



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
كلية البوليتكنيك / الموصل

معلومات عامة



الحقبة التعليمية

قسم تقنيات صناعة الاطراف والمساند

اسم المقرر: مبادئ الالكترونيك التناظري

المرحلة / المستوى: الأولى

الفصل الدراسي: الاول

السنة الدراسية: 2026-2027



اسم المقرر:	مبادئ الالكترونيك التناظري
القسم:	تقنيات صناعة الاطراف والمساند
الكلية:	كلية البوليتكنيك / الموصل
المرحلة / المستوى	الأولى / المستوى الاول
الفصل الدراسي:	الاول
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري 2 عملي 2
عدد الوحدات الدراسية:	4
الرمز:	ETMI102
نوع المادة	نظري عملي كلهما √
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	
اسم المقرر النظير	
القسم	
رمز المقرر النظير	
معلومات تدريسي المادة	
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	زيد خلف محمد
اللقب العلمي:	مدرس مساعد
سنة الحصول على اللقب	2023
الشهادة:	ماجستير
سنة الحصول على الشهادة	2021
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	4 سنوات

الوصف العام للمقرر

في هذا المقرر سيتم تعريف الطالب على اشباه الموصلات وكيفية الاستفادة منها في تصنيع الأجزاء الالكترونية والتعرف على الثنائيات الموحدة واستخداماتها في الدوائر الالكترونية وبعض التطبيقات الأكثر استخداما كما سيشرح المقرر ثنائيات زينر وتطبيقاته واستخداماته في دوائر تنظيم الفولتية كما سيتم شرح الترانزستور ثنائي القطبية وطرق تكوين بعض الدوائر الالكترونية

الاهداف العامة

نظرا لدخول الأجهزة الالكترونية في جميع مجالات الحياة المعاصرة واستخدامها في مجالات خدمة الإنسانية لذا اقتضت الحاجة بتزويد الطلبة بالمعلومات الأساسية ومكونات الدوائر الالكترونية من حيث التكوين وخواص تلك الأجزاء وكيفية الاستفادة منها

الأهداف الخاصة

- يتعرف الطلاب على نظرية اشباه الموصلات وطرق الاستفادة منها في تصنيع الأجزاء الالكترونية
- يتعرف الطالب على الثنائيات الموحدة وطرق بنائها ودراسة خواصها السلوكية وكيفية الاستفادة منها في بناء الدوائر الالكترونية لأغراض معينة
- يتعرف الطالب على ثنائيات زينر وتكوينها وخواصها والاستفادة منها في بناء دوائر الكترونية معينة
- تمكن الطالب من التعرف على الترانستورات ثنائية القطبية من حيث بنائها وخواصها وسلوكيتها. و طرق ربطها

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- يكون الطالب قادرا على فحص الثنائيات الموحدة وثنائيات زينر والترانزستورات ثنائية القطبية من حيث سلوكياتها وصلاحياتها
- يصبح الطالب قادرا على ربط الأجزاء الالكترونية لبناء دوائر الكترونية ضمن متطلبات معينة

المتطلبات السابقة

- ان يكون الطالب من خريجي الفرع العلمي او الصناعي ولديه اساسيات في مادة الرياضيات و الفيزياء
-

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

مبررات الاختيار	الاسلوب او الطريقة
تجذب انتباه الطلاب بشكل اكبر	1.1. العروض التقديمية (POWER POINT)
سهولة نقل وفهم المادة العلمية بين الطلاب	2. عمل مجاميع (GROUPS)
لأجراء التجارب اثناء القاء المحاضرة النظرية و تعزيز ترسيخ المعلومات لدى الطالب	3. استخدام المختبرات الافتراضية و البرامج الالكترونية
لأجراء التجارب العملية مما يرسخ المعلومات النظرية	4. استخدام مختبرات و ورش الكترونية
	5.
	6.

الفصل الاول من المحتوى العلمي						
				الوقت		عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان الفرعي	العملي	النظري	التوزيع الزمني
	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة	محاضرة	مقدمة عن المقرر، أهداف التعلم، محتوى المقرر	2	2	الأسبوع الأول
		محاضرة	التركيب الذري	2	2	الأسبوع الاول
			نصف القطر المداري			
			مستويات الطاقة			
			البلورات			
			حزم الطاقة			
			التوصيل في البلورات			
			تيار الفجوة			
			شبه موصل نوع موجب			
			تيار الالكترونات			
			تيار الفجوات			
			المقاومة الاجمالية			
		محاضرة	وصلة (PN)	2	2	الأسبوع الثالث
			ثنائيات اشباه الموصلات			
			الثنائي الغير منحاز			
			طبقة الاستنزاف			
			الجهد الحاجز			
			تأثيرات درجات الحرارة			
			تل الطاقة			
			الانحياز الامامي			
			الانحياز العكسي			



			المنحني الامامي للثنائي				
			فولتية الانحناء				
			لمقاومة الاجمالية				
		محاضرة	لمقاومة المحددة للتيار	الثنائي الموحد	2	2	الاسبوع الرابع
			المنحني العكسي للثنائي				
			تقارب الثنائيات				
			حل امثلة تطبيقية				
		محاضرة	القيم المعدلة للفولتية	موحد نصف الموجة	2	2	الاسبوع الخامس
			اشتقاق القيمة المعدلة				
			حساب التيار المستمر				
			حساب تردد الاخراج				
			المحول الكهربائي				
			حل امثلة تطبيقية				
			طريقة محول التفرع	موحدات الموجة			
			الوسطي	الكاملة بطريقة موحد	2	2	الاسبوع السادس
			حساب قيم الفولتية	المأخذ الوسطي			
			المعدلة				
		محاضرة	حساب التيار المستمر				
			حساب تردد الاخراج				
			حل امثلة تطبيقية				
			مقارنة بن موحد نصف				
			الموجة والموحد القنطري				
			حساب قيم الفولتية	موحدات الموجة			
			حساب قيم التيار	الكاملة بطريقة القنطرة	2	2	الاسبوع السابع
		محاضرة	حساب مقدار التردد				
			حل امثلة تطبيقية				
			مقارنة بين الموحدات				

			مكونات المرشح	مرشح الادخال الخائق	2	2	الأسبوع الثامن
		محاضرة	حساب الإخراج المستمر				
			حساب تموج الاخراج				
			حساب عامل التموج				
			حساب المحائة الحرجة				
			حل امثلة تطبيقية				
			مكونات المرشح	مرشح الادخال السعوي	2	2	الأسبوع التاسع
		محاض	حساب الإخراج المستمر				
			حساب تموج الاخراج				
			حساب عامل التموج				
			حل امثلة تطبيقية				
			مضاعفات الفولتية	دوائر تطبيقية للثنائي الموحد	2	2	الأسبوع العاشر
			المقلمات				
			الملزمات				
			تركيب ثنائي زينر	ثنائي زينير	2	2	الأسبوع الحادي عشر
		محاضرة	رمز ثنائي زينر				
			خواص الثنائي				
			ممانعة زينر				
			تأثير درجة الحرارة				
			منظم زينير	تنظيم الفولتية	2	2	الأسبوع الثاني عشر
		محاضرة	المقاومة المحددة القصوى				
			امثلة تطبيقية				
			تركيب الترانزستور	الترانزستور ثنائي القطبية	2	2	الأسبوع الثالث عشر
		محاضرة	مناطق الترانزستور				
			رموز الترانزستور				
			جهود التحيز				
			إيضاح عمل الترانزستور				



			اشتقاق α_{dc}				
			اشتقاق β_{dc}				
		محاضرة	انواع الانحياز	انحيازات الترانزستور ثنائي القطبية	2	2	الأسبوع الرابع عشر
			صيغ الربط				
			الدوائر المكافئة				
		محاضرة	منحنيات الجامع	منحنيات الترانزستور ثنائي القطبية	2	2	الأسبوع الخامس عشر
			منحنيات القاعدة				
			منحني كسب التيار				
			تيار القطع و فولتية التشبع				
			فولتية تشبع الجامع				

الفصل الثالث

[illegible]

الفصل الرابع (من المحتوى العلمي)

[illegible]

المحتوى العلمي

الأسبوع الأول

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني الموصل فب الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على نظرية أشباه الموصلات وما هو التركيب الذري وكذلك مستويات الطاقة في الذرة والتعرف على البلورة وكيفية التوصيل الكهربائي في البلورات وما هي أنواع التيارات الكهربائية في البلورات وكيف تتحرك الفجوات .

أهداف الوحدة

سيكون الطالب ملماً بمواضيع نظرية أشباه الموصلات ومستويات الطاقة للذرة وكيف تتكون البلورات وتكوين حزم الطاقة والتيارات الفجوة

الاختبار القبلي

إملاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- أ-تتكون الذرة من -----و----- و-----
- ب-تمتلك النواة شحنة ----- بينما تمتلك الالكترونات شحنة -----
- ج-عندما تتحد ذرات السليكون في الحالة الصلبة تكون----- .
- د-القوى التي تربط الذرات معاً تدعى أواصر----- .

نظرية شبه الموصل

التركيب الذري :

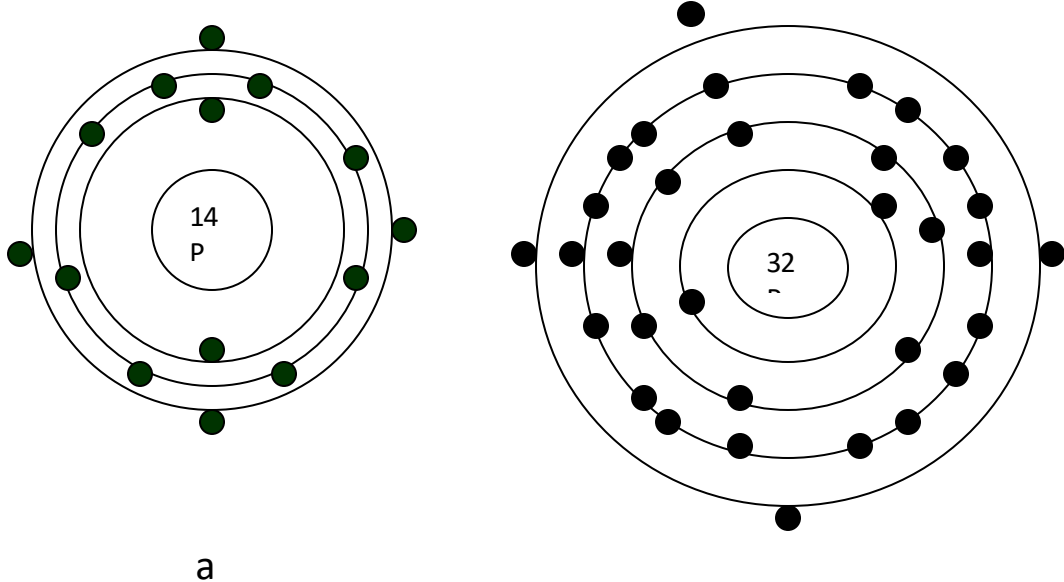
صور العلم بوهـر الذرة مثاليا ، فقد رأها نواة محاطة بالكترونات دوارة . تمتلك النواة البروتونات ذات الشحنة الموجبة و النيوترونات متعادلة الشحنة وبذلك تقوم النواة بجذب الالكترونات السالبة الشحنة،ولولا وجود القوة الطاردة المركزية والناجمة عن حركة الالكترونات حول النواة لسقطت الالكترونات في النواة . عندما ينتقل الإلكترون في مدار مستقر تكون له السرعة المناسبة التي تجعل القوة الطاردة عن المركز تعادل أو توازن الجذب النووي .

إن للذرة أبعاد ثلاثيه ولصعوبة رسم الذرات ألعقد ولهذا السبب غالباً ما نصور الذرة ببعدين فقط . في الشكل (1-1a) يبين ذرة سليكون معزولة لها 14 بروتون في نواتها .

ينتقل إلكترونان في المدار الأول، وثمانية الكترونات في المدار الثاني ، وأربعة الكترونات في المدار الخارجي أو مدار التكافؤ (valence orbit) إن الالكترونات الأربعة عشر الدائرة تعادل شحنة النواة ولذلك نسمي هكذا ذرة متعادلة كهربائيا

الشكل(1-1b) يبين ذرة جيرمانيوم معزولة ، نلاحظ أن عدد البروتونات في النواة هو 32 وعدد الالكترونات الدوارة هو 32 أيضا .

يدور في المدار الأول إلكترونان ، ويدور في المدار الثاني ثمانية الكترونات ، وثمانية عشر إلكترون في المدار الثالث ، أما المدار الخارجي فيحوي على أربعة الكترونات تماماً كما في ذرة السليكون . ولذا سمي السليكون و الجيرمانيوم بالعناصر رباعية التكافؤ tetravalent elements (العنصر الرباعي التكافؤ يعني ذلك العنصر الذي يملك أربعة الكترونات تكافؤية في المدار الخارجي)



a

B

ذرة سليكون

ذرة جيرمانيوم

(الشكل 1-1)

نصف القطر المداري :

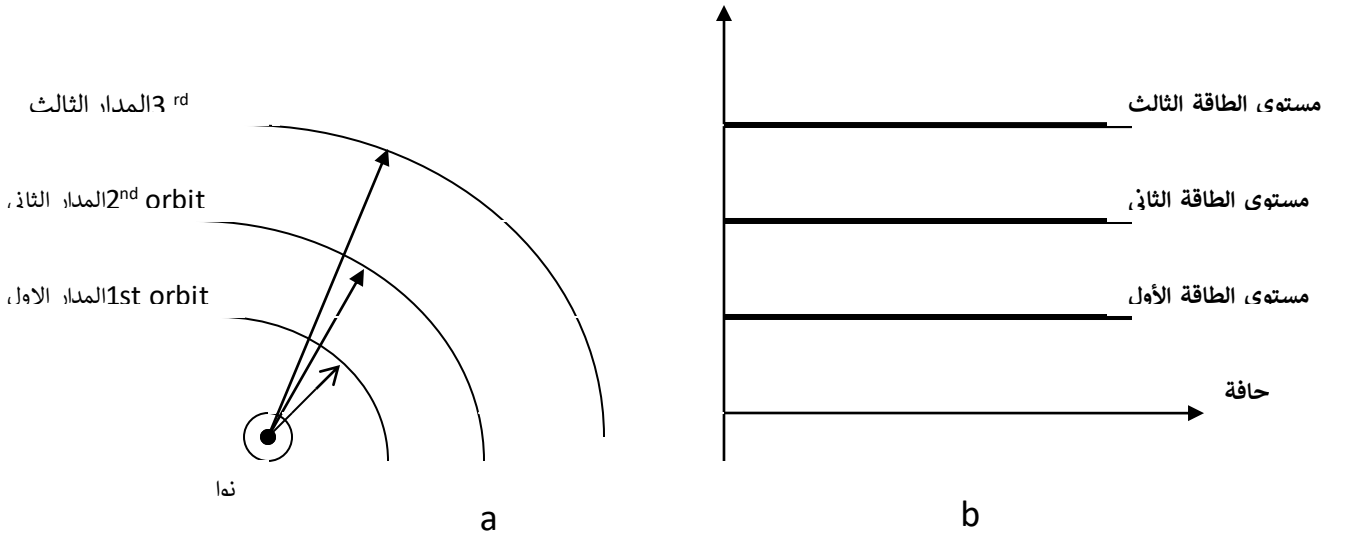
قد نعتقد بان الإلكترون يستطيع أن ينتقل في مدار له أي نصف قطر ما دامت سرعته مناسبة . ولكن هذا المفهوم غير صحيح ، حيث هناك أحجام مداريه معينه متاحة فقط .وبمفهوم آخر فإن بعض أنصاف الأقطار محظورة (forbidden) .

لماذا يستطيع الإلكترون التنقل في مدارات ذات حجوم معينة فقط ؟ إن الإلكترون يبدو شيئين مختلفين في نفس الوقت . في بعض التجارب يفعل فعل الجسيم (particle) الذي يكون له كتله متجمعة في مكان واحد وفي تجارب أخرى يفعل فعل الموجة (wave) التي يكون لها اهتزازات دوريه في الفضاء

مستويات الطاقة :

في الشكل (1-2a) نحتاج إلى طاقة لتحريك الكترون من مدار صغير إلى مدار اكبر لأنه يجب انجاز شغل للتغلب على قوة جذب النواة . لذلك كلما كان مدار الكترون ما كبيراً ، كبرت طاقته الكامنة نسبةً إلى النواة .

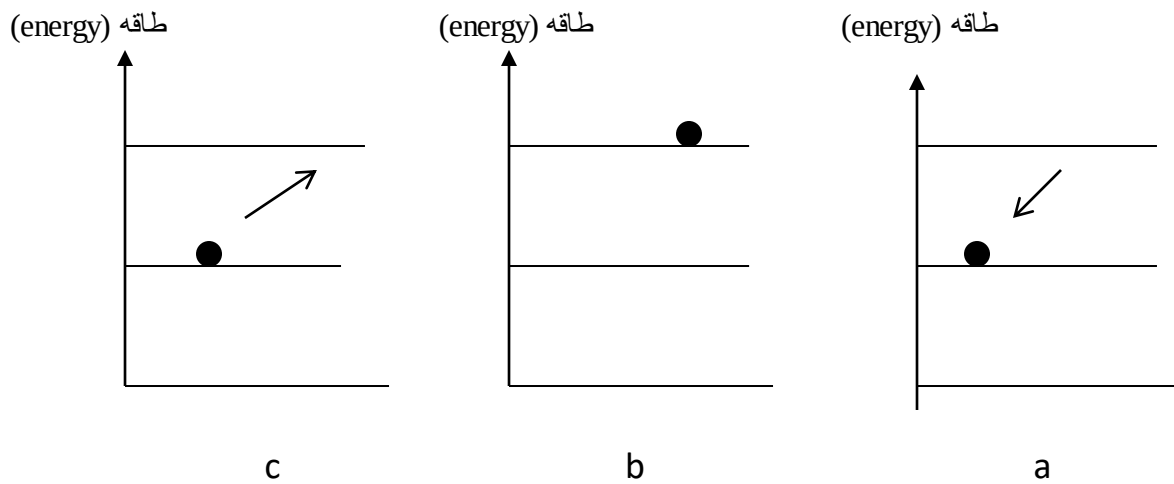
ولغرض تسهيل الرسم نستطيع تمثيل المدارات المنحنية بخطوط أفقيه مستقيمة كما في الشكل (1-2b) . حيث أن المدار الأول يمثل مستوى الطاقة الأول (1st energy level) ، المدار الثاني يمثل مستوى الطاقة الثاني (2nd energy level) الخ . كلما كان مستوى الطاقة عالياً كانت طاقة الإلكترون أعظم وكان مداره اكبر .



(الشكل 1-2)

لو سقطت طاقة خارجية ، كالحرارة أو الضوء أو إشعاعات أخرى على ذرة ما فأنها تستطيع رفع الكترون الى مستوى طاقة أعلى (مدار اكبر) وتوصف الذرة بأنها في حالة استثارة ،إن هذه الحالة لا تدوم طويلا لان الإلكترون سرعان ما يترد إلى مستواه الأصلي محررا بذلك عند ارتداده الطاقة المكتسبة على شكل حرارة أو ضوء أو إشعاعات أخرى.

الشكل (1-3) يلخص عملية الاستثارة و الإشعاع ، فالسهم المتموج في الشكل (1-3a) يمثل الطاقة المسلطة ، فعندما يمتص الإلكترون هذه الطاقة تزداد طاقته الكامنة ، لذلك يستطيع أن يهرب من جذب النواة وينتقل إلى مدار اكبر لاحظ الشكل (1-3b) الذرة الآن في حالة استثارة . بعد فترة قليلة يعود الإلكترون إلى مداره الأصلي مشعاً طاقه كما في الشكل (1-3c) .

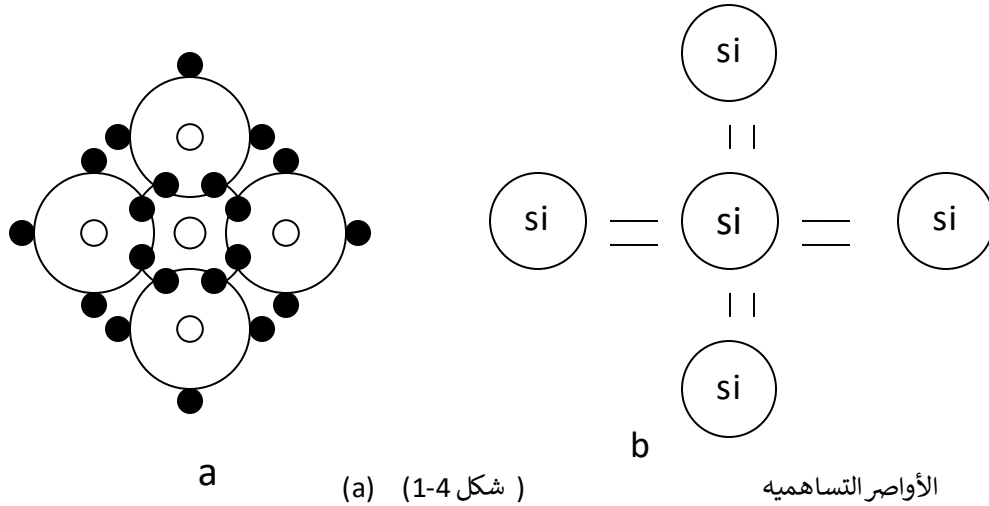


(الشكل 1-3)

البلورات: (crystal)

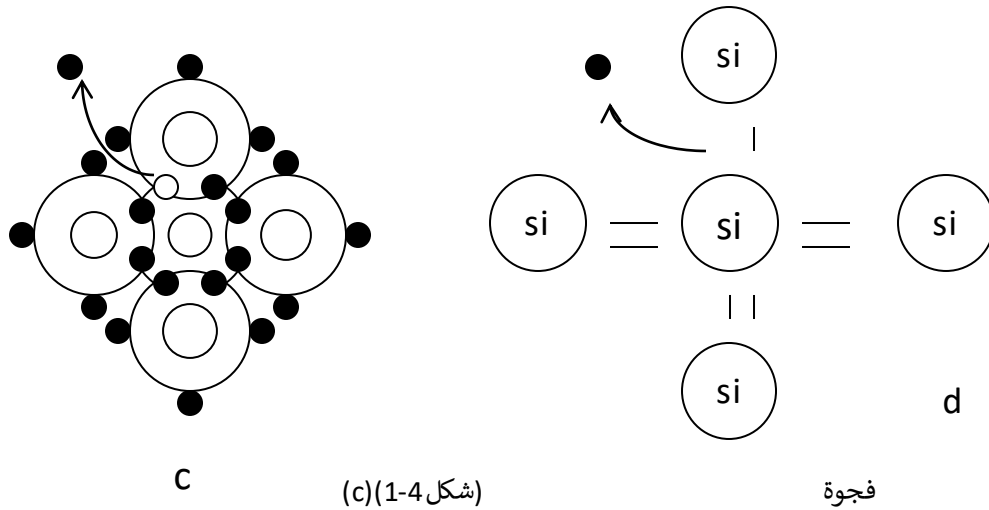
عندما تتحد الذرات لتكوين مادة صلبة . تنظم نفسها بنسق مرتب يدعى البلورة (crystal) والقوى التي تربط الذرات معاً تسمى الأواصر التساهمية (covalent bonds) . سنأخذ السليكون كمثال .

لذرة السليكون المعزولة أربعة الكترونات في مدارها التكافؤي . ولتكوين بلورة السليكون تتحد ذرات السليكون بطريقة بحيث تحوي في مداراتها التكافؤية ثمانية الكترونات ولكي يتم هذا فان كل ذرة سليكون تضع نفسها بين أربعة ذرات سليكون أخرى (لاحظ الشكل 1-4a) أن كل جار يساهم بالإلكترون مع الذرة المركزية وبذلك تكون الذرة المركزية قد التقطت أربعة الكترونات جامعة ثمانية الكترونات في مدارها التكافؤي . إن هذه الالكترونات لم تعد عائده الى ذرة معينه . هذا التساهم هو الذي يشكل الأواصر التساهمية .



الشكل (1-4b) يمثل التساهم المتبادل بين الالكترونات حيث أن كل خط يمثل الكترونًا مساهمًا. كل الكترون مساهم يكون أصره بين الذرة المركزية وجارتها ولذلك ندعو كل خط بالاصره التساهميه .

عندما ترفع طاقة خارجية الكترونًا تكافؤيًا إلى مستوى طاقة أعلى (مدار اكبر) يخلف الالكترون المغادر فراغ في المدار الخارجي . هذا الفراغ يسمى فجوة أو ثقب (hole) . ان الفجوة تكافئ أصرة تساهميه ممزقة



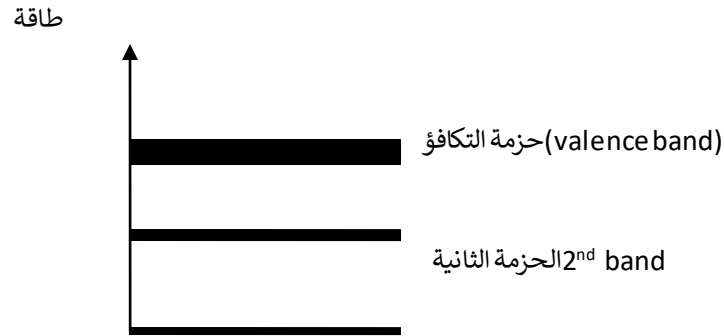
حزم الطاقة:

عندما تتحد ذرات السليكون مكونة بلورة لا يتأثر مدار أي الكترون بالشحنات الموجودة بذراته فحسب بل يتأثر بالنوى والالكترونات الموجودة في كافة الذرات الأخرى التي تحويها البلورة . لهذا السبب يختلف مدار كل الكترون عن المدارات الأخرى .

إن كل الالكترونات المتنقلة في المدارات الأولى لها مستويات طاقة مختلفة قليلاً . وبما أن هناك مليارات من الكترونات المدار الأول فان مستويات الطاقة المتباينة قليلاً تشكل حزمة (band) .

كذلك بوجود مليارات من الإلكترونات المدار الثاني في البلورة تتكون حزمة الطاقة الثانية. وهكذا بقية الحزم .

الشكل (1-5) يبين حزم الطاقة كمناطق داكنة

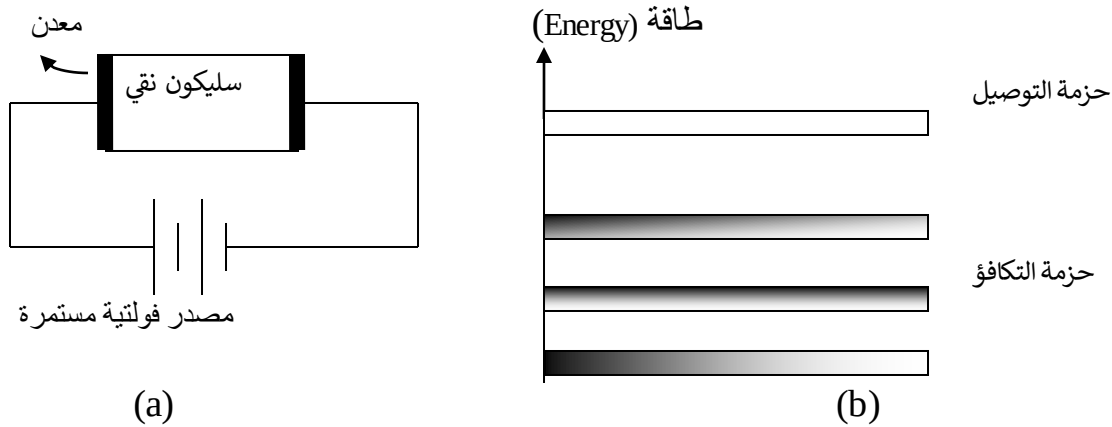


(الشكل 1-5)

يبين الشكل (1-5) حزم الطاقة في بلورة سليكون عند درجة حرارة الصفر المطلق $^{\circ}\text{C}-(273)$

التوصيل في البلورات :

لو وصلنا قضيباً من السليكون النقي ذو نهايتين معدنيتين بمصدر فولتية خارجية والذي يسبب مجالاً كهربائياً بين نهايتي البلورة كما في الشكل (1-6) . هل يسري تيار ؟ هذا يعتمد على وجود الإلكترونات متحركة داخل البلورة أو لا .



شكل (1-6)

(a) الدائرة الكهربائية (b) حزم الطاقة عند الصفر المطلق $-(273^{\circ}\text{C})$

التوصيل الكهربائي عند درجة حرارة الصفر المطلق:

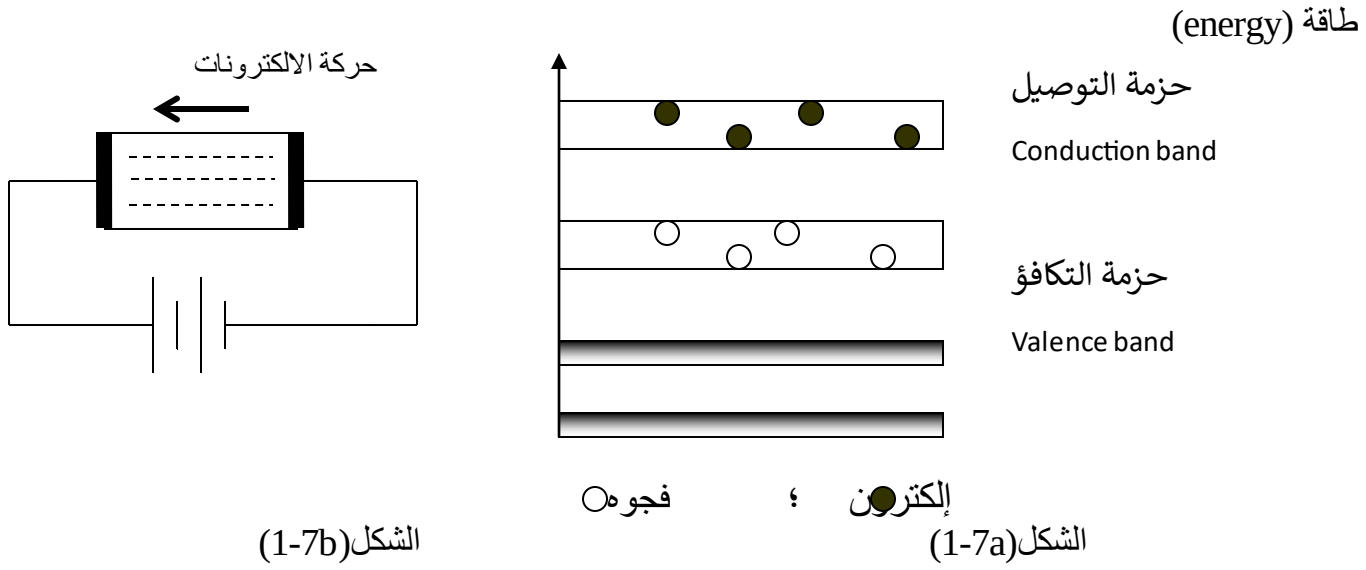
لا تستطيع الإلكترونات التحرك عند درجة حرارة الصفر المطلق خلال البلورة وذلك لأن جميع الإلكترونات مرتبطة بشده بذرات السليكون . فالإلكترونات المدارات الداخلية مطمورة عميقاً داخل الذرات إما الكترونات المدار الخارجي فتشكل جزءاً من الربط التساهمي وبذلك لا تستطيع الإفلات ما لم تكتسب طاقة خارجية . ولذلك فإن بلورة السليكون تعمل عمل عازل تام عند درجة حرارة الصفر المطلق .

الشكل (b 1-6) يبين مخطط حزم الطاقة وكما نرى في الشكل إن الحزم الثلاثة الأولى مشبعة أو مملوءة وبذلك لا تستطيع الإلكترونات الحركة بسهولة فيها . نلاحظ في المخطط هناك حزمة التوصيل التي تلي حزمة التكافؤ والتي تكون فيها مدارات الإلكترونات كبيرة بالقدر الذي يجعل الجذب النووي ضعيفاً جداً مما يتيح حرية الحركة لهذه الإلكترونات . بعبارة أخرى لو رفع إلكترون إلى داخل حزمة التوصيل لاستطاع التحرك بحرية من ذرة إلى أخرى ولذلك نسمي الإلكترونات في حزمة التوصيل بالإلكترونات الحرة (free electrons) .

التوصيل الكهربائي فوق درجة حرارة الصفر المطلق :

عند رفع درجة الحرارة فوق درجة الصفر المطلق فالطاقة الحرارية الداخلة ستكتسب بعض الإلكترونات التكافؤية في حزمة التكافؤ طاقة ، وبذلك تتمكن تلك الإلكترونات من الإفلات وتحطيم بعض الأواصر التساهمية والصعود إلى حزمة التوصيل وهكذا نحصل على عدد محدود من الكترونات حزمة التوصيل والممثلة بالإشارة السالبة بالشكل (a 1-7) . نلاحظ بان هذه الإلكترونات الطليقة وتحت تأثير المجال الكهربائي تتحرك إلى اليسار مكونة تيار كهربائي . الشكل (b 1-7) يبين حزم الطاقة فوق الصفر المطلق نلاحظ بان الطاقة الحرارية قد رفعت بعض الإلكترونات إلى حزمة التوصيل حيث يكون ارتباط هذه الإلكترونات بالذرات ضعيف مما يتيح لها حرية التنقل من ذرة إلى أخرى بسهولة .

في كل مره يرفع إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل يخلف فجوة في حزمة التكافؤ . وبذلك لم تعد حزمة التكافؤ مشبعة حيث تمثل كل فجوة مدار متاح للدوران . وكلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد عدد الإلكترونات المرفوعة إلى حزمة التوصيل وبذلك يكبر التيار المبين بالشكل (b 1-7) وعند درجة حرارة الغرفة (25°C) يكون التيار صغير جداً ولا يمكن الاستفادة منه . وعند هذه الدرجة لا تكون قطعة السليكون عازل جيد كما لا تكون موصل جيد ولهذا تسمى شبه موصل (semiconductor) .



في درجة حرارة الغرفة تكون بلورة الجرمانيوم شبه موصل أيضا ولكن عدد الإلكترونات الطليقة في بلورة السليكون اقل من عددها في بلورة الجرمانيوم وهذا احد الأسباب التي جعلت السليكون هو شبه الموصل الرئيسي المستخدم حاليا

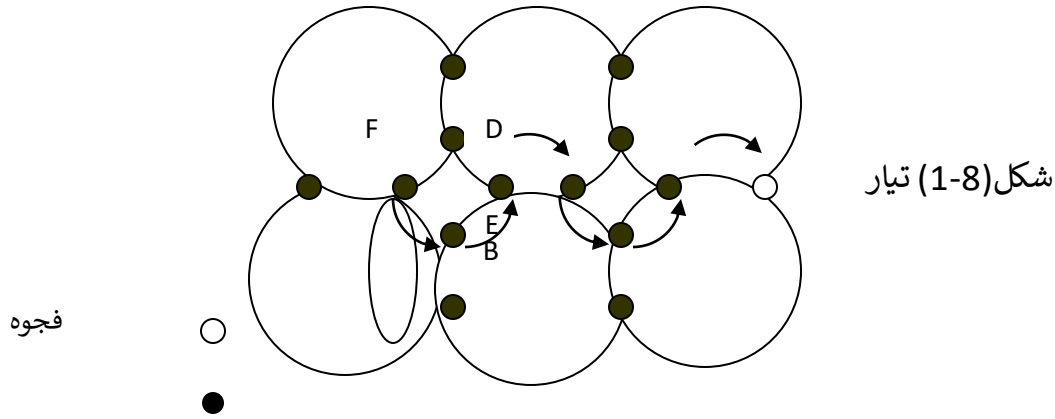
تيار الفجوة :

الفجوات تتحرك أيضا وبذلك تنتج تيار , وبعبارة أخرى يوجد في شبه الموصل نوعان من التيار هما تيار حزمة التوصيل وتيار الفجوة.

كيف تتحرك الفجوات:

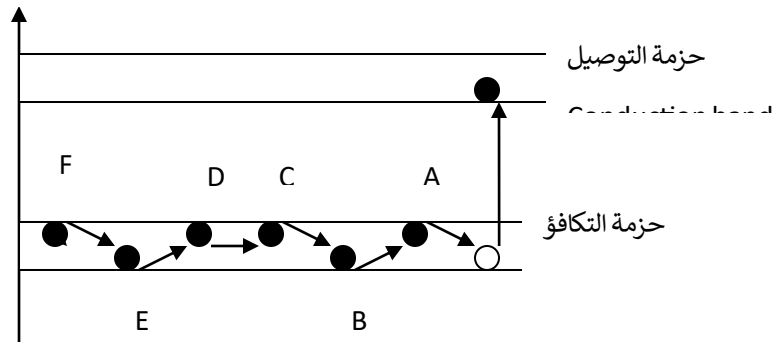
في الشكل (1-8) توجد فجوة في أقصى اليمين . هذه الفجوة تجذب الإلكترون التكافؤي في (A) . بتغيير طفيف بالطاقة يستطيع الإلكترون التكافؤي في (A) أن يتحرك الى الفجوة وعندما يتم هذا تتلاشى الفجوة وتولد فجوة في (A) . إن الفجوة الجديدة في (A) تستطيع أن تجذب و تعتقل الإلكترون التكافؤي في (B) وعندما ينتقل الإلكترون التكافؤي من (B) الى (A) تتحرك الفجوة من (A) الى (B) وهكذا تستمر حركة الإلكترونات التكافؤية عبر الطريق المبين بالسهم . وبنفس الوقت تتحرك الفجوات في الاتجاه المعاكس

ولذلك وبسبب وجود الفجوات في المدارات التكافؤية . هناك طريق ثاني لحركة الإلكترونات خلال البلورة



بالاستعانة بمستويات الطاقة فيما يلي شرح لما يحصل , لو أن طاقة حرارية رفعت إلكترون من حزمة التكافؤ إلى حزمة التوصيل حيث يخلف الإلكترون فجوة مكانه فجوة في حزمة التكافؤ وكما مبين في الشكل (1-9) . وبتغير طفيف في الطاقة يستطيع الإلكترون التكافؤ في A أن يتحرك إلى الفجوة والذي يخلف فجوة في A وبذلك تختفي الفجوة الأصلية وتظهر الفجوة في A بعد ذلك أي تغير طفيف في الطاقة فان الإلكترون التكافؤ في B ينتقل إلى الفجوة في A خلفا وراءه فجوة في B وهكذا تستطيع الإلكترونات التكافؤ أن تتحرك عبر الطريق المبين بالسهم في الشكل (1-9) . وهذا يكافئ فجوة تتحرك خلال حزمة التكافؤ عبر الطريق ABCDEF .

energy
طاقة

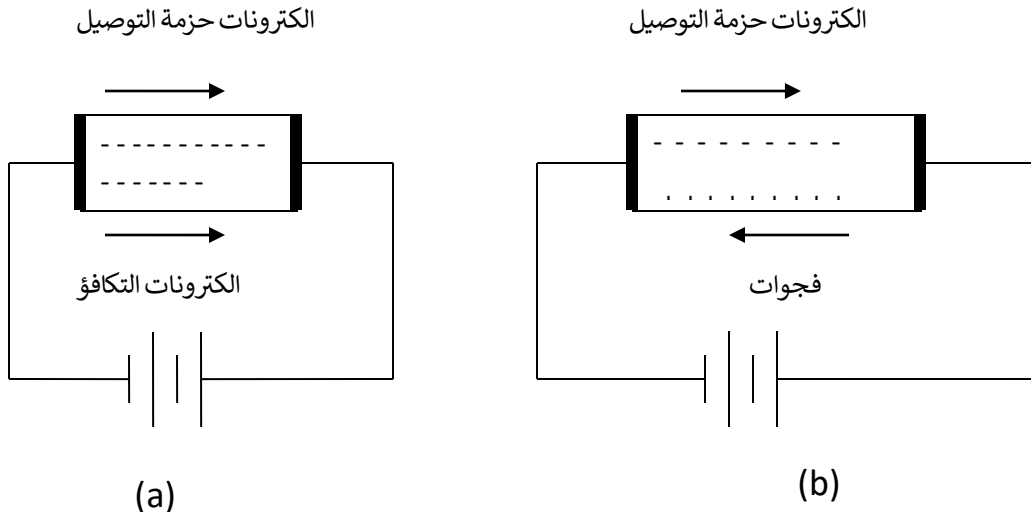


الشكل (1-9)

أزواج إلكترون فجوة :

عند تسليط فولتية خارجية على بلورة ما فإنها ترغم الإلكترونات على الحركة . نلاحظ في الشكل (1-10a) هناك نوعان من الإلكترونات القادرة على الحركة وهما الإلكترونات حزمة التوصيل والإلكترونات حزمة التكافؤ وان حركة الإلكترونات التكافؤ إلى اليمين تعني حركة فجوات متحركة إلى اليسار .

وهناك ملاحظة مهمة بان وجود أي الكترون في حزمة توصيل في شبه موصل نقي يعني وجود فجوة في المدار التكافؤي لذرة ما .
وهذا يعني الطاقة الحرارية تنتج أزواج الكترون- فجوة (electron-hole pairs) .



شكل (1-10)

تعمل الفجوات عمل الشحنات الموجبة ولذلك رمزنا لها بإشارات موجبة لاحظ الشكل (1-10 b) وكما صورنا سابقاً الكترونات

الاختبار البعدي

- يدعى المدار الخارجي مدار ----- يحوي هذا المدار ----- الكثرونات في ذرة سليكون معزولة. لهذا السبب يصنف السليكون من العناصر ----- التكافؤ
- كلما كبر المدار ازدادت ----- الالكثرون . الطاقة الخارجية تستطيع ان ترفع الكثرونات ما إلى مستوى طاقة ----- . عندما يعود الالكثرون إلى مداره الأصلي يحرر ----- .
- عندما ترفع طاقة خارجية الكثرونات تكافؤياً إلى حزمة التوصيل فإن الالكثرون المغادر يخلق فراغاً يدعى -----
- عند درجة حرارة الصفر المطلق تعمل بلورة السليكون عمل ----- تاملأنه لا يوجد فيها الكثرونات ----- ولا -----

الأسبوع الثاني

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني الموصل فب الجامعة
التقنية الشمالية

مبررات الوحدة و موضوعاتها

(والبلورة السالبة نوع P لتعريف الطالب على مفهوم التطعيم وماهي البلورة) الموجبة نوع
و ماهي تيارات (الالكترونات والفجوات في البلورة و ماهي المقاومة الإجمالية n

أهداف الوحدة

سيكون الطالب ملماً بمواضيع التطعيم والبلورات الموجبة و السالبة وكيفية سريان
تيارات الالكترونات و الفجوات في بلورات أشباه الموصلات وكذلك التعرف على المقاومة
الإجمالية

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- عندما تتحد ذرات السليكون في الحالة الصلبة تكون ----- . القوى التي تربط الذرات معا تدعى أواصر-----.
- 2- الفجوات هي الحاملات ----- في شبه موصل نوع موجب والالكترونات هي الحاملات ----- فيه.
- 3- يكون شبه الموصل المطعم تطعيما خفيفا مقاومة إجمالية-----.
- بينما يكون لشبه الموصل المطعم تطعيما عاليا مقاومة إجمالية

التطعيم (doping)

التطعيم : (doping)

تدعى بلورة السليكون التي كل ذراتها من السليكون بشبه الموصل النقي (intrinsic semiconductor) وتكون حاملات التيار الوحيدة هي أزواج الكترون- فجوة والتي لا يوجد الكثير منها لإنتاج تيار مفيد

التطعيم يعني إضافة ذرات من الشوائب (ليست رباعية التكافؤ) الى البلورة من اجل زيادة عدد الالكترونات الطليقة أو لأجل زيادة عدد الفجوات . وعند تطعيم البلورة تدعى موصل مطعم أو غير نقي (extrinsic semiconductor)

شبه الموصل نوع سالب (n) :

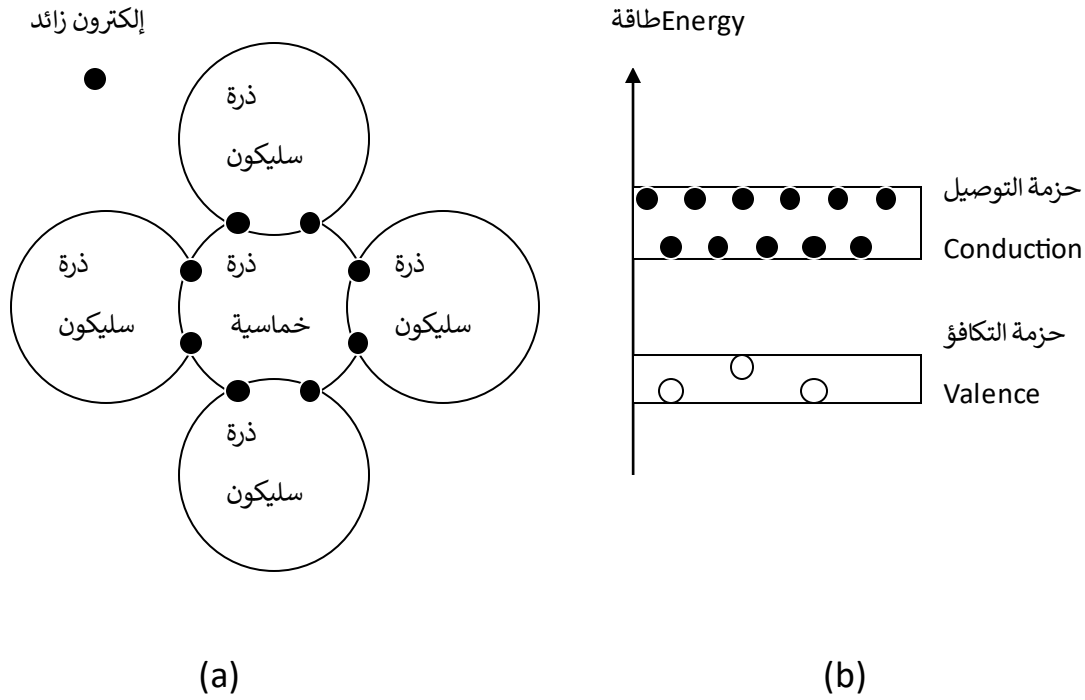
للحصول على الكترونات حزمة التوصيل إضافية , نضيف ذرات خماسية التكافؤ حيث تحوي كل منها على خمس الكترونات حرة في مدارها التكافؤي وبعد إضافة هذه الذرات الى بلورة السليكون النقية تبقى معظم ذرات البلورة من السليكون أيضا ولكننا نجد بين مكان وآخر ذرة خماسية التكافؤ بين أربعة جيران كما مبين بالشكل (1-11b) .

ان الذرة الخماسية تمتلك أصلا خمسة الكترونات في مدار التكافؤ . والتي تضع نفسها بين أربعة ذرات سليكون و بعد تكوين الأواصر التساهمية مع أربعة جيران يبقى للذرة المركزية الكترون زائد (Extra electron) .

وبما أن المدار التكافؤي للسليكون لا يستوعب أكثر من ثمانية الكترونات لذا يتوجب على الإلكترون الزائد أن ينتقل الى مدار حزمة التوصيل .

فيما يلي شرح موجز لما يحدث في بلورة مطعمه بشوائب خماسية التكافؤ :

- 1- ينتج العديد من الكترونات حزمة التوصيل نتيجة التطعيم وبما أن كل ذرة خماسية تعطي الكترون واحد من الكترونات لحزمة التوصيل لذلك نستطيع السيطرة على عدد الكترونات حزمة التوصيل بواسطة السيطرة على كمية الشوائب الخماسية المضافة
- 2- تبقى الطاقة الحرارية مستمرة في توليد أزواج "الكترون- فجوة" بأعداد قليلة تقل كثيرا عن عدد الكترونات حزمة التوصيل الناتجة عن التطعيم .



شكل (1-11)

الشكل (1-11) يبين بلورة مطعمة بشوائب خماسية التكافؤ حيث هناك عدد كبير من الإلكترونات حزمة التوصيل والنتيجة عن التطعيم كما هناك عدد قليل من الفجوات ناتجة عن الطاقة الحرارية ولذلك نسمي الإلكترونات في هذه الحالة (بالحاملات الأغلبية) majority carriers ونسمي الفجوات بالحاملات الأقلية minority carriers ان السليكون أو الجيرمانيوم المطعم بهذه الطريقة يسمى شبه موصل نوع سالب (n-type) حيث الحرف n يرمز للسالب (negative).

إن الذرات الخماسية التكافؤ تدعى بالذرات المانحة ومن أمثلتها الزرنيخ والانتيمون والفسفور

شبه الموصل نوع موجب (p):

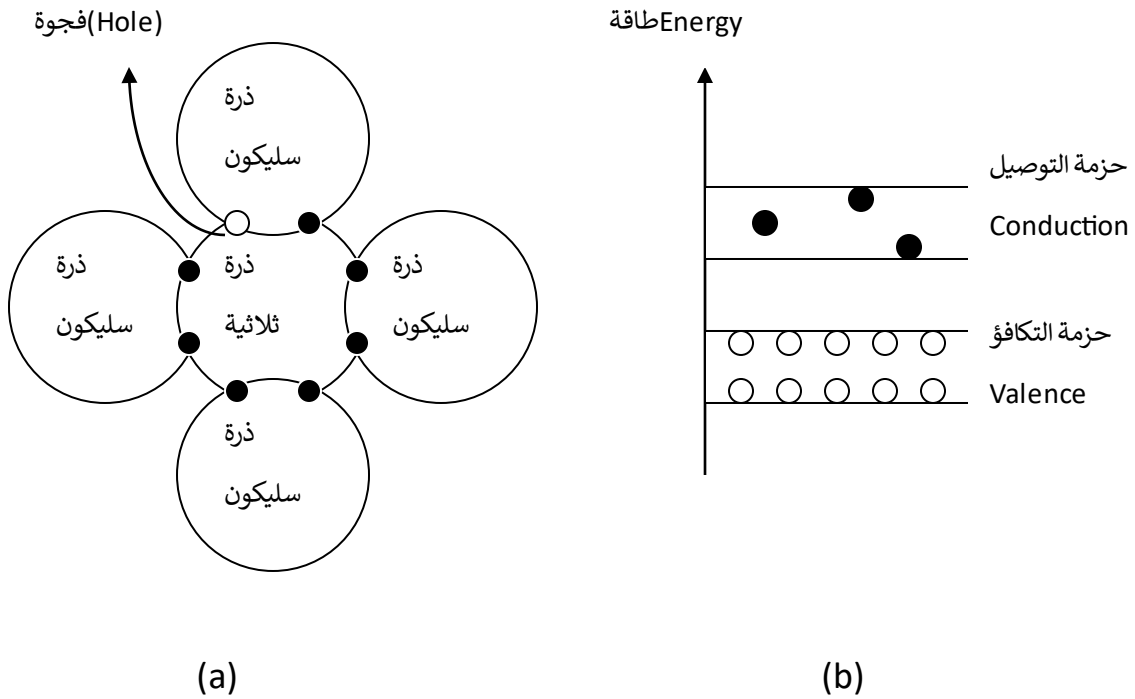
للحصول على بلورة ذات فجوات إضافية يجب التطعيم بشوائب ثلاثية التكافؤ (والشائبة الثلاثية التكافؤ هي تلك الذرة التي تحوي في مدارها التكافؤ ثلاثة إلكترونات) بعد إضافة الشوائب إلى بلورة الجيرمانيوم أو السليكون نجد كل ذرة ثلاثية التكافؤ محاطة بأربعة

جيران كما في الشكل (1-12a) وبما أن كل ذرة ثلاثية التكافؤ قد جلبت معها ثلاثة إلكترونات في مدارها التكافؤي . لذلك ستنقل سبعة إلكترونات فقط في مدارها التكافؤي ، وبعبارة أخرى ، تظهر فجوة في كل ذرة ثلاثية . ويمكننا أن نسيطر على عدد الفجوات في البلورة المطعمة وذلك بواسطة السيطرة على كمية الشوائب المضافة .

إن شبه الموصل المطعم بشوائب ثلاثية التكافؤ يسمى شبه موصل نوع موجب (p-type) حيث يمثل الحرف p موجب (positive) .

إن الشكل (1-12b) يبين أن عدد الفجوات في شبه موصل نوع موجب أكبر بكثير من عدد الإلكترونات حزمة التوصيل ، وعليه تكون الفجوات هي الحاملات الأغلبية بينما تكون الإلكترونات

حزمة التوصيل هي الحاملات الأقلية .



شكل (1-12)

ان الذرات الثلاثية تدعى احياناً بالذرات المتقبلة (acceptor) ومن أمثلة الشوائب الثلاثية الألمنيوم و البورون و الغاليوم .

المقاومة الإجمالية :

إن شبه الموصل المطعم له مقاومة نسميها المقاومة الإجمالية (bulk resistance) ويرمز لها (rb) ويكون لشبه الموصل المطعم تطعيم خفيف مقاومة إجمالية عالية . أما إذا زاد التطعيم فان المقاومة الإجمالية تقل .

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن بلورة سليكون نقية تسمى شبه موصل ----- . إن البلورة المطعمة تدعى شبه موصل ----- .
- 2- للحصول على الكثرونات نطاق توصيل في شبه الموصل النقي يجب أن نضيف ذرات ----- التكافؤ وتسمى هذه الذرات بالذرات ----- وللحصول على فجوات إضافية يجب أن نضيف ذرات ----- التكافؤ وتسمى هذه الذرات ب -----
- 3- الالكثرونات الطليقة هي الحاملات ----- في شبه الموصل نوع سالب والفجوات هي الحاملات ----- فيه.
- 4- من أمثلة الذرات خماسية التكافؤ ----- و ----- و ----- .
- 5- من أمثلة الذرات ثلاثية التكافؤ ----- و ----- و ----- .

الأسبوع الثالث

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني الموصل في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة و موضوعاتها

لتعريف الطالب على ثنائيات أشباه الموصلات - وصلة (p n) وكيفية تكوين منطقة الإخلاء وما هو الجهد الحاجز وتل الطاقة وما هي التأثيرات الحرارية على الثنائي والإلمام بالثنائي المنحاز وما هو الانحياز الأمامي والانحياز العكسي وما هي أنواع التيارات العكسية.

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بثنائيات أشباه الموصلات ومناطقه ومعرفة الجهد الحاجز وتل الطاقة للثنائي وملماً بتأثير درجات الحرارة على وصلة pn ومعرفة كيفية تحيز الثنائي في الاتجاهين الأمامي والعكسي وما هي التيارات في حالة الانحياز العكسي.

الاختبار القبلي

إملاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

1. الوصلة هي عبارة عن ملتقى المنطقة من النوع ----- مع المنطقة من النوع -----.
- 2- ثنائي الوصلة فهو اسم يطلق على بلورة ----- .
- 3- تمتلك الجهة n العديد من ----- حزمة التوصيل، بينما تمتلك الجهة p العديد من----- حزمة التكافؤ.
- 4- يقصد بالثنائي الغير منحاز بأنه لا توجد ----- مسلطة عليه.
- 5- عندما يدخل الكترون ما في الجهة p يصبح حاملا -----.
- 6- إن كل زوج متكون من أيون موجب وأيون سالب يسمى -----.
- 7- درجات الحرارة العالية تنتج المزيد من أزواج -----.

وصلات (p n)

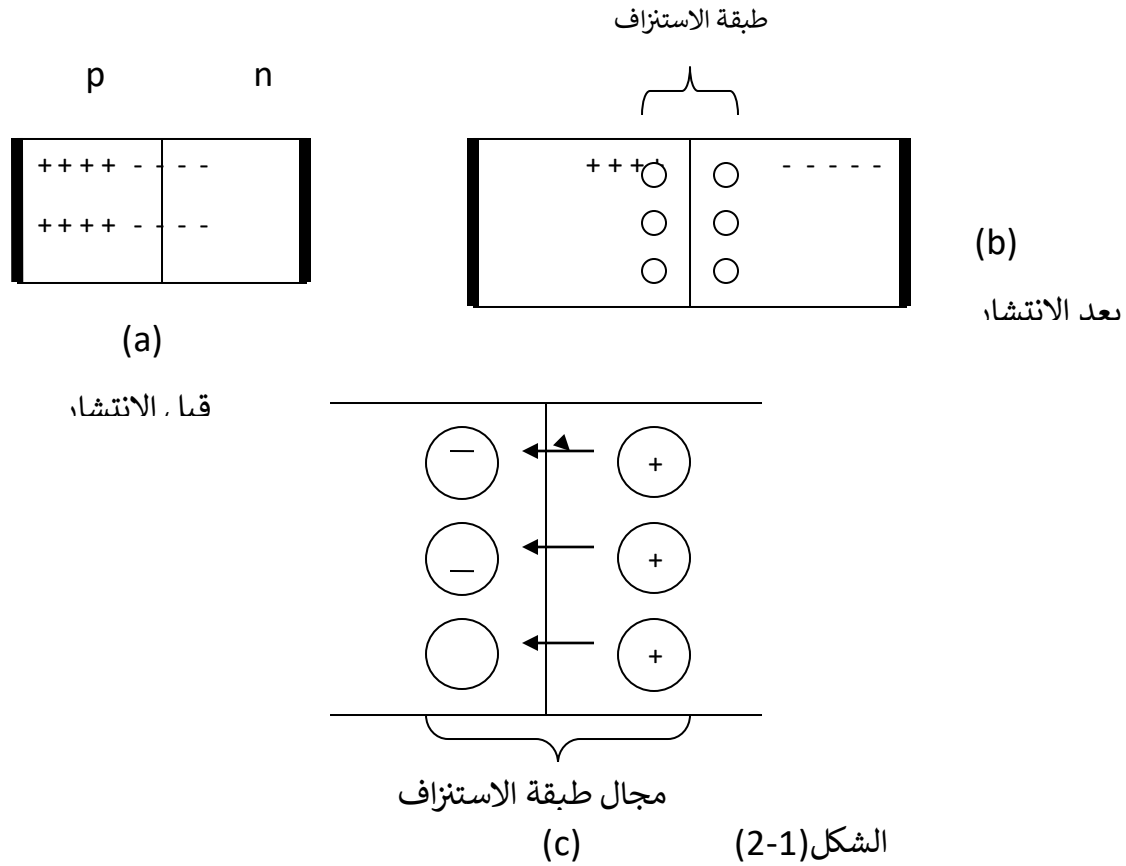
الوصلة junction عبارة عن ملتقى المنطقة من النوع الموجب مع المنطقة من النوع السالب. أما ثنائي الوصلة junction diode فهو اسم يطلق على بلورة pn .

الثنائي غير المنحاز:

الشكل (2-1a) يبين ثنائي وصلة غير منحاز أي لا توجد فولتية خارجية مسلطه عليه حيث تمتلك الجهة p العديد من الفجوات بينما تمتلك الجهة n العديد من الكثرونات حزمة التوصيل . ولتجنب الارتباك لم تبين الحاملات الأقلية ولكن يجب الأخذ بنظر الاعتبار الأعداد القليلة من الكثرونات حزمة التوصيل في الجهة p والأعداد القليلة من الفجوات في الجهة n .

طبقة الاستنزاف:

ان الالكثرونات الموجودة في الجهة n تنتشر في جميع الاتجاهات وبعضها ينتشر عبر الوصلة . وعندما يدخل الكثران ما المنطقة p يصبح حاملاً اقلية وبوجود الأعداد الكبيرة من الفجوات حوله يكون زمن بقائه قصيراً . فحال دخوله المنطقة p يسقط في فجوة وعندما يتم هذا فان الفجوة تختفي ويصبح الإلكتران الكثران تكافؤي .



في كل مره ينتشر..الكثرون ما عبر الوصلة ينتج زوج من الايونات ions الشكل (2-1b) يبين هذه الايونات على كل من طرفي الوصلة . فالدوائر التي تحوي إشارات موجبه تمثل الايونات الموجبه أما الدوائر التي تحوي إشارات سالبه فإنها تمثل الايونات السالبة. إن الايونات لا تستطيع التجول كما تفعل الكثرونات حزمة التوصيل أو الفجوات والسبب هو الربط التساهمي.

إن كل زوج متكون من ايون موجب و سالب يسمى ثنائي القطب dipole ووجود ثنائي القطب يعني أن الكثرونات واحد من الكثرونات حزمة التوصيل وفجوة واحده قد توقفا عن التجوال ، وبتزايد أعداد ثنائي القطب تخلق المنطقة المتاخمة للوصلة من الشحنات المتحركة . وندعو هذه المنطقة الخالية من الشحنات بطبقة الاستنزاف depletion layer .

الجهد الحاجز :

إن كل ثنائي قطب له مجال كهربائي لاحظ الشكل (2-1c). يبين السهم اتجاه القوة على شحنه موجبة لذلك فعندما يدخل الكترون ما الى طبقة الاستنزاف يحاول المجال إرجاعه الى الطبقة n إن قوة المجال تزداد مع كل الكترون عابر الى ان يستطيع المجال أخيرا وقف الالكترونات من عبور الوصلة .

يجب علينا الأخذ بنظر الاعتبار الحاملات الأقلية لذلك نذكر بان الجهة p فيها قليل من الكترونات حزمة التوصيل المنتجة حراريا . ويقوم المجال بدفع ما موجود في داخل طبقة الاستنزاف من الالكترونات أنفة الذكر الى داخل منطقة n هذه العملية تقلل شدة المجال قليلاً وتسمح لأعداد قليلة من الحاملات الأقلية أن تنتشر. من اليمين الى اليسار لتعيد المجال الى شدته الأصلية

إن وجود مجال كهربائي بين ايونات يكافئ وجود فرق جهد ، يسمى فرق الجهد هذا بالجهد الحاجز أو الفاصل (barrier potential) . عند درجة حرارة (25°C) يساوي الجهد الحاجز (0.3V) تقريباً في ثنائي الجيرمانيوم و (0.7V) في ثنائي السليكون .

تأثيرات درجة الحرارة :

يعتمد الجهد الحاجز على درجة حرارة الوصلة . درجات الحرارة العالية تنتج المزيد من أزواج "الكترن_ فجوة" . وبالنتيجة يزداد انسياق الحاملات الأقلية عبر الوصلة مما يؤدي الى حصول التوازن عند جهد حاجز اقل .

سنقوم باستخدام التقريب التالي للتغيرات في الجهد الحاجز بتغير درجة الحرارة . يقل الجهد الحاجز بمقدار (2.5 mv) عند ازدياد درجة الحرارة درجة مئوية واحدة في كل من ثنائيات السليكون و الجيرمانيوم . وبالرموز يكون التغير في الجهد الحاجز

$$\Delta V = - 0.0025 \Delta T$$

Δ - تعني التغير في

مثال

احسب الجهد الحاجز لثنائي سليكون عند درجة حرارة (75 °C) ؟

الحل:

ان الجهد الحاجز لثنائي سليكون يساوي (0.7 V) عند درجة حرارة مقدارها (25°C) . وعند ارتفاع درجة الحرارة يقل الجهد الحاجز

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta V = -0.0025(\Delta T)$$

$$\Delta V = -0.0025(75-25) = -0.125V$$

لهذا سيكون الجهد الحاجز عند درجة حرارة (75°C)

$$V = 0.7 - 0.125 = 0.575V$$

-13-

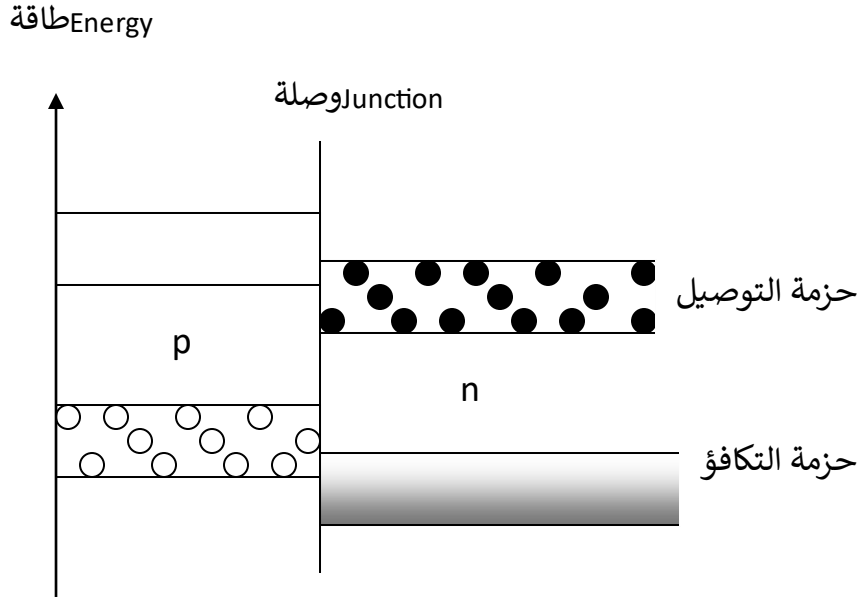
تل الطاقة :

عند إلقاء نظرة على ثنائي غير منحاز من وجهة نظر الطاقة . وهذا سيمكننا إدراكا اكبر لما يحدث عند الوصلة .

قبل الانتشار :

نفرض وجود وصلة فجائية (وهي تلك الوصلة التي تتغير فجأة من مادة p الى مادة n) . سيظهر مخطط الطاقة كما في الشكل (2-2) الذي يبين حزم الطاقة قبل انتشار الالكترونات عبر الوصلة . تحوي الجهة p على العديد من الفجوات في حزمة التكافؤ . بينما تحوي الجهة n العديد من الالكترونات في حزمة التوصيل . ولكن لماذا حزم p أعلى قليلا من حزم n ؟

وذلك لان الجهة p فيها ذرات ثلاثية التكافؤ لها شحنة لب مقدارها (+3) بينما الجهة n لها شحنة لب مقدارها (+5) . وبذلك فان لب شحنته (+3) يجذب الالكترونات اقل من لب شحنته (+5)



شكل (2-2)

ان لب شحنته (+3) يجذب الكتروناتاً ما اقل مما يجذبه لب آخر شحنته (+5) ولهذا السبب ان المدارات في ذرة ثلاثية التكافؤ (جهة p) تكون اكبر بقليل من مدارات ذرة خماسية التكافؤ (جهة n). وهذا يشرح سبب كون حزم p في الشكل (2-2) أعلى بقليل من حزم n.

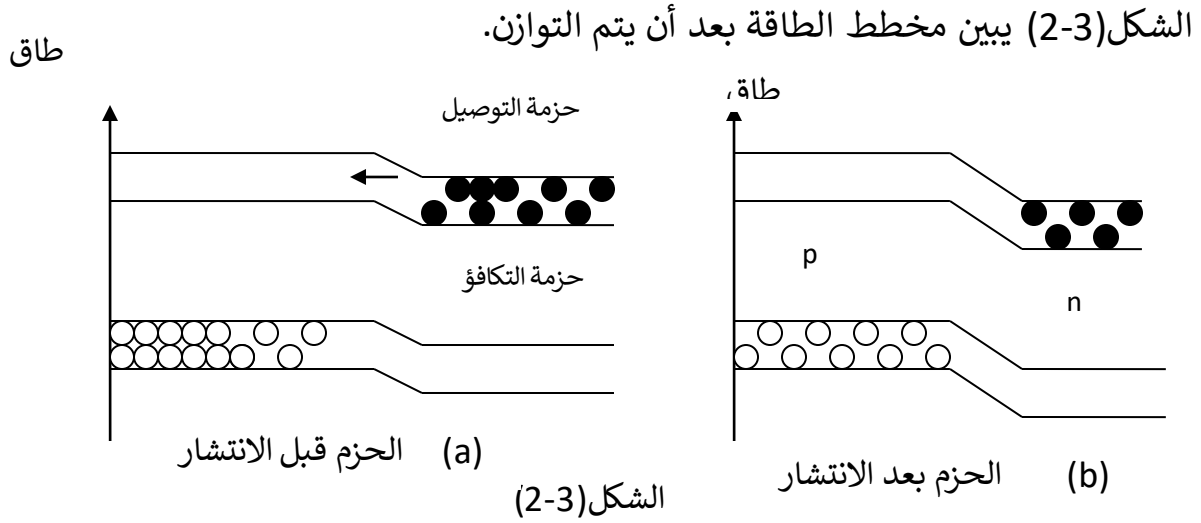
عند التوازن :

عندما تعبر الالكترونات حزمة التوصيل الوصلة فان حزم p تتحرك الى أعلى نسبة الى حزم n هذا يعني ان الالكترونات الموجودة في جهة n لم تعد لها الطاقة الكافية لكي تعبر الوصلة . ان سبب ذلك عندما يعبر الكترون ما الوصلة يملأ فجوة إحدى الذرات الثلاثية التكافؤ .

-

إن هذا الإلكترون يرفع مدار حزمة التوصيل بعيداً عن الذرة ثلاثية التكافؤ . ولذلك فان أي الكترون آخر يريد العبور يحتاج الى طاقة أعلى من السابق ليدخل الى نطاق مدار التوصيل.

وهذا يطابق القول أن حزم p تحركت إلى الأعلى نسبةً إلى حزم n بعد أن تكون طبقة الاستنزاف قد تكونت.



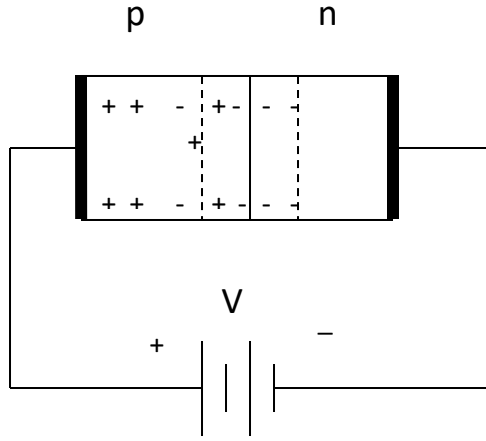
بعبارة أخرى إن الإلكترونات في الجهة n لا تمتلك الطاقة الكافية لكي تعبر الوصلة فان الطريق الذي يسلكه الإلكترون حين محاولته عبور الوصلة يظهر كتل للطاقة لاحظ الشكل (2-3b). ولذلك لا يستطيع الإلكترون أن يتسلق هذا التل ما لم يتسلم طاقة من مصدر خارجي.

الانحياز الأمامي :

الشكل (2-4a) يبين مصدر مستمراً مربوطاً بين نهايتي الثنائي . نلاحظ بان الطرف السالب للمصدر مربوط بالمادة نوع n والطرف الموجب مربوط بالمادة نوع p يطلق على هذا الربط انحياز أمامي (forward bias).

تيار أمامي كبير :

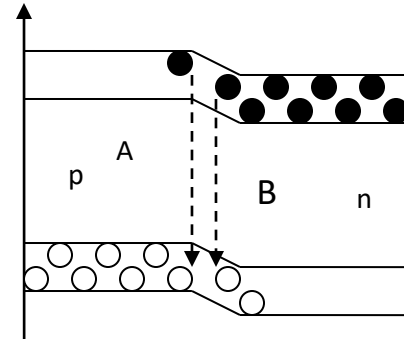
في دائرة الشكل (2-4a) يمر التيار بسهولة ولكن لماذا ؟ تتحرك الإلكترونات من الطرف السالب للمصدر وتدخل النهاية اليمنى للبلورة نوع n حيث تنتقل الإلكترونات خلالها كالالكترونات حزمة توصيل . قريباً من الوصلة تعيد هذه الالكترونات التحامها وتصبح الكثرونات تكافئيه وتنتقل خلال المنطقة p كالالكترونات تكافؤيه وبعد مغادرتها نهاية البلورة اليسرى تسير الى طرف المصدر الموجب .



(a)

الشحن

طاقة Energy



(b)

حزم الطاقة

شكل (2-4)

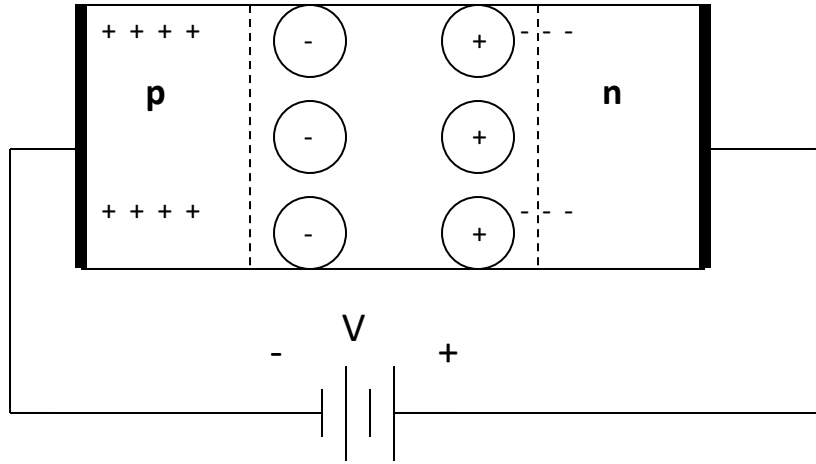
حزم الطاقة :

إن الانحياز الأمامي يخفض تل الطاقة لاحظ الشكل (2-4b) ولهذا السبب تمتلك الكثرونات حزمة التوصيل طاقة كافية لغزو المنطقة p . وحالاً بعد دخول الإلكترون المنطقة p يسقط كل الكثران في فجوة (الطريق A) وكل إلكترون تكافؤي يواصل مسيره الى نهاية البلورة اليسرى . قد يسقط الكثران حزمة التوصيل في فجوة قبل عبوره الوصلة وبذلك يعبر الوصلة إلكترون تكافؤي (الطريق B) .

الانحياز العكسي :

في حالة استدارة أي قلب المصدر المستمر الموصل بالثنائي نحصل على ثنائي في حالة انحياز عكسي- (revers bias) انظر الشكل (2-5) . نلاحظ بان المجال الخارجي يكون له نفس اتجاه طبقة الاستنزاف ، لهذا السبب تتحرك الفجوات والالكثرانات باتجاه نهايتي البلورة (بعيداً عن الوصلة) . تخلف الالكثرانات الهاربة وراءها ايونات موجبه . بينما تخلف الفجوات المغادرة ايونات سالبة . ولهذا السبب نلاحظ ازدياد عرض طبقة الاستنزاف . وكلما ازداد الانحياز العكسي ، ازداد عرض طبقة الاستنزاف .

ولكن الى أي حد يزداد عرض طبقة الاستنزاف ؟ في الشكل (2-5) عندما تتحرك الالكثرانات والفجوات بعيداً عن الوصلة فان الايونات الجديدة تزيد من فرق الجهد على طبقة الاستنزاف . وكلما زاد عرض طبقة الاستنزاف كبر فرق الجهد ، ويتوقف نمو طبقة الاستنزاف عندما يساوي فرق جهدها الفولتية العكسية المسلطة .



شكل (2-5)
انحياز عكسي

هناك عدد من التيارات في حالة الانحياز العكسي وهي

- 1- تيار العبور الزائل : وهو التيار الذي يمر في الدائرة لحين ان تكيف طبقة الاستنزاف عرضها الى العرض الجديد . حيث تتحرك الفجوات بعيداً عن الوصلة هذا يعني أن الالكترونات تجري من طرف المصدر السالب الى النهاية اليسرى للبلورة (p) وفي نفس الوقت تغادر الالكترونات النهاية اليمنى للبلورة (n) وتجري الى طرف المصدر الموجب ان تيار العبور الزائل (transient current) يصبح صفر بعدما يقف نمو طبقة الاستنزاف ، ويستغرق هذا التيار بضع نانو ثانية
- 2- تيار الحاملات الأقلية : هناك أيضاً تيار بسيط يسري بعدما يستقر عرض طبقة الاستنزاف فالطاقة الحرارية تنتج أزواج " الكترون _ فجوة " أي انه هنالك عدد قليل من الحاملات الأقلية على طرفي الوصلة .

فعندما يتولد زوج " الكترون _ فجوة " داخل طبقة الاستنزاف فان المجال يدفع الالكترون الى جهة n (الجهة اليمنى) مرغماً الكترونأ واحداً على مغادرة نهاية البلورة n باتجاه القطب الموجب للمصدر أما الفجوة في طبقة الاستنزاف فتندفع الى جهة p (الجهة اليسرى) ، هذه الفجوة الزائدة تتيح المجال للالكترون للدخول الى الجهة p من قطب المصدر السالب . وبما أن الحرارة تنتج أزواج "الالكترون _ فجوة " قرب الوصلة باستمرار فهناك تيار صغير مستمر والذي يسمى بتيار التشبع (saturation current) .

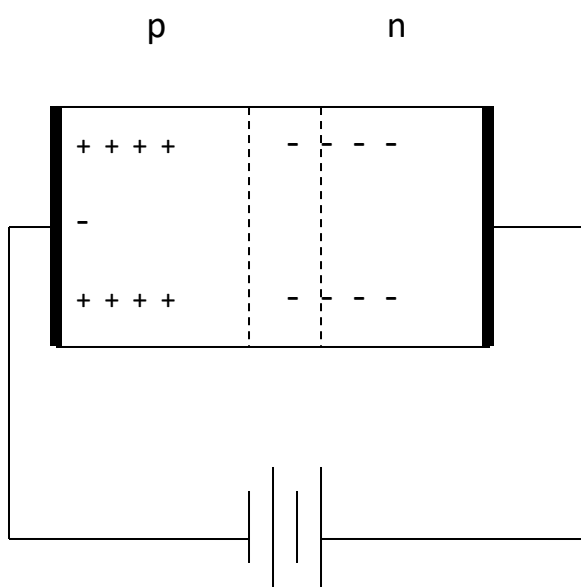
- 3- تيار التسريب السطحي : هناك أيضاً تيار صغير آخر يسري في الثنائي المنحاز عكسياً والذي يجري على سطح البلورة وذلك بسبب عدم اكتمال الأواصر أو تمزقها على السطح الخارجي للثنائي مما يؤدي الى وجود فجوات على السطح وبذلك يشبه سطح الثنائي مادة شبه موصل نوع p وبذلك تستطيع الالكترونات ان تدخل من نهاية البلورة نوع p

(الجهة اليسرى) وتنتقل خلال فجوات السطح ثم تغادر نهاية البلورة n (الجهة اليمنى) ويزداد تيار التسرب السطحي (surface-leakage current) بازدياد الفولتية العكسية

فولتية الانكسار :

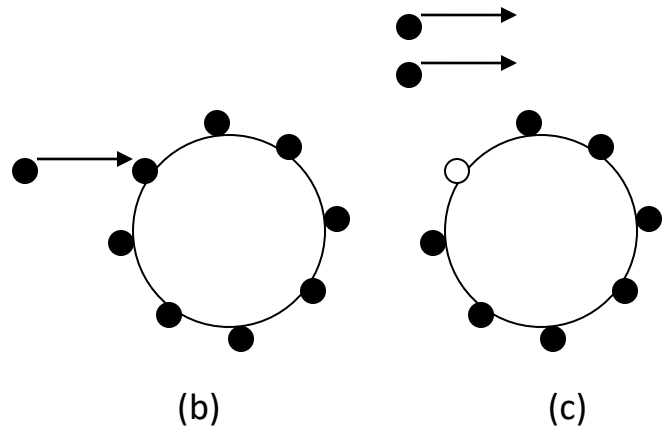
عند الاستمرار في زيادة قيمة الفولتية العكسية نصل أخيراً إلى فولتية الانكسار break-down voltage تكون فولتية الانكسار عادة أكبر من (50v) لثنائيات التقويم (rectifier) وهي الثنائيات التي صنعت لتوصل باتجاه أحسن من الاتجاه الآخر، وحال الوصول إلى فولتية الانكسار تظهر أعداد كبيرة من الحاملات الأقلية في طبقة الاستنزاف وبذلك يكون توصيل الثنائي غزيراً ،

من أين جاءت الحاملات فجأة ؟ الشكل (2-6) يبين زوج " الكترون - فجوة " داخل طبقة الاستنزاف قد نتج عن الحرارة وبوجود انحياز عكسي- يندفع الالكترون إلى اليمين وتندفع الفجوة إلى اليسار وأثناء حركته تزداد سرعة الالكترون وكلما اشتد مجال طبقة الاستنزاف ، تسارعت حركة الالكترون . وعند فولتية عكسية كبيرة يصل الالكترون إلى سرعة عالية .



(a)

الحاملات الأقلية في



الكترون حر يصدم الكترونات تكافؤ (b)

إلكترون حران (c)

شكل (2-6)

الشكل (2-6)

إن هذا الإلكترون ذو السرعة العالية قد يتصادم مع الكترون تكافؤي ، انظر الشكل (2-6b) اذا كانت طاقة الإلكترون ذو السرعة العالية كافية ، يستطيع أن يطلق الإلكترون التكافؤي الى مدار التوصيل بذلك يصبح إلكترونان في نطاق التوصيل كما مبين في الشكل (2-6c) وهكذا فان هذين الإلكترونين سيتعجلان وقد يستمران في زحزة إلكترونين تكافؤيين آخرين وبهذه الطريقة قد يصبح عدد الحاملات الأقلية كبيرا جدا ويصبح توصيل الثنائي غزيرا .

إن معظم الثنائيات لا يسمح لها الوصول الى الانكسار ، وبعبارة أخرى ، فان الفولتية العكسية المسلطة على الثنائي يجب أن تبقى اقل من فولتية الانكسار .

ملاحظه : (1)- الثنائي المنحاز أماميا يوصل بسهولة . (2)- الثنائي المنحاز عكسيا يوصل بضعف وكتقريب مثالي يعمل الثنائي المقوم يعمل عمل مفتاح مغلق ON في حالة الانحياز الأمامي و يعمل مفتاح مفتوح OFF في حالة الانحياز العكسي .

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن المنطقة القريبة من الوصلة تكون خالية من الشحنات المتحركة وتدعى هذه المنطقة بطبقة ----- ويدعى فرق الجهد على هذه المنطقة بالجهد ----- .
- 2- عند (25°C) يساوي الجهد الحاجز تقريباً----- لثنائيات الجيرمانيوم و----- لثنائيات السليكون.
- 3- إن الانحياز الأمامي يخفض تل الطاقة لذلك فان الكترونات ----- تمتلك الطاقة الكافية للدخول إلى منطقة p حيث تسقط في ----- .
- 4 - كلما ازداد جهد الانحياز العكسي , ازداد----- طبقة الاستنزاف . إن تيار العبور الزائل في الثنائي المنحاز ----- يهبط إلى الصفر بعد أن يتوقف التغير في طبقة الاستنزاف.
- 5- تيار صغير يسري على سطح البلورة , ندعوه تيار ----- . وإذا واصلت زيادة الفولتية العكسية , نصل أخيراً إلى فولتية ----- .

الأسبوع الرابع

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة و موضوعاتها

لتعريف الطالب على جهد الانكسار ومنحنيات الثنائي المقوم الأمامي والعكسي وما قيمة أعظم تيار أمامي للثنائي والدوائر المكافئة للثنائي وفولتية الذروة العكسية PIV. وأمثلة تطبيقية

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بجهد الانكسار للثنائي ومعرفة منحنيات الثنائي المقوم الأمامي والعكسي وحساب قيمة أقصى تيار أمامي وسيكون ملماً بالدوائر المكافئة للثنائي ومعرفة أقصى فولتية عكسية من الممكن تحملها للثنائي.

الاختبار القبلي

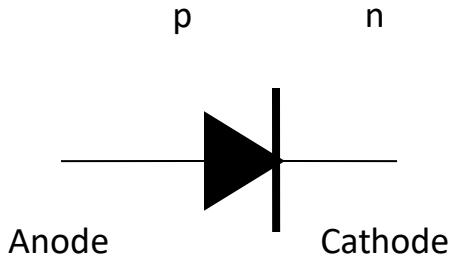
املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

1. عند الاستمرار في زيادة قيمة الفولتية العكسية على الثنائي المقوم نصل الى فولتية ---
-----.
2. ثنائيات التقويم صنة للتوصيل ----- أحسن من-----
3. إن معظم الثنائيات المقومة لا يسمح لها للوصول إلى فولتية-----
4. في الثنائي تسمى الجهة n ----- بينما تسمى الجهة p-----.
5. قيمة فولتية الجهد الحاجز لثنائي السليكون هي----- ولثنائي الجيرمانيوم-----
6. $I_F(\max)$ هو أقصى تيار أمامي يمكن أن يتحمله الثنائي قبل أن ----- أو-----
صفاته.

الثنائي المقوم (أو الموحد)

الشكل (2-7) يبين رمز الثنائي حيث تدعى الجهة p بالمصعد (anode) والجهة n بالمهبط (cathode) ويظهر رمز الثنائي كسهم يؤشر من الجهة p الى الجهة n ولذا فهو يذكرنا بان التيار المتعارف عليه يجري بسهولة من الجهة p الى الجهة n .

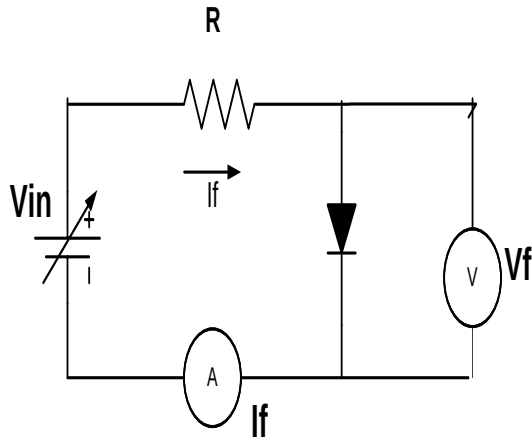
إن الثنائي المنحاز أماميا يوصل التيار بصورة جيدة



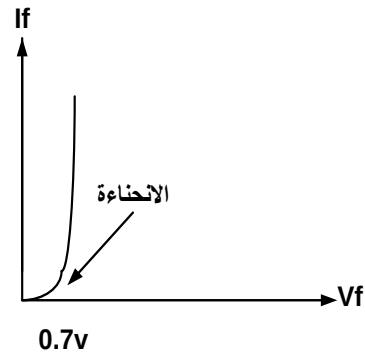
شكل (2-7)

والمنحاز عكسيا بصورة رديئة (إذا كان اتجاه التيار المتعارف عليه الذي تحاول الدائرة الخارجية أن تدفعه بنفس اتجاه سهم الثنائي يكون الثنائي منحاز أماميا أما إذا كان التيار عكس سهم الثنائي يكون الثنائي منحاز عكسيا)

المنحني الأمامي للثنائي المقوم أو الموحد :



(a)



(b)

شكل (2-8)

الشكل (2-8a) يبين دائرة يمكن بنائها في المختبر وبما أن المصدر المستمر يدفع تيار في نفس اتجاه سهم الثنائي ، يكون الثنائي منحاز أماميا ، وكلما ازدادت فولتية المصدر نلاحظ زيادة تيار الثنائي والذي يمكن قياسه بواسطة استخدام اميتر على التوالي . وقياس فولتية الثنائي بواسطة ربط جهاز فولتميتر بالتوازي على الثنائي . وبرسم قيم التيارات والفولتيات المتوقعة نحصل على الرسم البياني لتغير التيار مع فولتية الثنائي .

في الشكل (2-8b) يظهر الرسم البياني لثنائي سليكون في حالة انحياز أمامي ، إن الرسم يخبرنا إن الثنائي لا يوصل بصورة جيدة حتى التغلب على الجهد الحاجز ومقداره (0.7v) للسليكون وللجيرمانيوم (0.3v) وهذا هو السبب أن التيار يكون صغيرا لبضعة الأعشار الأولى من الفولت إن الفولتية التي يبدأ التيار عندها بالزيادة السريعة تسمى

- 19 -

فولتية المفصل أو الانحناءة (knee voltage) وهي تساوي فولتية الجهد الحاجز . فوق فولتية الانحناءة يزداد تيار الثنائي بحده حيث أن زيادة طفيفة في فولتية الثنائي تسبب زيادة كبيرة في تياره . وكل ما يعيق التيار بعد التغلب على الجهد الحاجز هو مقاومتي المنطقتين n و p والتي يرمز لهما r_p و r_n إن حصيلة هاتين المقاومتين تدعى المقاومة الإجمالية

$$r_B = r_p + r_n \text{ (bulk resistance)}$$

إن قيمة المقاومة الإجمالية تعتمد على التطعيم وعلى حجم المنطقتين n و p وتتراوح قيمة المقاومة الإجمالية من (1Ω) إلى (25Ω) نموذجيا .

ملاحظة: مقاومة الثنائي غير خطية وتتغير عند تسليط فولتية متناوبة وتسمى بالمقاومة الديناميكية

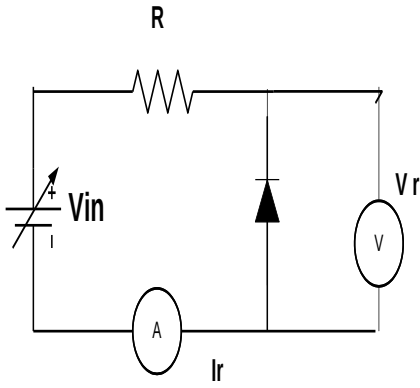
$$r_d = \frac{25mv}{I_F (mA)}$$

أو الحركية (r_d) وتحسب بالمعادلة التالية

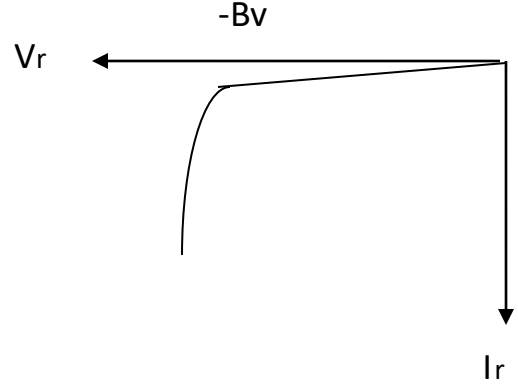
أقصى تيار أمامي مستمر : $I_{F(max)}$

وهو يمثل اكبر تيار أمامي يمكن أن يتحمله الثنائي قبل أن يتلف أو تتغير صفاته ولذلك فإن استمارة معلومات المصنع تبين أقصى تيار يستطيع الثنائي تحمله دون أن يقصر - عمره أو تضعف خصائصه أو تتلفه . وهذا يفسر استخدام مقاومة على التوالي مع الثنائي لاحظ الشكل (2-8a) وتسمى R المقاومة المحددة للتيار (current - limiting resistor) وكلما كبرت قيمة R كان تيار الثنائي اقل .

منحني الثنائي العكسي :



(a)

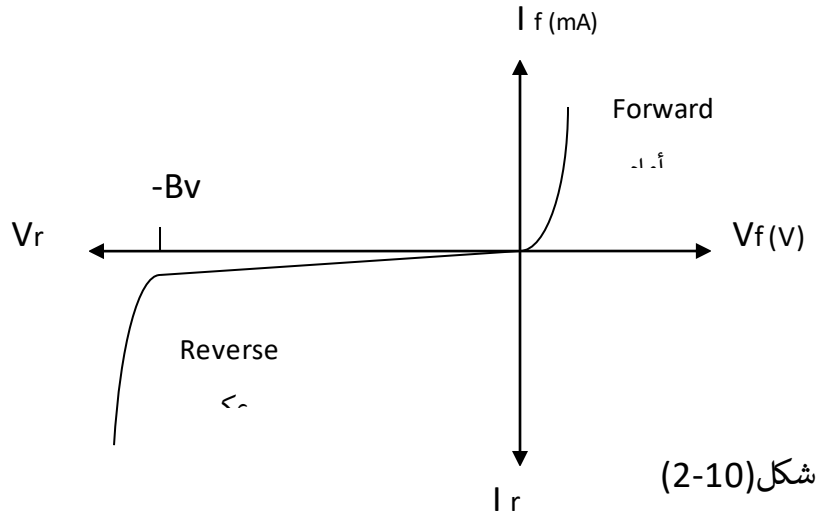


(b)

شكل (2-9)

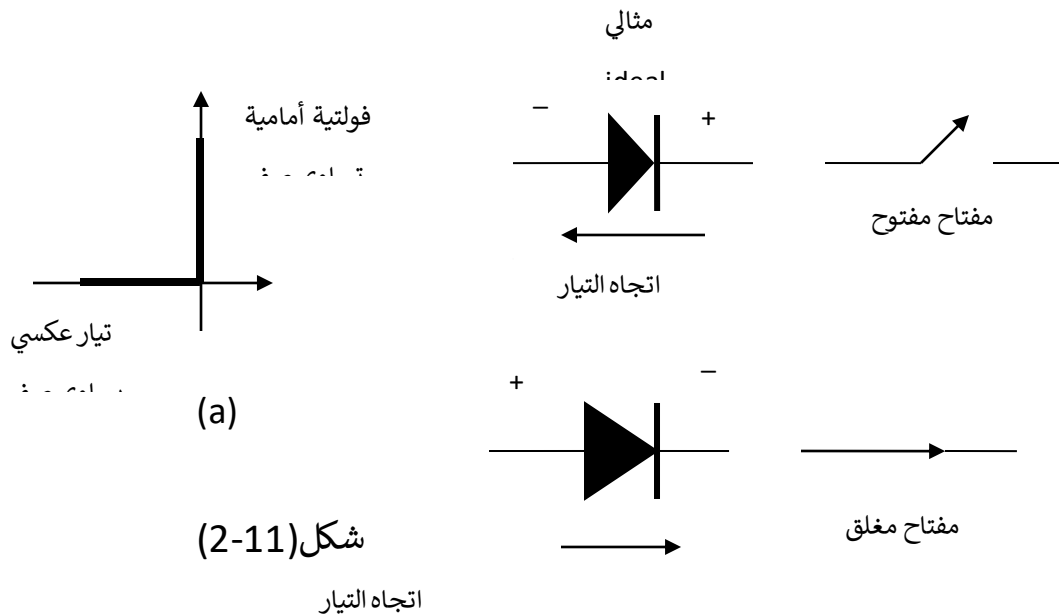
عندما ينحاز ثنائي عكسيا الشكل (2-9a) نحصل على تيار صغير فقط وبواسطة قياس تيار وفولتية الثنائي نستطيع رسم منحني الانحياز العكسي- للثنائي الشكل (2-9b) . إن تيار الثنائي يكون صغيرا جدا لكل الفولتيات العكسية التي تقل قيمتها عن فولتية الانكسار BV . عند الانكسار يزداد التيار بسرعة كبيرة نتيجة لزيادات قليلة في الفولتية .

وباستخدام قيم موجبه للفولتية و للتيار الأمامي . و قيم سالبه للتيار و الفولتية العكسية نستطيع أن نرسم منحني يمثل عمل الثنائي في الاتجاهين الأمامي والعكسي- لاحظ الشكل (2-10)



الثنائي المثالي (ideal-diode) :

يعمل الثنائي المثالي (التقريب الأول) عمل موصل تام (فرق الجهد عليه يساوي صفر) في حالة الانحياز الأمامي . وعمل عازل تام (التيار يساوي صفر) في حالة الانحياز العكسي . لاحظ الشكل (2-11a) . وبمفهوم آخر يعمل الثنائي المثالي عمل مفتاح ذاتي automatic switch فعندما يحاول تيار المرور بنفس اتجاه سهم الثنائي يكون المفتاح مغلقا . وعندما يحول تيار المرور عكس اتجاه سهم الثنائي يكون المفتاح مفتوح .



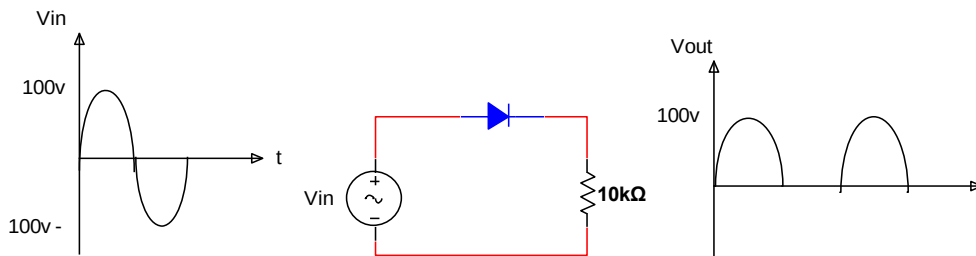
إن هذا التقريب لا يصلح في بعض الحسابات الأكثر دقة ولذلك نحتاج إلى تقاريب أخرى .

مثال :

في الشكل (2-12) أدناه استخدم التقريب المثالي لثنائي سليكوني لإيجاد شكل موجة الإخراج ؟

الحل :

إن شكل موجة الإدخال عبارة عن موجة جيبيه ذات ذروة موجبة مقدارها (100v) وذروة سالبة مقدارها (-100v) ، خلال نصف الذروة الموجب يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ويكون

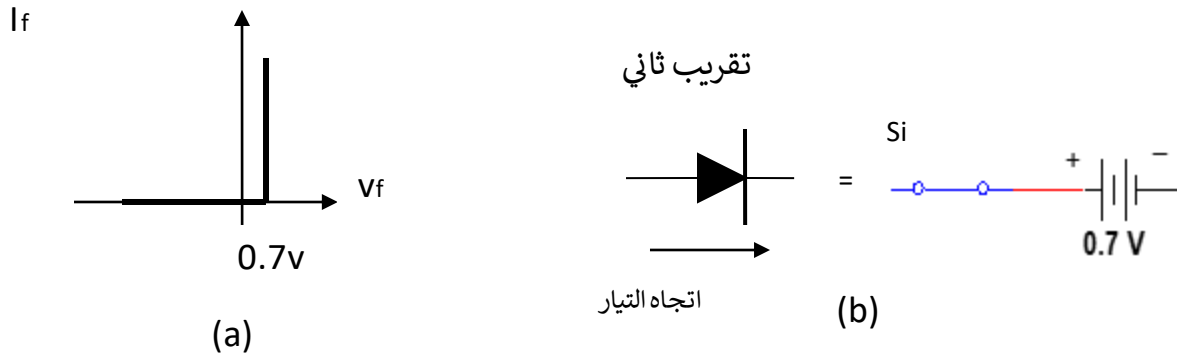


شكل (2-12)

الثنائي مفتاح مغلق وبذلك تظهر جميع الفولتية على مقاومة الإخراج. أما خلال نصف الذبذبة السالب فيعمل الثنائي كمفتاح مفتوح وبذلك لا تظهر فولتية على مقاومة الحمل .

التقريب الثاني : (Second-Approximation)

في حالة التقريب الثاني فولتية الجهد الحاجز تؤخذ بنظر الاعتبار وذلك في حالة أن لفولتية الدخل قيمه ليست كبيرة ونحن نحتاج تقريبا (0.7v) لاجتياز الجهد الحاجز لثنائي السليكون و(0.3v) لثنائي الجيرمانيوم وهذا يعني إن تيار لا يمر خلال الثنائي حتى تجتاز قيمة فولتية الدخل قيمة الجهد الحاجز لاحظ الشكل (2-13a)



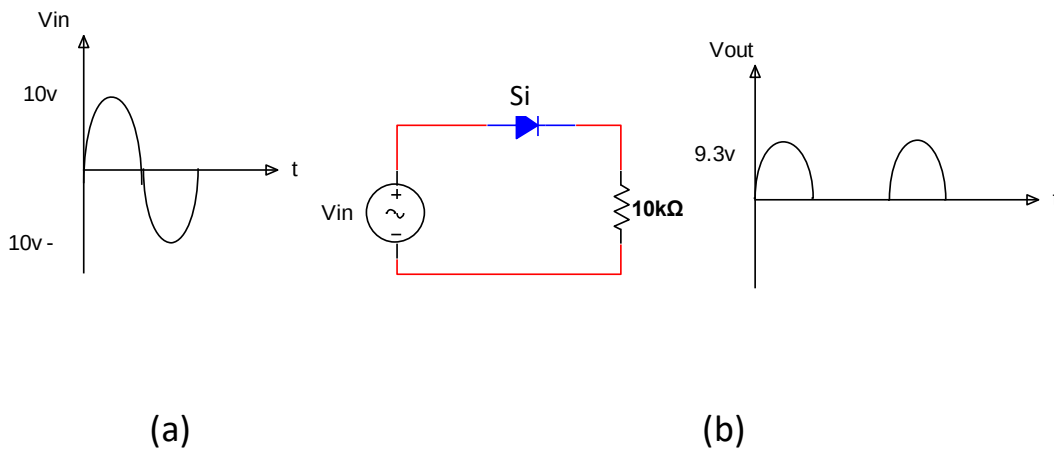
شكل (2-13)

الشكل (2-13b) يبين الدائرة المكافئة للتقريب الثاني ، نتصور الثنائي مفتاح على التوالي مع بطارية قيمتها (0.7v) للسيلكون و (0.3v) للجيرمانيوم .

مثال :

استخدم التقريب الثاني في الشكل (2-14a) لإيجاد موجة الإخراج وكذلك احسب تيار الذروة الأمامي وأقصى فولتية عكسية على الثنائي ؟

الحل :



شكل (2-14a)

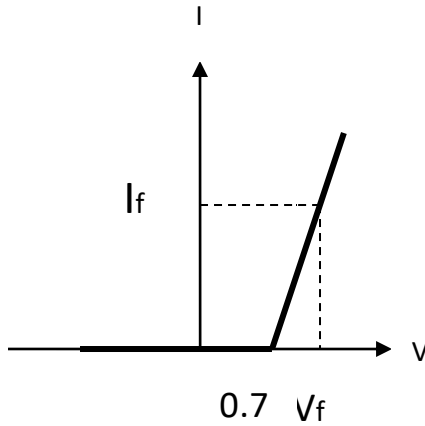
خلال نصف الموجة الموجب لفولتية الإدخال نفقد (0.7v) للتغلب على الجهد الحاجز ولذلك فان ذروة فولتية الإخراج وبلاستعانة بقانون كيرشوف للفولتية ستكون قيمتها على المقاوم (9.3v) الشكل (2-14 b) يوضح شكل موجة الإخراج .

لذلك التيار في المقاومة هو $i_{peak} = 9.3/10000 = 0.93mA$

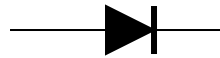
أما أقصى- فولتية عكسية (PIV) وعندما يكون الثنائي منحاز عكسياً أي يكون مفتوح ولا يمر تيار خلال المقاومة وحسب قانون كيرشوف فان جميع الفولتية تظهر على الثنائي (-10v) .

التقريب الثالث : (Third-Approximation)

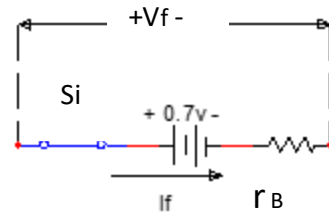
في هذا التقريب ندخل المقاومة الإجمالية r_B ضمن حساباتنا الشكل (2-15a) يوضح تأثير r_B فعندما يكون الثنائي منحاز أمامياً فان التيار ينتج فولتية على المقاومة r_B وكلما كبر التيار كبرت قيمة الفولتية . الدائرة المكافئة للتقريب الثالث عبارة عن مفتاح و وبطارية قيمتها (0.7v) لثنائي السليكون و (0.3v) لثنائي الجيرمانيوم ومقاومة مقدارها r_B .



(a)



شكل (2-15)



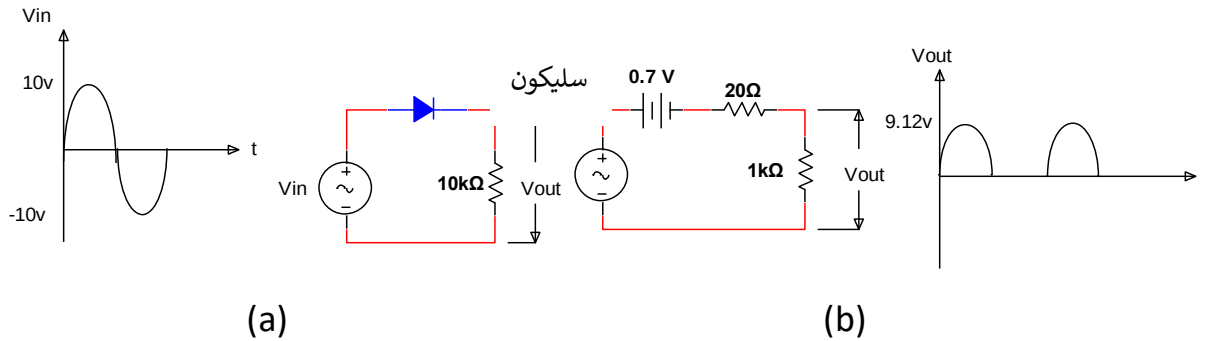
(b)

الدائرة المكافئة

مثال :

استخدم التقريب الثالث في حساب تيار الذروة في الشكل (2-16a) وارسم موجة الإخراج إذا علمت إن r_B تساوي (20Ω) ؟

الحل :



شكل (2-16)

الشكل (2-16b) يبين الدائرة المكافئة للتقريب الثالث وفي اللحظة التي تصل فيها فولتية الدخل الى ذروتها الموجبة $(10v)$ ، وبذلك يكون تيار الذروة

$$i_{peak} = \frac{10 - 0.7}{1000 + 20} = 9.12mA$$

وعندما يمر التيار خلال مقاومة الحمل $(1K\Omega)$ تكون فولتية الإخراج

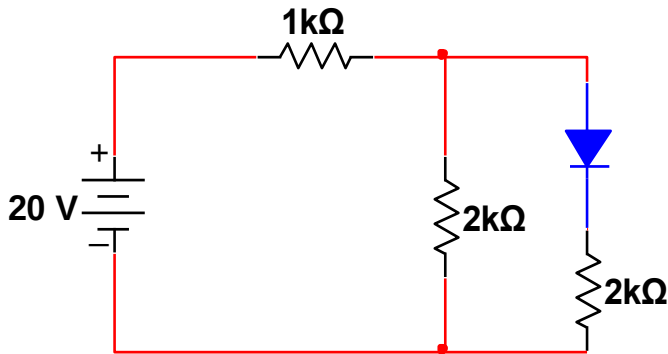
$$V_{out(peak)} = 9.12(10^{-3})10^3 = 9.12v$$

فولتية الذروة العكسية (PIV):

وهي تلك الفولتية العكسية التي يجب أن يتحملها الثنائي دون حدوث الانكسار والتي يجب يبينها المصنع في استمارة المواصفات

مثال (1) :

في الدائرة الموضحة أدناه إذا كان الثنائي (الدايود) سليكوني ومثالي احسب قيمة المقاومة الديناميكية (r_d) للثنائي ؟



$$R_T = 1K\Omega + (2K\Omega // 2K\Omega)$$

$$R_T = 1K\Omega + \left(\frac{2K\Omega \times 2K\Omega}{2K\Omega + 2K\Omega} \right)$$

$$R_T = 1K\Omega + 1K\Omega = 2K\Omega$$

حيث أن R_T هي المقاومة الكلية

$$I_T = \frac{20V}{2K\Omega} = \frac{20}{2 \times 10^3} = \frac{20}{2000} = 0.01A$$

$$I_T = 10mA$$

تيار الفرع = التيار الكلي * (المقاومة المقابلة / مجموع المقاومتين)

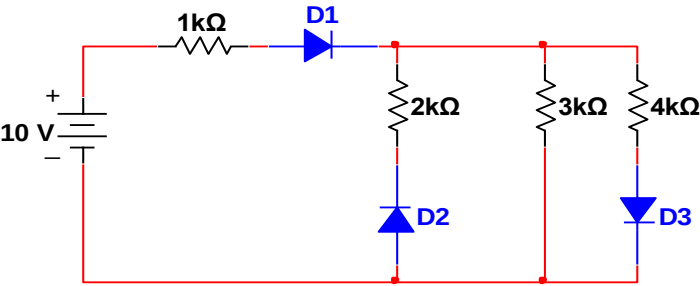
$$I_D = 10mA * \frac{2K\Omega}{2K\Omega + 2K\Omega} = 0.01 * \frac{2000}{2000 + 2000} = 5mA$$

$$r_d = \frac{25mV}{I_F (mA)}$$

$$r_d = \frac{25mV}{5mA} = 5\Omega$$

مثال(2):

في الدائرة الموضحة أدناه إذا كانت جميع الثنائيات سليكونية و مثاليه احسب قيمة التيار في كل ثنائي ؟



الحل:

نلاحظ بان الثنائي (D1) والثنائي (D3)

منحازين أماميا

بينما الثنائي (D2) منحاز عكسيا ولذلك

لا يمر تيار خلاله .

$$I_{D2} = 0$$

$$R_T = 1K\Omega + (3K\Omega // 4K\Omega) = 1 + \left(\frac{3 * 4}{3 + 4} \right) = 1 + \left(\frac{12}{7} \right) = 2.7K\Omega$$

$$I_T = I_{D1} = \frac{10V}{2.7K\Omega} = \frac{10}{2.7 * 10^3} = \frac{10}{2700} = 0.0037A = 3.7mA$$

$$I_{D3} = I_{D1} \left(\frac{3K\Omega}{3K\Omega + 4K\Omega} \right) = 3.7 * 10^{-3} * \frac{3}{7} = 3.7 * 10^{-3} * 0.4285$$

$$I_{D3} = 0.001585A = 1.585mA$$

الاختبار البعدي

إملاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

1- إن الثنائي المثالي يعمل عمل مفتاح ذاتي. عندما يحاول تيار اعتيادي المرور باتجاه سهم الثنائي يكون المفتاح ----- .

ولو يحاول تيار اعتيادي المرور بالاتجاه الآخر فيكون المفتاح-----

2- في التقريب الثاني لثنائي السليكون تهبط تقريباً-----على ثنائي السليكون عندما يكون منحاز أمامياً.

3- في التقريب الثالث للثنائي ندخل في الحسابات قيمة المقاومة-----وبعد ان يصبح المقوم في وضع التوصيل فإن التيار المار عبره ينتج فولتية على r_B وكلما ازداد التيار ----- هذه الفولتية.

الأسبوع الخامس

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على عمل الثنائي المقوم كموحد للتيار ودراسة موحّدات نصف الموجة وكيفية حساب القيم المستمرة للفولتية و التيار وقيمة تردد اخراج موحد نصف الموجة

أهداف الوحدة

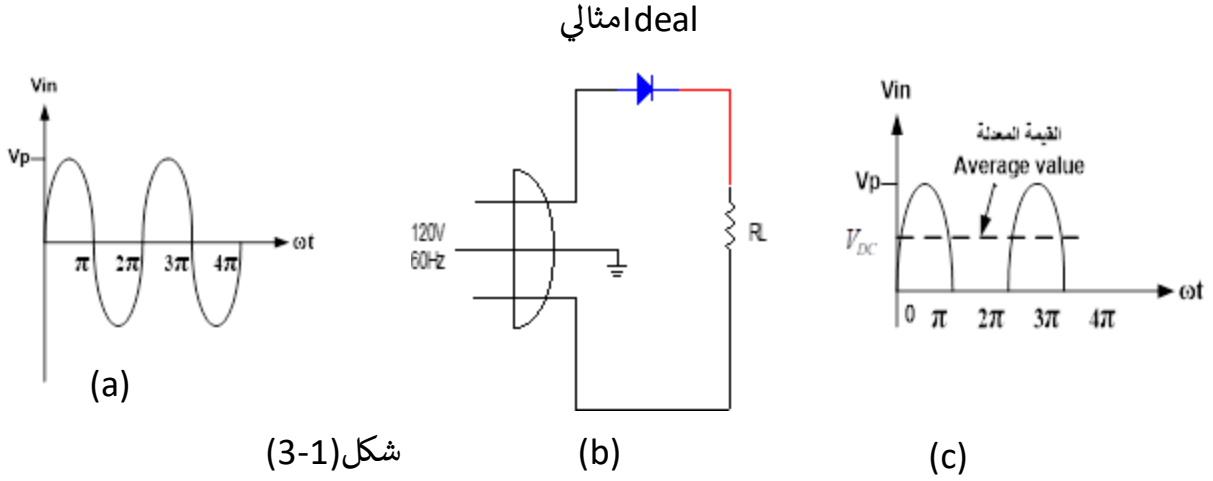
سيكون الطالب بعد المحاضرة استخدام الثنائي الموحد في تحويل فولتية التيار المتناوب الى فولتية التيار المستمر باستخدام موحد نصف الموجة وكيفية حل المسائل المتعلقة بالموحد

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- عملية التوحيد يقصد بها تحويل فولتية التيار ----- الى فولتية التيار-----
- 2- دائرة موحد نصف الموجه تستخدم ثنائي مقوم عدد ----- .
- 3- يتصل طرف المصعد للثنائي بمصدر ----- المراد توقيده ويتصل طرف المهبط ب----- .
- 4- عند النصف الموجب لموجة الدخل يكون الثنائي منحاز ----- بينما يكون الثنائي منحاز----- عند النصف السالب لموجة الدخل
- 5- في موحد نصف الموجه كل ذبذبة في ----- تنتج ذبذبة واحدة في الخراج ولذلك يكون تردد الإخراج ----- لتردد الإدخال.

موحد نصف الموجة Half-Wave Rectifier



الشكل (3-1) عبارة عن موحد (مقوم) نصف موجة ، وهي تلك الدائرة التي تحول فولتية التيار المتناوب (AC) إلى فولتية تيار مستمر (DC) نبضية. خلال نصف الذبذبة الموجب لفولتية الدخل يكون الثنائي منحاز أمامياً ويسمح للتيار بالمرور خلاله إلى مقاومة الحمل ، أما خلال نصف الذبذبة السالب فيكون الثنائي منحاز عكسياً ولا يسمح للتيار بالمرور خلاله إلى مقاومة الحمل . هذا هو السبب إن الفولتية على مقاومة الحمل (R_L) عبارة عن إشارة نصف موجية كما مبين في الشكل (3-1c) . علماً أن الشكل (3-1a) هو موجة الدخل الجيبية المتناوبة .

ملاحظة: إن العلاقة بين قيمتي جذر متوسط التربيع والذروة

$$V_{RMS} = \frac{V_P}{\sqrt{2}} \text{ وتسمى } (V_{RMS}) \text{ بالقيمة الفعالة المتناوبة .}$$

$$V_P = \sqrt{2} * V_{RMS}$$

-

قيمة المعدل و تردد الإخراج:

إن قيمة المعدل (average value) لجهد الخرج لموحد نصف الموجة وتعرف أيضا بالقيمة

$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi}$$

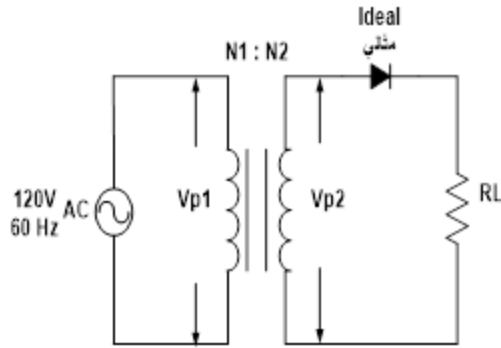
المستمرة لاشارة نصف موجيه وهي :

حيث أن π تساوي تقريبا (3.14) . نلاحظ في الشكل (3-1c) حيث تكون فترة (زمن الذبذبة) period إشارة الإخراج نفس فترة إشارة الإدخال . فكل ذبذبة في الإدخال تنتج ذبذبة واحدة في الإخراج وهذا هو السبب في إن تردد الإخراج في موحد نصف الموجه يساوي تردد الإدخال .

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

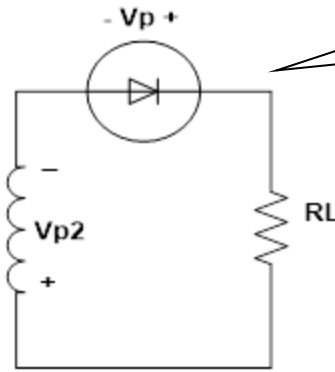
المحول و فولتية الذروة العكسية:

إن استخدام المحول (transformer) في مدخل الأجهزة الالكترونية يتيح لنا رفع أو خفض الفولتية وكذلك يقوم بعزل الدائرة عن المصدر الخارجي مما يقلل احتمال الإصابة بصدمة كهربائية . وكما موضح في الشكل (3-2a)



(a)

شكل (3-2)



(b)

الشكل (3-2b) يبين مقوم نصف موجه عند ذروة نصف الذبذبة السالبة للفولتية الثانوية ، وفي هذه الحالة يكون الثنائي في وضع عدم توصيل وبسبب عدم سريان التيار في الثنائي فان الفولتية الثانوية العظمى تظهر عبر الثنائي ، تسمى هذه الفولتية بفولتية الذروة العكسية (peak inverse voltage) PIV وهي تمثل الفولتية العظمى التي يجب أن يتحملها الثنائي خلال الجزء العكسي من الذبذبة ،

$$PIV = V_{P2}$$

اشتقاق القيمة المستمرة للفولتية (V_{DC}) في موحد نصف الموجه :

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T V_o d\theta$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_o d\theta$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} V_o d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} V_o d\theta \right]$$

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_P \sin \theta d\theta$$

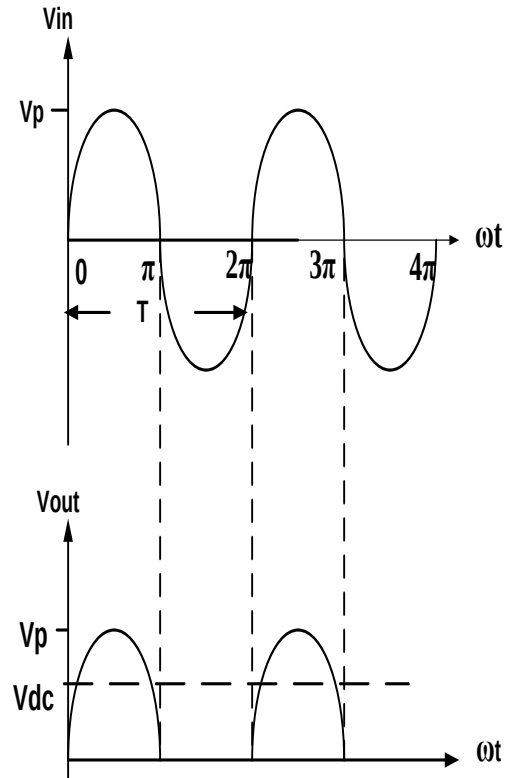
$$V_{dc} = \frac{V_P}{2\pi} \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta$$

$$V_{dc} = \frac{V_P}{2\pi} \left[-\cos \theta \right]_0^{\pi}$$

$$V_{dc} = \frac{V_P}{2\pi} [-(-1 - 1)]$$

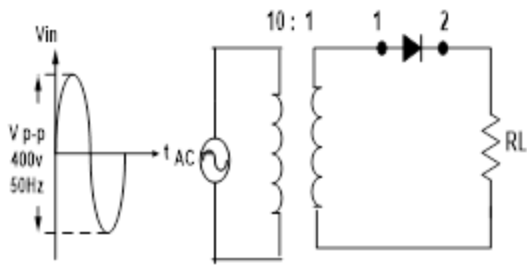
$$V_{dc} = \frac{V_P}{2\pi} [1 + 1]$$

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



مثال :

في دائرة موحد نصف الموجة المبينة في الشكل أدناه اوجد؟



- 1- فولتية الذروة في النقطة (1)
- 2- ارسم شكل الموجة في القطتين 1 و 2
- 3- احسب قيمة الفولتية المستمرة (Vd.c) والتيار المستمر (Id.c) على مقاومة الحمل (RL)
- 4- احسب فولتية الذروة العكسية (PIV) وتردد الإخراج (f out)

$$V_{P1} = \frac{V_{P-P}}{2} = \frac{400v}{2} = 200v$$

$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = \frac{V_{P1} * N_2}{N_1}$$

$$V_{P2} = \frac{200 * 1}{10} = 20v$$

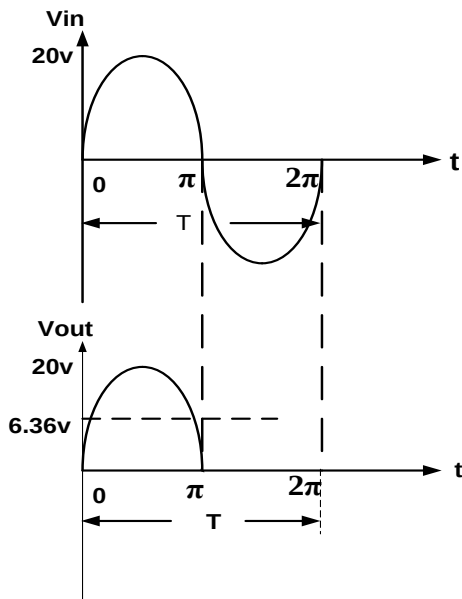
$$V_{DC} = \frac{V_{P2}}{\pi} = \frac{20}{3.14} = 6.369v$$

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

$$I_{DC} = 6.369mA$$

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

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



شكل الموجة

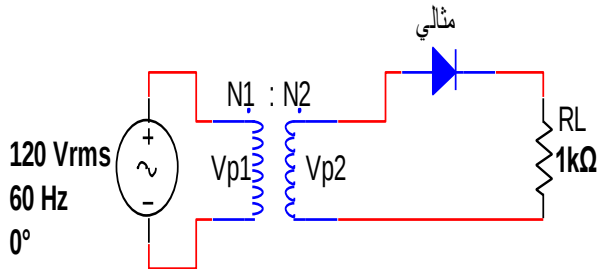
نقطة (1)

شكل الموجة

نقطة (2)

مثال:

في دائرة موحد نصف الموجة المبينة في الشكل أدناه علما أن نسبة اللف $N_1 : N_2 = 4 : 1$ ()



1- احسب فولتية الحمل المستمرة (V_{DC})

2- جد تيار الحمل المستمر (I_{DC})

3- ما مقدار فولتية الذروة العكسية (PIV)

4- احسب تردد الإخراج

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

$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = \frac{N_2}{N1} * V_{P1}$$

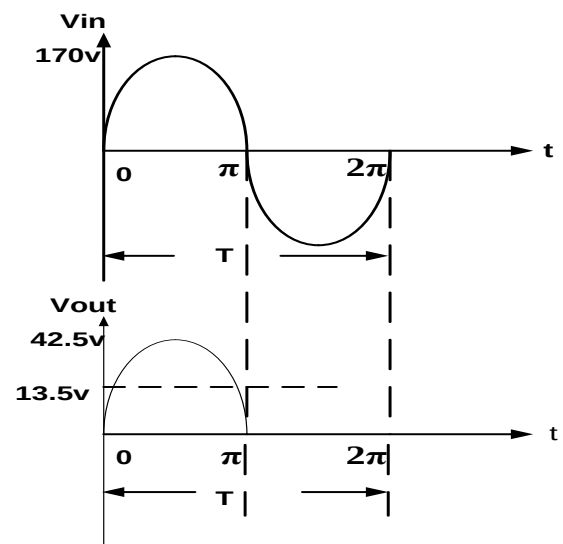
$$V_{P2} = \frac{1}{4} * 170v = 42.5v$$

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

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

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

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



الاختبار البعدي

- 1- ما لغرض من وجود المحول في إدخال معظم الأجهزة الالكترونية؟
- 2- ما المقصود بفولتية الذروة العكسية في موحد نصف الموجة؟
- 3- ما قيمة فولتية الذروة على خرج موحد نصف الموجة في حالة اخذ اعتبار التقريب الثاني للثنائي؟

الأسبوع السادس

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على موحدات الموجة الكاملة بنوعيه موحد التفرع الوسطي وكيفية حساب القيم المستمرة لموحد الموجة الكاملة بطريقة المأخذ الوسطي وكيفية حساب تردد إخراج موحد الموجة الكاملة وتعريف الطالب على أوجه المقارنة بين موحدات الموجة الكاملة وموحدات نصف الموجة

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بموحدات الموجة الكاملة بنوعيتها ذات التفرع الوسطي والموحد القنطري وذات دراية بكيفية حساب القيم الفعالة للفولتيات والتيارات المستمرة على خرج الموحدات وكذلك حساب قيمة فولتية الذروة العكسية على الثنائيات وحساب تردد إخراج موحدات الموجة الكاملة وسيكون ملماً بالفروقات بين الموحدات.

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن مقوما ----- عبارة عن دائرة تحوي على ثنائيين دائماً وفيها ملف ثانوي ذو----- وان الثنائيين يوصلان في أنصاف ذبذبات متعاقبة وينتجان فولتية حمل ذات ----- .
- 2- إن تردد إخراج مقوم الموجة الكاملة يساوي ----- تردد الإدخال

موحدات الموجة الكاملة FULL-WAVE RECTIFIER

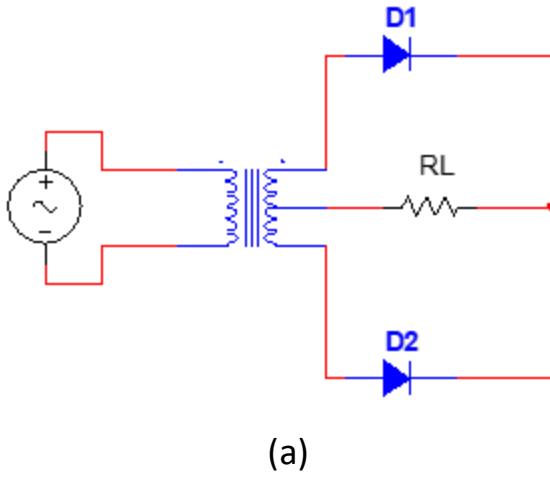
هناك نوعان من موحدات الموجة الكاملة وهما

1- موحد الموجة الكاملة بمأخذ وسطي

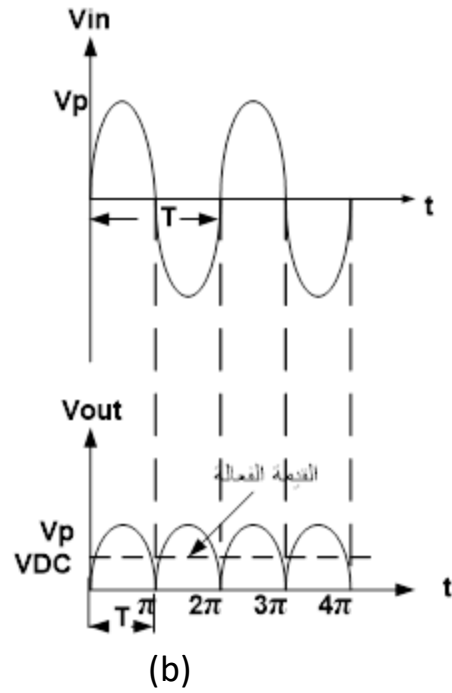
2- موحد الموجة الكاملة القنطري

موحد المأخذ الوسطي (Center-tap rectifier)

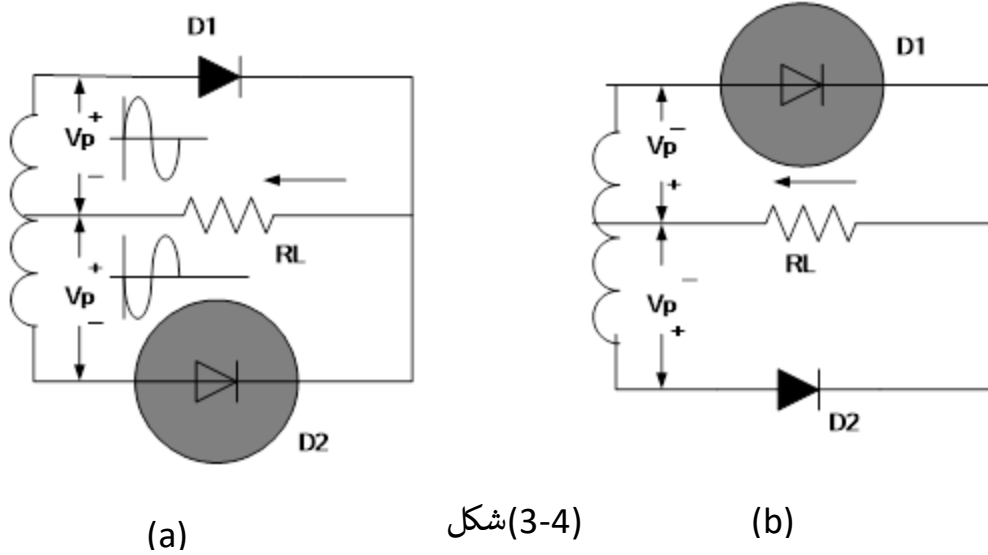
الشكل (3-3) يبين مقوما بمأخذ وسطي



شكل (3-3)



خلال نصف الذبذبة الموجب لفولتية الملف الثانوي يكون الثنائي العلوي (D1) منحاز أماميا . ويكون الثنائي السفلي (D2) منحاز عكسيا . لذلك يمر تيار في الثنائي العلوي ومقاومة الحمل والنصف العلوي من الملف . لاحظ الشكل (3-4a)



شكل (3-4)

وفي خلال نصف الذبذبة السالب لفولتية الملف الثانوي يكون الثنائي العلوي (D1) منحاز عكسيا . ويكون الثنائي السفلي (D2) منحاز أماميا ولذلك سيمر تيار خلال الثنائي السفلي ومقاومة الحمل والنصف السفلي من الملف ، ويكون تيار الحمل بنفس الاتجاه وهذا السبب في أن فولتية الحمل هي الإشارة الموجبة الكاملة (full-wave) لاحظ الشكل (3-3b)

قيمة المعدل وتردد الإخراج لموحد بمأخذ وسطي :

إن قيمة الفولتية المعدلة أو المستمرة لإشارة الموجة الكاملة (full-wave) هي :

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi}$$

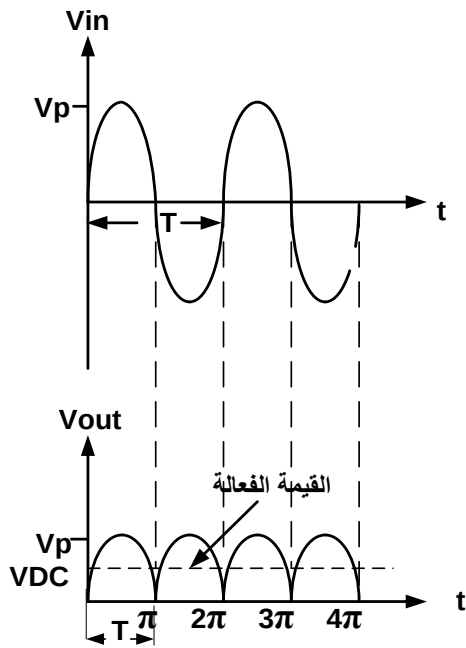
تكون فترة إشارة الإخراج لموحد إشارة الموجة الكاملة نصف فترة إشارة الإدخال لاحظ الشكل (3-3b) ، وبعبارة أخرى فإن كل ذبذبة إدخال تنتج ذبذبتين في الإخراج وهذا هو سبب كون تردد الإخراج في موحد الموجة الكاملة يساوي ضعف تردد الإدخال .

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

فولتية الذروة العكسية لموحد بمآخذ وسطي (PIV)

إن الفولتية العكسية على الثنائي الغير موصل تساوي $(2V_P)$ أي $PIV = 2V_P$

اشتقاق قيمة الفولتية المستمرة (V_{DC}) لموحد الموجة الكاملة :



$$V_{DC} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_{od} \theta$$

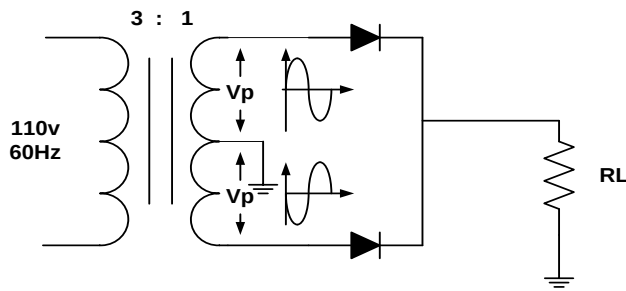
$$V_{DC} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_P \sin \theta d\theta$$

$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi} [-\cos \theta]_0^{\pi}$$

$$V_{DC} = \frac{V_P}{\pi} [-(-1 - 1)]$$

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi}$$

مثال :



في دائرة الموحد الموضحة في الشكل المجاور إذا كانت مقاومة الحمل هي (68Ω) احسب القدرة المستمرة المبددة على الحمل، PIV، تردد الخرج f_{out} ارسم شكل الموجة على نصفي الملف الثانوي و الحمل ؟

$$V_{P1} = \sqrt{2} * 110v = 155.5v$$

$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = V_{P1} * \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_{P2} = 155.5 * \frac{1}{3} = 51.833v$$

$$V_P = \frac{V_{P2}}{2} = \frac{51.833}{2} \approx 26v$$

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi} = \frac{2 * 26}{3.14} = 16.56v$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{16.56}{68}$$

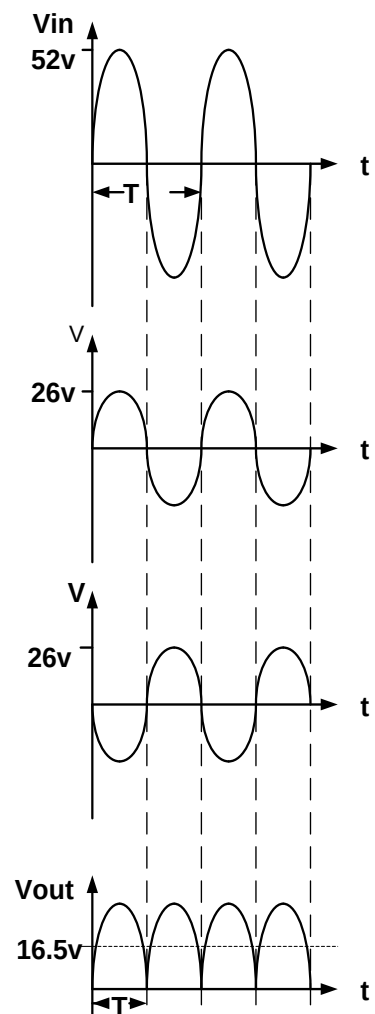
$$= 0.2435A$$

$$P_{DC} = V_{DC} * I_{DC}$$

$$P_{DC} = 16.56 * 0.2435 = 4W$$

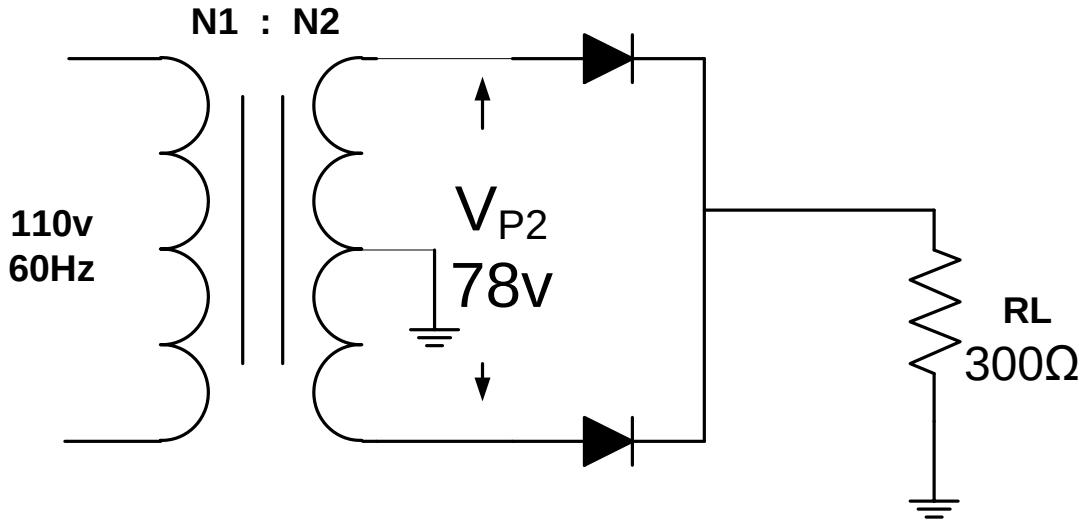
$$PIV = 2V_P = 2 * 26 = 52v$$

$$f_{out} = 2 f_{in} = 2 * 60 = 120Hz$$



مثال

في دائرة موحد الموجة الكاملة بطريقة المأخذ الوسط المبينة بالشكل أدناه إذا كانت ذروة الفولتية على الملف الثانوي ($V_P=78\text{v}$) ؟



احسب

- 1- قيمة الفولتية المستمرة على مقاومة الحمل (V_{dc})
- 2- التيار المستمر المار خلال مقاومة الحمل ($I_{d.c}$)
- 3- القدرة المستمرة المبددة على مقاومة الحمل ($P_{d.c}$)
- 4- اوجد تردد الخرج f_{out}
- 5- الفولتية العكسية على الثنائي في حالة الانحياز العكسي PIV
- 6- ارسم شكل الموجات على انصاف الملف الثانوي وعلى مقاومة الحمل

$$V_P = \frac{V_{P2}}{2} = \frac{78}{2} = 39v$$

$$V_{d.c} = \frac{2V_P}{\pi}$$

$$V_{d.c} = \frac{2 \times 39}{3.14} = 24.84v$$

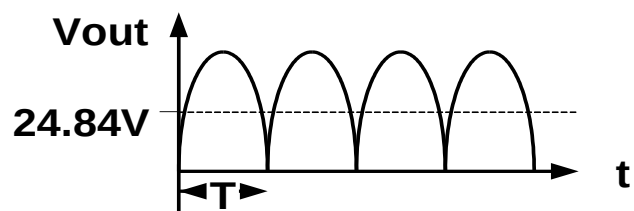
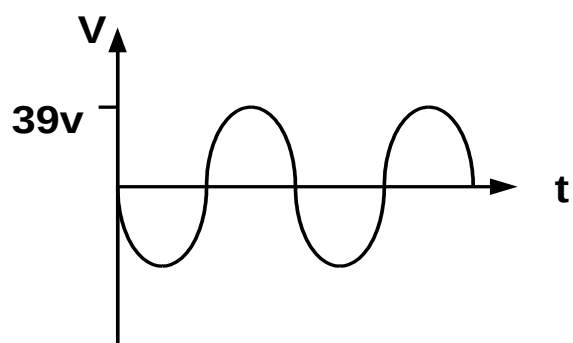
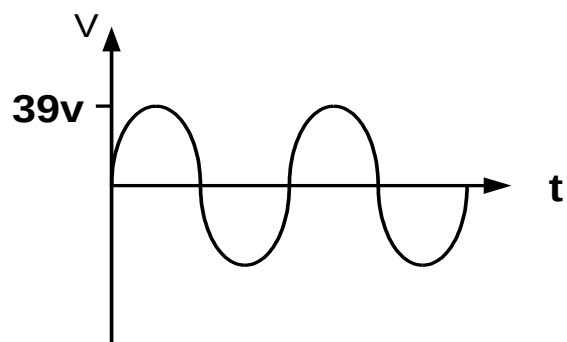
$$I_{d.c} = \frac{V_{d.c}}{R_L} = \frac{24.84}{300} = 0.0828A$$

$$P_{d.c} = V_{d.c} \times I_{d.c} = 0.0828 \times 24.84 = 2.056W$$

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

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

$$PIV = 2V_P = 2 \times 39 = 78v$$



الاختبار البعدي

اجب بصح او خطأ عن الجمل التالية

- 1- يكون استخدام موحد الموجة الكاملة اكثر من استخدام موحد نصف الموجة
- 2- يجب ان يكون هنالك محول في موحد الموجة ذات المأخذ الوسطي وكذلك في موحدات نصف الموجة
- 3- تردد الاخراج في موحدات المأخذ الوسطي مساوي لتردد موجات الادخال
- 4- تكون الموجات على انصاف الملف الثانوي لمحول المأخذ الوسطي متساوية بالمقدار والاتجاه

الأسبوع السابع

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على موحدات الموجة الكاملة بطريقة الموحد القنطري وكيفية حساب القيم المستمرة لموحد الموجة الكاملة بطريقة القنطرة وكيفية حساب تردد إخراج موحد الموجة الكاملة وتعريف الطالب على أوجه المقارنة بين موحدات الموجة الكاملة بطريقة التفرع الوسطي وموحدات الموجة بطريقة الموحد القنطري

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بموحدات الموجة الكاملة بنوعيتها ذات التفرع الوسطي والموحد القنطري وذات دراية بكيفية حساب القيم الفعالة للفولتيات والتيارات المستمرة على خرج الموحدات وكذلك حساب قيمة فولتية الذروة العكسية على الثنائيات وحساب تردد إخراج موحدات الموجة الكاملة وسيكون ملماً بالفروقات بين الموحدات.

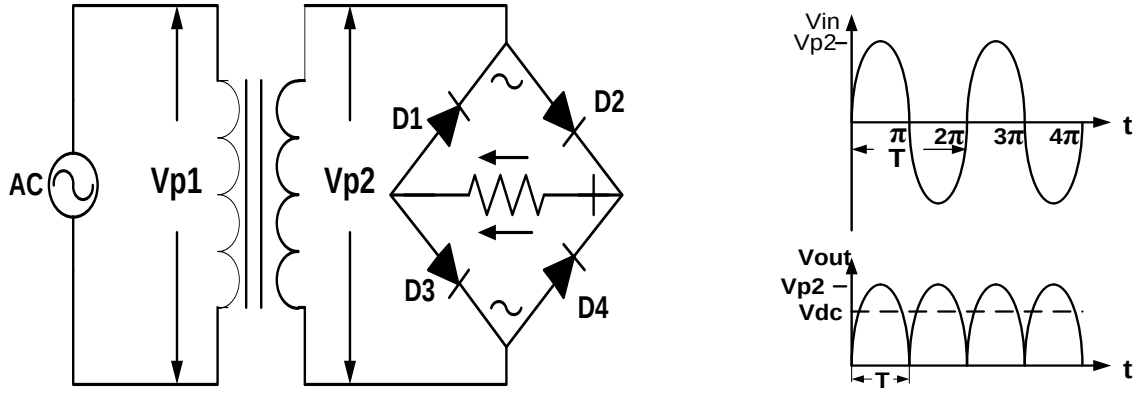
الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن المقوم ----- هو أكثر المقومات استعمالاً . إن هذه الدائرة ذات الثنائيات الأربعة تنتج فولتية حمل ذات ----- .
- 2- يكون تردد الخرج لدائرة القنطرة ----- تردد موجة الادخال

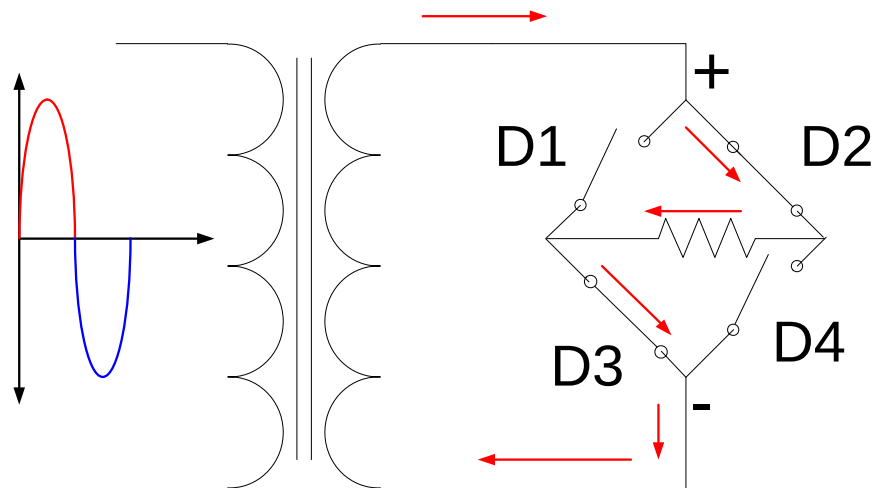
المقوم القنطري (Bridge rectifier)

يبين الشكل (3-5a) مقوم (موحد) قنطري وهو أكثر المقومات استعمالاً

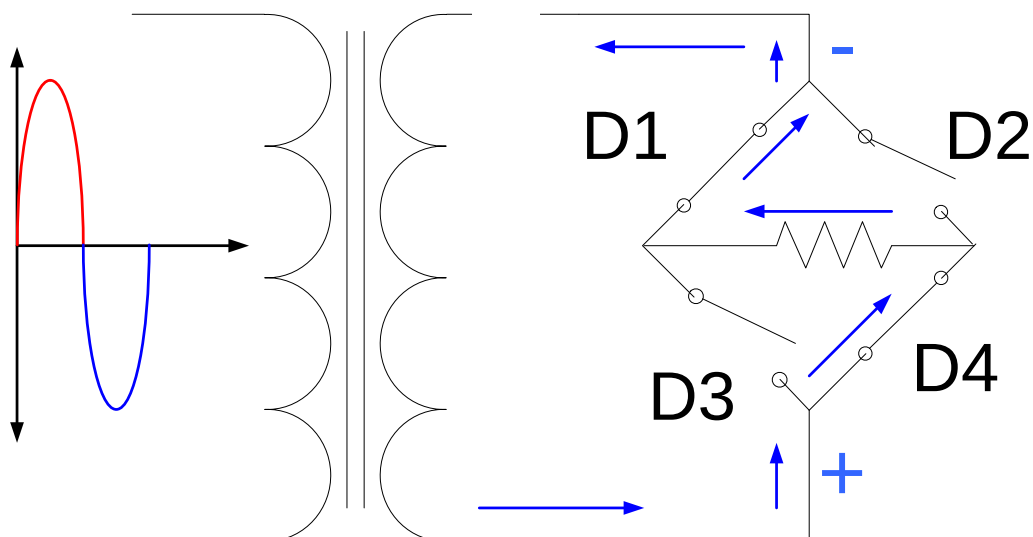


شكل (3-5)

في خلال نصف الذبذبة الموجب من الفولتية الثانوية يكون الثنائيان (D2&D3) منحازين أمامياً بينما الثنائيان (D1&D4) منحازين عكسياً ولذلك يمر التيار خلال D2,D3 ومقاوم الحمل .



أما خلال نصف الذبذبة السالب فان الثنائيان (D1&D4) منحازين أماميا بينما الثنائيان (D2&D3) منحازين عكسيا فيمر التيار عبر D1,D4 ومقاوم الحمل وبنفس اتجاه التيار السابق وهذا السبب بان فولتية الحمل هي إشارة الموجة الكاملة المبينة بالشكل (3-5b)



إن القيمة المعدل أو القيمة المستمرة للفولتية (V_{DC}) للقنطرة هي :

$$V_{DC} = \frac{2V_{P2}}{\pi}$$

يكون تردد الإخراج ضعف تردد الإدخال

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

أما قيمة فولتية الذروة العكسية فهي

$$PIV = V_{P2}$$

مثال :

في دائرة الموحد القنطري والمبينة بالشكل أدناه اوجد مقدار فولتية الحمل المستمرة (V_{dc}).
احسب تيار الحمل المستمر، جد القدرة المبددة على الحمل، ما مقدار تردد الإخراج وفولتية الذروة العكسية، ارسم شكل موجة الإدخال والإخراج ؟

$$V_{P1} = \sqrt{2} * V_{RMS}$$

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

$$\frac{V_{P1}}{V_{P2}} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_{P2} = \frac{N_2}{N_1} V_{P1}$$

$$V_{P2} = \frac{2}{5} * 170v = 68v$$

$$V_{DC} = \frac{2V_{P2}}{\pi} = \frac{2 * 68}{3.14} = 43.3v$$

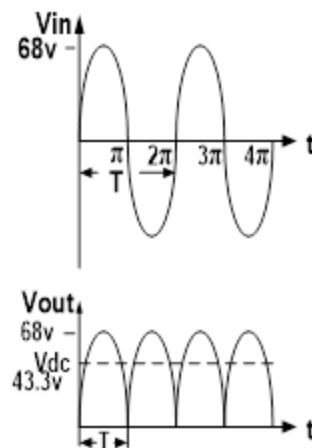
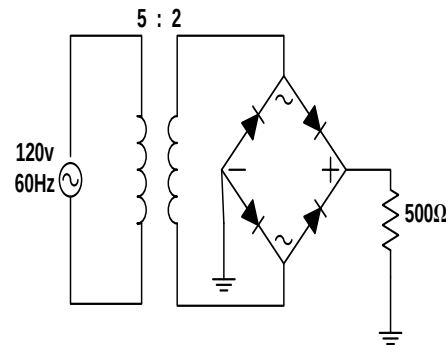
$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R_L} = \frac{43.3}{500} = 0.0866A$$

$$P_{DC} = I_{DC} * V_{DC}$$

$$P_{DC} = 0.0866 * 43.3 = 3.75W$$

$$f_{out} = 2 f_{in} = 2 * 60Hz = 120Hz$$

$$PIV = V_{P2} = 68v$$



مما سبق ذكره فان المقوم القنطري يعتبر أكثر المقومات استعمالاً أما عيبه الرئيسي— فهو امتلاكه لأربعة ثنائيات يقوم اثنان منها بالتوصيل في نصف ذبذبة ويقوم الآخران بالتوصيل في النصف الآخر من الذبذبة . إن هبوط الفولتية لكل ثنائي سليكوني تقريبا (0.7v) وبما أن التيار يمر عبر ثنائيين لذلك يكون هبوط الفولتية (1.4v) . فإذا كانت فولتية الدخل منخفضة فيستخدم في هذه الحالة مقوم بمأخذ وسطي لوجود هبوط فولتية لثنائي سليكوني واحد (0.7v) وفي بعض التطبيقات ذات الفولتية المنخفضة نستخدم ثنائيات الجيرمانيوم . هبوط الفولتية (0.3v) للثنائي.

جدول مقارنة بين الموحدات			
قنطري	مأخذ وسطي	نصف موجة	
4	2	1	عدد الثنائيات
لا	نعم	لا	ضرورة المحول
$\frac{2V_P}{\pi}$	$\frac{2V_P}{\pi}$	$\frac{V_P}{\pi}$	فولتية الإخراج المستمرة (VDC)
Vp	2Vp	Vp	فولتية الذروة العكسية PIV
$2f_{in}$	$2f_{in}$	f_{in}	تردد الإخراج f_{out}

ملاحظة :

نقطة أخيره تجدر الإشارة إليها ولتحسين دقة الإجابة أو إذا لم يكن في صيغة السؤال أن الثنائيات المستخدمة مثالية يجب طرح هبوط الفولتية على الثنائي الناتج عن الجهد الحاجز والي يعرف عادةً بالرمز (Φ) . حيث أن (Φ) تساوي (0.3v) لثنائيات الجيرمانيوم و (0.7v) لثنائيات السليكون .

الاختبار البعدي

1- يكون استخدام موحد الموجة الكاملة أكثر انتشارا في مصادر القدرة ذي التيار المستمر من موحد نصف الموجة؟

$$V_{DC} = \frac{2V_P}{\pi}$$

2- في موحد الموجة الكاملة اشتق العلاقة

الأسبوع الثامن

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على مرشح الادخال الخانق LC

أهداف الوحدة

بعد دراسة الوحدة سيكون الطالب قادراً فهم مكونات مرشح الادخال الخانق وكيف تتم عملية الترشيح والتعرف على ثابت الزمن وحساب قيمة الفولتية المستمرة على خرج دائرة مرشح الادخال الخانق وحساب قيمة فولتية التموج للمرشح وما هو عامل التموج وكيف يتم حسابه وحل أمثلة تطبيقية على مرشح الادخال الخانق.

الاختبار القبلي

- 1- ان استخدام الفولتية المستمرة النبضية مقتصر على تطبيقات قليلة مثل -----
----- و -----
- 2- لغرض الحصول على فولتية مستمرة من موحداث نصف الموجة أو الموجة الكاملة غير نبضية وتشبه فولتية البطارية يجب أن ----- المتغيرات المتناوبة.
- 3- يتكون مقطع مرشح الادخال الخائق من ----- و-----.

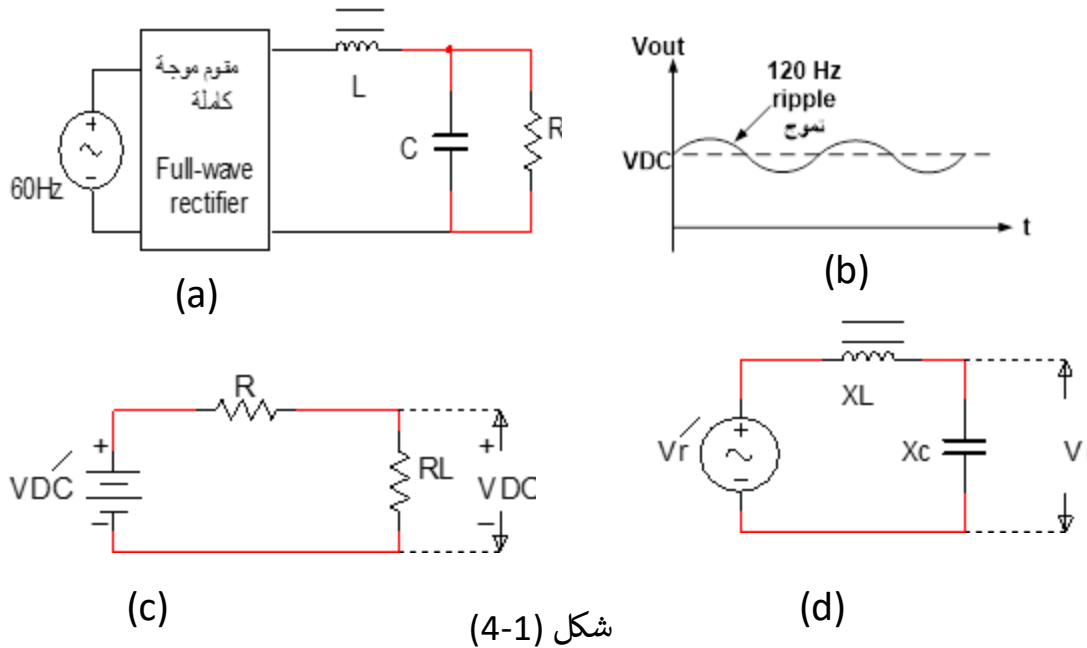
المرشحات

إن استخدام الفولتية المستمرة النبضية مقتصر على شحن البطاريات وتحريك المحركات المستمرة وعلى تطبيقات قليلة أخرى . إما ما نحتاجه فعلاً فهي فولتية مستمرة ثابتة القيمة تشبه فولتية البطارية ، ولتحويل إشارات نصف موجة أو إشارات موجة كاملة إلى فولتيات مستمرة يجب أن نرشح filter أو ننعّم smooth المتغيرات المتناوبة .

مرشح الإدخال الخانق Choke-input filter

الشكل (4-1a) يبين موحد (مقوم) موجة كاملة يغذي ملفاً خانقاً choke (ملف محاثّة ذو قلب حديدي) ومتسعة ومقاومة حمل . الموجة الخارجة من الموحد لها مركبتان إحداها مركبة مستمرة (نريدها) ومركبة متناوبة (غير مرغوب فيها) . يسمح الملف الخانق للمركبة المستمرة بالمرور لأن X_L تساوي صفر بالنسبة للتيار المستمر وبما إن المتسعة تمثل دائرة مفتوحة عند تردد مقداره صفر ولذلك فإن كل التيار المستمر الخارج من الخانق يمر خلال المقاومة R_L . أما المركبة المتناوبة الخارجة من المقوم فلها تردد مقداره 120Hz ويقوم الخانق بحجز هذه المركبة المتناوبة لأن X_L تكون كبيرة عند هذا التردد . كذلك تقوم المتسعة بتمرير أي مركبة

متناوبة استطاعت المرور خلال الخانق لأن X_C قليله بالنسبة للتيار المتناوب (دائرة قصر) بدلاً من المرور خلال R_L . وبذلك فإن الخانق والمتسعة يعملان عمل مقسم فولتية متناوبة الذي يوهن أو يقلص المركبة المتناوبة .



شكل (4-1)

الإخراج المستمر :

نلاحظ في الشكل (4-1b) إخراج المرشح والذي يبين مركبة مستمرة كبيرة وأخرى متناوبة صغيرة . تحسب المركبة المستمرة بالمعادلة:

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

حيث إن V_{DC} الفولتية المستمرة على مقاومة الحمل R_L - وتساوي R مقاومة الخانق المستمرة

V'_{DC} هي الفولتية المستمرة الخارجة من موحد الموجة الكاملة .

إن مقاومة الحمل ومقاومة الخانق يشكلان مقسم فولتية عند تردد مقداره صفر لاحظ الشكل

(4-1c) حيث تكون R اصغر بكثير من R_L لذلك فان معظم الفولتية المستمرة تصل إلى الحمل

تموج الإخراج :

إن تردد الإشارة المتناوبة الخارجة من مقوم الموجة الكاملة مقداره (ضعف) ويكون توهين هذه الإشارة شديد لاحظ الشكل (4-1b) إن هذه التذبذبات الموجودة فوق المركبة المستمرة والغير مرغوب فيها تدعى التموج ripple . إن التموج يكون صغير لان X_L اكبر بكثير من X_C كما إن X_C اصغر بكثير من R_L . ويمكن حساب قيمة فولتية التموج V_r بالمعادلة:

$$V_r = \frac{X_C}{|X_L - X_C|} V_r'$$

$$V_r' = 0.308 \times V_P$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

حيث أن

V_r' - فولتية التموج قبل دائرة المرشح

X_C - ممانعة المتسعة X_L - ممانعة الملف الخائق

V_r - فولتية التموج عند خرج المرشح وتكون ذروة إلى ذروة

ملاحظة هامة: تؤخذ قيمة التردد من خرج الموحد (في حالة موحد نصف موجه يكون نفس تردد المصدر أما في حالة موحد موجه كاملة يكون تردد خرج الموحد ضعف تردد المصدر المتناوب)

حالة خاصة

يمكننا استخدام المعادلة التالية في حالة موحد موجة كاملة وتردد المصدر (60Hz)

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

يفضل استخدام مقومات موجة كاملة لان تردده مضاعف وهذا يعني قيم (C و L) اصغر

عامل التموج :

إن عامل التموج ripple factor هو رقم يستخدم للمقارنة بين أجهزة القدرة ويعرف كنسبة

$$r = \frac{V_r}{V_{DC}} \times 100\% \quad \text{مئوية وكما يلي :}$$

لغرض المقارنة بين أجهزة قدرة كلما كانت قيمة r اصغر كان ذلك الجهاز أفضل .

المحاثه الحرجة :

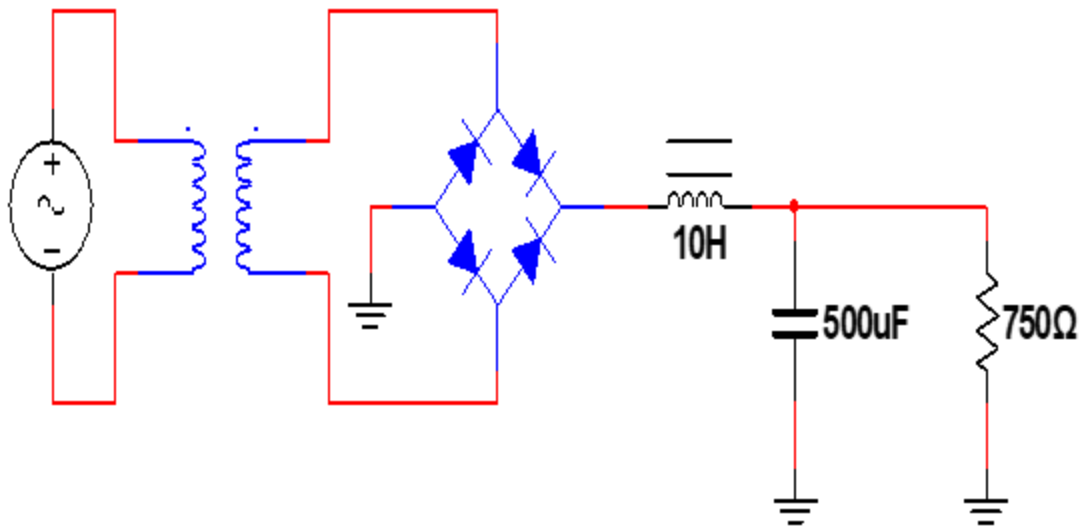
تعرف المحاثه الحرجة critical inductance بالمحاثه الصغرى التي تعطي ترشيحا جيداً .
تحسب قيمة المحاثه الحرجة لمقوم موجة كاملة عند تردد دخل مقداره (60Hz) بالمعادلة :

$$L_{critical} \cong \frac{R_L}{1000}$$

وكما كبرت المحاثه عن تلك القيمة كان الترشيح طبيعي .

مثال :

للدائرة التالية إذا كانت إشارة الموجة الكاملة عند مدخل الخانق فولتية ذروة مقدارها 25.7V . فلو كان للخانق مقاومة مستمرة مقدارها 25Ω . فما مقدار فولتية الإخراج المستمرة ؟ وما مقدار تموج الإخراج ؟ وما مقدار عامل التموج ؟



$$V'_{DC} = \frac{2V_P}{\pi} = \frac{2 * 25.7}{3.14} = 16.4v$$

$$V_{DC} = V'_{DC} * \frac{R_L}{R + R_L} = 16.4 * \frac{750}{25 + 750} = 15.9v$$

$$V'_r = 0.308 * V_P = 0.308 * 25.7 = 7.9156v$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 * 3.14 * 120 * 500 * 10^{-6}}$$

$$X_C = \frac{1000000}{376800} = 2.654\Omega$$

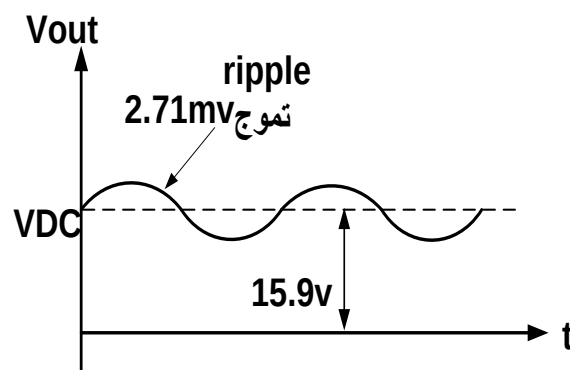
$$X_L = 2\pi f L = 2 * 3.14 * 120 * 10 = 7536\Omega$$

$$V_r = \frac{X_C}{|X_L - X_C|} * V'_r$$

$$V_r = \frac{2.654}{7536 - 2.654} * 7.9156 = 0.00278v = 2.7mv$$

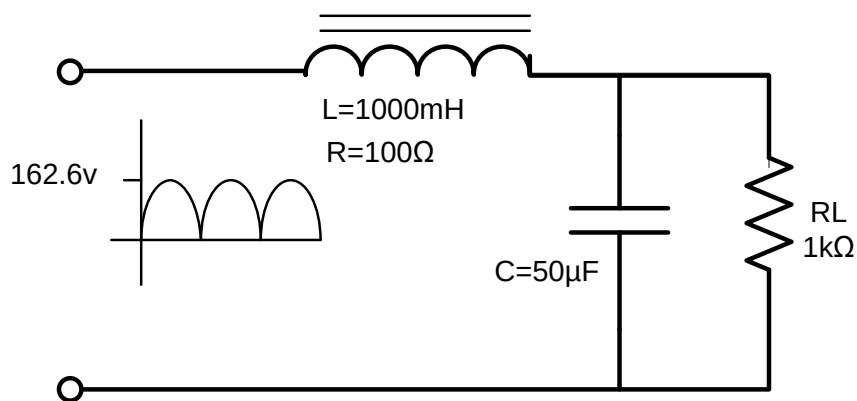
$$r\% = \frac{V_r}{V_{d.c}} * 100\% = \frac{0.00278}{15.9} * 100\%$$

$$r\% = 0.017$$



مثال:

إذا كانت ذروة فولتية إخراج موحد الموجة الكاملة ($V_p=126.6\text{v}$) وبتردد مقداره (120Hz) المربوط الى دائرة مرشح خانق وكما موضح في الشكل أدناه . احسب عامل التمرير %r



$$V'_{d.c} = \frac{2V_P}{\pi} = \frac{2 \times 162.6}{3.14} = 103.56v$$

$$V_{d.c} = \frac{R_L}{R + R_L} \times V'_{d.c} = \frac{1 \times 10^3}{100 + 1 \times 10^3} \times 103.56 = 94.145v$$

$$V_r' = 0.308 \times V_P = 0.308 \times 162.6 = 50.08v$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 120 \times 50 \times 10^{-6}} = \frac{1000000}{37680} = 26.539\Omega$$

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3.14 \times 120 \times 1000 \times 10^{-3} = 753.6\Omega$$

$$V_r = \frac{X_C}{|X_L - X_C|} V_r' = \frac{26.539}{|753.6 - 26.539|} \times 50.08 = 1.825v$$

$$r\% = \frac{V_r}{V_{d.c}} \times 100\% = \frac{1.825}{94.145} \times 100\% = 1.93\%$$

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن مرشح الادخال الخانق يسمح لمركبة التيار المستمر بالمرور خلاله لان XL تساوي ----- عند تردد مقداره صفر.
- 2- في مرشح الادخال الخانق يقوم الملف الخانق بحجب المركبة لان XL تكون ----- وان المقدار القليل من المركبة المتناوبة الذي يصل إلى مقاومة الحمل يدعى -----
- 3- في مرشح الادخال الخانق. تعرف المحاثة الحرجة هي ----- تعطي ترشيحاً جيداً

الأسبوع التاسع

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على مرشح الادخال السعوي

أهداف الوحدة

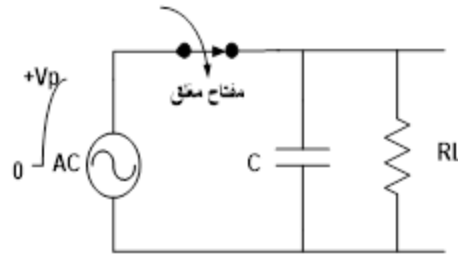
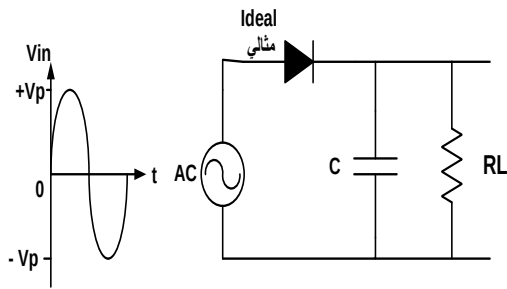
بعد دراسة الوحدة سيكون الطالب قادراً فهم مكونات المرشح السعوي وكيف تتم عملية الترشيح والتعرف على ثابت الزمن وحساب قيمة الفولتية المستمرة على خرج دائرة المرشح السعوي وحساب قيمة فولتية التموج للمرشح وما هو عامل التموج وكيف يتم حسابه وحل أمثلة تطبيقية على المرشح السعوي.

الاختبار القبلي

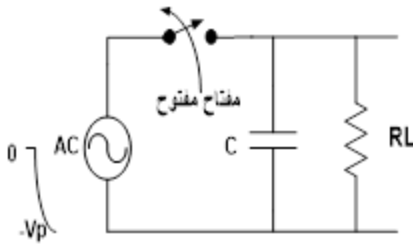
- 1- ان استخدام الفولتية المستمرة النبضية مقتصر على تطبيقات قليلة مثل -----
----- و -----
- 2- لغرض الحصول على فولتية مستمرة من موحدات نصف الموجة أو الموجة الكاملة غير نبضية وتشبه فولتية البطارية يجب أن ----- المتغيرات المتناوبة.
- 3- يتكون جهد خرج المرشح من مركبتين وهما مركبة ----- ومركبة الجهد -----

مرشح الإدخال السعوي Capacitor-input filter

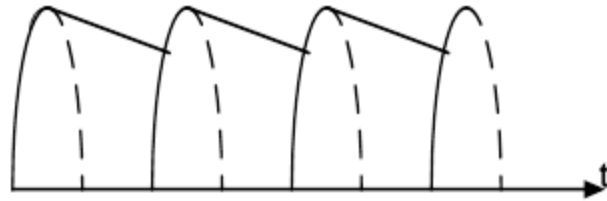
إن مرشح الإدخال السعوي يعتمد على كشف الذروة بدلاً من كشف القيمة المعدلة كما في مرشح الإدخال الخانق . الشكل (4-2a) يبين مرشح إدخال سعوي ، نلاحظ استخدام المتسعة عوضاً عن الملف الخانق وبالتالي يتغير عمل المرشح من كشف القيمة المعدلة إلى كشف الذروة . في خلال ربع الذبذبة الأول من فولتية الإدخال يكون الثنائي في وضع انحياز أمامي ، وفي حالة اعتباره مثالي يظهر كأنه مفتاح مغلق لاحظ الشكل (4-2 b) .



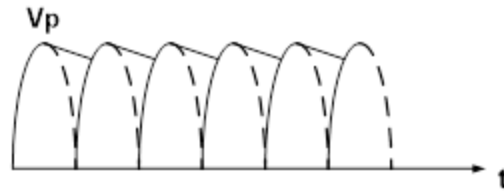
(b)



(c)



(d)



(e)

شكل (4-2)

لذا فإن المتسعة تنشحن إلى V_p . حال عبور الذروة يتوقف الثنائي عن التوصيل وكان المفتاح قد أنفتح لاحظ الشكل (4-2c) . والسبب في ذلك لأن المتسعة انشحنة إلى فولتية $+V_p$ وعندما يصبح مصدر الفولتية اقل من $+V_p$ تحاول المتسعة أن ترغم تيار على الرجوع خلال الثنائي مما يجعل الثنائي في وضع انحياز عكسي .

وبما أن الثنائي في حالة عدم توصيل لذلك تبدأ المتسعة بالتفريغ خلال مقاومة الحمل R_L . إن ثابت الزمن (RLC) أكبر بكثير من فترة ذبذبة إشارة الإدخال (T) ، ولهذا السبب فإن المتسعة ستفقد جزء صغير من شحنتها . وبالقرب من ذروة الإدخال الموجبة التالية يتحول الثنائي إلى وضع التوصيل لفترة وجيزة ويعيد شحن المتسعة . الشكل (4-2e) يبين شكل موجة الإخراج لمرشح الإدخال السعوي مع مقوم نصف موجة ولفولتية ذروة V_p . إن فولتية إشارة الخرج هذه ثابتة تقريبا واختلافها الوحيد عن الفولتية المستمرة

ألصريفه هي التموج الصغير الناتج عن شحن وتفريغ المتسعة ، وكلما كان التموج صغيرا كان ذلك أفضل .

إن المرشح السعوي يسمى أيضا كاشف الذروة أو مقوم الذروة

إن مقوم موجة كاملة (قنطري أو مأخذ وسطي) مربوط مع متسعة ينتج تقويم ذروة أفضل لأن المتسعة تنشحن مرتين لاحظ الشكل (4-2e) لذا يكون التموج اصغر .

ثابت زمن طويل :

للحصول على ترشيح جيد يجب ان يكون ثابت الزمن (T) طويل

$$T = \frac{1}{f}$$

حيث ان

وللحصول على ثابت زمن طويل يجب أن يكون حاصل ضرب R_L في C أكبر بكثير من (T) ولكن السؤال كم أكبر ؟ على الأقل عشر مرات أكبر وهذا يعني

$$R_L \times C \geq 10 \times T$$

ولحساب قيم الفولتية المستمرة وفولتية التموج وعامل التموج نستخدم القوانين التالية

$$V_{d.c} = (1 - \frac{1}{2f\tau}) * V_P$$

$$V_r = \frac{1}{2f\tau} * V_P$$

$$r = \frac{V_r}{V_{d.c}}$$

حيث أن

$$\tau = R_L * C$$

V_r هي الفولتية الفعالة للتموج

r عامل التمرج

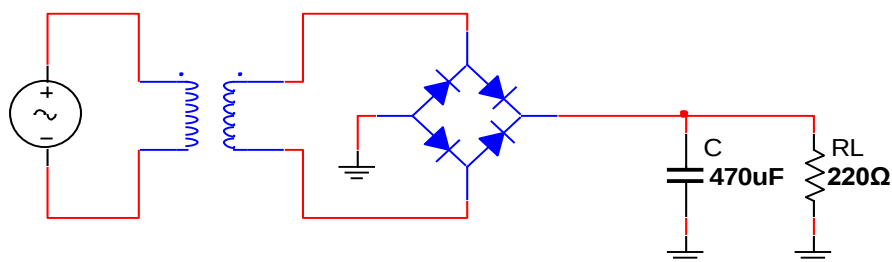
$$r = \frac{V_r}{V_{DC}}$$

حساب قيمة عامل التمرج بالمعادلة

ملاحظة هامة: يجب ملاحظة موحد الموجه المربوط الى المرشح ففي حالة موحد نصف موجه يأخذ نفس قيمة تردد المصدر في حل المسائل أما في حالة موحد موجه كاملة فيأخذ ضعف قيمة تردد المصدر في حل المسائل

مثال :

في الدائرة الموضحة أدناه إذا كانت ذروة الفولتية الثانوية تساوي (30v) . احسب فولتية الإخراج المستمرة وما مقدار التموج وما مقدار عامل التموج ؟ علماً أن الشوائب مثالية وان تردد المصدر المتناوب الموصول بالمحول هو (60Hz)



$$\tau = R_L * C$$

$$\tau = 220 * 470 * 10^{-6} = 0.103s$$

$$V_{d.c} = (1 - \frac{1}{2f\tau}) * V_P$$

$$V_{d.c} = (1 - \frac{1}{2 * 120 * 0.103}) * 30 = 28.786v$$

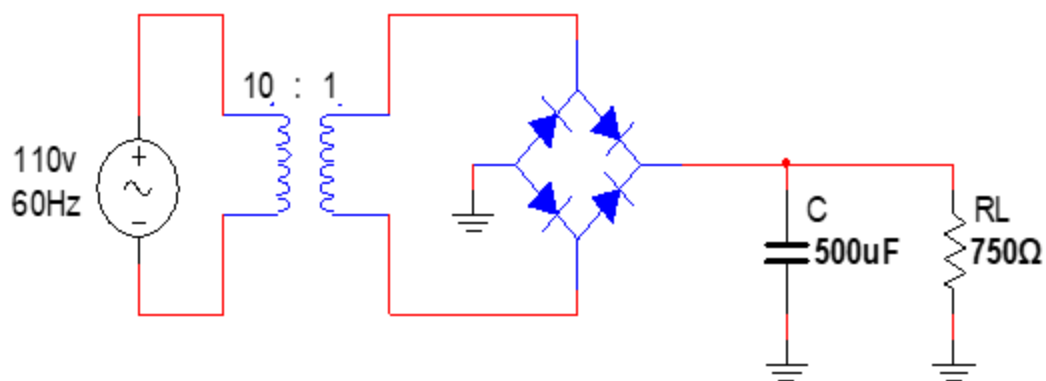
$$V_r = \frac{1}{f\tau} * V_P$$

$$V_r = \frac{1}{120 * 0.103} * 30 = 2.427v$$

$$r = \frac{V_r}{V_{d.c}} = \frac{2.427}{28.786} = 0.0843$$

مثال :

في الدائرة الموضحة بالشكل أدناه اوجد عامل التمرير ؟



$$\tau = R_L * C$$

$$\tau = 750 * 500 * 10^{-6} = \frac{750 * 500}{1000000} = 0.375s = 375ms$$

$$V_P = \sqrt{2} * V_{rms}$$

$$V_{P1} = \sqrt{2} * 110 \cong 155v$$

$$V_{P2} = \frac{N_2}{N_1} * V_{P1}$$

$$V_{P2} = \frac{1}{10} * 155 = 15.5v$$

$$V_{d.c} = (1 - \frac{1}{2f\tau}) * V_P$$

$$V_{d.c} = (1 - \frac{1}{2 * 120 * 0.375}) * 15.5 = (0.988) * 15.5 = 15.327v$$

$$V_r = \frac{1}{f * \tau} * V_P$$

$$V_r = \frac{1}{120 * 0.375} * 15.5 = \frac{15.5}{45} = 0.344v$$

$$r = \frac{V_r}{V_{d.c}} = \frac{0.344}{15.327} = 0.022$$

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

1- إذا كان ثابت الزمن طويل , يكافئ تيار حمل خفيف , فان إخراج مرشح الادخال السعوي يساوي تقريبا ----- فولتية الادخال . ويكون تموج الإخراج ----- جداً.

2- إذا كان ثابت الزمن صغير , يكافئ تيار حمل ثقيل , فان إخراج مرشح الادخال السعوي اقل بكثير من ----- فولتية الادخال . ويكون التموج -----.

3- مرشح الادخال الخانق يعتمد على كشف قيمة ----- بينما يعتمد مرشح الادخال السعوي على كشف ----- .

الأسبوع العاشر

الفئة المستهدفة

- مبررات الوحدة و موضوعاتها
- لتعريف الطالب على نظرية أشباه الموصلات وما هو التركيب الذري وكذلك مستويات الطاقة في الذرة والتعرف على البلورة وكيفية التوصيل الكهربائي في البلورات وما هي أنواع التيارات الكهربائية في البلورات وكيف تتحرك الفجوات .

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على مضاعفات الفولتية بأنواعها والمقلّمات المنحازة والمقلّمات الغير المنحازة والملزم .

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بمضاعف الفولتية إلى الضعف ومضاعف الفولتية إلى ثلاثة أضعاف ومضاعف الفولتية إلى أربعة أضعاف والمقلّم الموجب الغير منحاز والمقلّم السالب الغير منحاز والمقلّم المنحاز الموجب و المقلّم المنحاز السالب والمقلّم المركب والملزم الموجب والملزم السالب

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

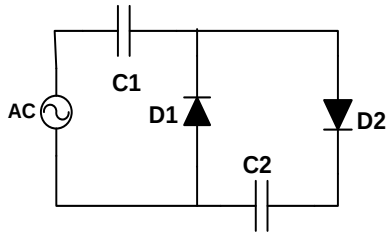
- 1- تتكون مضاعفات الفولتية من ----- أو أكثر وتقوم بإخراج فولتية مستمرة تساوي ----- فولتية الإدخال (4VP), (3VP), (2VP)
- 2- إن مجهزات القدرة التي تحوي على مضاعفات الفولتية تستخدم في تطبيقات تحتاج إلى فولتية ----- و تيار ----- مثل تجهيز أنبوب الأشعة المهبطية
- 3- المقلم الموجب هو تلك الدائرة التي تزيل الأجزاء ----- من الموجة بينما القلم السالب هي تلك الدائرة التي تزيل الأجزاء ----- من الموجة.
- 4- في بعض التطبيقات نحتاج إلى مستوى تقليم يختلف عن الصفر وذلك باستخدام -----
- 5- يقوم الملزم بإضافة ----- إلى إشارة الإدخال المتناوبة.

مضاعفات الفولتية Voltage multiplier

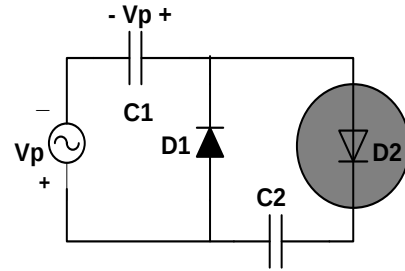
هو عبارة عن مقوي ذروة أو أكثر لغرض إنتاج فولتية مستمرة تساوي قيمتها أضعاف قيمة فولتية الإدخال { $(2V_p)$ أو $(3V_p)$ أو $(4V_p)$ وهكذا } إن هكذا معدات قدرة تستخدم لتجهيز فولتية عالية وتيار قليل مثل تجهيز أنبوب الأشعة المهبطية .

مضاعف الفولتية إلى الضعف Voltage doubler

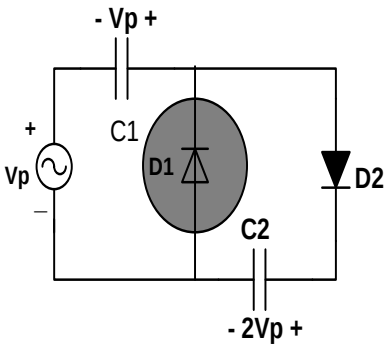
وهو ناتج عن ربط مقوي ذروة معاً لاحظ الشكل (4-3a) ، عند الذروة السالبة يكون $(D1)$ منحاز أمامياً أما $(D2)$ فيكون منحاز عكسياً ، وهذا يؤدي إلى شحن المتسعة $C1$ إلى فولتية الذروة V_p وبالقبطية المبينة بالشكل (4-3b)



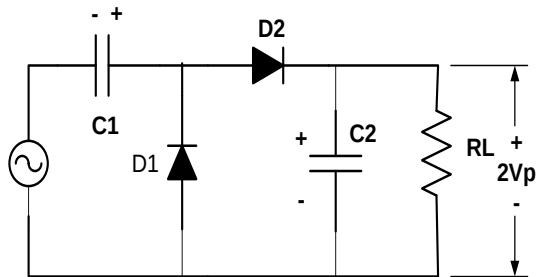
(a)



(b)



(c)



(d)

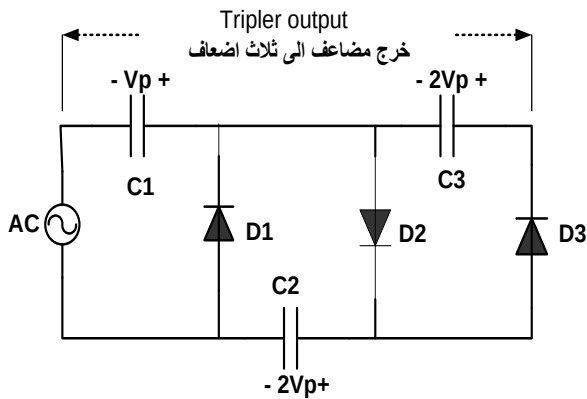
شكل (4-3)

عند الذروة الموجبة يكون (D1) منحاز عكسيا ويكون الثنائي (D2) منحاز أماميا لاحظ الشكل (4-3c) وبما أن المصدر والمتسعة (C1) مربوطان على التوالي ، ستشحن المتسعة (C2) إلى (2Vp) وبعد عدة ذبذبات تبلغ الفولتية على (C2) المقدار (2Vp) . ويمكن إعادة رسم دائرة مضاعف الفولتية إلى الضعف مع ربط مقاومة الحمل ، لاحظ الشكل (4-3d) مع مراعاة قيمة مقاومة الحمل كلما كانت كبيرة بقية فولتية الإخراج تساوي تقريباً (2Vp) ، وهكذا تكون فولتية الإخراج ضعف ذروة فولتية الإدخال مع بقاء تيار الحمل خفيفاً وثابت الزمن طويل .

مضاعف الفولتية إلى ثلاثة أضعاف Voltage Tripler

ويتكون من ربط ثلاث مقاطع من مقوم الذروة لاحظ الشكل (4-4) . إن مقومي الذروة الأوليين يعملان عمل مضاعف فولتية إلى الضعف الذي سبق شرحه ، عند الذروة السالبة من نصف الذبذبة يكون الثنائي (D3) منحاز أماميا وهذا يعمل على شحن المتسعة (C3) إلى (2Vp) وبالقبطية المبينة في الشكل (4-4) .

إخراج الدائرة يظهر عبر (C1) و (C3) ويربط الحمل عبر إخراج الدائرة .

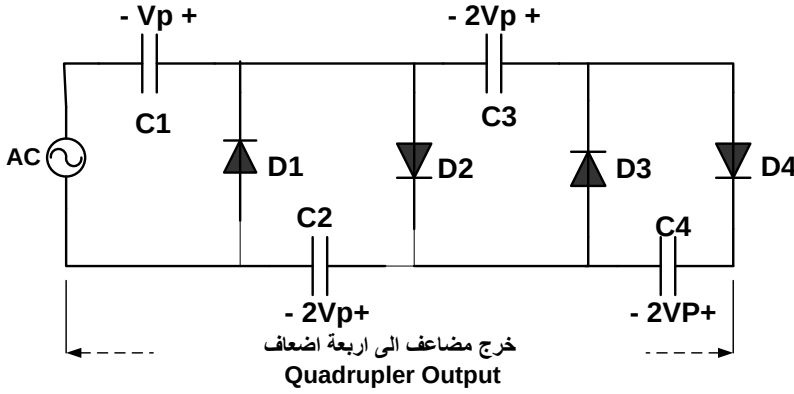


شكل (4-4)

وطالما كان ثابت الزمن طويلاً كان تقريباً (3Vp) الإخراج

مضاعف الفولتية إلى أربعة أضعاف Voltage quadrupler

هو أربعة مقومات ذروة متسلسلة لاحظ الشكل (4-5) الثلاثة الأولى منها تمثل مضاعف الفولتية إلى ثلاثة أضعاف والذي سبق شرحه ، وبعد إضافة المقوم الرابع إلى الدائرة تكون مضاعف الفولتية إلى أربعة أضعاف



شكل (4-5)

نلاحظ في الشكل (4-5)

بان المتسعة الأولى
أما بقية V_p تنشحن إلى
المتسعات تنشحن إلى
ويؤخذ الإخراج عبر $2V_p$
المتسعتين C_2 و C_4
المربوطتين على التوالي .
وهنا نحتاج إلى مقاومة

على فولتية إخراج تساوي تقريبا $(4V_p)$.

يمكننا إضافة مقاطع أخرى للحصول على مضاعفات فولتية أعلى ولكن تنظيم الفولتية يصبح رديئا .

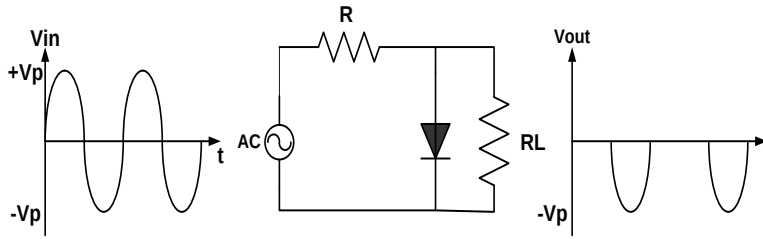
المقلم Clippers

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

المقلم الموجب Positive Clipper

هي تلك الدائرة التي تزيل الأجزاء الموجبة من الموجة والمبينة بالشكل (4-6) والذي نلاحظ فيه إن جميع الأجزاء الموجبة لإشارة الإدخال قد أزيلت في إشارة الإخراج . خلال نصف الذبذبة الموجب لفولتية الإدخال يكون الثنائي منحاز أماميا ويعمل كمفتاح مغلق كتقريب أولي ،

الفولتية على دائرة قصر..تساوي صفر. لذلك تكون فولتية الإخراج تساوي صفر لكل نصف ذبذبة موجب لإشارة إدخال الدائرة . كل الفولتية قد هبطت على المقاومة R



شكل (4-6)

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

$$V_{out} = \frac{R_L}{R + R_L} V_P$$

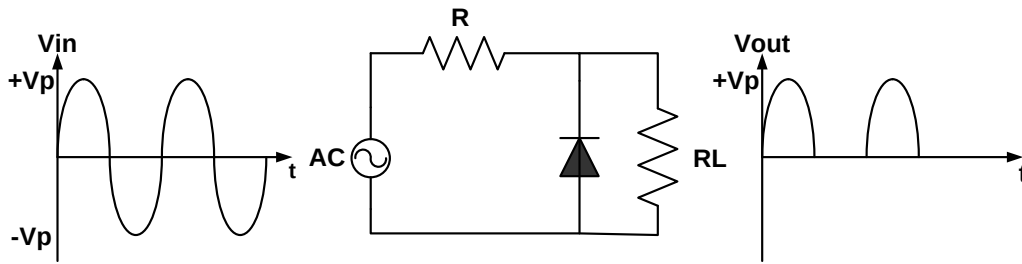
تكون R_L اكبر بكثير من R عادةً ، ولذلك

$$V_{out} \cong -V_P$$

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

لو عكسنا أقطاب الثنائي الموضح في الشكل (4-6) ماذا سنلاحظ ؟

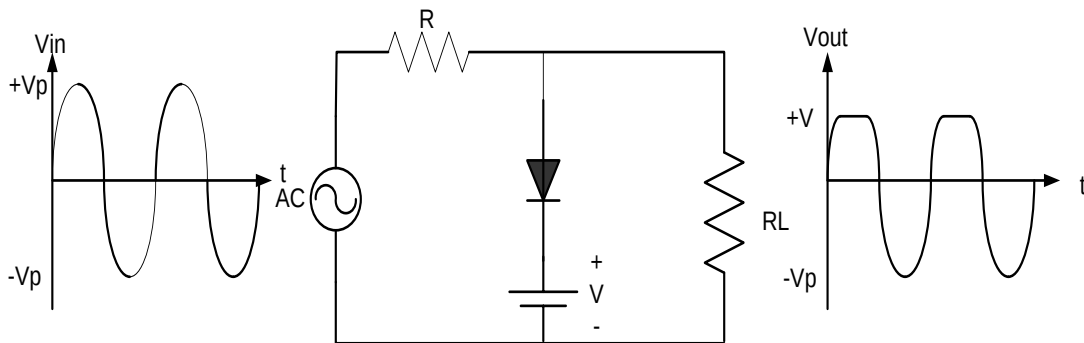
سنلاحظ بأن الثنائي سيوصل في الأنصاف السالبة لموجة الإدخال وبذلك سنحصل مقلم سالب حيث انه يقوم بإزالة جميع الإشارة تحت مستوى الصفر فولت لاحظ الشكل (4-7)



شكل (4-7) مقلم سالب

المقلم المنحاز Biased clipper

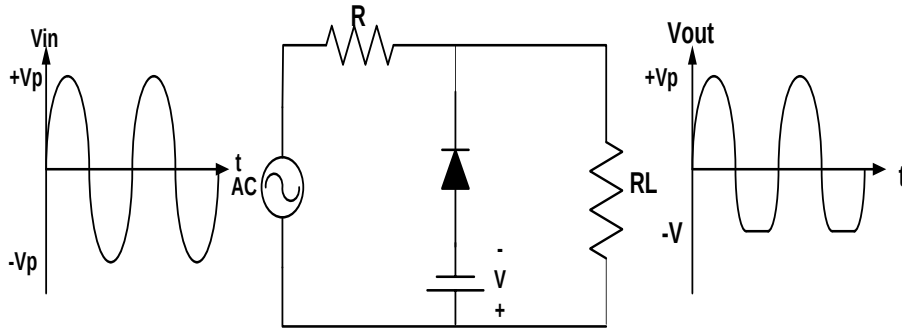
في بعض التطبيقات قد تحتاج مستوى تقليم مختلف عن الصفر . باستخدامنا المقلم المنحاز نستطيع تحريك مستوى التقليم إلى مستوى موجب أو سالب . يبين الشكل (4-8) مقلم منحاز موجب positive biased clipper ولكي يكون الثنائي في حالة توصيل يجب على فولتية الإدخال أن تكون اكبر من (+V) . وعندما تكون فولتية الإدخال (Vin) اكبر من (+V) يعمل الثنائي مثلياً عمل مفتاح مغلق وتساوي فولتية الإخراج (+V) ويبقى مستوى فولتية الإخراج (+V) طالما زادت فولتية الإدخال عن مستوى (+V) .



شكل (4-8)

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

ماذا يحصل لو عكسنا الثنائي وكذلك عكسنا البطارية لاحظ الشكل (4-9)

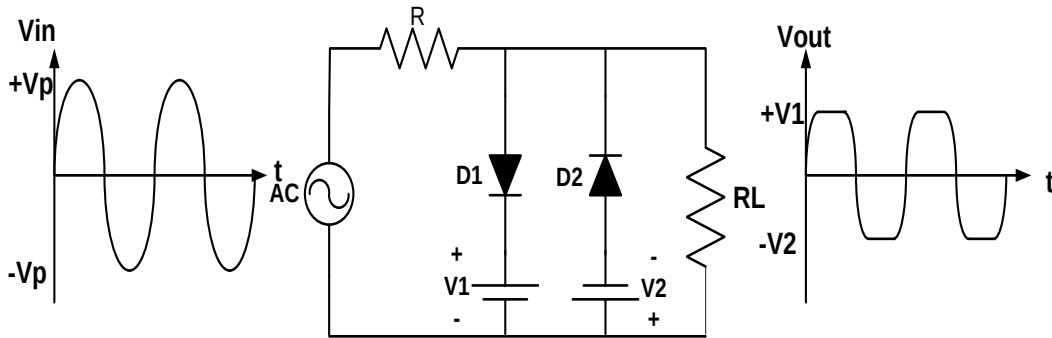


شكل (4-9)

في هذه الحالة نحصل على مقلم منحاز سالب Negative biased clipper والذي تعمل دائرته عكس عمل دائرة المقلم المنحاز الموجب حيث يكون تحديد فولتية القطع في الجزء السالب $(-V)$ وكما نلاحظ في رسم شكل موجة الإخراج من الشكل (4-9) .

المقلم المركب Compound Clipper

وهو عملية جمع مقلم منحاز موجب و مقلم منحاز سالب ، لاحظ الشكل (4-10)



شكل (4-10)

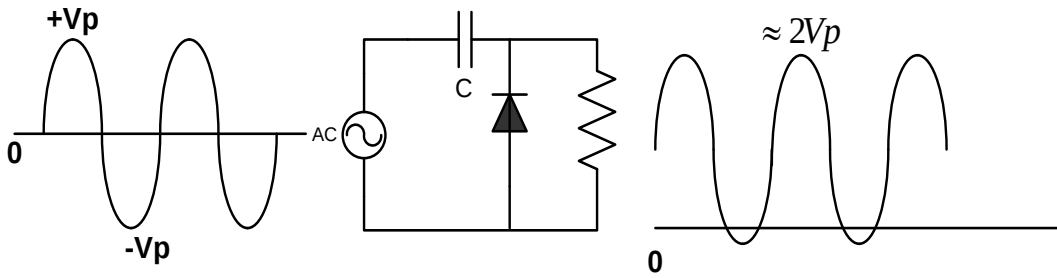
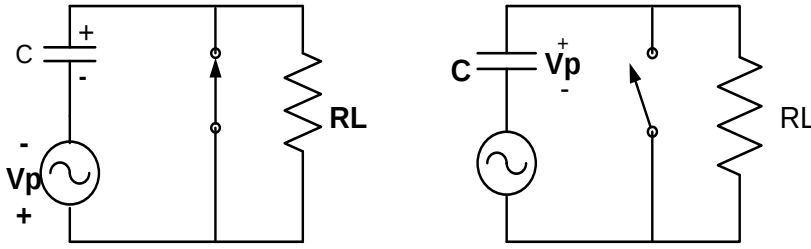
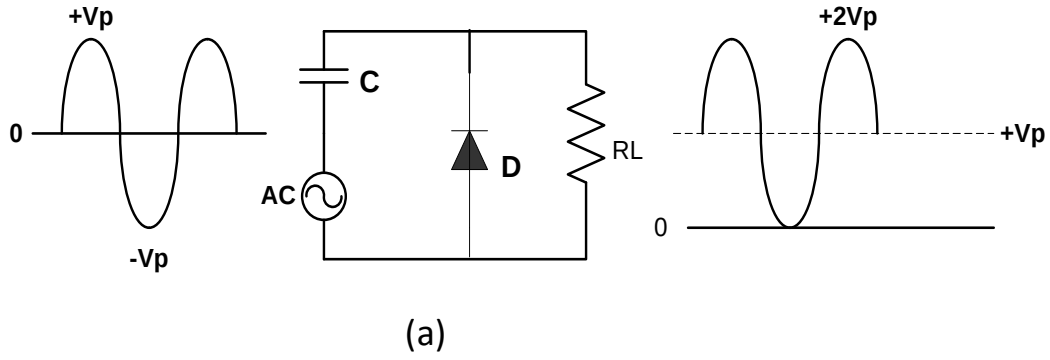
يتحول الثنائي D1 إلى حالة التوصيل عندما تكون فولتية الإدخال أكبر من $(+V_1)$ ولهذا فإن فولتية الإخراج تساوي $(+V_1)$ عندما تكون (V_{in}) أكبر من $(+V_1)$ ، ومن جهة أخرى وعندما تكون فولتية الإدخال V_{in} أكثر سالبية من $(-V_2)$ يتحول الثنائي (D2) إلى حالة التوصيل ولذلك فإن فولتية الإخراج تساوي $(-V_2)$ طالما كانت فولتية الإخراج أكثر سالبية من (V_2) ، وعندما تقع V_{in} بين $(-V_2)$ و $(+V_1)$ لا يوصل أي من الثنائيين وبما أن R_L أكبر بكثير من R ولذلك فإن معظم فولتية الإدخال تظهر عبر الإخراج . في حالة أن إشارة الإدخال كانت كبيرة أي أن V_p أكبر بكثير من مستوي القطع (الموجب و السالب) ستظهر موجة الإخراج تشابه الموجة المربعة .

الملزم Clamper

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

الملزم الموجب positive clamper

يبين الشكل (4-11) ملزما موجبا والذي يكون عمله مثاليا كما يلي :



(d)

(c)

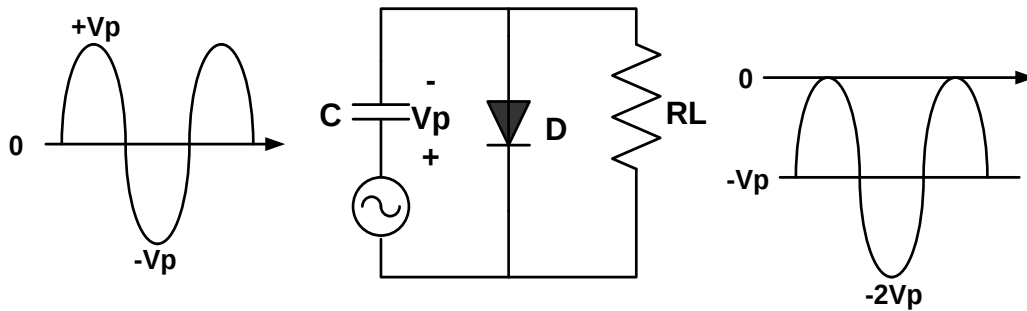
(b)

شكل (4-11)

في نصف الذبذبة السالب الأول من فولتية الإدخال يكون الثنائي في حالة توصيل لاحظ الشكل (4-11 b) وبذلك تنشحن المتسعة إلى أعلى قيمة فولتية (V_p) وبالقبطية المبينة ، وبعد الذروة السالبة للمصدر بقليل ، يتوقف الثنائي عن التوصيل (مفتاح مفتوح) لاحظ الشكل (4-11c) . لقد جعل ثابت الزمن في هذه الدائرة (RLC) أكبر بكثير من فترة إشارة الدخل T ولهذا السبب فإن المتسعة تبقى تقريبا كاملة الشحنة خلال الوقت الذي يتوقف فيه الثنائي عن التوصيل . إن المتسعة تعمل عمل بطارية وبالقبطية الموضحة في الشكل (4-11c) وهذا هو السبب بأن فولتية الإخراج في الشكل (4-11a) تكون إشارة موجبة اللزم .

أما في حالة التقريب الثاني فإن الثنائي يسقط بضع أعشار من الفولت (حسب نوع مادته) ولذلك فإن المتسعة لا تنشحن إلى قيمة V_p ولهذا السبب يكون اللزم غير تام ، ينخفض الإخراج عن مستوى الصفر قليلا لاحظ الشكل (4-11d) .

في حالة عكس الثنائي فإننا نحصل على ملزم سالب (Negative clamper) ، إن قطبية فولتية المتسعة تنعكس وهذا السبب بأن هذه الدائرة تعطي إلزاما سالبا لاحظ الشكل (12-4)



شكل (4-12)

الاختبار البعدي

- 1- لديك مصدر متناوب بفولتية ذروة مقدارها 30v ارسم دائرة الكترونية لتحصل على فولتية مستمرة قدرها 90v مع ذكر اسم الدائرة؟
- 2- لديك مصدر متناوب بفولتية ذروة مقدارها 20 فولت وطلب منك بناء دائرة الكترونية للحصول على تقليم موجب بمقدار 15 فولت وتقليم سالب بمقدار 10 فولت ابني صمم تلك الدارة بالرسم مع رسم موجتي الادخال و الإخراج

الأسبوع الحادي عشر

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على ثنائي زينر وتركيبه وخواصه ومنحنيات زينر وجهد انكسار زينر وممانعة زينر و تقارب زينر ومعامل درجة الحرارة

أهداف الوحدة

سيكون الطالب ملماً بثنائي زينر وتركيبه وذات دراية بمنحنيات ثنائي زينر وما هو جهد انكسار زينر وكذلك سيكون ملماً بتقريب زينر وما هو تأثير درجة الحرارة على فولتية انكسار ثنائي زينر.

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- ان ثنائي زينر مصنوع للعمل في منطقة الانكسار ولذلك يسمى أحيانا ثنائي -----
- 2- يعتبر ثنائي زينر العمود الفقري في ----- الفولتية.
- 3- تتراوح فولتيات انكسار من ----- الى ----- حسب مستوى التطعيم.
- 4- عند تسليط فولتيات عكسية تجتاز فولتية انكسار زينر نحصل على مكون يعمل عمل مصدر ذات ----- .

ثنائي زينر Zener diode

هو عبارة عن ثنائي (وصلة p-n) مصنعة من مادة السليكون ويختلف عن الثنائي المقوم كونه مصمم للعمل في منطقة الانكسار ، ولذلك يسمى أحيانا بثنائي الانكسار breakdown diode ويعتبر ثنائي زينر العمود الفقري لمنظمات الفولتية voltage regulators . ويمكن التحكم في قيمة جهد الانكسار وذلك بتغيير مستوى التطعيم حيث تتراوح فولتيات الانكسار من (2v) إلى (200v) ، وعند تسليط فولتيات عكسية تجتاز فولتية انكسار زينر نحصل على مكون يعمل عمل مصدر فولتية ثابتة

الانكسار الانهياي: Avalanche effect:

عندما تصل الفولتية العكسية إلى قيمة الانكسار فان الحاملات الأقلية في منطقة الاستنزاف تتعجل وتصل إلى سرع عالية تمكنها من زحزة الالكترونات تكافؤية في المدارات الخارجية . إن هذه الالكترونات المتحررة حديثا يمكنها أن تكتسب سرع عالية وبذلك تطلق الالكترونات تكافؤية أخرى ، ويحصل الانهيار عند فولتية اكبر تقريبا من (6v) .

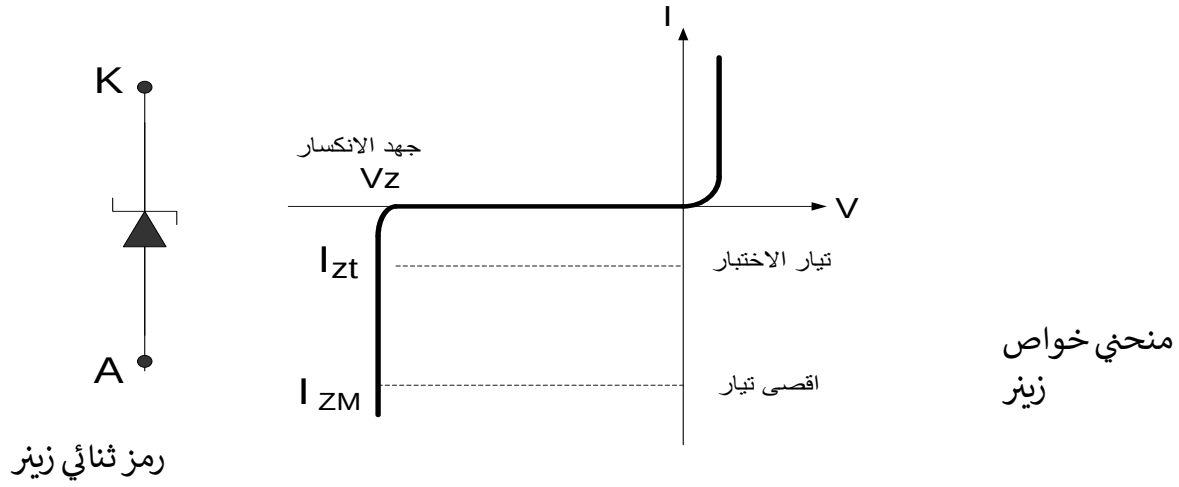
انكسار زينر: Zener effect:

عند تطعيم ثنائي ما بغزارة تكون طبقة الاستنزاف ضيقة جداً ولذلك فان المجال الكهربائي يكون شديداً على طبقة الاستنزاف . وعندما تصل شدة المجال إلى حوالي (300,000v) لكل سنتيمتر فإن هذه الشدة تكفي لسحب الالكترونات من مدارات التكافؤ ، إن توليد الالكترونات حرة بهذه الطريقة تدعى انكسار زينر .

منحني الخواص لثنائي زينر

شكل (1-5) يوضح منحني الخواص لثنائي زينر والرمز المستخدم له ، ونلاحظ من الشكل أن ثنائي زينر له نفس خواص الثنائي المقوم في حالة الانحياز الأمامي أما في حالة الانحياز العكسي — فان تيار الثنائي يكون ضعيف جدا لحد الإهمال حتى نصل فولتية الانكسار V_z . وعند

الوصول إلى جهد الانكسار يزداد التيار بسرعة دون زيادة ملحوظة في الفولتية وتبقى ثابتة تقريبا وتساوي V_Z في معظم منطقة الانكسار .



شكل (5-1)

استمارة المصنع تبين عادةً قيمة V_Z عند تيار معين هو تيار الاختبار (I_{ZT}) ويكون بعد انكسار المنحني . لاحظ الشكل (5-1)

تبديد القدرة power dissipation

تبديد القدرة في ثنائي زينر تحسب بالمعادلة $P_Z = V_Z \times I_Z$

يحددنا المصنع بأقصى- قدرة تحمل $P_Z(\max)$ وعلى المستخدم أن لا يتعدى تلك القيمة حتى لا يعطب الثنائي أو تتغير خواصه . وتبين لنا استمارة المصنع أقصى- تيار يتحمله ثنائي زينر (I_{ZM}) دون عبور تحمل القدرة .

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

ممانعة زينر Z_Z

عندما يعمل الزينر في منطقة الانكسار فان زيادة صغيرة في الفولتية تنتج زيادة كبيرة في التيار . وهذا يعني أن ممانعة زينر صغيرة ، ويمكن حساب هذه الممانعة بالمعادلة التالية :

$$Z_Z \approx \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

مثال

إذا كان التغير في فولتية زينر (0.80mv) وتغير للتيار مقداره (0.20mA) احسب ممانعة زينر؟

الحل:

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

معامل درجة الحرارة Temperature coefficient

يحدد هذا المعامل النسبة المئوية لتغير جهد زينر V_z لكل درجة مئوية واحدة . ويرمز له T_c يمكن حساب التغير في فولتية زينر بالمعادلة التالية :

$$\Delta V_z = T_c \times \Delta T \times V_z$$

حيث أن:

ΔV_z - مقدار التغير في فولتية زينر
 ΔT - مقدار التغير في درجة الحرارة
 V_z - فولتية زينر عند $25^\circ C$

مثال :

إذا كان معامل درجة الحرارة لثنائي زينر T_c يساوي (0.004) بالمائة و فولتية زينر (15v) عند درجة حرارة ($25^\circ C$) كم يكون التغير في فولتية زينر عندما تصبح درجة الحرارة ($100^\circ C$) ؟

$$\Delta V_z = T_c \times \Delta T \times V_z$$

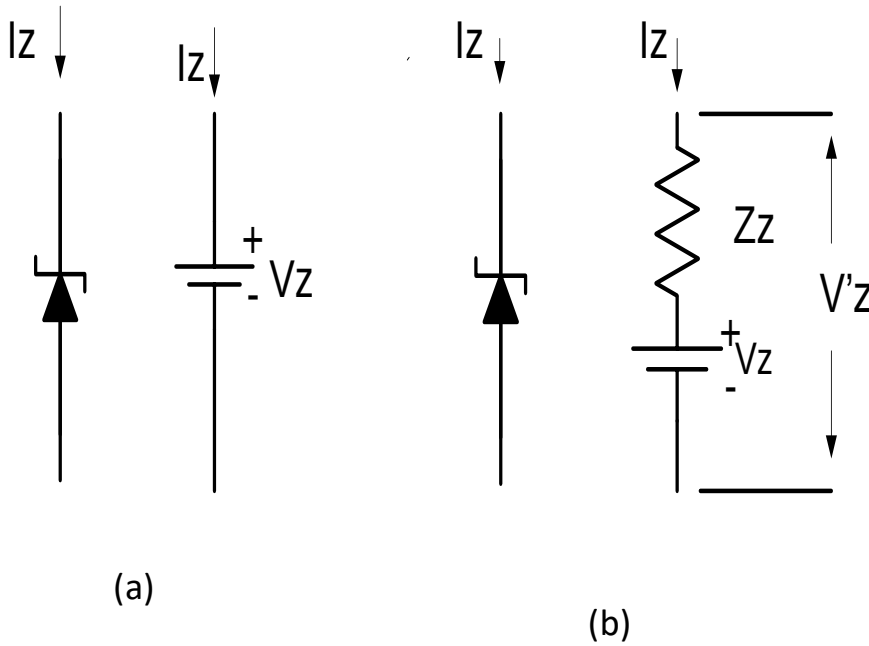
$$\Delta V_z = 0.004 \times 10^{-2} \times (100 - 25) \times 15 = 0.045v$$

ولذلك فان فولتية زينر عند $100^\circ C$ هي $V_z = 15v + 0.045v = 15.045v$

تقريب زينر :

التقريب الأول: (المثالي)

في هذا التقريب يكافئ ثنائي زينر والذي يعمل في منطقة الانكسار وكأنه بطارية ذات فولتية مقدارها (V_Z) فولت ، لاحظ الشكل (5-2a)



شكل (5-2)

التقريب الثاني :

في بعض التحاليل نحتاج إلى دقة أعلى ، ولذلك يجب الأخذ بنظر الاعتبار منطقة الانكسار لأنها ليست عمودية لوجود ممانعة زينر صغيرة . وبسبب هذه الممانعة تعطى فولتية زينر الكمية بالمعادلة التالية :

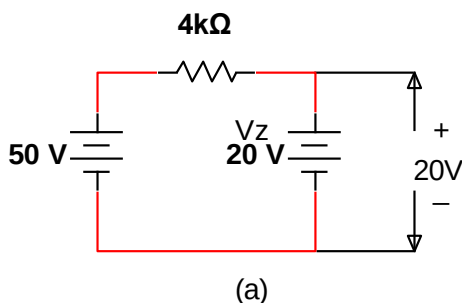
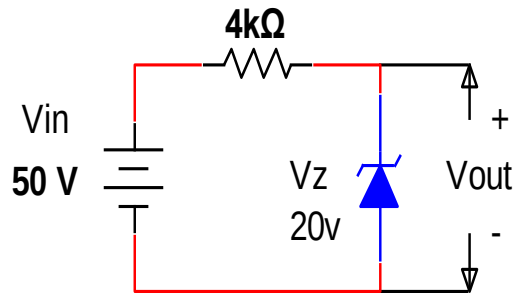
$$V'_Z = V_Z + I_Z Z_Z$$

مثال:

في الدائرة أدناه احسب فولتية الخرج إذا كانت $(V_z = 20V)$ و $(Z_z = 10\Omega)$

a- باستخدام التقريب المثالي للزئير

b- باستخدام التقريب الثاني للزئير

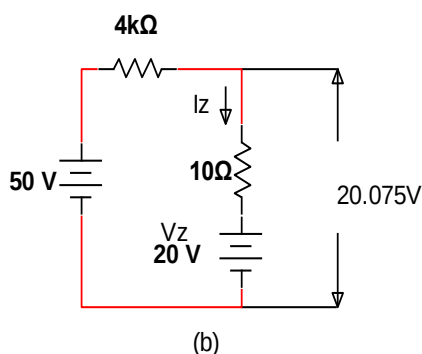


مثالاً

في التقريب المثالي يعمل ثنائي زئير كبطارية

ذات فولتية مقدارها V_z

$$V_{out} = V_z = 20V$$



b- في حالة التقريب الثاني

$$I_z = \frac{V_{in} - V_z}{R_s} = \frac{50 - 20}{4 \times 10^3} = 0.0075A = 7.5mA$$

$$V_{out} = V_z + I_z * Z_z$$

$$V_{out} = 20 + 0.0075 * 10 = 20.075V$$

الاختبار البعدي

- 1-عندما يطعم ثنائي بغزارة تكون طبقة الاستنزاف ----- ولهذا السبب يكون المجال الكهربائي على طبقة الاستنزاف يكون -----
- 2-عندما يعمل ثنائي زينر في منطقة الانكسار فان زيادة قليلة في ----- تؤدي الى زيادة كبيرة في ----- وهذا يعني صغر الممانعة التي يبديها ثنائي زينر
- 3-ان معامل درجة الحرارة (Tc) هو التغير المئوي في ----- زينر لكل ----- واحدة.
- 4-التقريب المثالي لثنائي زينر عندما يعمل في منطقة الانكسار يكافئ بطارية ذات فولتية مقدارها ----- فولت.
- 5-في التقريب الثاني لثنائي زينر عندما يعمل في منطقة الانكسار تعطى فولتية زينر بالمعادلة -----

الأسبوع الثاني عشر

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة و موضوعاتها

لتعريف الطالب على موضوع تنظيم الفولتية وكيفية استخدام ثنائي زينركمنظم للفولتية و امثلة تطبيقية على منظم زينر

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً في موضوع تنظيم الفولتية ومدركاً لكيفية استخدام ثنائي زينر في مجال تنظيم الفولتية وكذلك معرفة حساب المقاومة العظمى المحددة للتيار لكي يعمل المنظم بصورة جيدة .

الاختبار القبلي

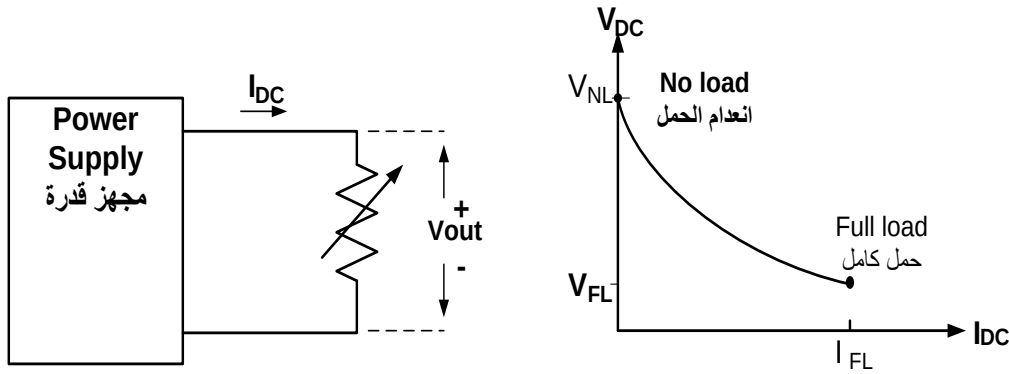
املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- في مجهز القدرة المنظم والمصمم بصورة جيدة تقل فولتية ----- قليلا عن الفولتية في حالة -----
- 2- عدم وجود حمل يعني تيار حمل يساوي ----- وهو بذلك يكافئ مقاومة حمل (RL) تساوي -----
- 3- الحمل الكامل يعني ----- تيار حمل أي قيمة مقاومة الحمل -----
- 4- لكي يعمل ثنائي زينر كمنظم فولتية يجب أن تكون الفولتية العكسية المسلطة عليه --- اكبر من فولية -----
- 5- المقاومة المحددة للتيار RS تمنع تيار زينر من تجاوز قيمة -----

Voltage Regulation تنظيم الفولتية

إن مقاومة الحمل المربوطة على جهاز قدرة عادةً تكون متغيره ويمكن أن تتغير من قيمة صغيرة إلى قيمة عالية لاحظ الشكل (5-3) تيار الحمل (I_{DC}) يمر خلال مقاومة الحمل R_L المتغيرة . فعندما تتغير R_L من قيمة ما لانهاية إلى قيم أقل يزداد التيار I_{DC} من الصفر إلى قيم أعلى وان هذه العلاقة موضحة ضمن الشكل (5-3) ،

ولغرض إجراء مقارنة بين أجهزة القدرة نستخدم رقم الاستحقاق المسمى تنظيم الفولتية.



شكل (5-3)

$$VR\% = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} * 100\%$$

حيث أن

VR - تنظيم الفولتية بالمائة

V_{NL} - فولتية الإخراج المستمرة عند عدم وجود حمل

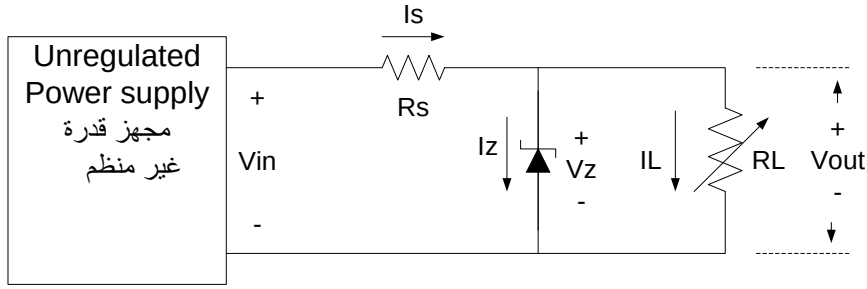
V_{FL} - فولتية الإخراج المستمرة عند حمل كامل

عدم وجود حمل يعني تيار حمل يساوي صفر يعني ($R_L = \infty$) ، أما الحمل الكامل يعني أعظم تيار حمل يعني R_L قيمتها صغيرة .

ملاحظة : إن قيمة (VR) تقترب من الصفر لمعدات القدرة المصممة بصورة جيدة وذلك لان فولتية الحمل الكامل تقل قليلاً عن فولتية عدم وجود حمل .

منظم زينر Zener regulator

يستخدم ثنائي زينر كإحدى الطرق لغرض تنظيم الفولتية، لاحظ الشكل (5-4) حيث أن الفولتية الخارجة من مجهز قدرة غير منظم تستخدم كفولتية إدخال (V_{in}) لمنظم زينر و طالما V_{in} أكبر من V_z فان ثنائي زينر يعمل في منطقة الانكسار، المقاومة R_s تمنع تيار زينر من تجاوز قيمة التحمل العظمى I_{ZM} .



شكل (5-4)

قيمة التيار المار خلال المقاومة المحدده يمكن حسابه بالقانون

$$I_s = \frac{V_{in} - V_{out}}{R_s}$$

إن التيار I_s يتجزأ عند نقطة ارتباط مقاومة الحمل (R_L) مع ثنائي زينر، وحسب قانون كيرشوف

$$I_s = I_z + I_L$$

وعند إهمال ممانعة زينر الصغيرة

$$V_{out} \approx V_z$$

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

وعند حسابات أدق يجب الأخذ بنظر الاعتبار ممانعة زينر

$$V_{out} = V_z + I_z Z_z$$

المقاومة المحددة القصوى :

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

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

حيث أن : $R_{S(max)}$ - أكبر مقاومة محددة مسموح بها

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

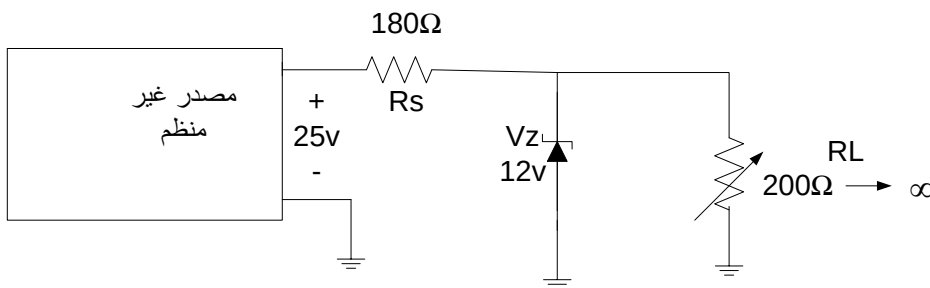
V_{out} - تساوي تقريبا فولتية زينر V_Z

$I_{L(max)}$ - أكبر تيار حمل ممكن

وفي حالة استخدام مقاومة أكبر من $R_{S(max)}$ فان منظم زينر سيتوقف عن التنظيم لفولتيات المصدر المنخفضة و لتيارات الحمل العالية .

مثال :

في الدائرة الموضحة بالشكل أدناه اوجد أدنى وأقصى فولتية حمل واوجد كذلك نسبة التنظيم V_R ؟ علماً أن $V_Z = 12V$; $Z_Z = 7\Omega$



$$I_S = \frac{V_{in} - V_{out}}{R_S} = \frac{25 - 12}{180} = 0.072A = 72mA$$

$$I_{L(\min)} = \frac{V_{out}}{R_{L(\max)}} = \frac{12}{\infty} = 0$$

$$I_{L(\max)} = \frac{V_{out}}{R_{L(\min)}} = \frac{12}{200} = 0.06A = 60mA$$

$$I_{Z(\min)} = I_S - I_{L(\max)} = 0.072 - 0.060 = 0.012A = 12 \text{ mA}$$

$$I_{Z(\max)} = I_S - I_{L(\min)} = 0.072 - 0 = 0.072 \text{ A} = 72 \text{ mA}$$

أدنى فولتية حمل

$$V_{out(\min)} = V_Z + I_{Z(\min)} \times Z_Z = 12 + 0.012 \times 7 = 12.084 \approx 12.1v$$

أقصى فولتية حمل

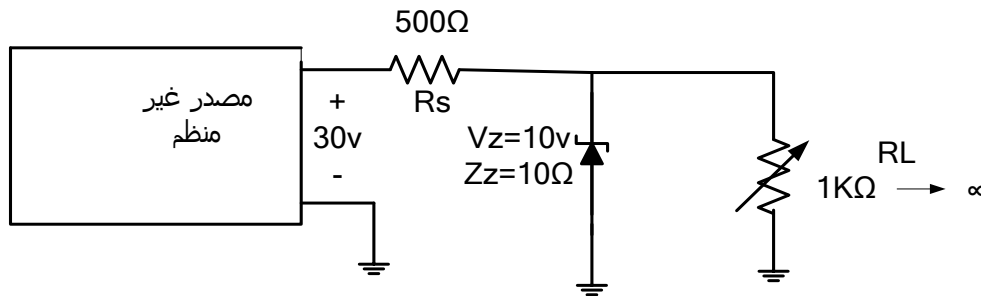
$$V_{out(\max)} = V_Z + I_{Z(\max)} \times Z_Z = 12 + 0.072 \times 7 = 12.5v$$

تنظيم الفولتية

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

مثال:

في دائرة منظم زينر الموضحة في الشكل أدناه إذا كانت فولتية زينر $V_Z = 10V$ وممانعة زينر $Z_Z = 10\Omega$ احسب قيمة تنظيم الفولتية $VR\%$ إذا كانت مقومة الحمل تتغير من $1K\Omega$ إلى ∞ ؟



الحل

$$I_S = \frac{V_{in} - V_Z}{R_S} = \frac{30 - 10}{500} = 0.04A = 40mA$$

$$I_{L(min)} = \frac{V_Z}{R_{L(max)}} = \frac{10}{\infty} = 0$$

$$I_{L(max)} = \frac{V_Z}{R_{L(min)}} = \frac{10}{1 \times 10^3} = 0.01A = 10mA$$

$$I_{Z(max)} = I_S - I_{L(min)} = 40 - 0 = 40mA$$

$$I_{Z(min)} = I_S - I_{L(max)} = 40 - 10 = 30mA$$

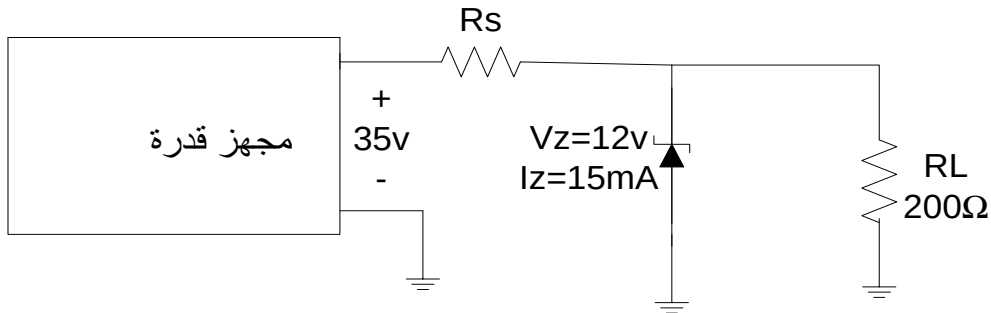
$$V_{out(min)} = V_Z + I_{Z(min)} * Z_Z = 10 + 30 * 10^{-3} * 10 = 10.3V$$

$$V_{out(max)} = V_Z + I_{Z(max)} * Z_Z = 10 + 40 * 10^{-3} * 10 = 10.4V$$

$$VR\% = \frac{V_{out(max)} - V_{out(min)}}{V_{out(min)}} * 100\% = \frac{10.4 - 10.3}{10.3} * 100\% \approx 1\%$$

مثال:

في الدائرة الموضحة بالشكل أدناه احسب قيمة المقاومة المحددة R_S ؟



الحل

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{12}{200} = 0.06A = 60mA$$

$$I_S = I_Z + I_L = 15 + 60 = 75mA$$

$$R_S = \frac{V_{in} - V_Z}{I_S} = \frac{35 - 12}{75 * 10^{-3}} = 306\Omega \approx 300\Omega$$

مثال:

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

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

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

$$V_{out} \cong V_z = 10v$$

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

ولذلك يجب اختيار ($R_s < 50\Omega$) لكي يعمل المنظم

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

س1)

1- في منظم زينر التغيرات في تيار الحمل تنتج تغيرات في تيار ----- ومن اجل
أن يحافظ منظم زينر على فولتية الإخراج ثابتة يجب أن يكون هناك تيار زينر لكل قيم
الفولتيات ----- و التيارات -----

2- في منظمات زينر عند استخدام قيمة للمقاومة المحددة للتيار R_s أكبر من $R_s(\max)$ فان
منظم زينر سيتوقف عن التنظيم لفولتيات المصدر ----- وتيارات الحمل -----

س2) بين بالرسم دائرة منظم زينر محدداً عليه التيارات والفولتيات والمقاومات

الأسبوع الثالث عشر

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على الترانزستورات ثنائية القطبية Bipolar Transistors ما هي تركيبها ومناطقها ورمزها

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بالترانزستورات ثنائية القطبية ومما تتكون ومناطق الترانزستور وما هي رموزها ورموزها ودراسة بعض العلاقات المتعلقة بعمل الترانزستور ثنائي القطبية

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- هناك نوعان من الترانزستورات ثنائية القطبية وهما ----- و -----
- 2- يتكون الترانزستور من ثلاثة مناطق وهي ----- و ----- و -----
- 3- الترانزستور عبارة عن ثنائيين يسمى الأول ----- والثاني -----

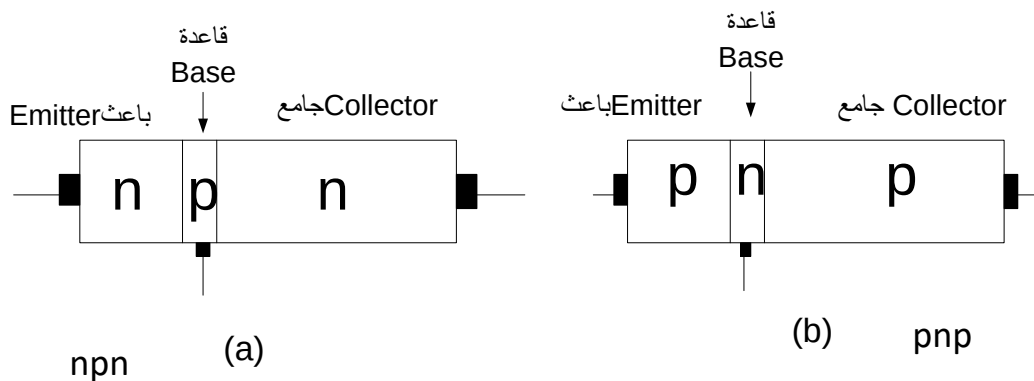
الترانزستورات ثنائية القطبية Bipolar Transistors

يمكننا تطعيم شبه الموصل لكي نحصل على بلورة نوع npn أو بلورة نوع pnp إن مثل هذه البلورة تسمى ترانزستور الوصلة ، تمتلك مناطق n الكترونات حزمة التوصيل بكثرة بينما تمتلك مناطق p فجوات كثيرة ولذلك غالباً ما يسمى ترانزستور ثنائي القطبية.

فسر العالم شوكلي نظرية ترانزستور الوصلة عام (1949) وأنتج أول ترانزستور عام (1951)

مناطق الترانزستور :

يبين الشكل (6-1a) بلورة نوع npn وقد طعم الباعث emitter بغزارة ، وان عمله هو حقن أو بعث الالكترونات إلى القاعدة base وتكون رقيقه وخفيفة التطعيم وتقوم بتمرير معظم الالكترونات المحقونة إلى الجامع collector والذي يكون تطعيمه بين تطعيم الباعث الغزير و تطعيم القاعدة الخفيف ويكون هو الأكبر بين المناطق الثلاث وعليه أن يبدد حرارة أكثر مما يبدده الباعث و القاعدة



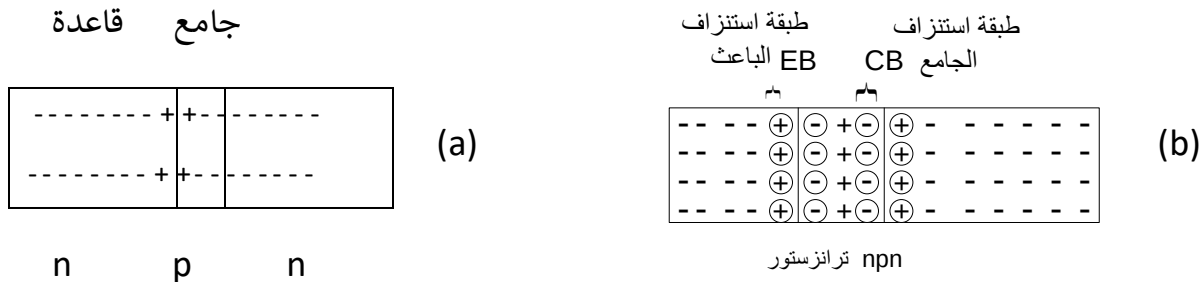
شكل (6-1)

الترانزستور عبارة عن ثنائيين ، ندعو الثنائي الواقع إلى اليسار بثنائي الباعث – القاعدة وندعوه للبساطة ثنائي الباعث emitter diode ، أما الثنائي الواقع على اليمين فيسمى ثنائي الجامع- القاعدة وللسهولة ثنائي الجامع collector diode . أما الاحتمال الآخر للترانزستور فهو الترانزستور pnp المتمم للترانزستور npn . وهذا يعني اتجاه التيارات والفولتيات في الترانزستور pnp عكس اتجاه التيارات والفولتيات في الترانزستور npn .

الترانزستور الغير المنحاز :

يبين الشكل (6-2a) الحاملات الغالبة قبل تحرك أي منها عبر الوصلتين . إن الالكترونات الحرة تنتشر- عبر الوصلتين مما تؤدي إلى تكوين طبقتي استنزاف لاحظ الشكل (6-2b) لكل

طبقة استنزاف يكون الجهد الحاجز (0.7v) للترانزستورات السليكونية ويساوي (0.3v) في ترانزستورات الجيرمانيوم .



شكل (6-2)

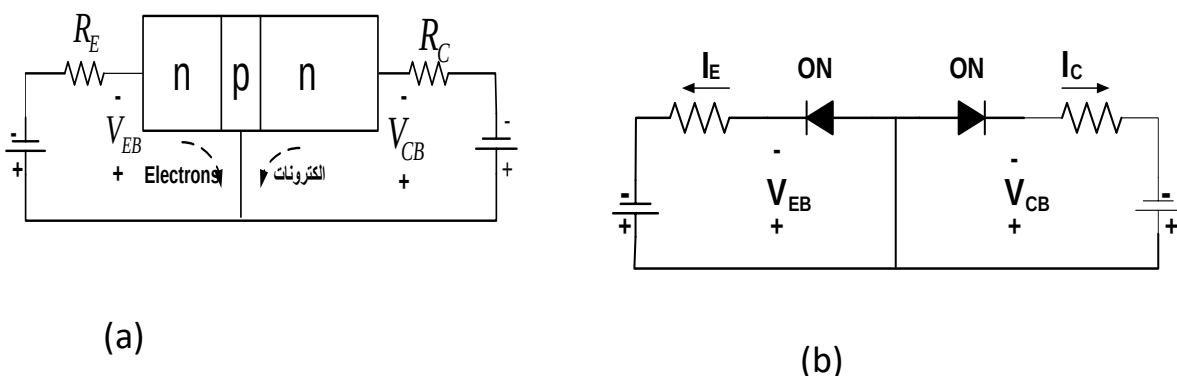
وبما أن المناطق الثلاثة لها مناسب تطعيم مختلفة لا يكون لطبقتي الاستنزاف نفس العرض ، فطبقة الاستنزاف تنفذ اقل كلما كان التطعيم أكثر غزارة .

طرق تحيز الترانزستور :

هناك عدة طرق لتحيز الترانزستور.

انحياز أمامي-أمامي : (FF) (Forward-Forward)

إن هذا الانحياز والموضح في الشكل (6-3a) سمي أمامي-أمامي لأن ثنائي الباعث وثنائي الجامع منحازان أمامياً ، إن الحاملات تعبر الوصلتين وتجري نازلة خلال القاعدة إلى سلك التوصيل الخارجي .

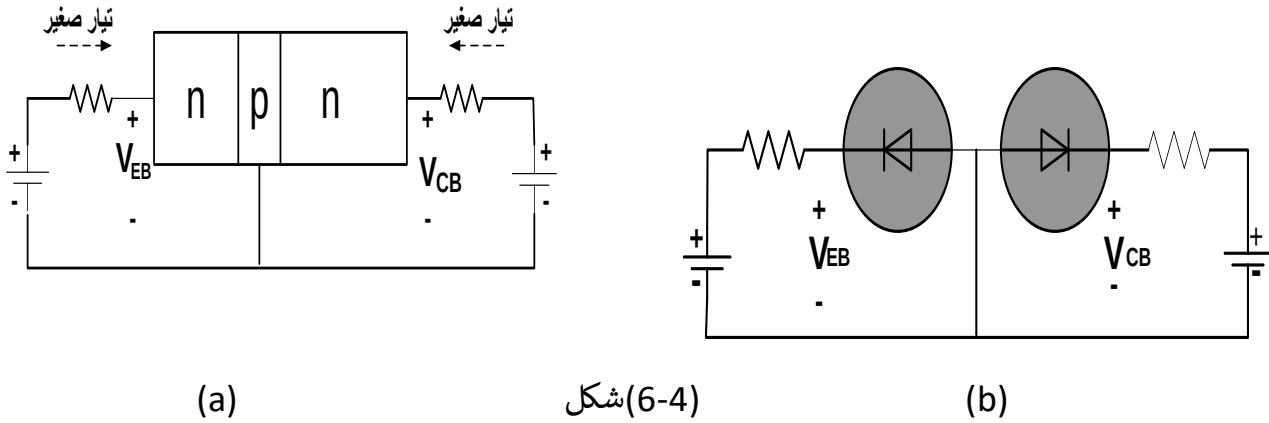


شكل (6-3)

يبين الشكل (6-3b) الدائرة المكافئة لانحياز (FF) .

انحياز عكسي- عكسي : Reverse -Reverse (RR)

نلاحظ في هذا الانحياز والموضح في الشكل (6-4a) إن الثنائيان منحازان عكسيا وبذلك تسري تيارات ضعيفة جدا والمتكونة من تيار التشبع المنتج حراريا وتيار التسرب السطحي ويمكن إهمال هذه التيارات العكسية لصغرها



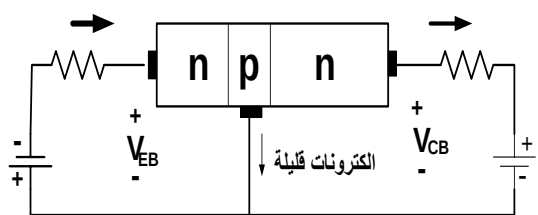
شكل (6-4)

الشكل (6-4b) يبين الدائرة المكافئة لانحياز (RR) .

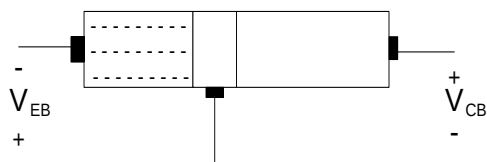
انحياز أمامي – عكسي : FR

عندما نحيز ثنائي الباعث أماميا ونحيز ثنائي الجامع عكسيا لاحظ الشكل (6-5a) فإننا نتوقع تيار باعث كبير ونتوقع تيار جامع صغير جدا أو معدوم . ولكن الذي نحصل عليه هو تيار جامع كبير وهذا السبب في كون الترانزستور هو اختراع عظيم . وفيما يلي صورة توضيحية موجزة عن سبب حصولنا على تيار جامع كبير . نتصور أن تياراً ثابتاً من الإلكترونات يغادر الطرف السالب من المصدر ويدخل منطقة الباعث . يؤدي الانحياز الأمامي لثنائي الباعث إلى

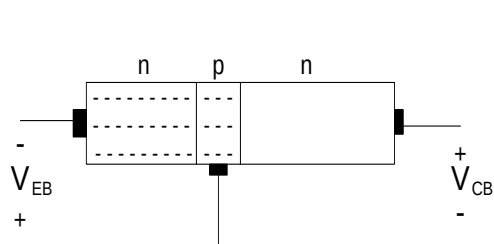
إرغام الإلكترونات الباعث هذه على دخول منطقة القاعدة . وتعطي القاعدة الرقيقة والخفيفة التطعيم لمعظم هذه الإلكترونات زمن بقاء كاف يتيح لها الانتشار إلى طبقة استنزاف الجامع وبعد ذلك يقوم مجال طبقة الاستنزاف بدفع تيار ثابت من الإلكترونات إلى منطقة الجامع . تغادر هذه الإلكترونات الجامع داخلة إلى سلك توصيل الجامع الخارجي ثم إلى الطرف الموجب من مصدر فولتية الجامع لاحظ الشكل (6-5b) . إن أكثر من (95%) من الإلكترونات الباعث المحقونة إلى القاعدة تعبر إلى الجامع واقل من (5%) تسقط في فجوات القاعدة وتسير خارجة من سلك توصيل القاعدة .



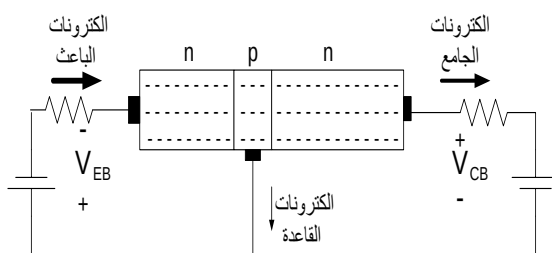
(a)



(b)

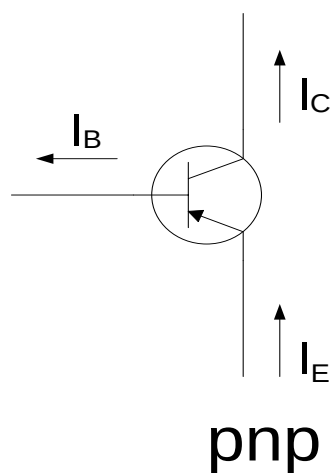
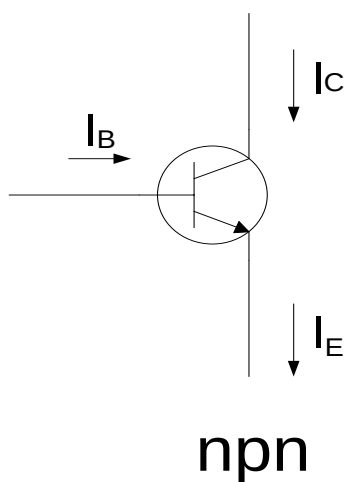


شكل (6-5)



تيارات الترانزستور :

الشكل (6-6) يبين رموز واتجاهات تيارات الترانزستورات نوع npn و pnp ، حيث نلاحظ أن اتجاه تيار الباعث يتبع نفس اتجاه السهم الموجود على الرمز الخاص بالترانزستور وتيار القاعدة والجامع الاتجاه العكسي .



شكل (6-6)

ومن الواضح من الشكل أن تيار الباعث I_E يساوي مجموع تياري القاعدة I_B والجامع I_C

$$I_E = I_C + I_B$$

ألفا dc : α_{dc}

هو النسبة بين تيار الجامع إلى تيار الباعث . وكما ذكرنا سابقا بان (95%) من الكترونات الباعث تصل إلى الجامع وهذا يعني أن تيار الجامع يساوي تقريبا تيار الباعث وكلما كانت القاعدة ارق واخف تطعيم كان تيار الجامع اقرب أكثر إلى قيمة تيار الباعث .

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

فمثلا لو قسنا ($I_C = 4.9\text{mA}$) و ($I_E = 5\text{mA}$)

$$\alpha_{dc} = \frac{4.9}{5} = 0.98$$

بيتا dc : β_{dc}

هو النسبة بين تيار الجامع إلى تيار القاعدة

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

في معظم الترانزستورات اقل من (5%) من الكترونات الباعث المنبعثة تلتحم مع فجوات القاعدة منتجة تيار القاعدة I_B ولذلك يكون β_{dc} اكبر من (20) ، وهو يتراوح (50-200) وقد تصل إلى (1000) .

يطلق على β_{dc} اسم كسب التيار المستمر ويرمز له في نظام الثوابت الهجينة h_{FE}

العلاقات بين α_{dc} و β_{dc} :

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

$$I_B = I_E - I_C$$

$$\frac{I_B}{I_C} = \frac{I_E}{I_C} - \frac{I_C}{I_C}$$

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

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

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

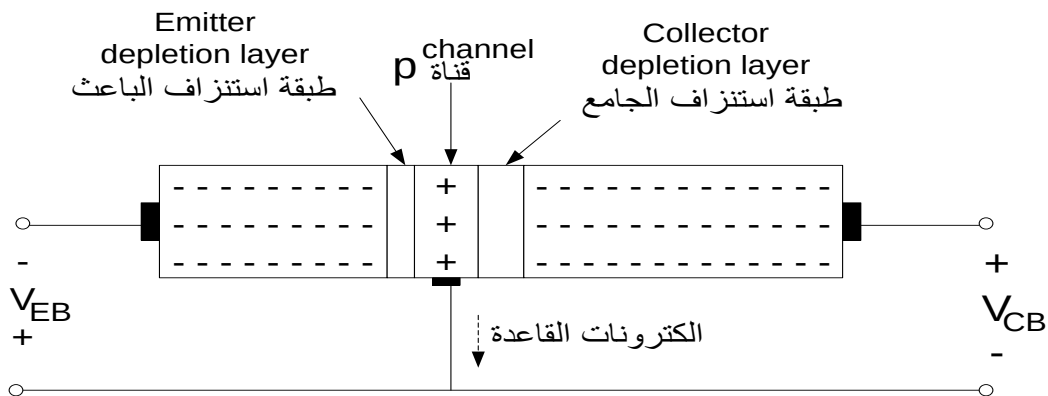
$$\beta_{dc} = \frac{\alpha_{dc}}{1 - \alpha_{dc}}$$

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{1 + \beta_{dc}} \quad \text{اثبت العلاقة}$$

$$\begin{aligned} I_E &= I_C + I_B \\ \frac{I_E}{I_C} &= \frac{I_C}{I_C} + \frac{I_B}{I_C} \\ \frac{1}{\alpha_{dc}} &= 1 + \frac{1}{\beta_{dc}} \\ \frac{1}{\alpha_{dc}} &= \frac{\beta_{dc} + 1}{\beta_{dc}} \\ \alpha_{dc} &= \frac{\beta_{dc}}{1 + \beta_{dc}} \end{aligned}$$

مقاومة امتداد القاعدة :

لترانزستور ثنائي القطبية طبقتي استنزاف تخترقان القاعدة ، وإذا أخذنا ترانزستور npn فان فجوات القاعدة تقتصر على قناة ضيقة من شبه الموصل نوع p كما موضح في الشكل (6-7) وبزيادة الانحياز العكسي- على ثنائي الجامع أي زيادة V_{CB} يزداد عرض طبقة استنزاف الجامع وهذه تقلل عرض القناة التي تحوي فجوات القاعدة وهذا يعني أن هناك عدد اقل من فجوات القاعدة الجاهزة لإعادة الالتحام . إن مقاومة القناة p تسمى مقاومة امتداد القاعدة ويرمز لها r'_b وتعتمد قيمة هذه المقاومة على عرض القناة p وعلى تطعيم القاعدة ونموذجيا تتراوح قيمتها بين



شكل (6-7)

(150Ω-50Ω) وفي حالات نادرة تصل إلى (1000Ω) .

فولتية الانكسار :

لقد علمنا من المواضيع السابقة بان الترانزستور عبارة عن ثنائيان . ولذلك بإمكان فولتية عكسية كبيرة على ثنائي الجامع أن تسبب انكسار . فعندما تكون V_{CB} كبيرة يحصل انكسار في ثنائي الجامع بسبب الانهيار أو ظاهرة التوصل . التوصل يعني أن طبقة استنزاف الجامع صارت عريضة بحيث تصل إلى طبقة استنزاف الباعث وفي هذه الحالة تنبعث الكترونات الباعث مباشرة إلى طبقة استنزاف الجامع وهذا يؤدي إلى تيار جامع كبير وبالتالي تلف الترانزستور . ولذلك يجب أن تبقى فولتية الجامع اقل من فولتية الانكسار المبينة في استمارة المعلومات للمصنع .

الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- في الترانزستورات ثنائية القطبية يطعم الباعث ----- ويكون تطعيم القاعدة --
----- أما الجامع فيكون تطعيمه بين تطعيم القاعدة والجامع.
- 2- جاءت تسمية الجامع بهذا الاسم لأنه ----- الالكترونات من القاعدة , ويكون
الجامع الأكبر بين المناطق الثلاثة وعليه أن يبدد حرارة ----- مما يبددها الباعث او
القاعدة
- 3- يكون الترانزستور pnp هو ----- للترانزستور npn
- 4- تكون التيارات والفولتيات للترانزستور npn ----- التيارات والفولتيات
للترانزستور pnp
- 5- في رمز الترانزستور يكون لرأس السهم أهمية خاصة حيث أنه يشير إلى نفس اتجاه ----
----- المتعارف عليه .

الأسبوع الرابع عشر

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة وموضوعاتها

لتعريف الطالب على الترانزستورات ثنائية القطبية Bipolar Transistors من حيث أنواع انحياز الترانزستور و صيغ ربط الترانزستور والدوائر المكافئة للترانزستور

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بالترانزستورات ثنائية القطبية ومما تتكون ومناطق الترانزستور وما هي رموزها ورموزها ودراسة بعض العلاقات المتعلقة بعمل الترانزستور ثنائي القطبية

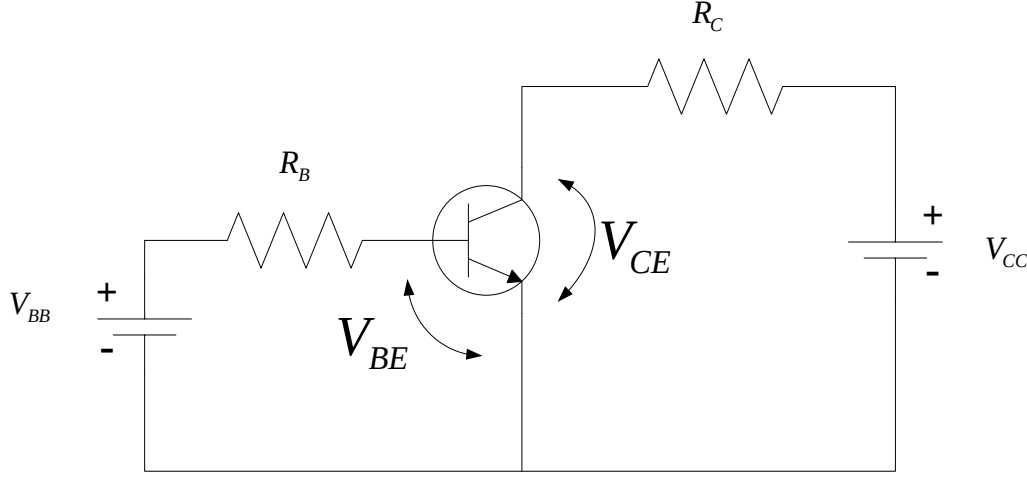
الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- ان الربط بطريقة الباعث المشترك يرمز لها -----
- 2- دائرة الترانزستور بطريقة الباعث المشترك يعني ان ال-----
و ----- يلتقيان لنقطة واحدة
- 3- دائرة الترانزستور بطريقة القاعدة المشتركة يعني ان ال-----
و ----- يلتقيان بنقطة واحدة

الربط بطريقة الباعث المشترك : Common Emitter (CE)

إن الربط بطريقة الباعث المشترك يعني أن الباعث ومصدرا الفولتية يتصلان بنقطة مشتركة لاحظ الشكل (6-8) . إن هذه الدائرة تسمى بربط الباعث المشترك (CE) .



شكل (6-8)

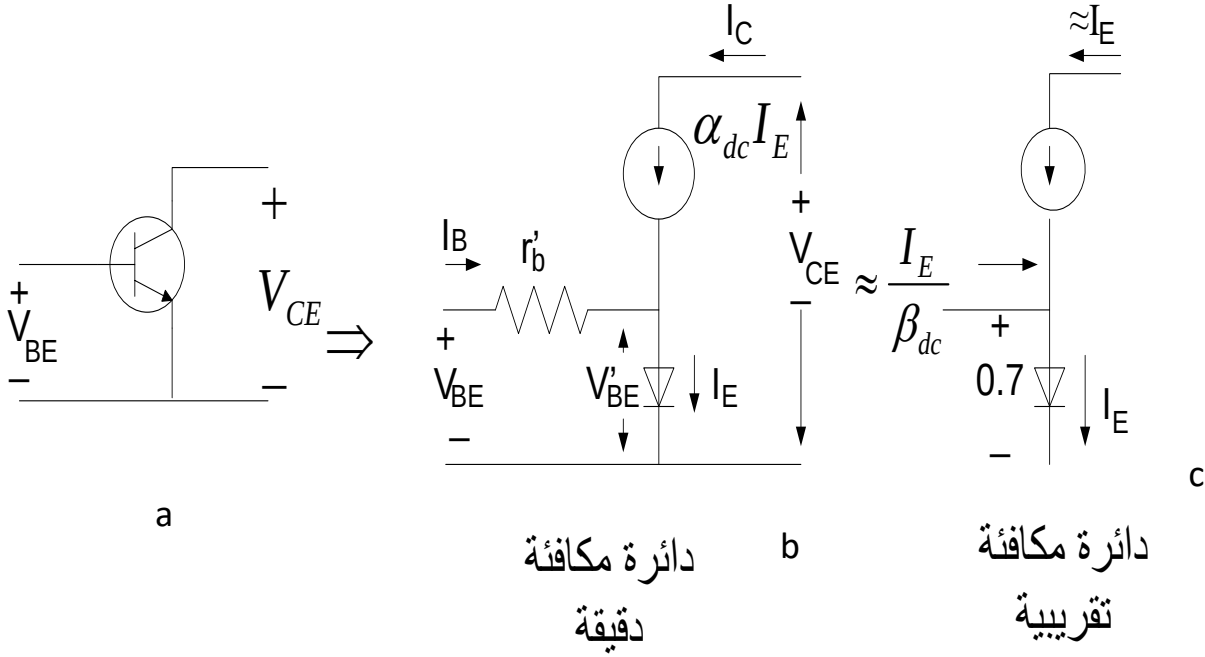
الدائرة التي سبق شرحها شكل (6-5) تسمى ربط القاعدة المشتركة (CB) لان القاعدة ومصدري الفولتية مربوطة إلى نقطة مشتركة .

الدائرة المكافئة للترانزستور :

لأجل توضيح عمل الترانزستور يمكننا استخدام الدائرة المكافئة المبينة بالشكل (6-9b) فالفولتية V'_{BE} هي الفولتية عبر طبقة استنزاف الباعث وعندما تكون هذه الفولتية حوالي (0.7v) أو اكبر يبعث الباعث الكترونات إلى القاعدة وبما أن التيار في ثنائي الباعث يسيطر على تيار الجامع ولهذا السبب فان مصدر تيار الجامع يجبر تيار مقداره $(\alpha_{dc} I_E)$ على المرور في دائرة الجامع كل هذا مع فرض أن (V_{CE}) اكبر أو حوالي الفولت وإلا فان ثنائي الجامع لا يكون منحاز عكسيا وبذلك لا يعمل الترانزستور بصورة طبيعية .

إن الفولتية V'_{BE} تختلف عن الفولتية المسلطة V_{BE} بمقدار الهبوط عبر r'_b .

$$V_{BE} = V'_{BE} + I_B r'_b$$



شكل (6-9)

ولكن هبوط الفولتية عبر r'_b يكون صغيراً بحيث يمكن إهماله لذلك يكون $(V_{BE} \cong V'_{BE})$ ولذلك فإن الدائرة المكافئة في الشكل (6-9c) سنستخدمها في تحليلاتنا الأولية.

مثال:

إذا علمت أن لترانزستور ما تيار باعث $(I_E = 20\text{mA})$ ، $(\beta_{dc} = 100)$ اوجد ؟

تيار الجامع (I_C) ، تيار القاعدة (I_B) ، α_{dc}

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{1 + \beta_{dc}} = \frac{100}{1 + 100} = \frac{100}{101} = 0.99$$

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

$$I_C = \alpha_{dc} * I_E = 0.99 * 20 = 19.8mA$$

$$I_B = I_E - I_C = 20 - 19.8 = 0.2mA$$

الاختبار البعدي

س1) ارسم دائرة ترانستور بطريقة القاعدة المشتركة

س2) إذا علمت أن لترانزستور ما تيار باعث $(I_E = 30\text{mA})$ ، $(\beta_{dc} = 200)$ اوجد ؟
تيار الجامع (I_C) ، تيار القاعدة (I_B) ، α_{dc}

الأسبوع الخامس عشر

الفئة المستهدفة

طلبة المرحلة الأولى قسم التقنيات الكهربائية في المعهد التقني الموصل في الجامعة التقنية الشمالية

مبررات الوحدة و موضوعاتها

لتعريف الطالب على منحنيات خواص الترانزستور وتيار القطع (I_{CEO}) وفولتية الانكسار (BV_{CEO}) ومنحنيات القاعدة .

أهداف الوحدة

سيكون الطالب بعد المحاضرة ملماً بخواص ومنحنيات الجامع وما هو تيار القطع وما هي فولتية الانكسار وكذلك سيكون ملماً بمنحنيات القاعدة

الاختبار القبلي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- إن إحدى الطرق التي تبين معظم التفصيل الممكنة للترانزستور هي بواسطة المنحنيات البيانية التي تربط بين ----- الترانزستور و -----
- 2- لكي يعمل الترانزستور بصورة طبيعية يجب أن يكون ثنائي الباعث منحاز ----- بينما يكون ثنائي الجامع منحاز -----
- 3- عندما يعمل الترانزستور بصورة طبيعية يجب أن تكون الفولتية بين الجامع و الباعث (V_{CE}) بحدود ----- فولت ويعتمد ذلك على مقدار تيار -----

منحنيات الترانزستور:

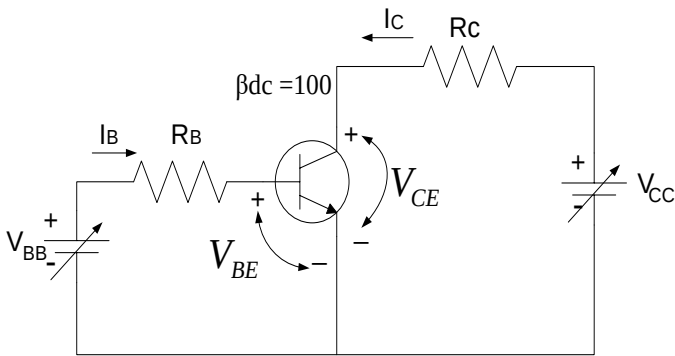
من الطرق التي تشرح معظم تفاصيل عمل الترانزستور هي المنحنيات البيانية التي تربط بين تيارات الترانزستور و فولتياته .

منحنيات الجامع (منحنيات خواص الإخراج)

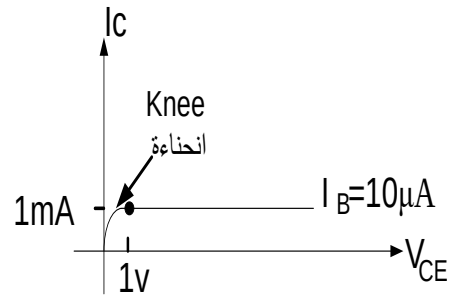
يمكننا الحصول على معلومات لمنحنيات الجامع بربط (CE) وذلك ببناء دائرة كما في الشكل (6-10a) .

إن الفكرة هي تغيير قيم المجهزين V_{BB} و V_{CC} بأسلوب معين للحصول على فولتيات و تيارات مختلفة للترانزستور .

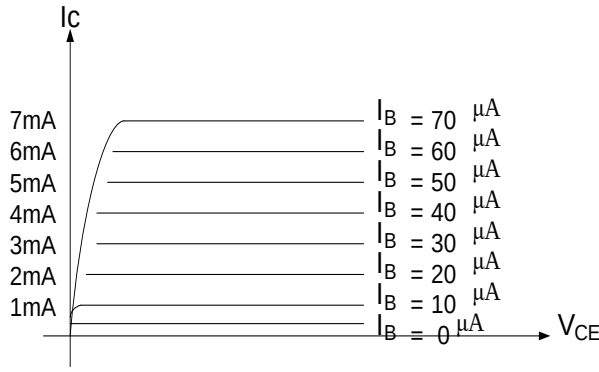
إن طريقة العمل الاعتيادية هي إعطاء I_B قيمة معينة وإبقائها ثابتة في أثناء تغيير قيمة V_{CC} و بقياس قيم I_C و V_{CE} يمكننا الحصول على معلومات لرسم I_C مع V_{CE} ولغرض التوضيح نفرض أن $(I_B = 10\mu A)$ في الشكل (6-10a) أخطوه التي تليها نغير V_{CC} ونقيس I_C و V_{CE} الناتجين ولو رسمنا المعلومات لحصنا الشكل (6-10b) لاحظ بأننا اشرنا على المنحني بالكتابة $(I_B = 10mA)$ لأننا حصلنا على هذا المنحني بإبقاء I_B ثابتا على $(10\mu A)$ خلال القياسات .



(a)



(b)



(C)

لا يوجد هناك أي غموض فهو بمثابة صدى لما شرحناه فعندما تكون V_{CE} صفر لا يكون ثنائي الجامع منحاز عكسيا لذلك يكون تيار الجامع صغير جدا لقيم V_{CE} المتراوحة بين الصفر وحدود الواحد فولت .

وحال الوصول إلى هذا المستوى . يجمع الجامع كل الالكترونات التي تصل إلى طبقة استنزافه . نلاحظ أن هناك زيادة قليلة في تيار الجامع بعد الانحناء مع زيادة V_{CE} وسبب زيادة التيار هو زيادة عرض طبقة استنزاف الجامع واعتقال الكترونات قليلة أخرى من القاعدة قبل سقوطها في الفجوات .

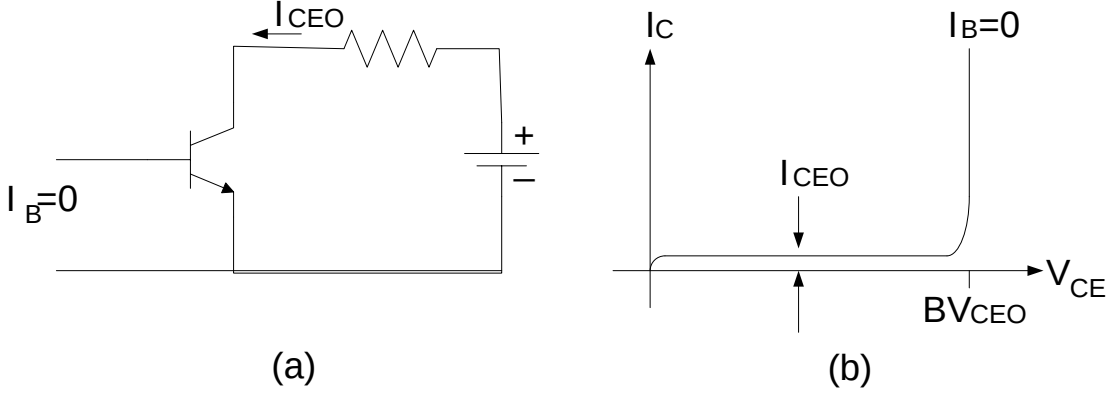
ولو بينا عدة منحنيات لقيم مختلفة من I_B على نفس المخطط البياني نحصل على منحنيات الجامع البيانية الموضح بالشكل (6-10c) وبما إننا استخدمنا ترانزستور له $\beta_{dc} = 100$ يكون تيار الجامع مائة مرة أكبر من تيار القاعدة لأية نقطة فوق المفصل لأي منحنى .

تيار القطع وفولتية الانكسار:

إن اخفض منحنى من منحنيات الجامع بالشكل (6-10c) يقابل تيار قاعدة مقداره صفر أي وكأنه فتح سلك القاعدة الموصل لاحظ الشكل (6-11a) . ويسمى تيار الجامع عندما يكون طرف القاعدة مفتوحا I_{CEO} . وقد نتج قسم من I_{CEO} بسبب الحاملات المنتجة حراريا وكذلك بسبب تيار السطح التسريبي . لاحظ الشكل (6-11b)

وعند زيادة فولتية الجامع إلى قيم عالية تصل إلى فولتية الانكسار المعنونة BV_{CEO} .

ولأجل أن يعمل الترانزستور بصورة طبيعية يجب أن تبقى V_{CE} اقل من BV_{CEO} وعادة تكون قيم فولتية الانكسار من اقل من 20v إلى أكثر من 200v حسب نوع الترانزستور .

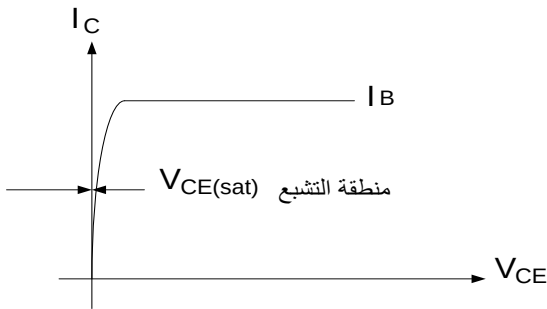


شكل (6-11)

فولتية تشبع الجامع :

لأجل أن يعمل الترانزستور بصورة اعتيادية يجب أن يكون ثنائي الجامع منحاز عكسياً ويتطلب ذلك V_{CE} أكبر من أو في حدود الواحد فولت وهذا يعتمد على مقدار تيار الجامع المار .

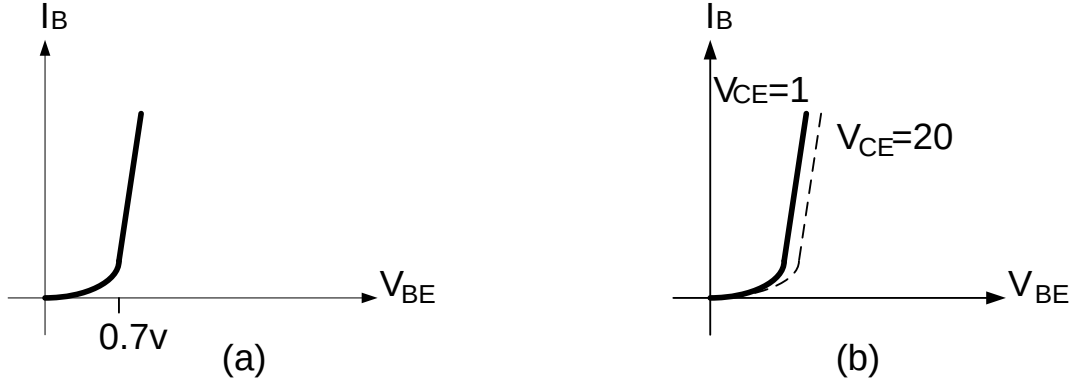
لاحظ الشكل (6-12) . ماذا تعني $V_{CE(sat)}$ فهي قيمة الفولتية V_{CE} عند نقطة ما تحت الانحناءة وهي تساوي نموذجياً بضع أعشار من الفولت وعند تيارات جامع كبيرة جداً تجتاز الواحد فولت إن جزء المنحني الذي يقع تحت المفصل والموضح في الشكل (6-12) يسمى منطقة التشبع .



شكل (6-12)

منحني القاعدة :

من الشكل (6-10a) يمكننا الحصول على المعلومات I_B و V_{BE} ليتمكننا رسم منحني القاعدة (منحني خواص الإدخال) والمبين بالشكل (6-13a)

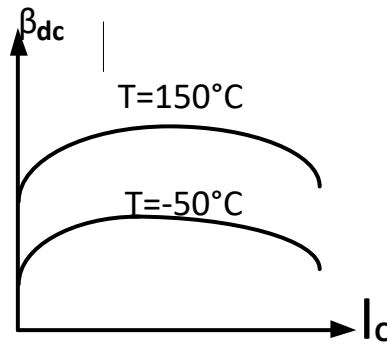


شكل (6-13)

من المتوقع أن المنحني يشابه منحني ثنائي في الاتجاه الأمامي لأن جزء القاعدة والباعث من الترانزستور عبارة عن ثنائي . عند زيادة فولتية الجامع فان طبقة استنزاف الجامع يزداد عرضها وهذا يؤدي إلى نقصان قليل في تيار القاعدة بسبب اعتقال طبقة استنزاف الجامع لالكترونات قاعدة قليلة أخرى . وعند رسم منحني قاعدة لفولتية جامع مختلفة يظهر لنا منحني جديد مختلف قليلا عن السابق لاحظ الشكل (6-13b) . عندما نثبت قيمة V_{BE} للمنحني في الشكل (6-13a) ونرفع فولتية V_{CE} نلاحظ أن تيار القاعدة يكون أصغر لأن طبقة استنزاف الجامع تعتقل الكترونات قاعدة قليلة أخرى قبل أن تسقط في فجوات القاعدة ، ونتيجة لذلك يكون تيار القاعدة اصغر وكما تلاحظ في الشكل (6-13b) . إن المسافة بين المنحنيين قريبة ولذلك تؤخذ بنظر الاعتبار عند طلب أجوبة دقيقة .

منحني كسب التيار

تعتبر قيمة β_{dc} لترانزستور ما كمية مهمة لذا يجب ان نكون على حذر من تغيراتها مع تيار الجامع و مع الحرارة يبين الشكل ادناه تغيا نموذجيا في β_{dc} فعند ثبوت درجة الحرارة تزداد قيمة β_{dc} الى قيمة عظمى عندما يزداد تيار الجامع. واذا استمرت الزيادة في تيار الجامع فان قيمة β_{dc} تهبط . ان تغير β_{dc} في المدى المفيد من تيار الترانزستور يصل الى (2:1) وهذا يعتمد على نوع الترانزستور



الاختبار البعدي

املاء الفراغات التالية بما يناسبها من الكلمات

- 1- تيار الجامع عندما يكون طرف القاعدة ----- يسمى I_{CEO} وبفولتية جامع عالية جداً
نصل إلى فولتية ----- وتسمى BV_{CEO} حيث تمثل الكتابة السفلية لهذا الرمز -----
الى ----- بقاعدة -----
- 2- إن جزء منحنى الجامع الواقع تحت الانحناءة يعرف بمنطقة ----- حيث يجب على
 V_{CE} أن تكون ----- من $V_{CE(sat)}$ ولكن ----- من BV_{CEO}
- 3- إن الدائرة المكافئة المستمرة لترانزستور ما لها ثنائي للباعث ومصدر تيار للجامع . ويتساوى
تقريباً تيار ----- وتيار -----

المصادر

- مبادئ الالكترونيات- تأليف (Albert Paul Malvino ,Ph.D.)
ترجمة / بدر محمد علي الوتار – د. رياض كمال الحكيم
- مشروع كتاب أساسيات الالكترونية / تأليف د. رياض كمال الحكيم
– بدر محمد علي الوتار
- Floyd-Electronic Devices (Thomas L . Floyd)