجب من مصدر الطاقة، و الجانب N متصلاً بالقطب السالب، عندها الالكترونات التي في الجزء السالب تتنافر مع القطب السالب لمصدر الطاقة و تندفع لعبور الوصلة الى الجانب P بينما الفجوات تتنافر مع القطب الموجب لمصدر الطاقة و تندفع لعبور الوصلة إلى الجانب N و تصبح منطقة الاستنزاف بمثابة حاجز بسيط ليضيق الحاجز في طريق حركة الالكترونات و لذلك فإن الالكترونات تحتاج الى فرق بسيط يمكنها من تجاوز جهد الحاجز، ففي حال كان الدايود مصنوع من السيليكون، يكون جهد الحاجز مقداره 0.7 V، بينما في حال كان الدايود مصنوع من الجرمانيوم، يكون جهد الحاجز هو 0.3 V، فإذا تم التوصيل بهذه الطريقة فإنه يمر تيار في الوصلة يسمى في هذه الحالة بالتيار الامامي، و يكون اتجاهه من الوصلة الموجبة الى الوصلة السالبة.



شكل (١٣) طريقة الانحياز الامامي للدايود

ملاحظة :- إن قيمة المقاومة الداخلية للدايود صغيرة جداً، رمزها r_d ، و بالتالي وصل الدايود مباشرةً مع مصدر الطاقة سوف يؤدي لمرور تيار عال جداً و يتسبب في حرق الدايود، ولذلك تم إضافة المقاومة R على التوالي مع الدايود كما في الشكل (١) لضمان عدم تجاوز التيار المار به الحد المسموح و المحدد من قبل المصنع.

عند رسم العلاقة بين الجهد الواقع على الدايود V_d و التيار المار في الدايودI_d و نقوم بتغيير جهد المصدرV_s و قياس I_d وV_d ، فعندما يكون V_s مساوياً للصفر فإن التيار أيضاً يساوي الصفر، نبدأ بزيادة جهد المصدر تدريجياً فإن التيار يبدأ بالزيادة و لكن بصورة صغيرة جداً، حتى يصل الجهد الى 0.7 V وهو الجهد اللازم لعمل الدايود، عندها يبدأ التيار بالزيادة بشكل سريع جداً، فكلما زاد جهد المصدر زاد التيار و بقي جهد الدايود ثابتاً عند 0.7 V تقريباً، كما هو موضح في الشكل (٥).

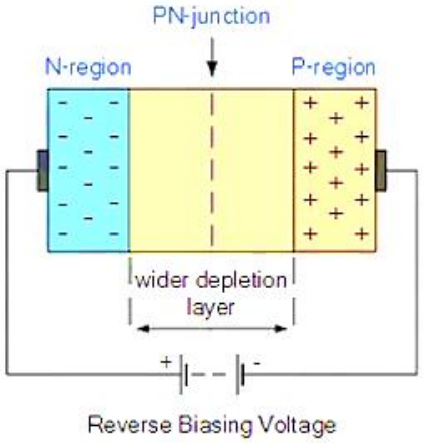
و نلاحظ من المنحني أن جهد الدايود V_d يزداد قليلاً فوق 0.7 V مع زيادة جهد المصدر و ذلك بسبب مقاومة الدايود الداخلية و التي تستهلك جزءاً صغيراً من الجهد.

١-٤-٢- الانحياز العكسي (Reverse Bias)

عندما يتم توصيل الطرف الموجب (Anode) بالطرف السالب لمصدر الطاقة، و الطرف السالب (Cathode) بالطرف الموجب لمصدر الطاقة، عندها يكون الدايود في حالة الانحياز العكسي، في هذه الحالة لا يمرر الدايود تيار، و يعمل كمفتاح مفتوح.

اذا تم توصيل الدايود كما ذكرنا سابقاً (انحياز عكسي) بحيث يكون الجانب N الذي يحتوي شحنات سالبة من الدايود متصل بالقطب الموجب من مصدر الطاقة، و الجانب P من الدايود الذي يحتوي شحنات موجبة متصلاً بالقطب السالب من مصدر الطاقة، لذا فإن الالكترونات التي في الجزء السالب تتجاذب مع القطب الموجب لمصدر الطاقة ، وتبتعد عن الوصلة من الجانب N ، بينما الفجوات تتجاذب مع القطب السالب للبطارية و تبتعد عن الوصلة

من الجانب P و نتيجة لذلك فإن منطقة الاستنزاف سوف تتسع اتساعاً كبيراً و تشكل حاجزاً كبيراً أمام تحرك الالكترونات فلا تستطيع اجتيازه، و بالطبع فإنه لن يمر التيار الكهربائي في الدائرة.

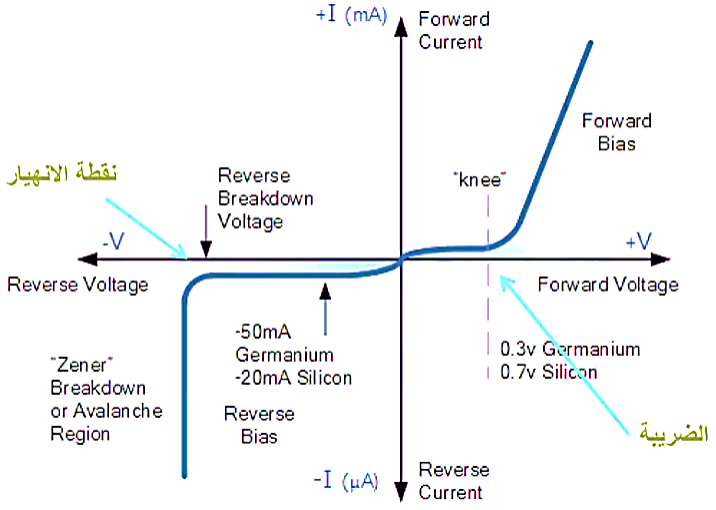


شكل (١٤) طريقة الانحياز العكسي للدايود

في هذه الحالة يمر تيار بسيط نتيجة حركة شحنات الأقلية، يسمى تيار التسريب Ic و يكون عادةً من الميكرو أمبير (**µA**) أو النانو أمبير (nA) و يمكن اعتباره صفراً. و لكن إذا زاد الجهد فوق تحمل الدايود يؤدي الى انهيار الدايود، وبالتالي يمرر الدايود تيار عالي جداً و يسمى هذا الجهد بجهد الانهيار، و تختلف قيمة جهد الانهيار من دايود لآخر حسب التصنيع.

١-٤-٣- منحني الخواص للدايود

الشكل التالي يوضح الصورة الكاملة لعمل الدايود و هي أنه يعمل في حالة الانحياز الأمامي و يسمح بمرور التيار و لكنه يحتاج الى جهد مقداره ٠,٧ v و لا يسمح بمرور التيار في حالة الانحياز العكسي، و يجب عدم تطبيق جهد على الدايود فوق الجهد المسموح فنصل الى جهد الانهيار.



شكل (١٥) منحنى خصائص الفولتية والتيار للدايود

١-٤-٤- ملخص الدايود

يعد الدايود من أبسط العناصر الالكترونية و هو يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد و ذلك في حالة الانحياز الأمامي، و يمنع مرور التيار في الاتجاه الآخر و ذلك في حالة الانحياز العكسي.

١- يكون الدايود في حالة الانحياز الأمامي إذا كان جهد المصعد (Anode) أعلى من جهد المهبط.(Cathode)

٢- يكون الدايود في حالة انحياز عكسي اذا كان جهد المهبط (Cathode) أعلى من جهد المصعد.(Anode)

٣- عند الانحياز الأمامي للدايود يبدأ الدايود بإيصال التيار الكهربائي عندما يبلغ فرق الجهد بين طرفيه قيمة محددة تسمى فولطية العتبة، و يرمز لها بالرمز.Vt

٤- عند الانحياز الأمامي للدايود و عندما يكون فرق الجهد بين طرفي الدايود أعلى من Vt فإن تغير قليل لفرق الجهد بين طرفي الدايود يسبب تغيراً كبيراً للتيار المار فيه.

٥- عندما يكون الدايود في حالة الانحياز العكسي يمر في الدايود تيار قليل جداً يسمى تيار الاشباع أو تيار التسريب.

٦- عند وصول فرق الجهد العكسي بين طرفي الدايود الى القيمة V_t و الذي يسمى جهد الانهيار (breakdown voltage) يزداد مقدار التيار العكسي المار في الدايود بشكل كبير مما قد يؤدي الى تعطله.

٧- قيمة تيار التسريب تبقى ثابتة تقريباً و لا تتغير بتغير مقدار فرق الجهد العكسي بين طرفي الدايود طالما قيمة فرق الجهد بين طرفي الدايود أقل من V_t .

١-٤-٥- وظائف الدايود

للدايود وظيفتان أساسيتان:

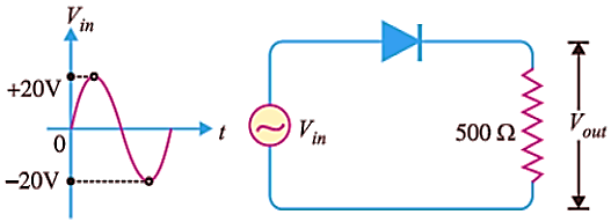
١- يسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط.

٢- يقوم بتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر.

مثال ١:- مصدر فولتية متناوب 20 V ذروة مرتبط مع سيليكون دايود على التوالي وكذلك على التوالي مع مقاومة الحمل والتي قيمتها 500 Ω. اذا كان مقاومة الانحياز الامامي للدايود هو 10 Ω اوجد.

١- تيار الذروة المار بالدايود

٢- فولتية الخرج الذروة



الحل

١- التيار الذروة

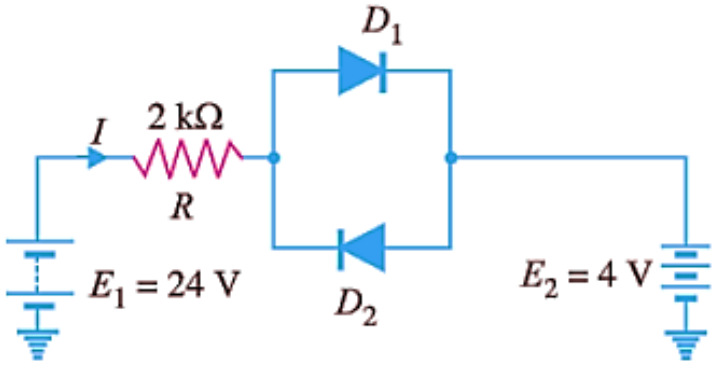
$$V_F = V_{PB} + (I_f)_{peak}\,[r_f + R_L]$$

$$(I_f)_{peak} = \frac{V_F - V_{PB}}{r_f + R_L} = \frac{20-0.7}{10+500} = 37.8\ \text{mA}$$

٢- فولتية الخرج الذروة

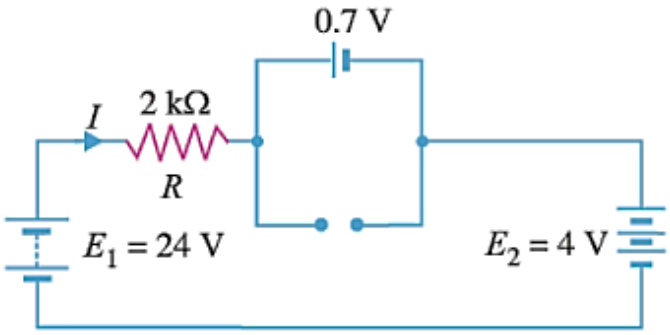
$$V_{out} = (I_f)_{peak} \times R_L = 37.8\times10^{-3}\text{A} \times 500\ \Omega = 18.9\ \text{V}$$

مثال ٢:- اوجد قيمة التيار I الموضح في الشكل ادناه. على فرض ان الدايود مصنوع من السيليكون وان مقاومته للانحياز الامامي تساوي صفر

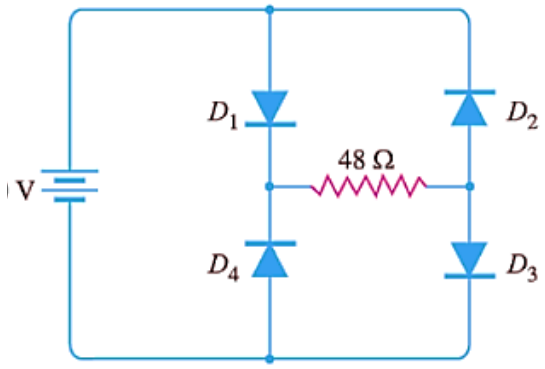


الحل

$$I = \frac{E_1 - E_2 - V_0}{R} = \frac{24 - 4 - 0.7}{2\ \text{k}\Omega} = \frac{19.3\ \text{V}}{2\ \text{k}\Omega} = \mathbf{9.65\ mA}$$

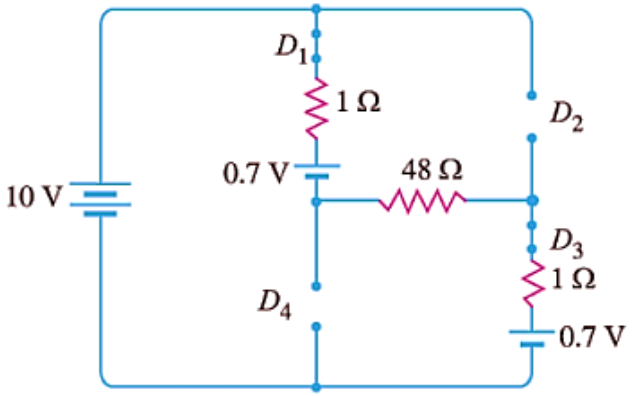


مثال ٣:- احسب التيار المار خلال المقاومة 48 Ω كما في الشكل ادناه. علما ان الدايود هو من مادة السيليكون والمقاومة الداخلية للانحياز الامامية لكل دايود 1Ω.

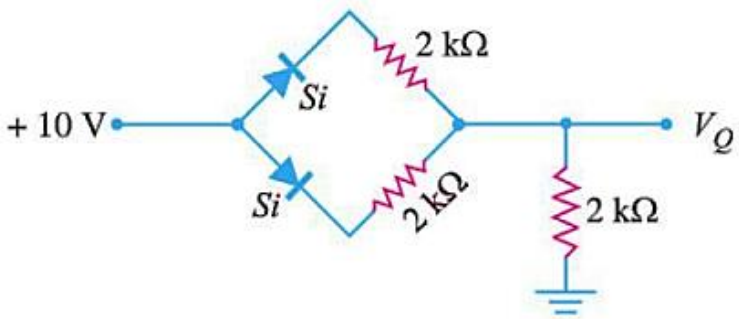


الحل

Net circuit voltage = 10 − 0.7 − 0.7 = 8.6 V
Total circuit resistance = 1 + 48 + 1 = 50 Ω
Circuit current = 8.6/50 = 0.172 A = **172 mA**



مثال ٤:- اوجد قيمة V_Q و I_D كما في شكل ادناه



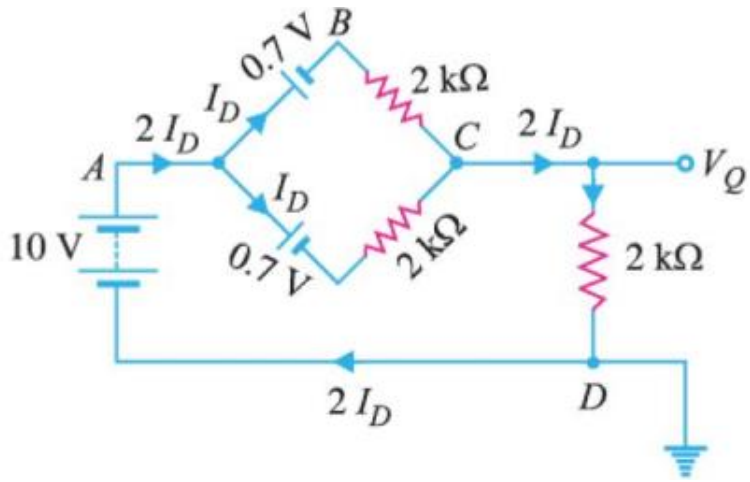
الحل

$$-0.7 - I_D \times 2 - 2\,I_D \times 2 + 10 = 0$$

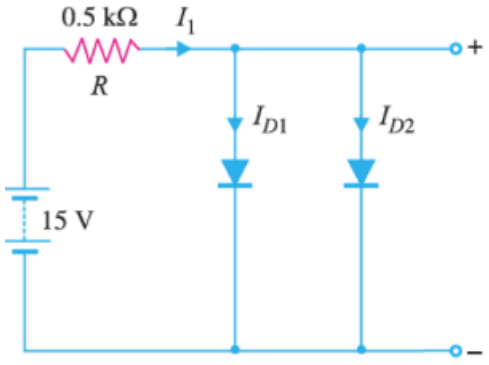
$$6\,I_D = 9.3$$

$$I_D = \frac{9.3}{6} = 1.55\ \text{mA}$$

$$V_Q = (2\,I_D) \times 2\,\text{k}\Omega = (2 \times 1.55\ \text{mA}) \times 2\,\text{k}\Omega = 6.2\ \text{V}$$



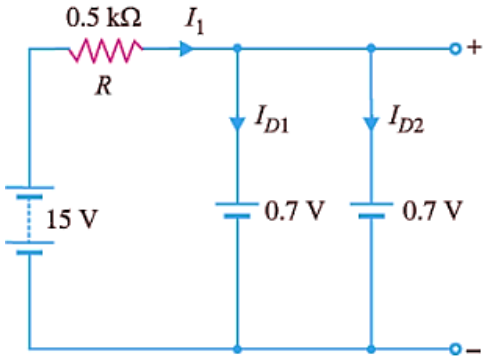
مثال ٥:- اوجد التيار المار في كل دايود كما في الشكل ادناه. على افتراض ان الدايود مثالي ومن مادة السيليكون.



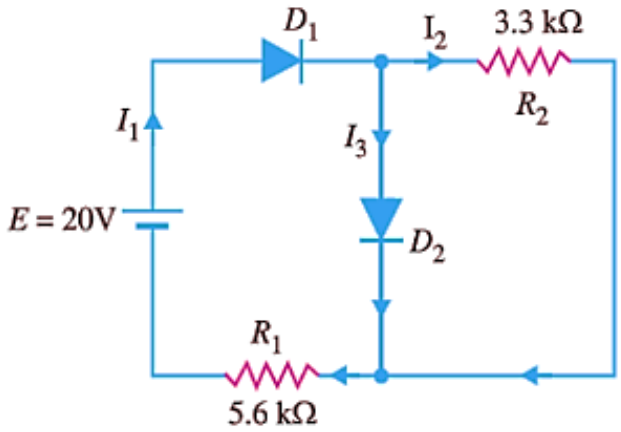
الحل

$$I_1 = \frac{\text{Voltage across } R}{R} = \frac{15 - 0.7}{0.5\ \text{k}\Omega} = 28.6\ \text{mA}$$

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_1}{2} = \frac{28.6}{2} = 14.3\ \text{mA}$$



مثال٦:- اوجد I_1 و I_2 و I_3 كما في الشكل ادناه. على افتراض ان الدايود مثالي ومن مادة السيليكون.



الحل

The voltage across R_2 (= 3.3 k Ω) is 0.7V.

$$\therefore \quad I_2 = \frac{0.7\ \text{V}}{3.3\ \text{k}\Omega} = 0.212\ \text{mA}$$

$$-0.7 - 0.7 - I_1 R_1 + 20 = 0$$

$$I_1 = \frac{20 - 0.7 - 0.7}{R_1} = \frac{18.6\ \text{V}}{5.6\ \text{k}\Omega} = 3.32\ \text{mA}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 3.32 - 0.212 = 3.108\ \text{mA}$$

اسئلة واجوبة

عرف ما يلي:-

الذرة Atom

الذرة هي أصغر شي يمكن الحصول عليه في المادة عند تجزيئتها، وهي متعادلة الشحنة وتعد الذرات هي المكون الأساسي لجميع المواد الموجودة في الكون.

البروتون Proton

هو جسيم دون ذري يمتلك شحنة موجبة مساوية لمقدار شحنة الإلكترون.

النيوترونات Neutron

النيوترونات هو جسيم دون ذري موجود في أنوية جميع العناصر ما عدا الهيدروجين العادي؛ إذ إنّ نواته تحوي على بروتون واحد فقط.

الالكترون Electron

الإلكترونات هي جسيمات دون ذرية تحمل شحنة سالبة أساسية، وتعد من الجسيمات الاولية.

حزمة تكافؤ Valence band

وفيها لا تكون الإلكترونات مستعدة للحركة من ذرة إلى أخرى.

حزمة توصيل Conduction band

وفيها تكون الإلكترونات حرة في الحركة كذلك يمكنها أن تكون حاملة للتيار (Current Carriers)

حزم الطاقة Energy Bands

لا تمتلك المواد شبه الموصلة إلكترونات تملأ جميع مستويات الطاقة المسموحة من الأغلفة الثانوية الخارجية للذرة لذا فإنه لا يوجد إلكترونين خلال منظومة واحدة لهما نفس مقدار الطاقة تماماً لذلك عند وجود عدد معين من مستويات الطاقة فإن لكل مستوى منها قيمة مختلفة عن الآخر.

المواد

تقسم المواد في الطبيعة الى موصلات وعوازل واشباه الموصلات.

الموصلات:-Conductors

هي المواد التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها، وتسمى كذلك بالناقلات الكهربائية، وتعتبر المعادن من أكثر المواد الناقلة للكهرباء

العوازل:-Insulators

هي المواد التي لاتنتقل الشحنة الكهربائية خلالها ويعود ذلك الى عدم أحتوائها على الكترونات طليقة حيث يكون ترابط ألالكترونات قويا وتكون ألاغلفة مملوءة بصورة متوازنة ونحتاج الى قوة دافعة كهربائية عالية جدا ليتولد تيار كهربائي.

أشباه الموصلات:-Semiconductors

هي مواد تسمح بمرورالتيارالكهربائي بشكل ضعيف وأيضاً هي مادة عازلة.

الوصلة الثنائية (الدايود Diode)

تتكون الوصلة من جزئين الجزء الأول عبارة عن بلورة تم معالجتها بالذرات المانحة أي أن بها إلكترونات حرة بمعنى آخر من نوع (N) أما الجزء الثاني فهو من بلورة تم تطعيمها بذرات قابلة أي من نوع (P) كما تحتوي الوصلة على حاجز (barrier) يكون موجود بين سطحي الالتصاق للبلورة.

الانحياز الأمامي (Forward Bias)

عندما يتم توصيل الطرف الموجب (Anode) للدايود بالطرف الموجب لمصدر الطاقة، و الطرف السالب (Cathode) بالطرف السالب لمصدر الطاقة، عندها يكون الدايود في حالة الانحياز الامامي، و يسمح بتمرير التيار، لأن في هذه الحالة تكون المقاومة بين طرفيه منخفضة جداً.

الانحياز العكسي (Reverse Bias)

عندما يتم توصيل الطرف الموجب (Anode) بالطرف السالب لمصدر الطاقة، و الطرف السالب (Cathode) بالطرف الموجب لمصدر الطاقة، عندها يكون الدايود في حالة الانحياز العكسي، في هذه الحالة لا يمرر الدايود تيار، و يعمل كمفتاح مفتوح.

ما هي ابرز خصائص الإلكترونات

١- لا تحتوي على مكونات داخلها، ولا يمكن تجزيئها.

٢- لا يوجد ما هو أخفّ منها في الذرة.

٣-توجد الإكترونات حول الأنوية، وتكون موزَّعة في مستويات الطاقة المختلفة، وعند نزع إلكترون من مداره حول نواة فإن الذرة تصبح مُتأيّنةً، وتُسمّى أيوناً.

٤-يمكن للإكترونات أن توجد بشكلٍ حر جنباً إلى جنب مع الأيونات في حالة المادة المعروفة بالبلازما.

٥-بما أن النواة موجبة الشحنة الكهربائية، والإلكترونات التي تدور حولها سالبة الشحنة فهذا يعني وجود قوة كهربائية متبادلة بين النواة والإلكترونات تجذب الإلكترونات نحو النواة.

ما هي ابرز خصائص حزمة الطاقة

١. في الموصل النحاسي تندمج حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل.

٢. في العازل جميع الإلكترونات في الأغلفة الخارجية الثانوية تكون في حزمة التكافؤ

٣. المواد الأساسية المستخدمة في أشباه الموصلات هي عناصر لها ثمان حالات طاقة مسموح بها في الغلاف الثانوي الخارجي ولها أربعة إلكترونات في الأغلفة الثانوية الخارجية مثال (السليكون ، الجرمانيوم).

ما هي ابرز خصائص المواد الشبة الموصلة

١-لها خصائص كهربائية بين المواد الموصلة والمواد العازلة ولذلك سميت بالشبة موصلة.

٢-تمتلك عدد قليل من الالكترونات الحرة ولذلك لا يمكنها توصيل التيار الكهربائي ولكن يمكن تحسين هذه التوصيلية باضافة بعض الشوائب لها التي تزيد من الالكترونات الحرة فيها.

٣-تتم اضافة عدد من الذرات الشوائب بنسبة ١ (شائب) : ١٠ مليون (شبة موصل) تسمى بعملية التطعيم.

٤-يتم استخدام عنصر شبة موصل كالسيليكون واضافة شوائب للحصول على بلورة جديدة اما تكون موجبة او سالبة

ما هي ابرز خصائص المواد الشبة الموصلة النقية

١-فجوة الطاقة: تقل كلما زادت درجة الحرارة المحيطة بالمادة شبه الموصلة المصنوعة من السليكون أو الجرمانيوم فإذا سُخنت هذه المادة فإن الإلكترونات سوف تقفز تاركة حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل.

٢- عند درجة حرارة الغرفة يحدث عبور للإلكترونات من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل انتقال الإلكترون من حزمة التكافؤ يترك وراءه فجوة إلكترونية (Hole)

٣- في البلورة النقية عدد الإلكترونات في حزمة التوصيل مساوياً لعدد الفجوات الإلكترونية في حزمة التكافؤ أي إلكترون لك فجوة (electron – hole pairs)

٤- في حزمة التوصيل تكون الإلكترونات حرة في التنقل، وبصورة مشابهة إذا تحرك إلكترون في حزمة التكافؤ لملئ فجوة إلكترونية فإنه سوف يترك فجوة إلكترونية في المكان الذي جاء منه.

٥- الإلكترون الموجود في حزمة التوصيل له مستوى طاقة أعلى من الفجوة الإلكترونية الموجودة في حزمة التكافؤ.

٦- الإلكترون الواقع في حزمة التوصيل يتطلب لتحريكه طاقة إضافية من مصدر خارجي أقل من الطاقة اللازمة لتحريك الإلكترون الواقع في حزمة التكافؤ. وعلى ذلك فإن الجزء الأكبر من التيار يكون ناشئاً عن إلكترونات حزمة التوصيل كما سيكون هناك في الوقت نفسه تيار فجوات إلكترونية ذو قيمة صغيرة.

ما هي ابرز خصائص اشباه الموصلات نوع (N)

١- الإلكترونات هي حاملات لتيار الأغلبية

٢- الفجوات هي حاملات لتيار الأقلية

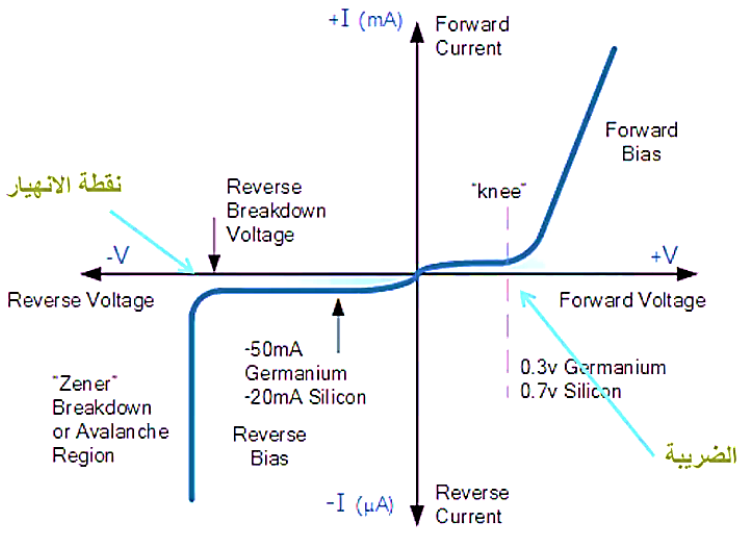
ما هي ابرز خصائص اشباه الموصلات نوع (P)

١- الفجوات هي حاملات لتيار الأغلبية

٢- الإلكترونات هي حاملات لتيار الأقلية

ارسم منحنى خصائص الفولتية والتيار للدايود

الحل



ما هي وظائف الدايود

الحل

١- يسمح بمرور التيار باتجاه واحد فقط.

٢- يقوم بتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر.

ما هي مميزات الدايود

الحل

١- يكون الدايود في حالة الانحياز الأمامي إذا كان جهد المصعد (Anode) أعلى من جهد المهبط(Cathode) .

٢- يكون الدايود في حالة انحياز عكسي اذا كان جهد المهبط (Cathode) أعلى من جهد المصعد(Anode) .

٣- عند الانحياز الأمامي للدايود يبدأ الدايود بإيصال التيار الكهربائي عندما يبلغ فرق الجهد بين طرفيه قيمة محددة تسمى فولطية العتبة، و يرمز لها بالرمز V_t .

٤- عند الانحياز الأمامي للدايود و عندما يكون فرق الجهد بين طرفي الدايود أعلى من V_t فإن تغير قليل لفرق الجهد بين طرفي الدايود يسبب تغيراً كبيراً للتيار المار فيه.

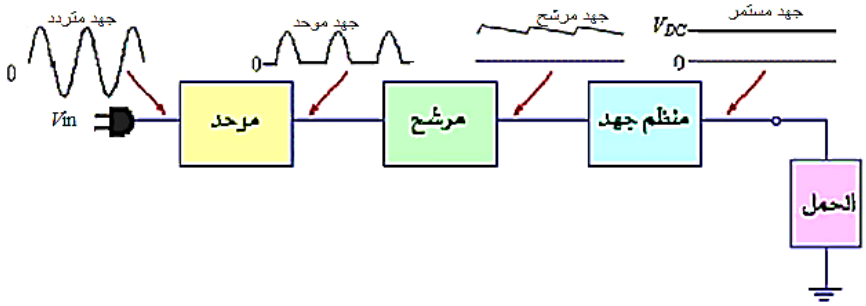
٥- عندما يكون الدايود في حالة الانحياز العكسي يمر في الدايود تيار قليل جداً يسمى تيار الاشباع أو تيار التسريب.

٦- عند وصول فرق الجهد العكسي بين طرفي الدايود الى القيمة V_i و الذي يسمى جهد الانهيار (breakdown voltage) يزداد مقدار التيار العكسي المار في الدايود بشكل كبير مما قد يؤدي الى تعطله.

٢-١- دوائر التقويم

تستخدم دوائر التقويم لتحويل التيار المتناوب (AC current) إلى تيار مستمر (DC current) يمكن استخدامه لشحن بطاريات أو تغذية الأجهزة الالكترونية المختلفة، إذ لا يخلو أي جهاز الكتروني تقريبا من وحدة تغذية تحوي إحدى دوائر التقويم، وتستخدم المقومات الخاصية الرئيسية للدايود وهي إمكانية الدايود بالسماح بمرور التيار الكهربائي خلاله باتجاه معين ومنعه من المرور بالاتجاه الآخر.

ومن المعلوم أن الأجهزة الإلكترونية كالتلفاز والمذياع والجوال وغيرها تعمل باستخدام التيار المستمر، فالراديو مثلا، يعمل باستخدام البطاريات، ويعمل أيضا عند توصيله بالتيار المنزلي المتناوب. هذه الأجهزة تحتوي في داخلها على دوائر تقويم لتغذيتها بالتيار المستمر والمستمد من التيار المتناوب. وتعتبر هذه الطريقة أفضل من استخدام البطاريات والتي يتطلب استبدالها باستمرار كلما فرغت. إضافة إلى أن بعض الأجهزة تتطلب قدرة عالية لا يمكن توفيرها باستخدام البطاريات الصغيرة لذا سوف نستعرض أولا الشكل العام لدوائر القدرة للتيار المستمر ثم كيفية بناء دوائر تقويم نصف الموجة والموجة الكاملة وفائدة عمل المرشحات بشي من التفصيل.



شكل (١) دائرة التقويم

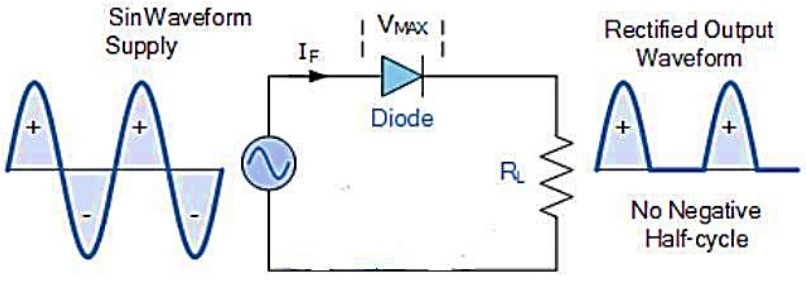
٢-١-١-أنواع دوائر التقويم

أ- دائرة تقويم نصف الموجة Half Wave Rectification

ب- دائرة تقويم الموجة الكاملة Full Wave Rectification

٢-١-٢-دائرة تقويم نصف الموجة Half Wave Rectification

إن دائرة تقويم نصف الموجة تتكون من مصدر تغذية متردد وديود ومقاومة الحمل والتي تمثل عمليا الجهاز المراد تغذيته.



شكل (٢) دائرة تقويم نصف الموجة

ويوضح الشكل (٢) موجة الدخل الجيبية والمكونة من نصف موجب ونصف سالب. ففي أثناء النصف الموجب، يكون جهد الانود أكبر من جهد الكاثود للديود مما يجعل الديود في حالة انحياز أمامي فيمر التيار في مقاومة الحمل ويستهلك الديود 0.7 فولت، ويقع باقي الجهد على مقاومة الحمل، وعندما يتغير اتجاه موجة الدخل في النصف السالب ، يكون جهد الانود أقل من جهد الكاثود للديود مما يجعل الديود في حالة انحياز عكسي وبالتالي لا يمر تيار

إلى الحمل , ونتيجة لذلك، يكون الجهد الواقع على مقاومة الحمل صفرا ويتحمل الديود كل جهد الدخل والذي يسمى الجهد العكسي للدايود Peak Inverse Voltage (PIV). ولذا فإنه يجب التأكد من أن قيمة PIV تكون أقل من جهد انهيار الديود VB. وإلا فإن الديود سوف ينهار ويمرر تيار خلال النصف السالب وتفشل عملية التقويم.
نلاحظ أن قيمة جهد الخرج تساوي جهد القمة للدخل مطروحا منها ٠,٧ والتي يستهلكها الدايود

$V_{m(out)} = V_{m(in)} —0.7$

والقيمة المتوسطة لجهد الخرج تيار الخرج والقيمة الفعالة للجهد والتيار هي

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

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{V_m}{\pi \times R_L}$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{V_{rms}}{R_L} = \frac{V_m}{2 \times R_L}$$

$$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} = I_{dc}^2 \times R_L$$

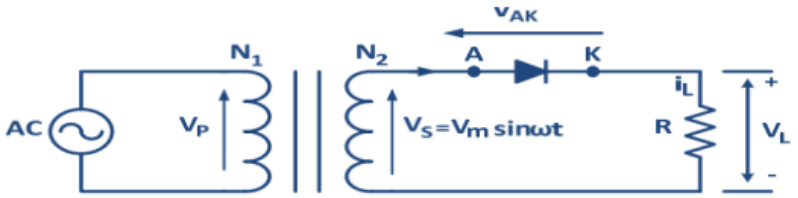
$$P_{ac} = V_{rms} \times I_{rms} = I_{rms}^2 \times R_L$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100$$ الـ كـ فاءة

$$V_{PIV} = V_m$$ يمة الـ عظمى لـ لجهد الـ عـكـ سي

مثال ١ :- في دائرة تقويم نصف موجة أحادي الطور المبينة في الشكل (٣) إذا كان الجهد الفعال على الملف الابتدائي للمحول 220V ونسبة التحويل (a=N1/N2) تساوي 5 وقيمة مقاومة الحمل 10 Ω احسب

١ـ القيمة المتوسطة لجهد وتيار الحمل.
٢ـ القيمة الفعالة لجهد وتيار الحمل.
٣ـ القدرة المستهلكة في الحمل
٤ـ القدرة المسحوبة من المصدر.
٥ـ كفاءة الدائرة.
٦ـ أقصى جهد عكسي مسلط على الدايود.



شكل (٣) دائرة تقويم نصف الموجة

$$R = 10\ \Omega,\ a = \frac{N_1}{N_2} = 5,\ V_P = 220\ V$$

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{V_P}{V_S}$$

$$V_S \times N_1 = V_P \times N_2$$

$$V_S = \frac{V_P \times N_2}{N_1} = \frac{220\times 1}{5} = 44 \text{ V}$$

$$V_m = \sqrt{2}\times V_S = \sqrt{2}\times 44 = 62.2 \text{ V}$$

1– $$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{62.2}{\pi} = 19.7 \text{ V}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{19.7}{10} = 1.97 \text{ A}$$

2– $$V_{rms} = \frac{V_m}{2} = \frac{62.2}{2} = 31.1 \text{ V}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{V_{rms}}{R_L} = \frac{31.1}{10} = 3.11 \text{ A}$$

3– $$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} = 19.7 \times 1.97 = 38.8 \text{ W}$$

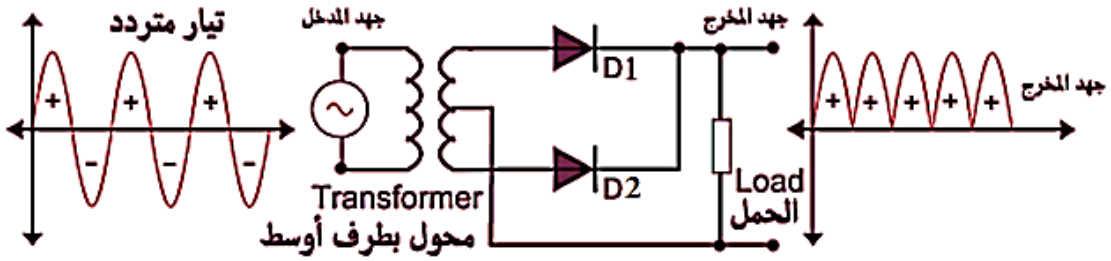
4– $$P_{ac} = V_{rms} \times I_{rms} = 31.1 \times 3.11 = 96.7 \text{ W}$$

5– $$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100 = \frac{38.8}{96.7} \times 100 = 40.1\%$$

6– $$V_{PIV} = V_m = 62.2 \text{ V}$$

٢-١-٣-مقوم الموجة الكاملة center- tap transformer full wave rectifier

تتركب دائرة معدل موجة كاملة من ثنائيين ومحولة ذات نقطة تفرع مركزي وذلك لتجزئة الموجة الداخلة الى جزئين (جهدين) متساويين فرق الطور بينهما ١٨٠ درجة كما في الشكل (٤) وقد سميت هذه الدائرة بمعدل موجة كاملة لانها تستفيد من الموجة المتناوبة الداخلة بنصفيها الموجب والسالب لتعطي قدرة معينة لمقاومة الحمل. ان الكاثودين (للثنائيين) المربوطين مع بعضهما يشكلان الطرف الموجب للجهد المستمر الخارج على طرفي مقاومة الحمل, اما الطرف السالب فهو مربوط الى نقطة التفرع المركزي لملف المحولة الثانوي



شكل (٤) دائرة تقويم الموجة الكاملة

عندما يكون الثنائي D1 موصلا للتيار في النصف الموجب للجهد الداخل فان التيار يمر في مقاومة الحمل ويكون D2غير موصلا للتيار. وفي النصف السالب للجهد الداخل فان D2 يكون موصلا للتيار بينما يكون D1 غير موصل, اي ان الثنائيان يقومان بالتوصيل بالتناوب ويصبح التيار المار في مقاومة الحمل ذو اتجاه واحد كما في الشكل (٤).

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{2V_m}{\pi \times R_L}$$

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

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_{rms}}{R_L} = \frac{V_m}{\sqrt{2}R_L}$$

$$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} = I_{dc}^2 \times R_L$$

$$P_{ac} = V_{rms} \times I_{rms} = I_{rms}^2 \times R_L$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100$$ الكفاءة

$$V_{PIV} = 2 \times V_m = 2\sqrt{2} \times V_{rms}$$ قيمة الجهد العكسي العظمى

$$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2 - 1}$$ عامل التموج

مثال ٢ :- في دائرة معدل موجة كاملة نوع محولة ذات نقطة تفرع مركزي وكانت مقاومة الحمل R_L = 5000 Ω. فأذا كانت مقاومة الدايود في حالة التوصيل (الانحياز الامامي) R_f = 400 Ω والجهد الداخل لكل للدايود هو 200 sin(2 π t × 50). احسب

١- سعة التيار I_m
٢- متوسط التيار I_{dc}
٣- القيمة الفعالة للتيار I_{rms}
٤- القدرة المستمرة الخارجة P_{dc}
٥- القدرة الداخلة P_{ac}
٦- كفاءة التعديل
٧- عامل التموج

1- $$I_m = \frac{V_m}{R_L + R_f} = \frac{200}{5000 + 400} = 37\ mA$$

2- $$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2 \times 0.037}{3.14} = 23.5\ mA$$

3- $$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{0.037}{1.41} = 26.2\ mA$$

4- $$P_{dc} = I_{dc}^2 R_L = (0.0235)^2 \times 5000 = 2.7\ W$$

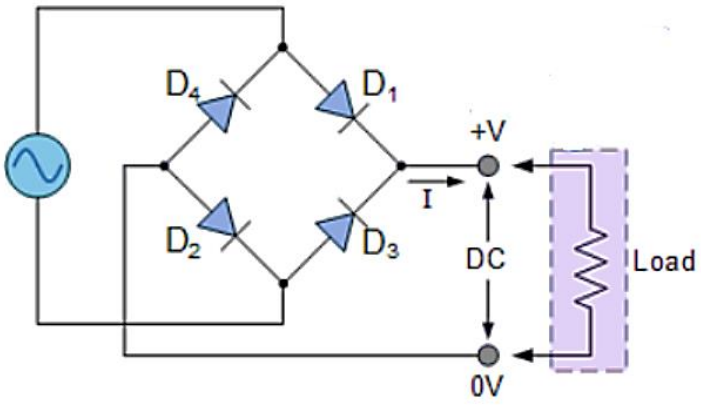
5- $$P_{ac} = I_{rms}^2 (R_L + R_f) = (0.0262)^2 \times 5400 = 3.7\ W$$

6- $$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100 = \frac{2.7}{3.7} \times 100 = 72.9$$

7- $$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{0.0262}{0.0235}\right)^2 - 1} = \sqrt{1.24 - 1} = 0.48$$

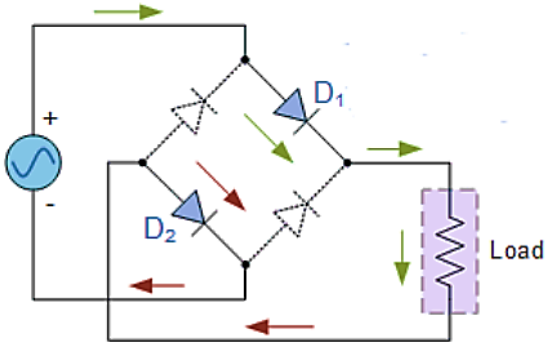
٢-١-٤-دائرة تقويم الموجة الكاملة Full Wave Rectification Bridge Rectifier

في تقويم نصف الموجة يستفاد من نصف موجة الدخل فقط. وبالتالي فإنه يهدر نصف القدرة، وقد أمكن تفادي هذه السلبية باستخدام تقويم الموجة الكاملة. هذه الدائرة تقوم بتقويم التيار في مقاومة الحمل اثناء النصف الموجب والنصف السالب من موجة الدخل. وتستخدم هذه الدائرة اربعة دايودات متصلة على شكل جسر، ولذلك سميت بدائرة تقويم الموجة الكاملة الجسرية Full Wave Bridge Rectifier كما في الشكل ادناة



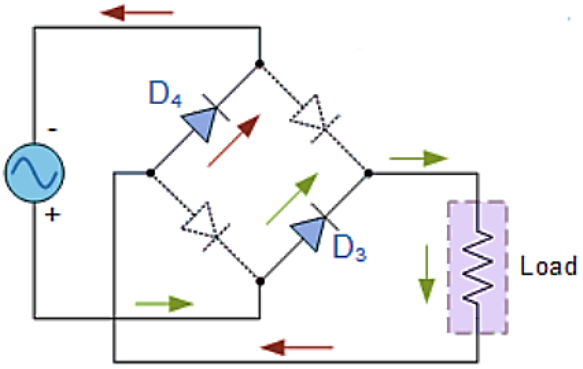
شكل (٥) دائرة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة)

في النصف الموجب من موجة الدخل يكون الدايودان D1 و D2 في حالة انحياز أمامي، ويكون الدايودان D3 و D4 في حالة انحياز عكسي، فيمر التيار في مقاومة الحمل من خلال D1 ويعود من خلال D2 كما في الشكل ادناة. ونلاحظ اتجاه التيار في الحمل.



شكل (٦) دائرة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) في نصف الموجة الموجبة

أثناء النصف السالب من موجة الدخل يكون الدايودان D3 و D4 في حالة انحياز أمامي، ويكون الدايودان D2 و D1 في حالة انحياز عكسي، فيمر التيار في مقاومة الحمل من خلال D3 ويعود من خلال D4 كما في الشكل ادناه. ونلاحظ اتجاه التيار في الحمل هو بنفس الاتجاه في النصف الموجب.



شكل (٧) دائرة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) في نصف الموجة السالب

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{2V_m}{\pi \times R_L}$$

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

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_{rms}}{R_L} = \frac{V_m}{\sqrt{2}R_L}$$

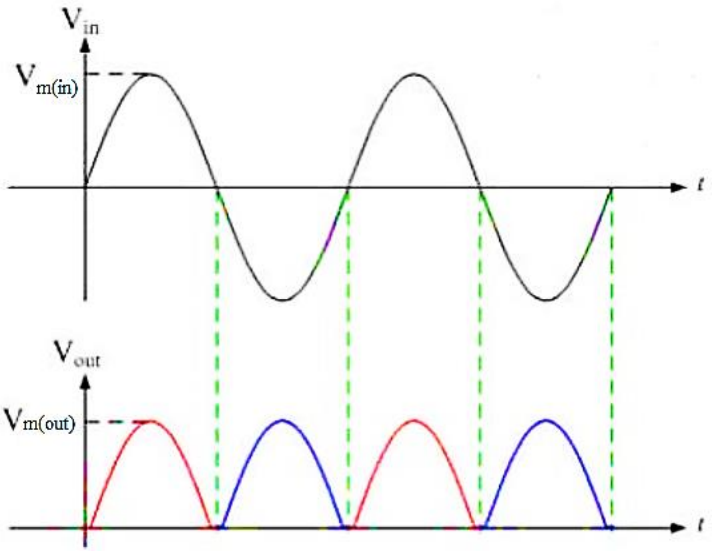
$$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} = I_{dc}^2 \times R_L$$

$$P_{ac} = V_{rms} \times I_{rms} = I_{rms}^2 \times R_L$$

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100$$ الكفاءة

$$V_{PIV} = V_m$$ قيمة العظمى لجهد العكسي

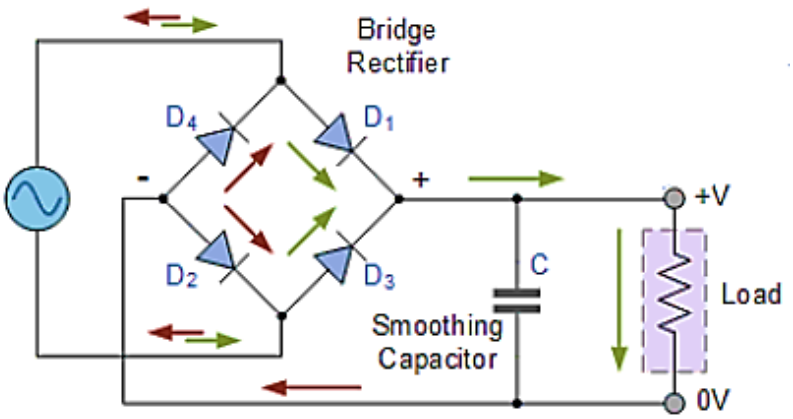
$$r = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2 - 1}$$ عامل التموج



شكل (٨) موجة الدخل والخرج لدائرة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة)

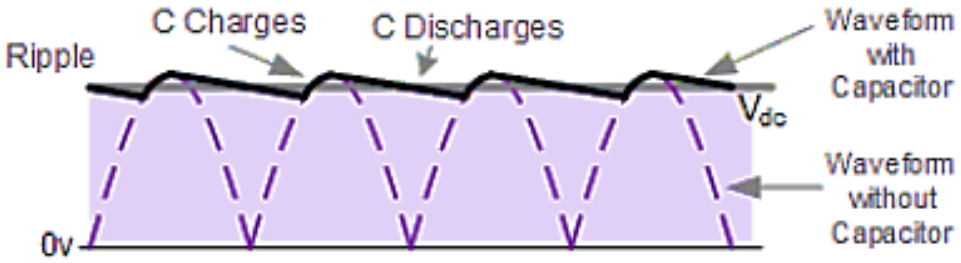
٢-١-٥-ترشيح (تنعيم) موجة الدخل Filtering

كما لاحظنا أن شكل موجة الخرج عبارة عن أجزاء موجبة قد تم توحيد اتجاه التيار فيها ، حيث لا يوجد تغير في الاتجاه (لا يوجد جزء سالب) ، ولكن هذه الموجة غير مستقيمة كما هو الحال في التيار المستمر، لذلك كان لابد من مرشح لإزالة التعرجات في موجة الخرج. المرشح المستخدم مكون من مكثف يوصل على التوازي مع مقاومة الحمل كما في الشكل ادناة.



شكل (٩) دائرة تقويم الموجة الكاملة (القنطرة) مع المنعم

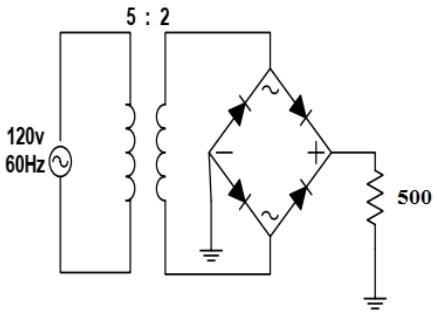
وكلما كانت قيمة المكثف كبيرة، كان التنعيم أفضل.



شكل (١٠) شكل الموجة الخارجة مع وبدون المنعم

ويمكن اختيار سعة المكثف المناسب حسب القانون $R_L C \geq \frac{1}{2f}$ حيث F هو تردد موجة الدخل .

مثال ٣ :- في دائرة الموحد القنطري وكما في الشكل (١١) اوجد مقدار فولتية الحمل المستمر V_{dc} وكذلك احسب تيار الحمل المستمر واوجد القدرة المبددة على الحمل وما مقدار تردد الخرج وفولتية الذروة العكسية وارسم شكل موجة الادخال والاخراج.



شكل (١١)

$$V_{m1} = \sqrt{2} \times V_{rms} = 1.41 \times 120 = 169.2 \ V$$

$$\frac{V_{m1}}{V_{m2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$V_{m2} = \frac{V_{m1} \times N_2}{N_1} = \frac{169.2 \times 2}{5} = 67.6 \ V$$

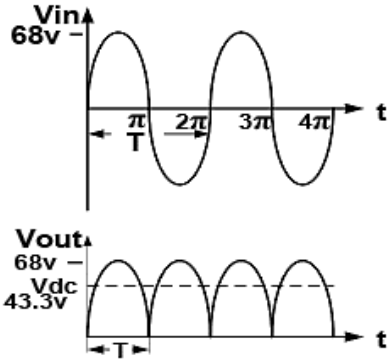
$$V_{dc} = \frac{2 \times V_{m2}}{\pi} = \frac{2 \times 67.6}{3.14} = 43 \ V$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{43}{500} = 0.086 \ A$$

$$P_{dc} = V_{dc} \times I_{dc} = 43 \times 0.086 = 3.6 \ W$$

$$f_{out} = 2 f_{in} = 2 \times 60 = 120 \ Hz$$

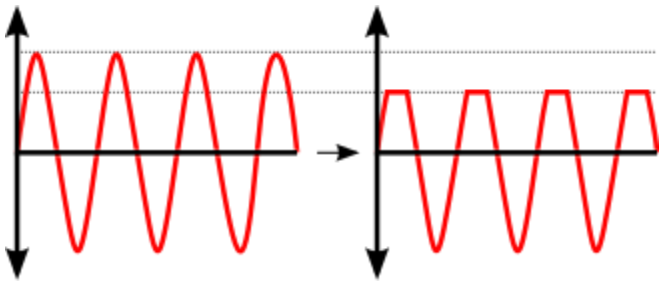
$$V_{PIV} = V_{m2} = 67.6 \ V$$



شكل (١٢) اشارة الدخل والخرج

٢-٢- دوائر القطع Clipping Circuits

دائرة التقطيع أو المقطع (بالإنجليزية: Clipper) في الإلكترونيات هي دائرة شائعة وتستخدم على نطاق واسع صممت لمنع إشارة كهربائية من أن تتجاوز قيمة معينة من الجهد، دون تشويه النطاق ما تحت هذا الجهد.
تتكون معظم دوائر التقطيع من عنصر خطي (مقاومة) وعنصر غير خطي (كالدايود)، ولا تحتوي على عناصر مخزنة للطاقة (كالمكثفات)، حيث يمكن لدوائر التقطيع حذف أجزاء عند الجزء الموجب أو عند الجزء السالب من الإشارة المطبقة، ويمكن للمقطعات أن تعمل عند مستوى واحد أو مستويين اثنين.



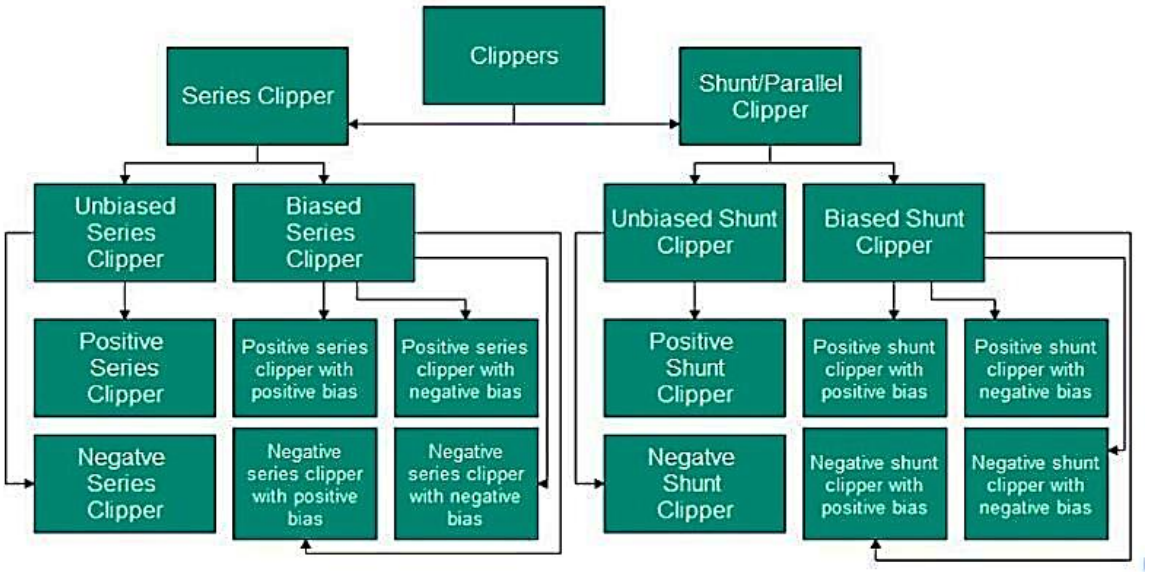
شكل (١٣) تقطيع الجهد يحد الجهد على قيمة معينة دون تشويه شكل الموجة

يمكن تقسيم دوائر التقطيع إلى قسمين، وذلك حسب تركيب الصمام

١- Series Clippers : يكون الصمام مركب على التوالي مع الحمل.
٢- Shunt Clippers : يكون الصمام مركب بين طرفي الحمل.

يمكن أيضا تصنيف دوائر التقطيع حسب توجيه الصمام (انحياز أمامي أو انحياز عكسي)، والتوجيه يحدد أي نصف من الموجة سيتم تقطيعه، (النصف الموجب أو النصف السالب). يمكن إضافة عنصر مصدر للجهد (يسمى في هذه الحالة biasing elements) على التوالي مع الصمام لتقطيع الإشارة على أي مستوى مطلوب.

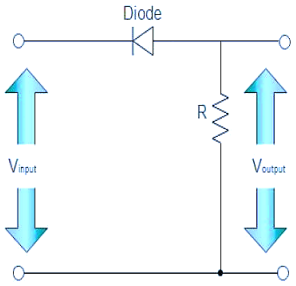
أ- مقطع دايود موجه في الانحياز الموجب.
ب- مقطع دايود موجه في الانحياز السالب.
يمكن تقطيع الإشارة على مستويين اثنين، وذلك بتركيب كلا نوعي المقطع، وهذه الدوائر تعرف بـمقطعات بمستويين.



شكل (١٤) تصنيفات دوائر التقطيع

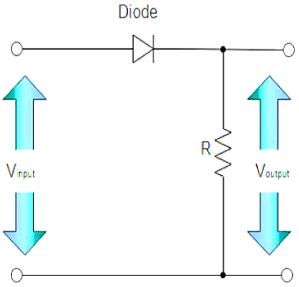
٢-٢-١- دائرة التقطيع التوالي Series clippers

١-دائرة التقطيع التوالي الموجب الغير منحاز : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



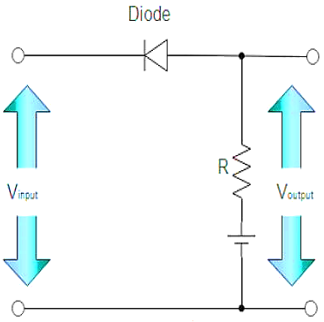
شكل (١٥) دائرة التقطيع التوالي الموجب الغير منحاز

٢- دائرة التقطيع التوالي السالب الغير منحاز : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



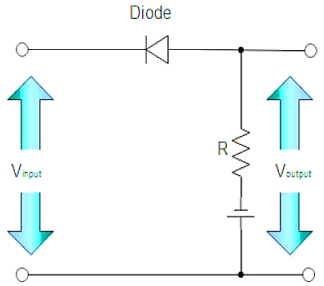
شكل (١٦) دائرة التقطيع التوالي السالب الغير منحاز

٣- دائرة التقطيع التوالي الموجب وبانحياز موجب : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



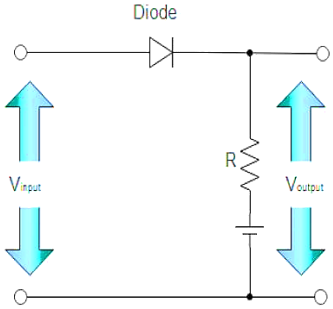
شكل (١٧) دائرة التقطيع التوالي الموجب وبانحياز موجب

٤- دائرة التقطيع التوالي الموجب وبانحياز سالب : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



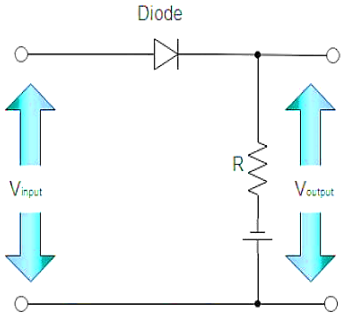
شكل (١٨) دائرة التقطيع التوالي الموجب وبانحياز سالب

٥- دائرة التقطيع التوالي السالب وبانحياز موجب : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



شكل (١٩) دائرة التقطيع التوالي السالب وبانحيازموجب

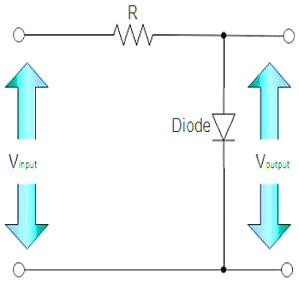
٦- دائرة التقطيع التوالي السالب وبانحياز سالب : يربط الدايود مع المقاومة على التوالي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



شكل (٢٠) دائرة التقطيع التوالي السالب وبانحيازسالب

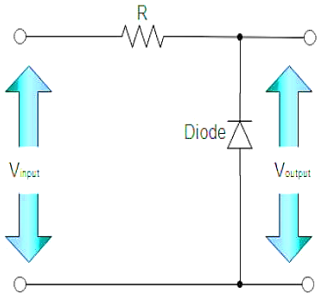
٢-٢-٢-دائرة التقطيع التوازي Parallel clippers

١-دائرة التقطيع التوازي الموجب الغير منحاز : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



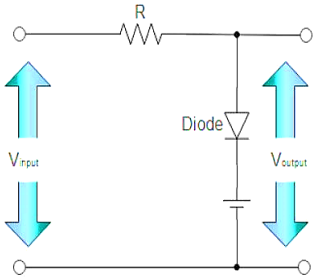
شكل (٢١) دائرة التقطيع التوازي الموجب وبدون انحياز

٢-دائرة التقطيع التوازي السالب الغير منحاز : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي وبدون وجود مصدر لانحياز الدايود



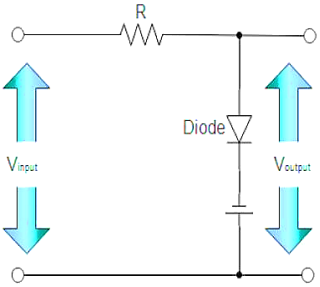
شكل (٢٢) دائرة التقطيع التوازي السالب وبدون انحياز

٣-دائرة التقطيع التوازي الموجب وبانحياز موجب : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



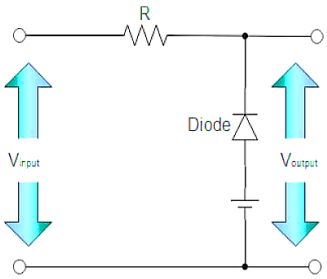
شكل (٢٣) دائرة التقطيع التوازي الموجب وبانحياز موجب

٤-دائرة التقطيع التوازي الموجب وبانحياز سالب : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



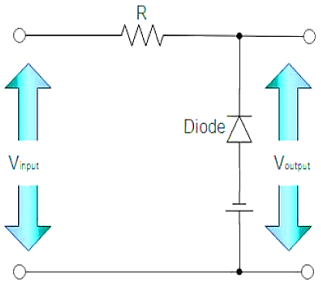
شكل (٢٤) دائرة التقطيع التوازي الموجب وبانحياز سالب

٥-دائرة التقطيع التوازي السالب وبانحياز موجب : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



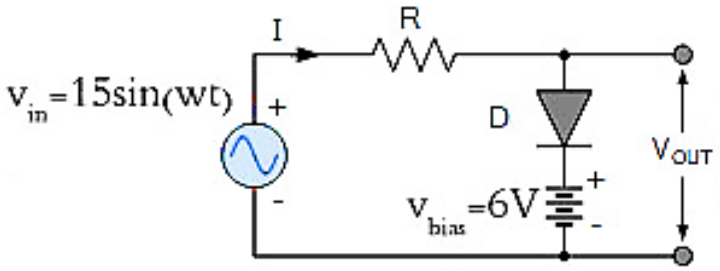
شكل (٢٥) دائرة التقطيع التوازي السالب وبانحياز موجب

٦-دائرة التقطيع التوازي السالب وبانحياز سالب : يربط الدايود مع المقاومة على التوازي مع وجود مصدر لانحياز الدايود



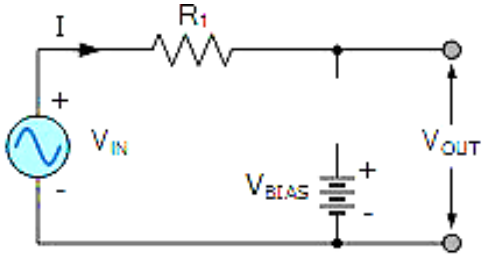
شكل (٢٦) دائرة التقطيع التوازي السالب وبانحياز سالب

مثال ٤:- ارسم موجة جهد الخرج للدائرة بافتراض أن الديود مثالي



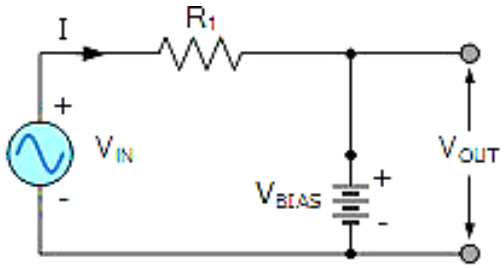
شكل (٢٧) دائرة التقطيع التوازي الموجب وبانحياز موجب

ان العلاقة بين القيمة اللحظية للفولطية الداخلة (V_{in}) ووضعية الديود (على إفتراض أن الديود D مثالياً (ideal diode)) هو ان القيمة اللحظية للفولطية الداخلة V_{in} أقل أو تساوي فولطية البطارية V_{bias} فإن هذا الديود يكون في وضع off وتصبح الدائرة المكافئة لهذه الدائرة كما يلي:



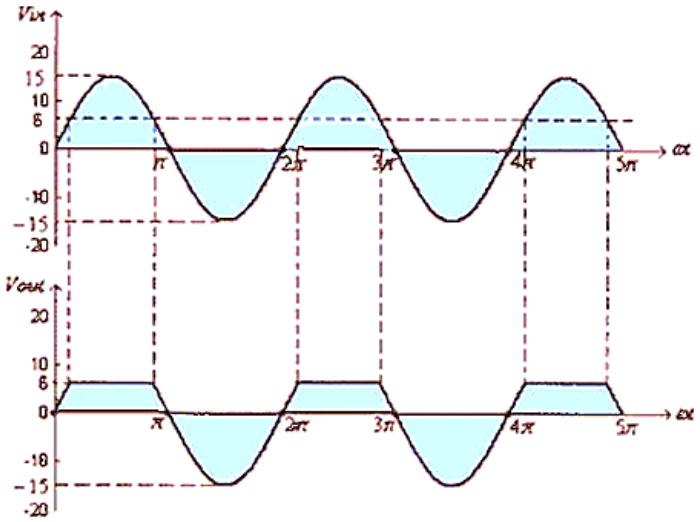
شكل (٢٨) الدائرة المكافئة للدايود في وضع off

في هذه الحالة، فإن: $V_{out}=V_{in}$ وعندما تصبح القيمة اللحظية للفولطية الداخلة V_{in} أعلى من فولطية البطارية V_b يصبح الديود D في وضع on وتصبح الدائرة المكافئة كما يلي:



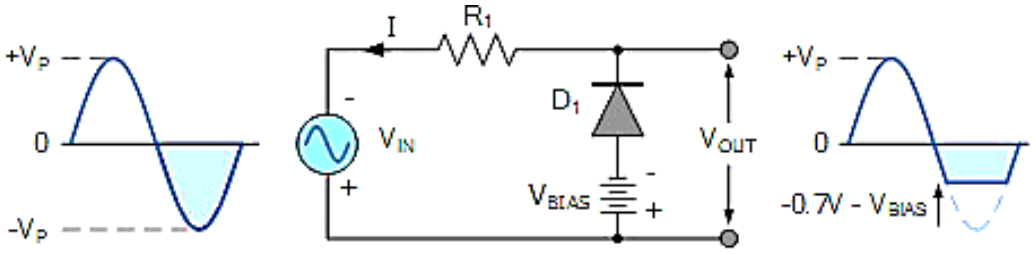
شكل (٢٩) الدائرة المكافئة للدايود في وضع on

في هذه الحالة فإن $V_{out}=V_{bias}$ مما سبق يمكن الإستنتاج أن قيمة الفولطية الخارجة V_{out} لا يمكن أن تتعدى قيمة فولطية البطارية V_{bias} تذكر أن الدايود يكون في وضع on (يعمل كسلك في الدائرة) عندما يكون جهد الانود أكثر من جهد الكاثود بقيمة ٠,٧ في حال دايود السليكون و ٠,٣ في حال دايود الجرمانيوم .



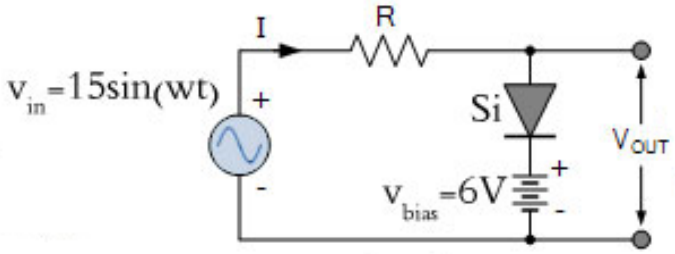
شكل (٣٠) موجة جهد الخرج للدائرة

ملاحظة :- نلاحظ أن اتجاه الدايود في الدارة يحدد هل القطع يتم على نصف الموجة الموجب أو السالب فاتجاه الدايود كما في مثال ١٠ جعل القص يتم على نصف الموجة الموجب ولجعل القص يتم على النصف السالب نقوم بعكس اتجاه الدايود كما في الشكل (٣٦)

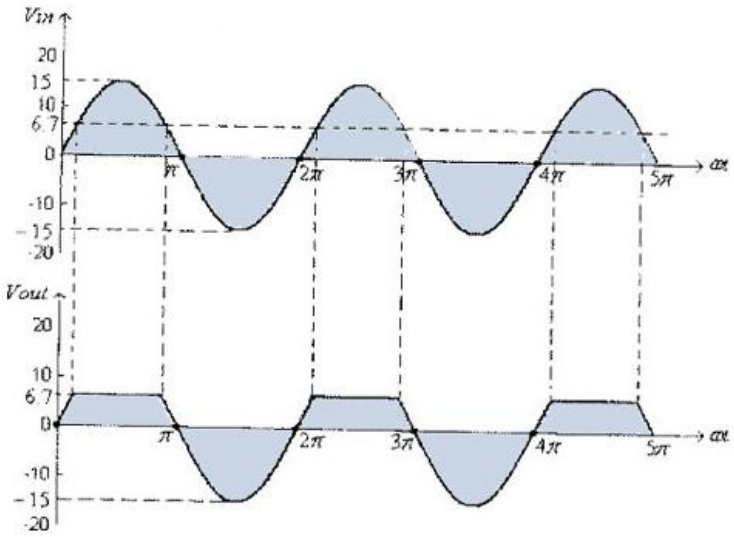


شكل (٣١)

مثال ٥:- ارسم موجة جهد الخرج للدائرة كما في الشكل (٣٢) بافتراض أن الدايود سليكوني



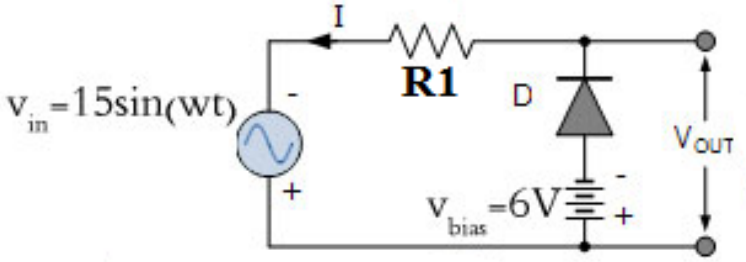
شكل (٣٢)



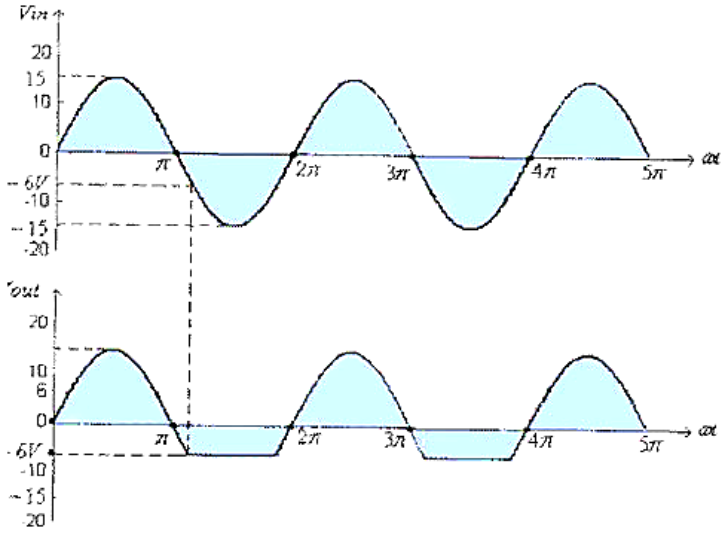
شكل (٣٣) موجة جهد الخرج للدائرة

نلاحظ أن في المثال ١١ يكون القص عند الجهد 6.7 V لأننا أضفنا جهد العتبة لدايود السلكوني .

مثال ٦:- ارسم موجة جهد الخرج للدائرة كما في الشكل (٣٤) بافتراض أن الديود مثالي

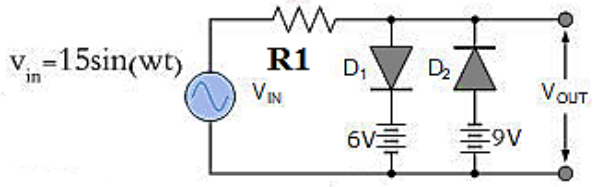


الشكل (٣٤)

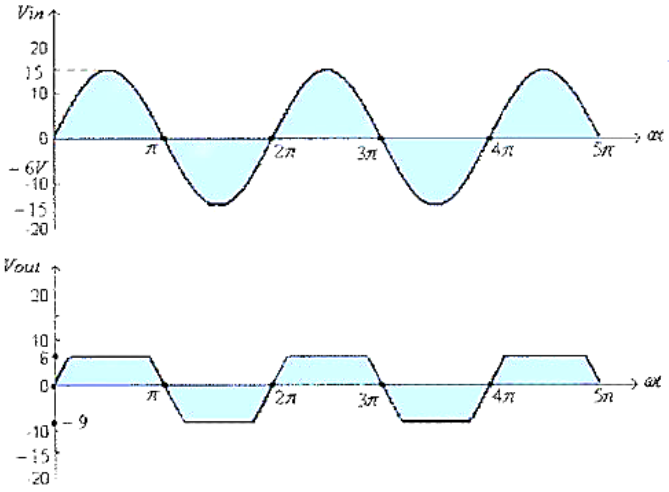


شكل (٣٥) موجة جهد الخرج للدائرة

مثال ٧:- ارسم موجة جهد الخرج للدائرة كما في الشكل (٣٦) بافتراض أن الديودين مثاليين

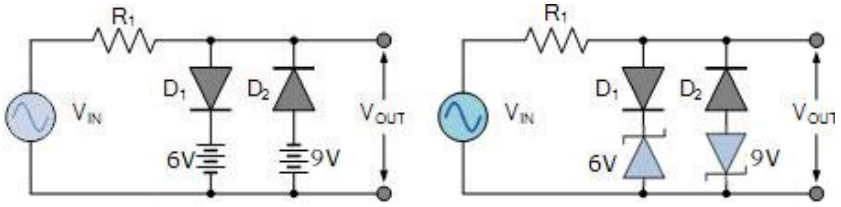


شكل (٣٦)



شكل (٣٧) موجة جهد الخرج للدائرة

ملاحظة :- مما يجب ذكره أنه في الدوائر لتقطيع يتم اسبدال البطاريات بثنائيات زينر فالدائرتين التاليتين متكافئتين من حيث العمل كما في الشكل (٤٣).



شكل (٣٨)

٢-٣- دوائر المشبك Clamper circuit

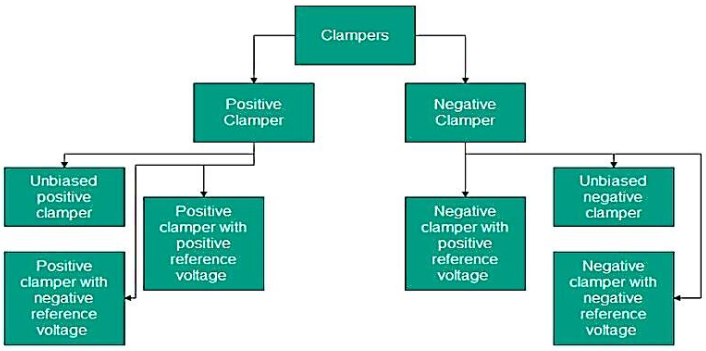
هي دوائر تستخدم لإضافة قيمة جهد تيار مستمر DC للموجة المترددة AC بإزاحة عمودية للموجة المترددة إلى الأعلى وتخرج نفس الإشارة ولكن أصبحت الموجة كلها في النصف الموجب, أو بازاحة عمودية للموجة المترددة إلى الأسفل وتخرج أيضا نفس الإشارة ولكن أصبحت الموجة كلها في النصف السالب, ويطلق عليها DC Restoration ويطلق عليها أيضا DC Offset .

في بعض الاحيان تكون هناك حاجة لإضافة مستوى فولتية مستمرة لإشارة الإدخال، وتسمى الدوائر التي تعمل على إضافة مركبة مستمرة إلى إشارة الإدخال بدوائر المشبك. وتعتبر دوائر المشبك شائعة الاستعمال في الدوائر الإلكترونية ومن أمثلتها التلفاز حيث تستعمل لإضافة فولتية مستمرة لإشارة الصورة.

تتكون دوائر الإلزام بشكل رئيسي من ثلاثة عناصر هي متسعة ، ثنائي شبه موصل ومقاومة، يمكن تقسيم دوائر الإلزام تبعاً لقطبية الفولتية المضافة :إلى

١-المشبك الموجب

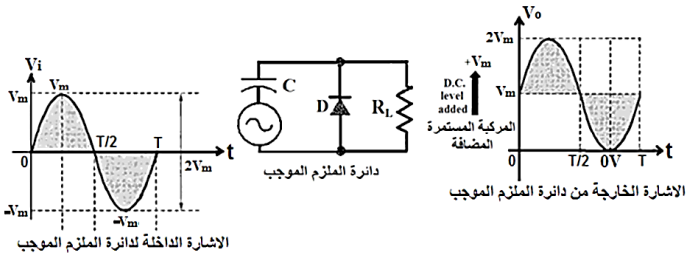
٢-المشبك السالب



شكل (٣٩) تصنيف دوائر الكلمبر

٢-٣-١- المشبك الموجب Positive Clamper

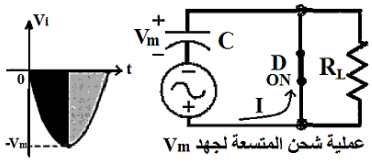
يمثل الشكل (٤٤) دائرة المشبكر الموجب والإشارة الداخلة والخارجة منه.



الشكل (٤٠) دائرة المشبك الموجب

ان عمل دائرة المشبك الموجب فيكون كالتالي:

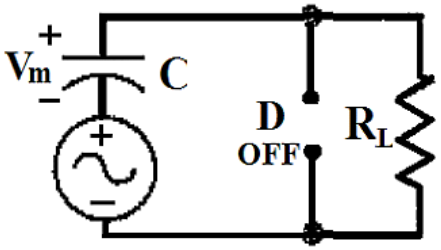
خلال الربع الأول من النصف الموجب من إشارة الإدخال يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي وفي حالة اعتبار الدايود مثالي يكون بمثابة دائرة قصر، وبالنتيجة تشحن المتسعة بسرعة إلى جهد الذروة لإشارة الإدخال V_m وبالقطبية الموضحة بالشكل (٤٥).



شكل (٤١)

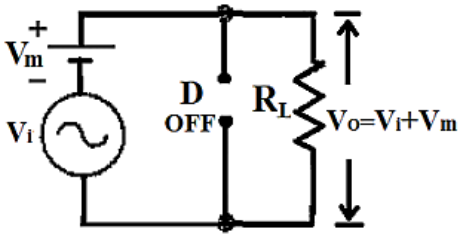
ضمن النصف السالب و بعد تجاوز إشارة الإدخال الذروة السالبة يصبح الثنائي منحاز عكسياً (جهة N ذو جهد اكبر من جهة P).

خلال النصف الموجب التالي يكون الثنائي منحاز عكسياً ويتصرف كدائرة مفتوحة، وبتأثير فرق الجهد على طرفي المتسعة يكون الثنائي منحاز عكسياً خلال الانصاف الموجبة والسالبة التالية، وكما هو موضح بالشكل (٤٢).



الشكل (٤٢)

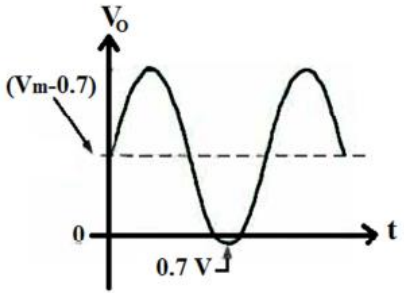
وبجعل ثابت الزمن (R_LC) اكبر بكثير من الزمن الدوري لإشارة الإدخال (T) فان المتسعة تبقى محافظة على شحنتها دائماً، ويمكن اعتبار المتسعة تقوم بعمل بطارية جهدها (V_m) مربوطة على التوالي مع إشارة الإدخال، وبالنتيجة تكون الدائرة المكافئة للمشبك الموجب بعد شحن المتسعة كما موضح بالشكل (٤٣).



شكل (٤٣)

يتضح من ما سبق ان دائرة الملزم الموجب تقوم بإضافة مركبة إلى إشارة الإدخال تساوي ذروة إشارة الإدخال، وبتعبير آخر فان كل نقطة على إشارة الإدخال سوف تنزاح نحو الاتجاه الموجب بمقدار ذروة إشارة الإدخال فتظهر الموجة بأكملها في الجزء الموجب ولهذا تسمى بالملزم الموجب.

من الناحية العملية ثنائي أشباه الموصلات في الانحياز الأمامي لا يمرر التيار إلا بعد ان تتغلب الفولتية المسلطة على جهد الحاجز (V_B) لذا كتقريب ثاني فان المتسعة سوف تشحن لجهد قدره (Vi-VB) ويكون مقدار الازاحة التي تتعرض لها إشارة الإدخال هو بمقدار ($V_i - V_B$) الشكل (٤٨) يوضح فولتية الإخراج لمشبك موجب يستعمل دايود سليكون.

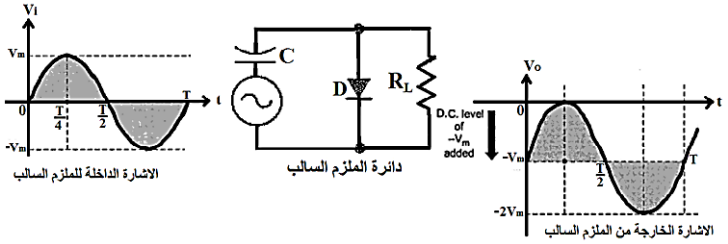


شكل (٤٤)

بخصوص فولتية الذروة العكسية التي يتعرض لها الثنائي في دائرة الملزم الموجب نجدها تساوي ضعف قيمة ذروة الإدخال ($2V_m$). بالإمكان التحكم في مستوى المشبك الموجب من خلال ربط بطارية خارجية على التوالي، وعندها ستضاف (أو تطرح) ازاحة إضافية للإشارة الخارجة بمقدار يساوي جهد البطارية تبعاً لطريقة ربط البطارية.

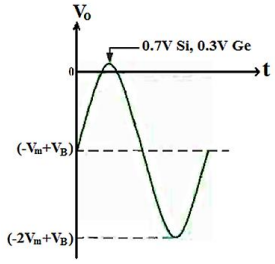
٢-٣-٢- المشبك السالب Negative Clamper

يتكون المشبك السالب من نفس العناصر التي يتكون منها المشبك الموجب ولكن باختلاف قطبية الثنائي والذي بدوره يؤدي إلى اختلاف قطبية الفولتية التي سوف تشحن بها المتسعة. الشكل (٤٥) يوضح دائرة المشبط السالب والإشارة الداخلة والخارجة منه.



شكل (٤٥) دائرة الملزم السالب

نلاحظ ان دائرة الملزم السالب قد عملت على اشباك إشارة الإخراج بالجزء السالب. المشبك السالب لن يكون عند مستوى الصفر بل ينزاح قليلاً فوق مستوى الصفر(بحدود جهد الدايود) وكما هو موضح بالشكل (٤٦).



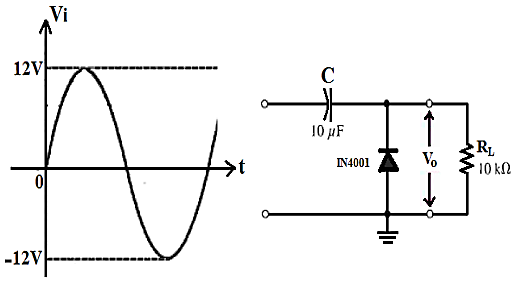
شكل (٤٦)

كما ويمكن التحكم بمستوى المشبك السالب من خلال إضافة بطارية تحييز على التوالي مع الدايود، حيث يزاح مستوى التشبيك فوق أو اسفل مستوى الصفر حسب قيمة طريقة ربط البطارية وجهدها

مثال ٨ :- ارسم الإشارة الخارجة على طرفي مقاومة الحمل في الدائرة التالية الموضحة في الشكل (٤٧)، على فرض ان ثابت الزمن للدائرة كبير جداً بالمقارنة مع الزمن الدوري لإشارة الإدخال بحيث يمكن إهمال تفريغ المتسعة، وذلك في الحالتين:

أ- اعتبار الدايود مثالي.
ب-اعتبار الدايود من السليكون.

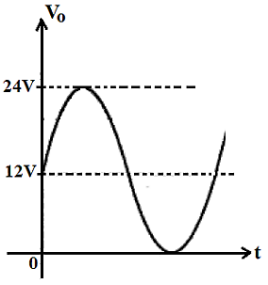
نلاحظ ان الدائرة هي دائرة مشبك موجب غير منحاز، وعليه تكون إشارة الإخراج ملزمة عند الجزء الموجب، ويكون شكل إشارة الإخراج في كل حالة كما يلي:



شكل (٤٧)

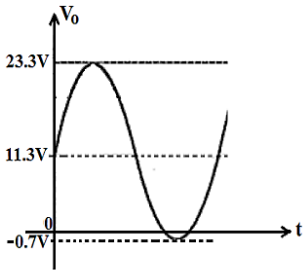
أ- في حالة اعتماد الدايود المثالي.

في هذه الحالة تكون الذروة السالبة لإشارة الإخراج ملزمة بمستوى الصفر اما الذروة الموجبة فتكون ملزمة بمستوى ($2V_m$)أي انها ملزمة بالمستوى (24 V) وتكون إشارة الإخراج كما في الشكل (٥٢).



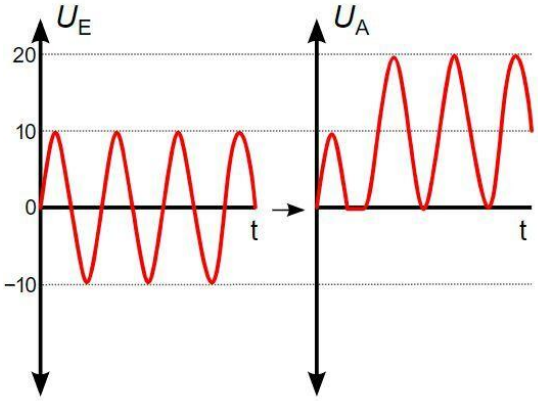
شكل (٤٨)

ب- في حالة اعتماد التقريب الثاني في هذه الحالة يتم الأخذ بنظر الاعتبار تأثير جهد الحاجز، فتكون الذروة السالبة المشبكة بقيمة (0.7 V) اما الذروة الموجبة فتكون ملزمة بالمستوى (23.3 V) حيث (24-0.7=23.3) وكما هو موضح بالشكل (٥٣).



شكل (٤٩)

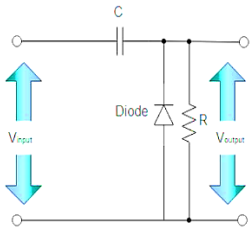
ملاحظة :- الشكل (٥٠) يوضح عملية التشبيك يحدث بعد الموجة الاول الداخلة للدائرة



الشكل (٥٠)

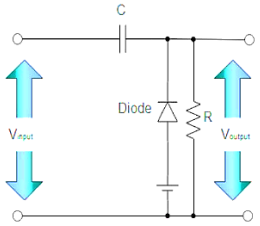
٢-٣-٣- انواع دوائر التشبيك الموجبة والسالبة

١- المشبك الموجب



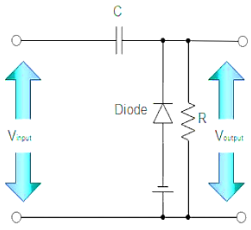
الشكل (٥١)

١-١- المشبك الموجب ذو الفولتية المرجعية الموجبة



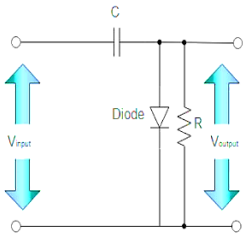
الشكل (٥٢)

٢-١-٢ المشبك الموجب ذو الفولتية المرجعية السالبة



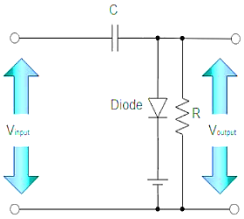
الشكل (٥٣)

٢-٢ المشبك السالب



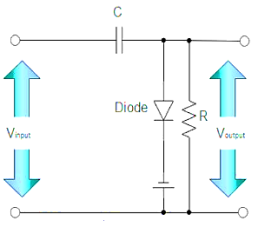
الشكل (٥٤)

٢-١-٢ المشبك السالب ذو الفولتية المرجعية الموجبة



الشكل (٥٥)

٢-١-٢ المشبك السالب ذو الفولتية المرجعية السالبة



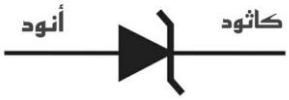
الشكل (٥٦)

٢-٤- زينر دايود

يعمل الدايود العادي على توصيل التيار في اتجاه واحد. ويوجد نوع خاص من الدايوات يسمح بمرور التيار في الاتجاهين واسم هذا الدايود هو زينر دايود، وهذه الميزة تجعله يمتلك بالكثير من الخواص والتطبيقات المفيدة في حياتنا.

دايود الزينر هو نوع خاص من الدايودات مصمم ليعمل في حالة الإنحياز العكسي عندما يكون فرق الجهد المطبق عليه أعلى من جهد معين يُعرف باسم جهد الإنهيار أو جهد الزينر، ويمتاز بثبات فرق الجهد بين طرفيه بالرغم من تغير التيار المار خلاله.

رمز دايود زينر مشابه للدايود العادي ولكن بدلاً من الخط المستقيم الذي يمثل الكاثود، يحتوي الزينر على خط منحني يشبه الحرف Z.



شكل (٥٧)

٢-٤-١- تركيب دايود الزينر

يتكون زينر دايود من وصلة ثنائية (PN junction) جزء يحمل شحنات سالبة N والآخر يحمل شحنات موجبة P، مصنوعة من مادة شبه موصله مثل السيلكون أو الجرمانيوم، وبينهما منطقة تسمى بمنطقة الاستنفاد أو النضوب(depletion region) ، وتكون الوصلة الثنائية مطعمة بعناصر شبه موصلة مثل الفسفور والبورون، (مطعمة بمعنى يتم إضافة شوائب للوصلة من مادة أخرى)، وفي حالة الزينر تكون الوصلة الثنائية مطعمة بشكل كثيف أكثر من الدايود العادي، لذلك، تتحمل تيار كهربائي أكثر من الدايود العادي.

٢-٤-٢- طريقة عمل دايود الزينر

كما ذكرت سابقًا يتكون الزينر من وصلة ثنائية موجبة وسالبة، في الجزء الموجب P تكون حاملات الشحنة هي الفجوات (holes)، بينما في الجزء السالب N تكون الإلكترونات هي حاملة الشحنات، في الحالة الطبيعية تتنافر الفجوات الموجبة مع الإلكترونات السالبة وتتكون منطقة عازلة بينهما تمنع مرور الشحنات، في حالة الإنحياز الأمامي يكون الطرف الموجب من المصدر متصل بالجزء الموجب للزينر والطرف السالب من المصدر متصل بالجزء السالب للزينر، تتنافر الإلكترونات الموجودة بالجزء السالب مع الطرف السالب للبطارية مما يجبرها على التحرك نحو منطقة الاستنفاد، وبالمثل تتنافر الفجوات مع الطرف الموجب للمصدر مما يجبرها على التحرك نحو منطقة الاستنفاد وبزيادة الجهد تستمر العملية وتتقلص منطقة الاستنفاد وفي النهاية تتلاشى المنطقة العازلة وتصبح موصلة وتسمح بمرور الشحنات (التيار) في الوصلة وبهذا يتم التوصيل. وهذا نفس عمل الدايود العادي

في حالة الإنحياز العكسي يتم توصيل الطرف الموجب للبطارية مع الجزء السالب للزينر، والطرف السالب للمصدر مع الجزء الموجب للزينر، تنجذب الإلكترونات الموجودة في الجزء السالب من الزينر للطرف الموجب للمصدر وتتحرك نحوه، وبالمثل تنجذب فجوات الجزء الموجب للطرف السالب للمصدر وتتحرك نحوه، ونتيجة لذلك تصبح منطقة الاستنفاد أوسع. وكلما زاد الجهد تزداد المنطقة العازلة (منطقة الاستنفاد) بالإتساع، في هذه الحالة لا يمر أي شحنات في الوصلة ويكون التيار مساوي للصفر تقريبًا.

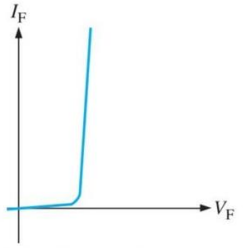
ولكن عند زيادة الجهد إلى قمية معينة تسمى بجهد الإنهيار أو جهد الزينر (V_Z) يصبح المجال الكهربائي قوي بدرجة كافية لتحرير الإلكترونات من مدارات التكافؤ الخاصة بها وإنشاء تيار.

في هذه الحالة، تحصل حاملات الشحنة الأقلية على طاقة حركية كافية بسبب المجال الكهربائي القوي بعد جهد انهيار عكسي معين. والإلكترونات الحرة لديها طاقة حركية كافية تصطدم مع الأيونات الثابتة في منطقة الاستنفاد وتطلق المزيد من الإلكترونات الحرة. ستتصادم هذه الإلكترونات الحرة الجديدة مع أيونات ثابتة أخرى وتنتج المزيد من الإلكترونات الحرة. هذه العملية تراكمية. وفي وقت قصير ، ستنتج المزيد من الإلكترونات الحرة في منطقة الاستنفاد وتصبح وصلة الزينر موصلة بالكامل.

الجهد الذي يحدث عنده الانهيار (breakdown) يعرف باسم جهد الزينر .(zener voltage) بالتحكم بمقدار الشوائب المضافة يمكن ضبط جهد الزينر عند التصنيع.

٢-٤-٣-خصائص الزينر دايودV-I

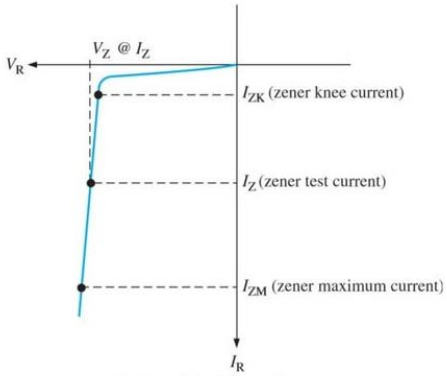
في حالة الإنحياز الأمامي تكون العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي الزdنر دhايود والتيار المار فيه تشبه تلك العلاقة التي للدايود العادي، في البداية يكون التيار صغير جدًا وعند زيادة فرق الجهد أكبر من جهد الدايود (٠,٧ فولت للجرمانيوم) يصبح الزينر موصل للتيار.



خصائص زينر دايود في الإنحياز الأمامي

شكل (٥٨)

في حالة الإنحياز العكسي يكون التيار صغيرًا جدًا في البداية، هذا التيار بسبب حاملات الشحنة الأقلية. وعندما يزيد فرق الجهد عن جهد الزينر V_Z ، يحدث انهيار للزينر يسمى بانهيار الزينر (zener breakdown) ويزداد التيار على الفور ويعمل زينر دايود بدون تلف.



خصائص زينر دايود في الإنحياز العكسي

شكل (٥٩)

ومهما تغير جهد المصدر يبقى فرق الجهد بين طرفي الزينر دايود ثابتا تقريبًا (ويساوي قيمةV_Z ، ما دام التيار المار في الزنر ديود محصورا بين القيمتين القصوى $I_{Z(max)}$ والصغرى للتيار$I_{Z(min)}$.

$I_{Z(min)}$هي أقل قيمة للتيار يمكن للزينر دايود أن يعمل، على سبيل المثال إذا قمت بتصميم دائرة ما وكان التيار المار فيها أقل من القيمة الصغرى لتيار الزينر فلن يعمل دايود الزينر.

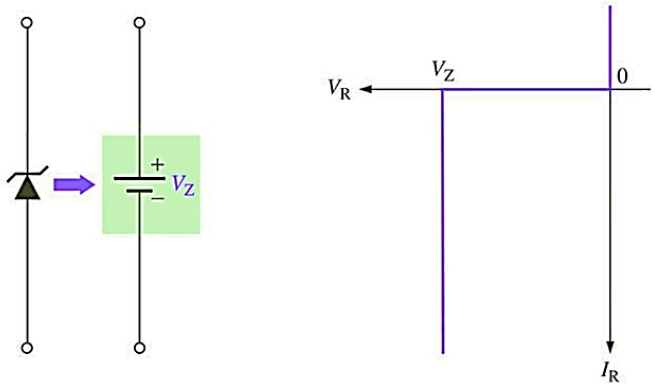
$I_{Z(max)}$هي أقصى قيمة مسموح بها للتيار في الزينر اديود وإذا تجاوزها يتلف الزينر، ولذا يجب معرفة كم أكبر كمية من التيار يمكن أن تمر في الدائرة حتى تختار زينر مناسب لا يتلف ويتحمل التيار.

ومما يجب ذكره أن قيمة جهد الزينر V_Z تعتمد على نسبة تركيز الشوائب في البلورة التي يصنع منها الزنر دايود، وكلما كانت نسبة تركيز الشوائب أعلى كلما كانت قيمة الجهد V_Z أقل. وبتغيير نسبة تركيز الشوائب في بلورة الزينر دايود يمكن تصنيع دايودات من هذا النوع وبقيم مختلفة للجهدV_Z.

يتوفر الزينر بشكل تجاري بجهد انهيار (breakdown voltages) من أقل من ١ فولت إلى أكثر من ٢٥٠ فولت مع تفاوت (tolerances) من ١٪ إلى ٢٠٪.

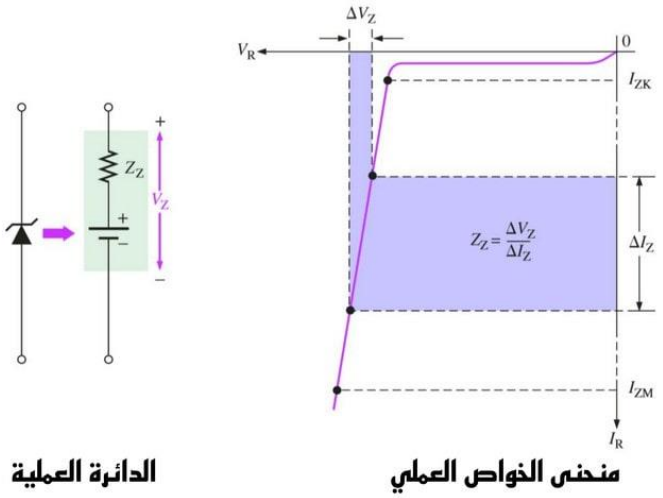
٢-٤-٤-الدائرة المكافئة لدايود زينر

يوضح الشكل التالي الدائرة المثالية لدايود زينر في الانهيار العكسي ومنحنى خصائصه المثالية. في هذه الحالة له جهد انهيار ثابت يساوي جهد زينر المقنن. يتم تمثيل هذا الفقد الثابت في الجهد عبر الزينر الناتج عن الانهيار العكسي، بمصدر جهد مستمر.



شكل (٦٠)

في الحقيقة دايود الزينر لا يكون بنفس خصائصه المثالية السابقة ويختلف عنها، يظهر في الشكل التالي النموذج العملي لدايود زينر، حيث يتم تضمين مقاومة زينر R_z. (Z_Z) نظرًا لأن منحنى الجهد الفعلي ليس ثابتًا كما في الحالة المثالية، لأن التغير في تيار زينر ينتج عنه تغيير طفيف في جهد زينر كما هو موضح في الشكل التالي.



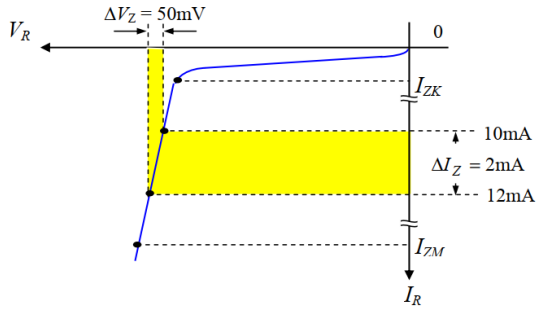
شكل (٦١)

من الأفضل تجنب تشغيل الصمام الثنائي زينر بالقرب من نقطة الانحدار (knee) للمنحنى لأن المقاومة تتغير بشكل كبير في تلك المنطقة.

بالنسبة لمعظم أعمال تحليل الدوائر واستكشاف الأخطاء وإصلاحها، يمكن استخدام النموذج المثالي وإهمال المقاومة ويعطي هذا نتائج جيدة جدًا وهو أسهل بكثير في التحليل من النماذج الأكثر تعقيدًا.

ومما يجب ذكره أيضًا أن قيمة جهد الزينر V_z قد تتغير بتغير درجة حرارة الزنر ديود. ولقياس تأثير تغير درجة الحرارة على تغير قيمة الجهد V_z ، فإنه كثيرًا ما يستخدم المعامل الحراري للجهد V_z ، والذي يرمز له بالرمز T_c ، ويعرف على أنه النسبة بين قيمة التغير النسبي للجهد V_z ، وتغير درجة الحرارة.

مثال ٩ :- اوجد المقاومة r_z للدايود زينر الذي له منحنى الخواص الموضح في الشكل (٦٢)



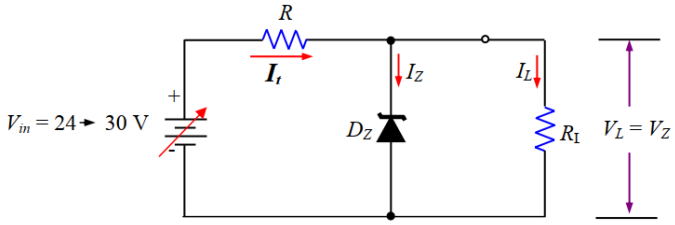
شكل (٦٢)

$$r_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z} = \frac{50mV}{2mA} = 25 \quad \Omega$$

مثال ١٠ :- اذا كانت $r_z = 5\ \Omega$ و $V_Z = 6.8\ V$ فما هي الجهد على طرفي الدايود زينر V_{ZD} عند مرور تيار مقداره 20 mA.

$$V_{ZD} = V_Z + I_Z r_Z$$
$$V_{ZD} = 6.8 + 20\times10^{-3}\times5 = 6.9 \ \ V$$

مثال ١١ :- بالنسبة لمنظم الجهد المبين بشكل (٦٣), افترض ان $V_Z = 20\ V$ و $R = 20\ \Omega$ و $R_L = 200\Omega$ و $r_Z = 0$ وجهد الدخل يتغير بين 24 V و 30 V.



شكل (٦٣)

١- تيار الحمل المار في المقاومة R_L يساوي

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

التيار الكلي المار في المقاومة R يعطي بالعلاقة الاتية

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

ونظرا لثبات قيمة V_Z وكذلك قيمة R فان قيمة التيار الكلي I_t تعتمد على قيمة جهد الدخل V_{in} وبالتالي فان اقل قيمة للتيار الكلي $I_{t(min)}$ تكون عند $V_{in} = 24$ V بينما اعلى قيمة للتيار الكلي $I_{t(max)}$ تكون عند $V_{in} = 30$ V

$$I_{t(\min)} = \frac{24V - 20V}{20\Omega} = 0.2A$$
$$I_{t(\max)} = \frac{30V - 20V}{20\Omega} = 0.5A$$

وبتطبيق قانون كرشوف للتيار نحصل على

$$I_t = I_Z + I_Z$$

ونظرا لثبات تيار الحمل I_L في الدايود زينر يكون اقل ما يمكن ($I_Z = I_{Z(min)}$) في حالة $I_{t(min)}$ بينما يكون اكبر ما يمكن $I_{t(max)}$ في حالة ($I_Z = I_{Z(max)}$)

$$I_{Z\,(\min)} = I_{t\,(\min)} - I_L = 0.2A - 0.1A = 0.1A$$
$$I_{Z\,(\max)} = I_{t\,(\max)} - I_L = 0.5A - 0.1A = 0.4A$$

٢- اقصى قدرة مبددة في المقاومة R تساوي

$$P_{R\,(\max)} = I_{t\,(\max)}^2 R = (0.5A)^2 \times 20\Omega = 5\ W$$

اقصى قدرة مبددة في الدايود زينر تساوي

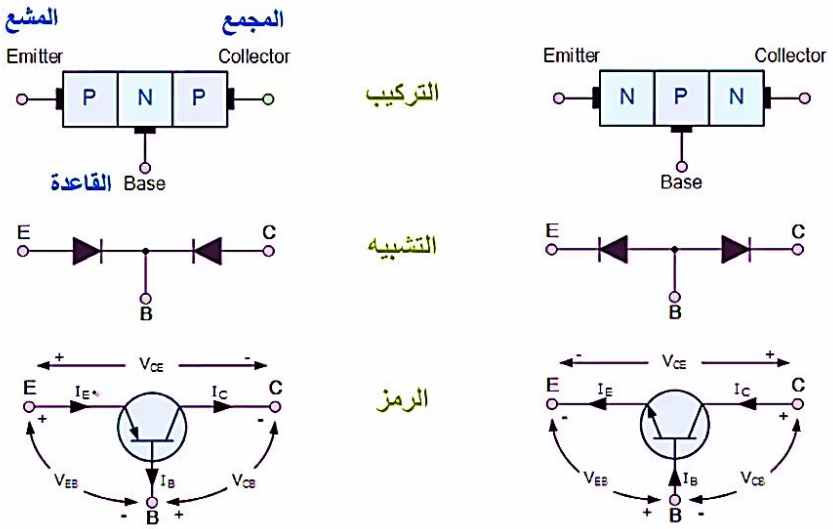
$$P_{Z\,(\max)} = V_Z I_{Z\,(\max)} = 20V \times 0.4A = 8\ W$$

٣- الترانزستور

تعتبر الترانزستورات جزا لا يتجزا من عالم الالكترونيات فهي جزء ضروري للتحكم في معظم الدوائر الالكترونية الحديثة تقريبا. في بعض الاحيان نرى الترانزستورات ظاهرة ولكن في معظم الاحيان تكون مختفية ضمن مكونات الدوائر المتكاملة (Integrated circuit).

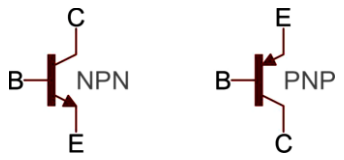
يمكن استخدام الترانزستورات باعداد صغيرة لعمل المفاتيح الإلكترونية البسيطة وبوابات المنطق الرقمي (digital logic) ودوائر تضخيم الاشارة. بينما يمكن ايضا توصيل الالاف او الملايين او حتى المليارات منها معا ودمجها على رقائق صغيرة لتصنيع ذواكرالحاسوب (computer memories) او المعالجات الدقيقة (microprocessors) والعديد من الدوائر المتكاملة المعقدة الأخرى.

يعتبر الترانزستور جهازا شبه موصل مثل الديود تماما. يمكننا القول ان الترانزستور هو ما ستحصل عليه إذا قمت بوضع دايودين معا مع توصيل مصعديهما(الطرفين السالبين) معا. التعرف على كيفية عمل الديودات يختصر الكثير من الطريق نحو التعرف على الترانزستورات وطريقة عملها.



شكل (١) الدائرة المكافئة للترانزستور

الترانزستورات هي في الأساس أجهزة ذات ثلاث أطراف. وفي الترانزستور ثنائي القطبية BJT . تسمى تلك الأطراف المجمع (collector) (C) ، والقاعدة (base) (B) ، والباعث (emitter) (E). والرموز المستخدمة في الدوائر الكهربية للدلالة على الترانزستورات NPN وPNP كما موضح ادناة

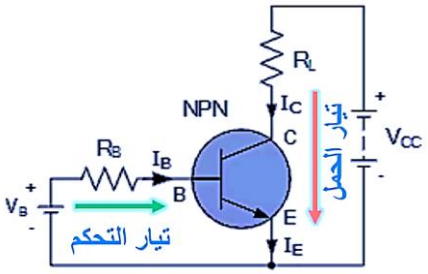


شكل (٢) انواع رموز الترانزستورات

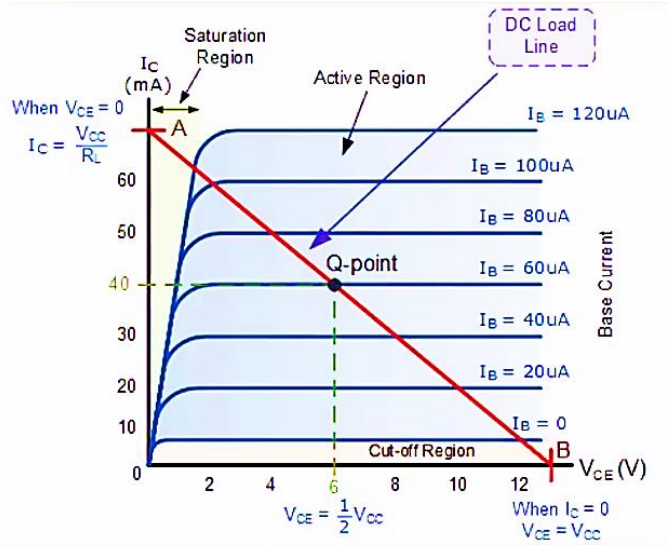
الفرق الوحيد بين الرسم التوضيحي لنوعي الترانزستور ثنائي القطبية NPN و PNP هو اتجاه السهم الخاص بالباعث ففي النوع NPN يشير السهم للخارج بينما في نوع PNP يشير للداخل.

الترانزستورات في الأساس من أشباه الموصلات وشبه الموصل هو مادة ليست موصلة (conductor) كاسلاك النحاس وفي الوقت ذاته ليست مادة عازلة (insulator) كالهواء. تعتمد التوصيلية الكهربية (conductivity) لشبه الموصل (سهولة سريان الإلكترونات خلاله) على بعض المتغيرات مثل درجة الحرارة ووجود زيادة او نقص في الالكترونات.

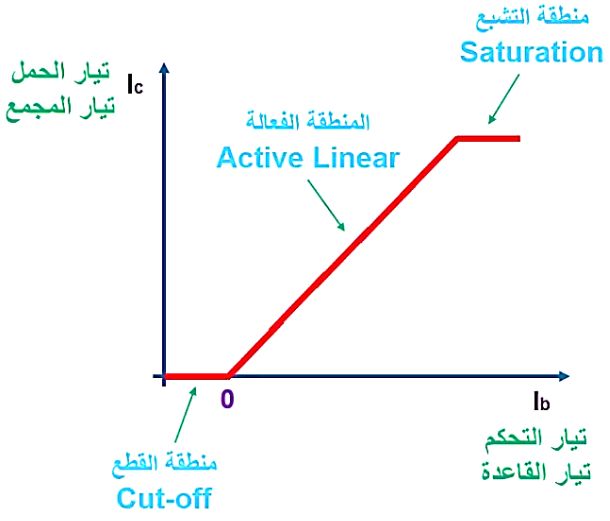
الترانزستور يمكن اعتباره مقاومة متغيرة وتتغير هذه المقاومة عن طريق تغيير تيار القاعدة I_B. وكذلك يكون I_B صغيرة جدا مقارنتا مع I_C وبالتالي فانه يسمح لتيار صغير ان يتحكم بتيار كبير.



شكل (٣) دائرة انحياز ترانزستور نور NPN



شكل (٤) العلاقة بين فولتية V_{CE} وتيار I_C



شكل (٥) العلاقة بين تيار I_B وتيار I_C

٣-١- مناطق عمل الترانزستور

ويمكن تقسيم مناطق عمل الترانزستور الى ثلاث مناطق وكما يلي :-

١- **منطقة القطع (cut-off):-** الترانزستور لا يمرر اي تيار الترانزستور يعمل كمفتاح مفتوح

$I_B = 0 \;\&\; I_C = 0$

٢- **منطقة الاشباع (Saturation):-** الترانزستور يوصل التيارات ويعمل كمفتاح مغلق

$I_B =$ كبير $I_C =$ اعلى ما يمكن بالنسبة للمصدر

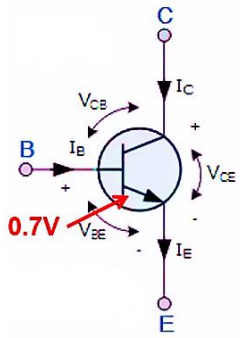
٣- **منطقة الخط الفعال (Linear active):-** الترانزستور يكبر التيار بحسب العلاقة $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$I_B =$ متوسط $I_C = \beta I_B$

٣-٢- مبدا عمل ترانزستور نوع NPN

لعمل هذا النوع من الترانزستور يجب ان يكون فولتية القاعدة اكبر من فولتية المشع وان يكون فرق الجهد بينهما 0.7v او اكثر.

$I_E = I_C + I_B$

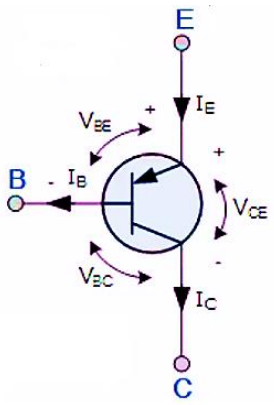


شكل (٦) مبدا عمل ترانزستور نوع NPN

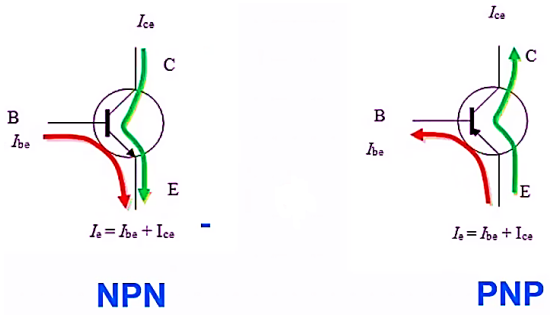
٣-٣- مبدا عمل ترانزستور نوع PNP

لعمل هذا النوع من الترانزستور يجب ان يكون فولتية المشع اكبر من فولتية القاعدة وان يكون فرق الجهد بينهما 0.7v او اكثر

$I_C = I_E - I_B$

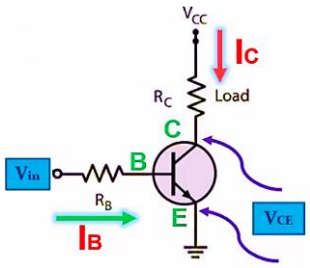


شكل (٧) مبدا عمل ترانزستور نوع PNP

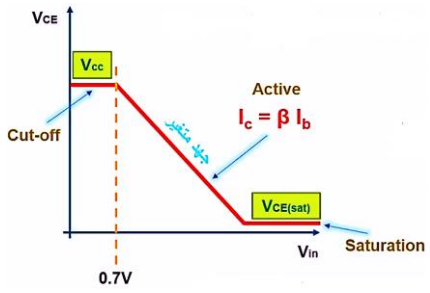


شكل (٨) مسار التيارات في الترانزستور

ومن خلال مسارات التيارات في الترانزستور يظهر لنا علاقة ما بين فولتية V_{in} وفولتية V_{CE}



شكل (٩) مسار التيارات ترانزستور نوع NPN



شكل (١٠) علاقة ما بين فولتية V_{in} وفولتية V_{CE}

٣-٤- حالة الترانزستور

يمكن معرفة حالة الترانزستور م خلال حساب قيمة I_B و V_{CE} وكما يلي

نحسب قيمة I_B

$I_B \leq 0$

Cut-off

$I_C = 0$

$I_B \geq 0$

نحسب قيمة V_{CE}

$V_{CE} \leq 0$

Saturation

$I_C = I_C(sat)$

$V_{CE} > 0$

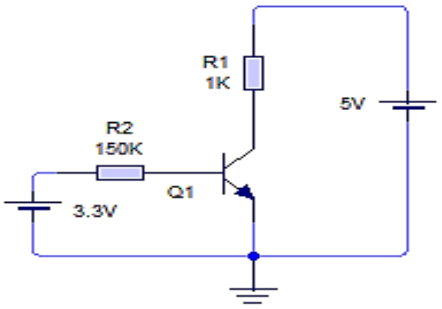
Active

$I_C = \beta I_B$

مثال ١ :- اوجد حالة الترانزستور وفولتية الخرج $V_{BE}=0.7\ v\ ,\ \beta=120\ ,\ V_{CE(Sat)}=0.2\ v$

لايجاد قيمة I_B نقوم بتحديد مساره ونستخدم قانون كرشوف للفولتية

$$V_{in}-V_{R_B}-V_{BE}=0$$
$$3.3-R_BI_B-0.7=0$$
$$I_B=\frac{3.3-0.7}{R_B}=\frac{2.6}{150*10^3}=1.73*10^{-5}=17.3\mu A$$
$$\because 17.3\mu A\geq 0$$
$$\therefore \text{ Transistor not in cut-off region}$$



نفرض ان الترانزستور في منطقة الخط الفعال ولايجاد I_C نستخدم قانون كرشوف للفولتية

$$V_{CC}-V_{R_L}-V_{CE}=0$$
$$5-R_CI_C-V_{CE}=0$$
$$I_C=\beta I_B=120*17.3*10^{-6}=2.076\ mA$$
$$5-1*10^3*2.076*10^{-3}-V_{CE}=0$$
$$5-2.076-V_{CE}=0$$
$$V_{CE}=2.924\ \text{v}$$

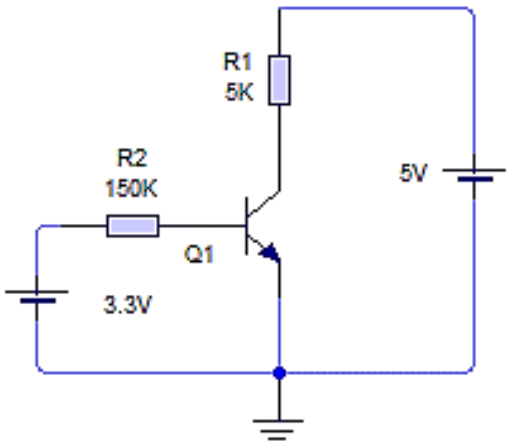
مثال ٢ :- اوجد حالة الترانزستور وفولتية الخرج $V_{BE}=0.7\ v\ ,\ \beta=120\ ,\ V_{CE(Sat)}=0.2\ v$

لايجاد قيمة I_B نقوم بتحديد مساره ونستخدم قانون كرشوف للفولتية

$$V_{in}-V_{R_B}-V_{BE}=0$$
$$3.3-R_BI_B-0.7=0$$
$$I_B=\frac{3.3-0.7}{R_B}=\frac{2.6}{150*10^3}=1.73*10^{-5}=17.3\mu A$$
$$\because 17.3\mu A\geq 0$$
$$\therefore \text{ Transistor not in cut-off region}$$

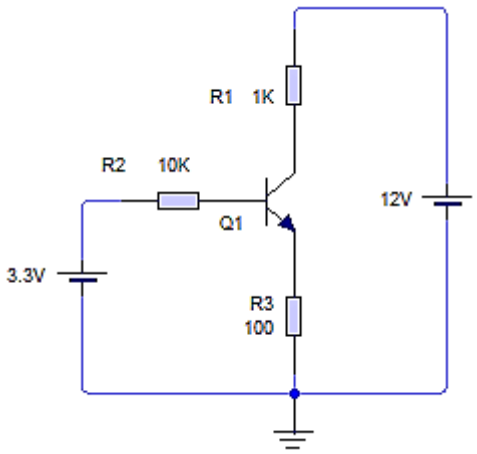
نفرض ان الترانزستور فى منطقة الخط الفعال ولايجاد I_C نستخدم قانون كرشوف للفولتية

$$V_{CC}-V_{R_L}-V_{CE}=0$$
$$5-R_CI_C-V_{CE}=0$$
$$I_C=\beta I_B=120*17.3*10^{-6}=2.076\ mA$$
$$5-5*10^3*2.076*10^{-3}-V_{CE}=0$$
$$5-10.38-V_{CE}=0$$
$$V_{CE}=-5.38\ \text{v}$$
$$V_{CE}=-5.38\ \text{v}<0.2$$
$$\therefore V_{CE}=V_{CE(sat)}=0.2$$



مثال ٣:- اوجد حالة الترانزستور وفولتية الخرج $V_{BE}=0.7\ v\ ,\ \beta=120\ ,\ V_{CE(Sat)}=0.2\ v$

لايجاد قيمة I_B نقوم بتحديد مساره ونستخدم قانون كرشوف للفولتية



$$V_{in}-R_BI_B-V_{BE}-R_EI_E=0$$
$$5-10*10^3I_B-0.7-100(I_B+I_C)=0$$
$$4.3-10*10^3I_B-100(I_B+\beta I_B)=0$$
$$4.3-10*10^3I_B-100[(1+\beta)I_B]=0$$
$$4.3-10000I_B-100[(1+120)I_B]=0$$
$$4.3-10000I_B-100[(121)I_B]=0$$
$$4.3-10000I_B-12100I_B=0$$
$$4.3-22100I_B=0$$
$$I_B=\frac{4.3}{22100}=194.5\quad \mu A$$

نفرض ان الترانزستور في منطقة الخط الفعال ولايجاد I_C نستخدم قانون كرشوف للفولتية

$$V_{CC}-V_{R_C}-V_{CE}-V_{R_E}=0$$
$$V_{CC}-R_CI_C-V_{CE}-R_EI_E=0$$
$$12-1000I_C-V_{CE}-100(I_B+I_C)=0$$
$$12-1000\beta I_B-V_{CE}-100(I_B+\beta I_B)=0$$
$$12-1000\beta I_B-V_{CE}-100[(1+\beta)I_B]=0$$
$$12-1000*120*194.5*10^{-6}-V_{CE}-100[(1+120)194.5*10^{-6}]=0$$
$$12-23.34-V_{CE}-100[(1+120)194.5*10^{-6}]=0$$
$$12-23.34-V_{CE}-100*121*194.5*10^{-6}=0$$
$$12-23.34-V_{CE}-2.35=0$$
$$12-23.34-V_{CE}-2.35=0$$
$$-13.69-V_{CE}=0$$
$$V_{CE}=-13.69\ <\ 0.2\ V$$

اذن الترانزستور في حالة اشباع فيكون $V_{CE}=0.2\ V$ لذلك نقوم باعادة حساب

$$V_{CC}-V_{R_C}-V_{CE(sat)}-V_{R_E}=0$$
$$V_{CC}-R_CI_C-V_{CE(sat)}-R_EI_E=0$$
$$12-1000I_C-0.2-100(194.5*10^{-6}+I_C)=0$$
$$12-1000I_C-0.2-0.019+100I_C=0$$
$$11.781-(1000+100)I_C=0$$
$$11.781-1100I_C=0$$
$$I_C=\frac{11.781}{1100}=10.7\quad mA$$

بما ان الترانزستور في حالة اشباع فان تيار $I_C=10.7\ mA$

$$V_o=V_{R_E}=R_EI_E$$
$$V_o=100*10.7*10^{-3}=1000.7*10^{-3}=1.7\ \ V$$

٣-٥- الترانزستور يعمل كمفتاح:-

عندما نريد استخدام الترانزستور كمفتاح يجب ان يكون تيار القاعدة I_B اكبرمن قيمته في المنطقة الفعالة من ٥ الى ١٠ مرات لضمان عمله في منطقة الاشباع.

نستطيع ان نجد قيمة I_C و β من data sheet وعلى اثرة نجد قيمة I_B من العلاقة $I_C = \beta * I_B$ وهذه العلاقة تصح للعمل به في المنطقة الفعالة لذلك عندما نريد ان يعمل الترانزستور كمفتاح مغلق نختار قيمة لتيار القاعدة يكون اكبر من قيمته في المنطقة الفعالة من ٥ – ١٠ مرات لضمان وصوله الى منطقة الاشباع.

مثال ٤:- اوجد قيمة المقاومة R_B و R_C لدائرة ادناه

من data sheet نجد قيمة $\beta = 110$ و $I_C = 120\ mA$

في المنطقة الفعالة

$$I_C = \beta * I_B$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{20*10^{-3}}{110} = 181.8\ \mu A$$

نضرب I_B في ١٠ للتاكد من ان الترانزستور يصل الى منطقة الاشباع

$$I_B = 181.8*10^{-6}*10 = 1.8\ mA$$

لايجاد قيمة R_B نستخدم قانون كرشوف للفولتية

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

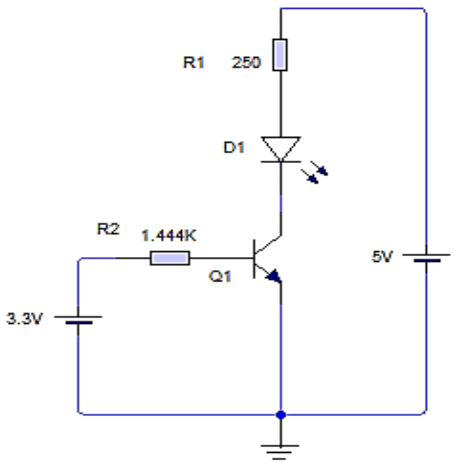
$$3.3 - R_B I_B - 0.7 = 0$$

$$2.6 - 1.8*10^{-3} * R_B = 0$$

$$R_B = \frac{2.6}{1.8*10^{-3}} = 1444.4\ \Omega$$

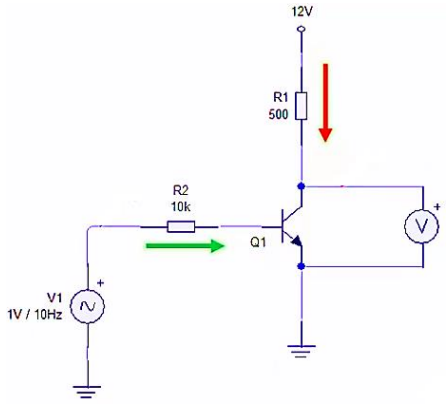
نستخدم قانون اوم لايجاد R_C

$$R_C = \frac{V_{CC}}{I_C} = \frac{5}{20*10^{-3}} = 250\ \Omega$$

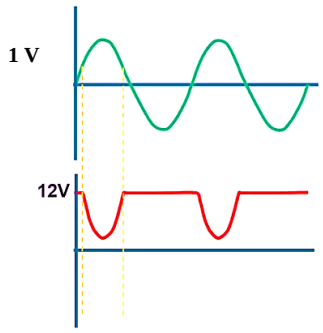


٣-٦- الترانزستور يعمل مكبر للاشارة:-

يعمل الترانزستور كمكبر للاشارة ضمن منطقة العمل الخط الفعال (linear active region). وكلما زادة تيار القاعدة كلما قل الجهد حول الترانزستور.

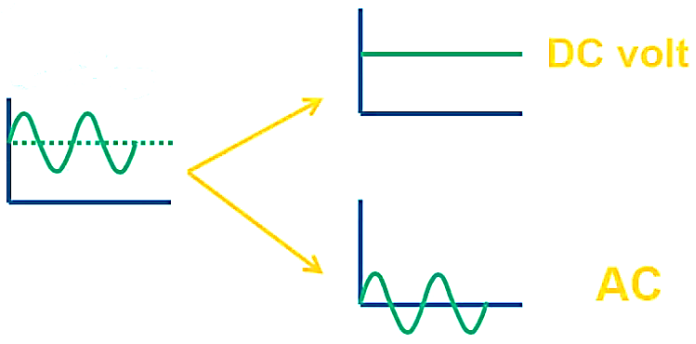


الشكل (١١) دائرة تكبير بسيطة



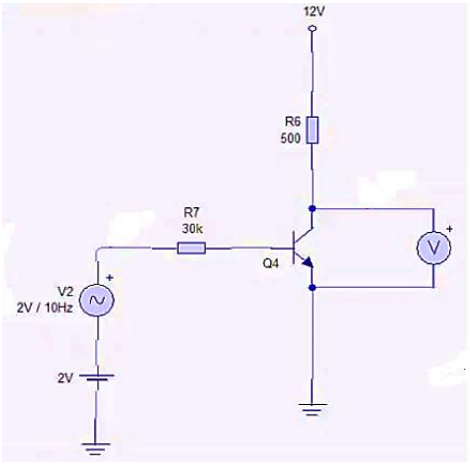
الشكل (١٢) انقلاب الموجة

في الدائرة اعلاه نلاحظ ان الجزء الموجب من الموجة الداخلة تبداء بالخروج بعد وصول الفولتية الى 0.7 V حيث يتحقق الانحاز الامامي بين القاعدة والمشع وعند هبوط الجهد دون 0.7 V يبداء الانحياز العكسي بين القاعدة والمشع ولذلك لا يظهر الجزء السالب من الموجة وقليل جدا من الجزء الموجب (الجزء الذي يقع بين 0.7 V – 0V). قيمة الموجة الداخلة هي 1V ولكن قيمة الموجة الخارجة هي 12 V اي انه حصل عملية التكبير ولكن الموجة الخارجة غير مطابقة لموجة الدخول ولتلافي هذا التشوه في موجة الخرج نلجا الى استخدام موجة مركبة كما موضح في الشكل ادناه.

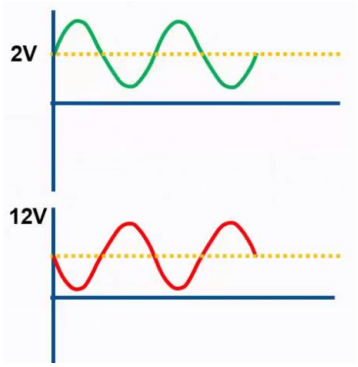


الشكل (١٣) الموجة المركبة

الموجة المركبة هي عبارة عن اشارة متناوبة محملة على الاشارة المستمرة بحيث تحافظ الاشارة المستمرة على الانحياز الامامي بين القاعدة والمشع وبذلك نحصل على اشارة خرج مطابقة لاشارة الدخل.



الشكل (١٤) دائرة تكبير بسيطة مع موجة مركبة



الشكل (١٥) انقلاب الموجة مع وجود الموجة المركبة

اسئلة واجوبة الفصل الاول

عرف ما يلي :-

الترانزستور

هو عبارة عن اداة الكترونية تتكون من ثلاث بلورات ملتصقة مع بعضها بحيث تكون البلورتين الطرفيتين من نفس النوع وتفصلهما بلورة من نوع اخر.

منطقة القطع للترانزستور

يعمل الترانزستور في هذه الخاصية كدائرة مفتوحة، بحيث يتوقف تدفق التيار نهائيًا من المجمع إلى الباعث، ويمكن الاستدلال على عمل الترانزستور بمنطقة القطع، عندما تكون قيمة جهد القاعدة أصغر من جهد المجمع، وكذلك جهد القاعدة أصغر من جهد الباعث.

منطقة العمل للترانزستور

وتُسمّى بالمنطقة الفعّالة، وهي الجزء المسؤول عن تضخيم الإشارة الكهربائية، بحيث يعمل الترانزستور من خلال هذه الخاصية على تمرير التيار الكهربائي نحو القاعدة، ويمكن الاستدلال على عمل الترانزستور بهذه المنطقة، عندما تكون قيمة جهد المجمع أكبر من جهد القاعدة، وجهد القاعدة أكبر من جهد الباعث.

منطقة الاشباع للترانزستور

يعمل الترانزستور في هذه الخاصية كدائرة مغلقة، بحيث يندفع التيار من المجمع إلى الباعث بكامل طاقته، ويمكن الاستدلال على عمل الترانزستور بمنطقة التشبع، عندما تكون قيمة جهد القاعدة أكبر من قيمة المجمع، وأكبر من قيمة جهد الباعث.

مكبر الترانزستور

يعمل الترانزستور كمكبر للصوت عن طريق رفع قوة الإشارة الضعيفة. الجهد المتحيز للتيار المستمر المطبق على تقاطع قاعدة الباعث، يجعله يظل في حالة منحازة للأمام. يتم الحفاظ على هذا الانحياز الأمامي بغض النظر عن قطبية الإشارة.

ما هي وظيفة الترانزستور

١- يعمل كمفتاح غلق وفتح في الدوائر الالكترونية

٢- تكبير كلا من الفولتية والتيار

٣- مذبذب لتوليد الفولتية المتناوبة من الفولتية المستمرة

ما هي تركيبة الترانزستور

يتركب الترانزستور من ثلاث بلورات ملتصقة مع بعضها وهي

١- الباعث (Emitter) (E) وهي البلورة الطرفية التي تنبعث منها الالكترونات الحرة او الفجوات

٢- المجمع (Collector) (C) هي البلورة الطرفية التي تجذب اليها الالكترونات الحرة او الفجوات

٣- القاعدة (Base) (B) هي البلورة الوسطى والتي تنظم مرور الالكترونات الحرة او الفجوات بين المجمع والباعث

ما هي مناطق عمل الترانزستور

١- منطقة القطع ويعمل الترانزستور كمفتاح مفتوح

٢- منطقة الاشباع ويعمل الترانزستور كمفتاح مغلق

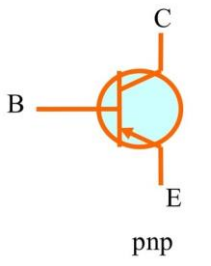
٣- المنطقة الفعالة ويعمل الترانزستور كمكبر للاشارات

ما هي انواع الترانزستور

١- النوع (PNP) وتكون البلورتين الطرفيتين من النوع الموجب والوسطى من النوع السالب

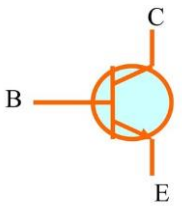
٢- النوع (NPN) وتكون البلورتين الطرفيتين من النوع السالب والوسطى من النوع الموجب

ارسم رمز الترانزستور PNP



pnp

ارسم رمز الترانزستور NPN



npn