

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
هيئة التعليم التقني
المعهد التقني / كركوك
قسم التقنيات الالكترونية

السنة الدراسية الاولى

المادة: الإلكترونيك

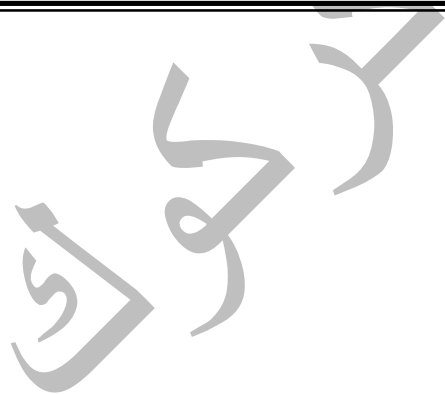
من اعداد : اسامة توما بهنام (مدرس مساعد)

Ministry of Higher Education
& Scientific Research
Foundation of Technical Education
Institute of Technology / Kirkuk
Department of Electronics Techniques

First Year

Sub. *Electronics*

By Usama Toma Behnam



المادة الدراسية : الإلكترونيك *Electronics*

الهدف العام :

تعريف الطالب على:

- المكونات الالكترونية المصنعة من أشباه الموصلات باختلاف أنواعها.
- تركيبها
- خواصها
- استخداماتها في الدوائر الالكترونية
- تطبيقاتها وتحليل الدوائر الالكترونية الخاصة بها
- فكرة عن الإلكترونيك الضوئي ومكوناته
- فكرة عن الدوائر المتكاملة
- تطبيقات مبسطة لمكبر العمليات

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
هيئة التعليم التقني
التخصصات الهندسية

القسم/ التقنيات الالكترونية الفرع : الالكترونيات

الساعات الأسبوعية			السنة الدراسية	اسم المادة	
م	ع	ن	الأولى	الالكترونيك	
4	2	2		العربية	لغة التدريس
أساسيات الالكترونيك ترجمة بدر محمد- د.رياض كمال الحكيم				الكتاب المنهجي	
ELECTRONIC DEVICES, CONVENTIONAL CURRENT VERSION, FLOYD, SEVENTH EDITION.				المصدر	

الخطة الدراسية

القسم : التقنيات الالكترونية	التخصصات الهندسية
الفرع : إلكترونيك	

السنة الدراسية الأولى:

نوع المادة	عدد الوحدات	عدد الساعات			المادة باللغة الإنكليزية	المادة باللغة العربية
		م	ع	ن		
تخصصية	8	4	2	2	Electronics	الالكترونيك

القسم: التقنيات الالكترونية
الفرع: الالكترونىك
المرحلة: الاولى

جدول توزيع الدرجات للمواد الدراسية للتخصصات الهندسية
لأقسام الكهرباء والالكترونىك لمعاهد الهيئة
للعام الدراسي ٢٠٠٧-٢٠٠٨

هيئة التعليم التقني
اللجنة القطاعية الهندسية
لأقسام الكهرباء والالكترونىك

ت	المادة الدراسية	عدد الساعات الأسبوعية						الامتحانات الشهرية						١	الاكترونيك				
		الأول			الثاني			الأول			الثاني								
		ن	ع	م	ن	ع	م	ن	ع	م	ن	ع	م						

المفردات النظرية

الأسبوع	تفاصيل المفردات النظرية
1	نظرية أشباه الموصلات: التركيب الذري- مستويات الطاقة- البلورات- التوصيل في البلورات- تيار الفجوة- كيفية تحرك الفجوات - التطعيم- بلورة موجبة نوع P- بلورة نوع سالبة N تيار الالكترونات وتيار الفجوات- المقاومة الإجمالية.
2	ثنائيات أشباه الموصلات-وصلة PN-تكوين منطقة الإخلاء- الجهد الحاجز- تل الطاقة- التأثيرات الحرارية- الثنائي المنحاز- الانحياز الأمامي- الانحياز العكسي - تيار العبور الزائل- تيار حاملات الأقلية – تيار التسرب السماحي- جهد الانكسار- جهد الانهيار.
3	منحنيات الخواص في الاتجاهين الأمامي والعكسي – أعظم تيار إمامي- أعظم تيار عكسي، المقاومة الاجمالية للثنائي، الدوائر المكافئة للثنائي.
4	الثنائي كموحد للتيار- موحد نصف الموجه- القيمة الفعالة- القيمة المستمرة للتيار وحسابها- تردد الخرج - توحيد الموجة الكاملة- باستخدام محولة تفرع وسطي.
5	توحيد الموجة الكاملة- باستخدام محولة تفرع وسطي (تكملة)- الموحد القنطري-حساب القيم المستمرة والفعالة للجهود والتيارات-تردد الخرج.مقارنة بين توحيد نصف الموجة والموجة الكاملة –مقارنة بين موحداث الموجة الكاملة.
6	المرشحات – الترشيح باستخدام المتسعة- مرشحات (LC) و(RC) – جهود الخرج- التموج.
7	-دوائر التقليل- التقليل الموجب- التقليل السالب- التقليل المركب- كاشف الذروة الى الذروة- الملزمات الموجبة والسالبة – مضاعفات الجهد.
8	ثنائي الزينر- تركيبه- رمزه- خواصه الأمامية- والعكسية- جهود الانهيار والانكسار- ممانعة زينر- تحمل القدرة- تأثيرات درجة الحرارة- تقريب الزينر.
9	تطبيقات الزنر في تنظيم الجهد المستمر-دائرة مصدر جهد مستمر - الثنائي متغير السعة وتطبيقاته.
10	ثنائيات اخرى ، دايودات شوتكي، ديودات القدرة، الدايدوات النفقية
11	الترانزستور ثنائي القطبية : المناطق المطعمة الثلاثة، الترانزستور غير المنحاز، انحياز امامي- امامي وعكسي-عكسي وامامي-عكسي،وجهة نظر الطاقة، الفا dc ،مقاومة امتداد القاعدة،فولتيات الانكسار.
12	الربط بطريقة الباعث المشترك، بيتا dc ،العلاقة بين الفا dc ، وبيتا dc ، الدوائر المكافئة، منحنيات الترانزستور.
13	دوائر انحياز الترانزستور ، انحياز القاعدة، انحياز مقسم الفولتية.
14	انحياز مقسم الفولتية (تكملة)، انحياز بالتغذية الخلفية للجامع.
15	دوائر انحياز الترانزستور، انحياز الباعث ، انحياز PNP ، مقارنة انواع الانحياز.

الأسبوع	تفاصيل المفردات النظرية
16	الدوائر المكافئة المستمرة والمتناوبة للترانزستور. تحليل دوائر الترانزستور بتطبيق نظرية التراكب.
17	الدوائر المكافئة المتناوبة للترانزستور (تكملة) ، تقريب الترانزستور المثالي، مقاومة الباعث، بيتا ac ،النموذج المثالي.
18	مكبرات الإشارة الصغيرة: سوق القاعدة وسوق الباعث، صيغ سوق القاعدة.
19	مكبر الباعث المشترك، امثلة تطبيقية. ، غمر ثنائي الباعث،ممانعة الادخال،.
20	ممانعة المصدر ، تابع الباعث، امثلة تطبيقية.
21	ترانزستورات تأثير المجال: ترانزستور المجال الوصلي ، منحنيات مصرف ترانزستور المجال الوصلي، ثوابت ترانزستور المجال الوصلي.
22	ثوابت ترانزستور المجال الوصلي (تكملة) ، ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني، منحنيات ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني.
23	ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني التعزيزي، خلاصة،
24	تحليل دائرة FET : الانحياز الذاتي، انحياز ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني.
25	مكبر المنبع المشترك، مكبر المصرف المشترك، مكبر البوابة المشتركة.
26	المقاوم المعتمد على الضوء –الثنائي الباعث للضوء- الثنائي الضوئي- الترانزستور الضوئي- لوحة القطع السبع.
27	الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) – التركيب - الخواص- نظرية العمل، تطبيقات الثايرستور.
28	- الثايرستور المتحكم به ضوئيا- الترياك – الداياك- ديود شوكلي، رمزهم- خواصهم- نظرية عملهم.
29	الدوائر المتكاملة- معناها- مزاياها ومساوئها- مقارنة بينها وبين المكونات المنفصلة- فكرة عن تصنيعها - مكبر العمليات 741 –رمزه- أطراف توصيله- استخداماته.
30	- تطبيقات مكبر العمليات : تكبير الإشارة الصغيرة- جمع الاشارات- طرح الاشارات – مفاضل –مقارن- مكامل-قالب --الخ.

المقررة	نظرية أشباه الموصلات: التركيب الذري - مستويات الطاقة - البلورات - التوصيل في البلورات - تيار الفجوة - كيفية تحرك الفجوات - التطعيم - بلورة موجبة نوع P - بلورة نوع سالبة N تيار الالكترونيات وتيار الفجوات - المقاومة الإجمالية.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

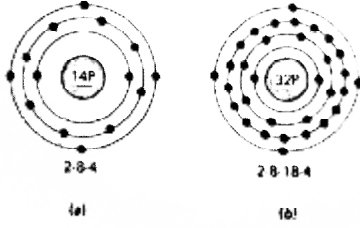
عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يرسم ويشرح التركيب الذري للسليكون والجرمانيوم. 2- يربط التركيب الذري بمستويات الطاقة. 3- يدرك كيفية التوصيل في البلورات. 4- يدرك معنى التطعيم في شبه الموصل. 5- يميز بين تيار الالكترونيات وتيار الفجوات.
--

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- رسم الذرة بشكلها المثالي والحقيقي ثم حساب مدارات ذرة سليكون وجرمانيوم. 2- تحديد مستويات الطاقة لذرة السليكون والجرمانيوم. 3- كيفية اتحاد الذرات في البلورات. 4- وصف التأثير الحراري لذرات شبه الموصل. 5- اسباب تولد تيار الالكترونيات وتيار الفجوات (الحاملات الاقلية)	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- عملية التطعيم وتأثيرها على الحاملات الاكثرية 2- شبه موصل نوع سالب. 3- شبه موصل نوع موجب. 4- وصف النوعين باستخدام مستويات الطاقة.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

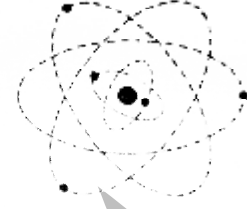
نظرية شبه الموصل :

التركيب الذري:

الذرة بشكلها المثالي عبارة عن نواة ذات شحنة موجبة محاطة بالكترونات سالبة الشحنة. لكن لماذا لا تنجذب الالكترونات وتسقط في النواة ؟
الجواب : وذلك بسبب دوران الالكترونات والذي يكسبها قوة طرد عن المركز يعادل جذب النواة، فيدور الالكترون في مدار مستقر.



شكل (2) (a) ذرة سلكون (b) ذرة



شكل (1) نموذج بوهر

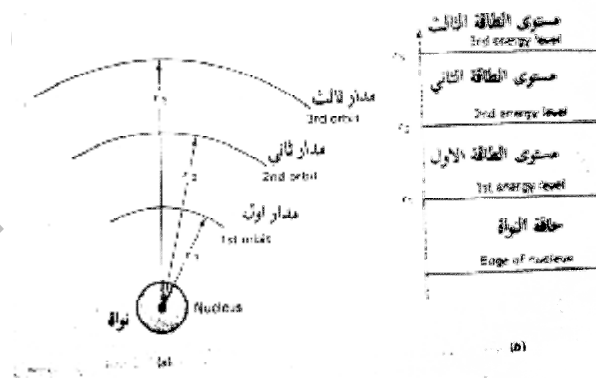
جرمانيوم

الشكل (1) يبين الهيئة الحقيقية للذرة ، لصعوبة تمثيله (المسارات خيالية) يحول الى مسارات مرئية وبمستوى ذو بعدين كما في الشكل المجاور (2).
مثلا ذرة سليكون معزولة ، لها 14 بروتون في نواتها موجبة الشحنة، لذلك تمتلك 14 الكترون سالبة الشحنة في المدارات موزعة كما يلي : 2 في المدار الاول ، 8 في المدار الثاني ، 4 في المدار الاخير والذي يدعى (مدار التكافؤ) وحسب العلاقة التالية :

$$2N^2$$

لذا تدعى (رباعية التكافؤ)

الالكترون يستقر على مدارات معينة ولايستطيع ان يتخذ له اي مدار اخر حول النواة. اذ ان لكل مدار طاقة معينة. لسهولة التصور تحول المدارات المنحنية الى خطوط مستقيمة.

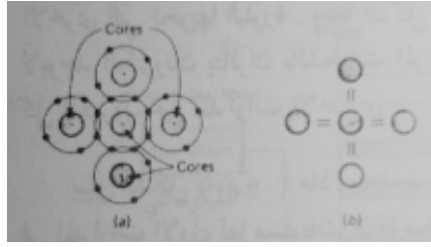


شكل (3) (a) منظر مكبر لذرة (b) مستويات الطاقة

نحتاج الى طاقة لتحريك الالكترون من مدار صغير الى مدار اعلى للتغلب على قوة جذب النواة. عند تسليط طاقة خارجية (اشعاع ، حرارة ، ضوء) يتحرك الالكترون الى مستوى اعلى، ولكن بزوال الطاقة يرتد محررا الطاقة التي اكتسبها.

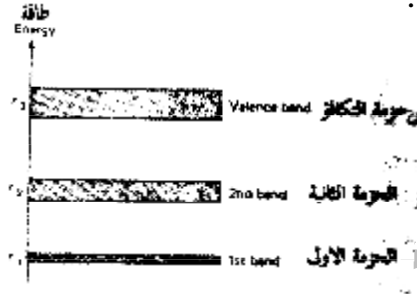
البلورات:

ذرات المادة الصلبة تكون متحدة بشكل مرتب يسمى البلورة، حيث ترتبط الذرات بقوة تدعى الاواصر التساهمية. مثلا السليكون في تركيبه البلوري نلاحظ ان كل ذرة ترتبط مع اربع ذرات مجاورة لها وتشارك معها بالكترون، اي ان مدارها التكافؤي يحوي ثمان الكترونات، هذه الالكترونات مشتركة مع ذرات اخرى بأصرة تساهمية.



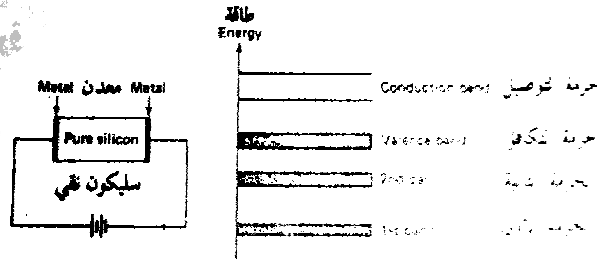
شكل (4) (a) الاواصر التساهمية (b) المخطط التساهمي

- عندما تؤدي طاقة الى انتقال الكترون تكافؤي الى مستوى اعلى يترك محله فجوة (hole).
- الان يوجد عدة مدارات 1 و 2 و 3 ومدارات تكافؤ لانه يوجد اكثر من نواة وتشكل (حزم)، اي ان مدار 1 لالكترون ذرة ليس نفسه مدار 1 لالكترون ذرة اخرى وانما قريب من طاقته. لذلك نحصل على عدة مستويات طاقة متقاربة تسمى حزمة (band).



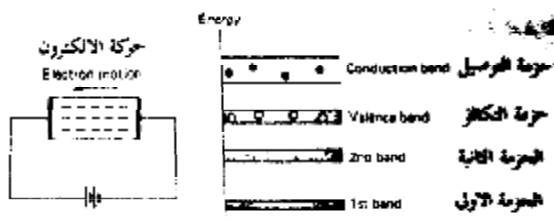
شكل (5) حزم الطاقة

- يوجد حزمة طاقة اعلى من حزمة التكافؤ (هنا 3) تمثل طاقة الالكترونات التي تستطيع الافلات من قوة النوى والحركة بحرية الى الذرات الاخرى (حرة). هذه الحزمة تدعى (التوصيل).
- عند درجة صفر مطلق لاتوجد الكترونات حرة (عازل)، لذلك عند وضع بلورة سليكون في مجال كهربائي لاتتحرك الالكترونات ولكن عند رفع درجة الحرارة تكتسب بعض الكترونات التكافؤ طاقة فتتفصل عن الاصرة تاركة محلها (فجوة) الى حزمة التوصيل، بتأثير المجال الكهربائي تتحرك مكونة تيار.



شكل (6) الدائرة وحزم الطاقة عند درجة حرارة الصفر المطلق

- عند 25°C يتكون تيار صغير القيمة لايمكن الاستفادة منه (تيار الحاملات الاقلية) ولكن البلورة تتصرف كموصل بعد ان كانت عازلا لذا تدعى (شبه موصل).



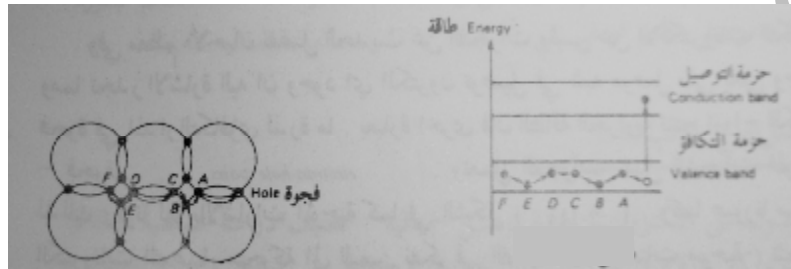
شكل (7) مسرى الالكترون وحزم الطاقة عند درجة حرارة الغرفة.

- الالكترونات الحرة عند $25^{\circ}C$ للسليكون اقل مما للجرمانيوم، لذلك السليكون افضل لانه يمكن استخدامه بدرجات اعلى ، اي بتعبير آخر فان الحاملات الاقلية بسبب الحرارة في السليكون اقل.

- الان يوجد فجوات في حزمة التكافؤ والتي تملأ بتغير طفيف في الطاقة بالكترون تكافؤ مجاور تاركا مكانه فجوة، وهكذا حركة الالكترونات تبين بان الفجوة تتحرك مكونة مايسمى (تيار الفجوة).

- يوجد في شبه الموصل نوعان من التيار (تيار حزمة التوصيل و تيار الفجوة). طالما الطاقة الحرارية موجودة فانه تتولد الكترونات حزمة التوصيل وفجوات مكانها (زوج الكترون فجوة)، لكن مدار حزمة توصيل ذرة قد ينطبق على مدار حزمة تكافؤ ذرة اخرى يؤدي الى (اعادة التحام) الالكترون فجوة.

- زمن البقاء : متوسط الزمن بين ولادة واختفاء زوج الكترون فجوة يتراوح بين عدة نانوثانية الى عدة مايكروثانية.



شكل (8) تيار الفجوة ومخطط الطاقة لتيار الفجوة.

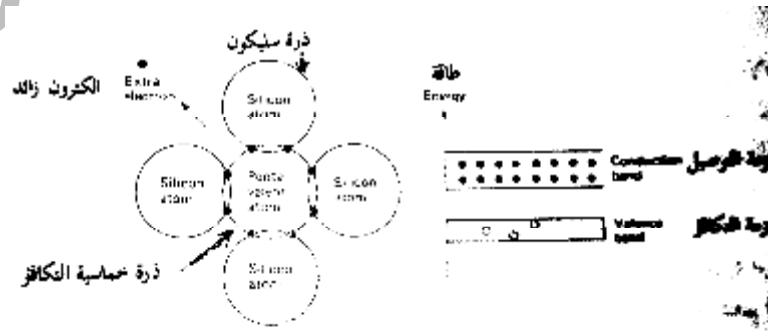
التطعيم :

بلورة شبه موصل التي لم تضاف اليها اي ذرات غريبة تدعى الاصلية (النقية). عند اضافة ذرات مادة اخرى (شوائب) لغرض زيادة الالكترونات او فجوات يدعى شبه موصل مطعم (غير نقي).

- مثلاً باضافة ذرات مانحة (خماسية التكافؤ) مثل الزرنيخ او الفسفور فان اربعة منها تساهم مع اربعة ذرات مجاورة لها ويبقى الكترون زائد ينطلق الى حزمة التوصيل. بالسيطرة على كمية الشوائب نحدد كمية الالكترونات الحرة.

- ازدادت الالكترونات الحرة (تدعى حاملات اغلبية) بسبب الشوائب والحرارة ايضا اما الفجوات فتكون قليلة العدد (حاملات اقلية) بسبب الحرارة فقط.

- تدعى هذه البلورة شبه موصل نوع سالب N-type .



شكل (9) التطعيم بشائبة مانحة

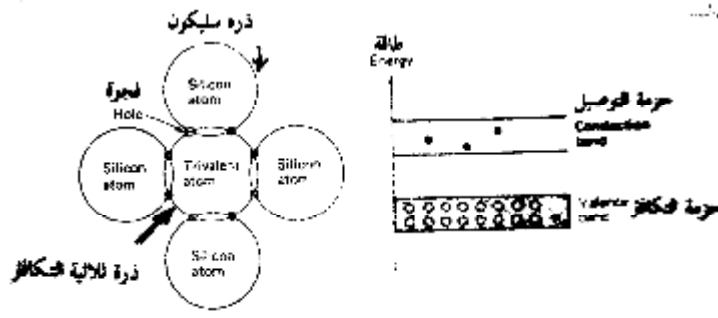
- اما باضافة ذرات قابلة (ثلاثية التكافؤ) مثل الالمنيوم او البورون الى بلورة السليكون فانها تترتب بنفس التركيب الذري للسليكون فترتبط الكترونات التكافؤ مع الكترونات تكافؤ ثلاث ذرات مجاورة لها. اما الذرة الرابعة فتبقى ناقصة الارتباط مكونة فجوة تكافؤ.



شكل (10) فجوة وأصرة ممزقة

- نلاحظ وجود فجوات كثيرة في حزمة التكافؤ (حاملات اقلية) نتيجة الشوائب والحرارة. ووجود الكترونات حرة قليلة في حزمة التوصيل (حاملات اقلية) نتيجة الحرارة.

- تدعى هذه البلورة شبه موصل نوع موجب P- type .



شكل (11) التطعيم بشائبة قابلة

ثنائيات أشباه الموصلات-وصلة PN-تكوين منطقة الإخلاء- الجهد الحاجز- تل الطاقة- التأثيرات الحرارية- الثنائي المنحاز- الانحياز الأمامي- الانحياز العكسي- تيار العبور الزائل- تيار حاملات الأقلية – تيار التسرب أسمىاحي- جهد الانكسار- جهد الانهيار.	المقررة
	المضافة

اهداف المحاضرة العامة :

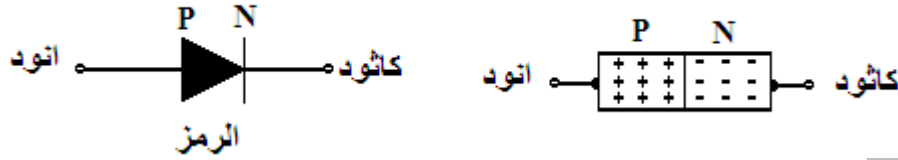
<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يتمكن من ادراك كيفية تكوين بلورة ثنائي والعمليات الفيزيائية التي ترافقها.</p> <p>2- يحسب التأثيرات الحرارية على معاملات الثنائي.</p> <p>3- يرسم الثنائي بصيغة مستويات الطاقة.</p> <p>4- يبين كيفية انحياز الثنائي بنوعيه ويصف التيارات والفولتيات المتولدة.</p>

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويحيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- كيف يتم تكوين بلورة الثنائي، رمز الثنائي. 2- معنى الوصلة. عملية الانتشار. 3- تولد طبقة الاستنزاف والجهد الحاجز. 4- التأثير الحراري على الجهد الحاجز. 5- الوصف بمستويات الطاقة وتولد تل الطاقة.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الانحياز الامامي والعكسي. 2- شرح انواع التيارات عند الانحياز العكسي. (العبور الزائل+ الحاملات الاقلية + التسرب السطحي) 3- شرح فولتية الانكسار	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

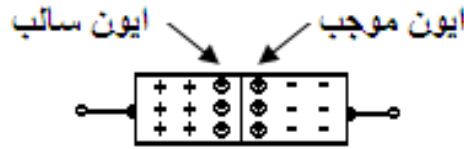
Diode

الثنائي شبه الموصل :

- قطعة بلورة نقية يطعم احد نصفها بشوائب مائحة فيصبح نوع N والنصف الآخر بشوائب قابلة فيصبح نوع P.
- ملتقى المنطقة من النوع الموجب مع المنطقة من النوع السالب يدعى الوصلة PN (PN Junction) والبلورة تدعى ثنائي الوصلة.
- الجهة P تمتلك فجوات ، والجهة N الكثرونات كحاملات اقلية.
- الجهة P تمتلك الكثرونات، والجهة N فجوات كحاملات اقلية.



- البلورة تحاول ان تكون متعادلة ، لذلك تتحرك الالكترونات من الجهة N الى الجهة P عبر الوصلة بعملية تدعى (الانتشار)، لكن سرعان ماتسقط في فجوة بالجهة P في عملية اعادة التحام مسببة ايونا موجبا في الجهة N وسالبا في الجهة P.



- يبدأ الانتشار من الالكترونات والفجوات التي اقرب ماتكون الى الوصلة.
- بزيادة الانتشار تزداد الايونات على الطرفين وتقل الشحنات المتحركة فتولد طبقة خالية من الشحنات تسمى طبقة الاخلاء (Depletion Layer) او الاستنزاف.
- هل تتوقف عملية الانتشار ام تستمر ؟

تتوقف والسبب التالي:

- تولد مجال بين الايونات الموجبة والسالبة عبر الوصلة مسببا جهدا كهربائيا يزداد بزيادة الانتشار الى الحد الذي يجعل الجهة السالبة بدرجة تتنافر منها الالكترونات القادمة من (N). هذا الجهد يدعى (الجهد الحاجز) (Barrier Potential) [V_B].

- $25^{\circ}C$ عند يساوي للسليكون $0.7 V$ وللجرمانيوم $0.3 V$.
- $2.5 mV$ الجهد الحاجز يقل بمقدار لكل زيادة درجة مئوية واحدة.

$$DV = - 0.0025 DT$$

علامة السالب دلالة على النقصان.

مثال :

احسب الجهد الحاجز لثنائي سليكون عند حرارة 85 درجة مئوية.

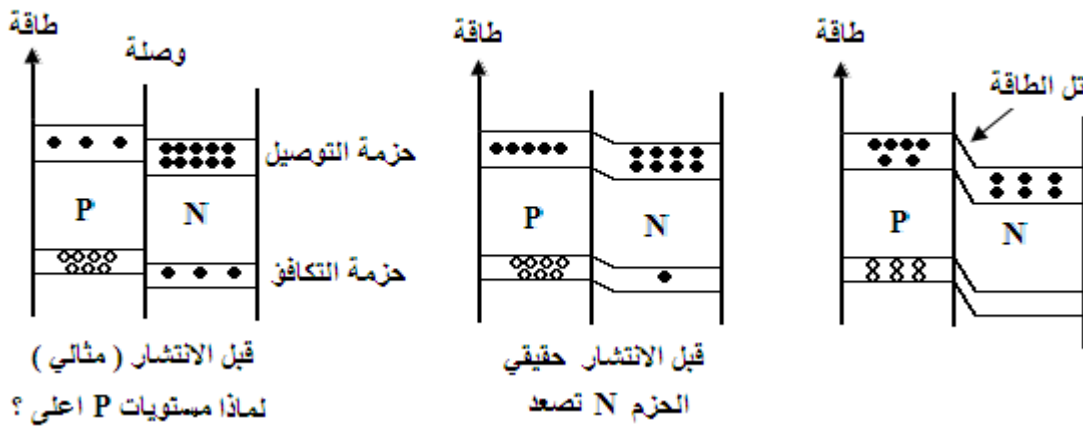
الحل :

$$DV = - 0.0025 DT = - 0.0025(85 - 25) = - 0.15 \text{ V}$$

$$V_2 = V_1 - DV = 0.7 - 0.15 = 0.55 \text{ V}$$

Energy Hill

تل الطاقة :



ترتفع حزمة التوصيل عند سقوط الكترون حر من N في حزمة تكافؤ P .
لايستطيع الالكترون عبور هذا التل مالم تاتيئه طاقة من مصدر خارجي.

Forward Biase

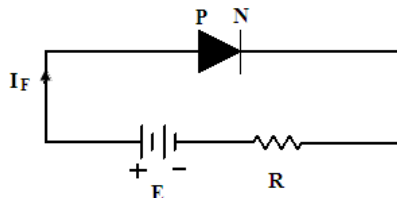
الانحياز الامامي:

لايسري تيار في الثنائي غير المربوط عليه مصدر (غير منحاز) بسبب الجهد الحاجز (تل الطاقة) ،
ولكن يسري عند تخفيض هذا الجهد والتغلب عليه.

- يتم ذلك بربط الطرف السالب لمصدر بالجهة N والموجب بالجهة P .
نلاحظ ان البطارية E تعاكس اتجاه الجهد الحاجز والذي يعمل على خفضه.
الطرف السالب للبطارية يعمل على زيادة تنافر الالكترونات من الجهة N نحو الوصلة والتي تتمكن بعضها من العبور تاركة ايونات موجبة.

- كل الكترون يعبر ياتي بدله الكترون من البطارية ليحل محله يسحبه ايون موجب في الجهة اليمنى للجهة N.
الالكترون العابر يلتحم بفجوة فيترك الكترون من النهاية اليسرى للجهة P الى البطارية ليولد فجوة بدلها

تتحرك الى اليمين نحو السالب، فيظهر بان سريان الشحنات مستمر (I_F) ومتفق على اتجاهه عكس
الالكترونات يدعى بالتيار الامامي لان الربط يدعى انحياز امامي. لكن لايمكن زيادة E الى القيمة
التي تلغي الجهد الحاجز لانه التيار يتزايد مسببا حرارة في الوصلة تتلف الثنائي، لذلك توضع مقاومة للحد من
قيمة التيار.



الانحياز العكسي : Reverse Biase

ويتم بقلب قطبي المصدر للدائرة السابقة.

المجال الخارجي بنفس اتجاه مجال الجهد الحاجز مما يعمل على تقويته، اي يرتفع الجهد الحاجز فلا يستطيع الالكترونون من العبور. ومن جهة اخرى فان الحاملات الاغلبية للجهتين تتجذب نحو نهايتي البلورة تاركة اياها نحو المصدر.

ولكن يمكن قياس تيار في الاتجاه العكسي ؟

نعم يوجد تيار قليل وهو حصيلة ثلاث مركبات:

1- تيار العبور الزائل:

هو التيار الناتج قبل واثناء توسع طبقة الاستنزاف نتيجة حركة الالكترونات والفجوات باتجاه المصدر، ولكن يصبح صفرا عند ثبوت طبقة الاستنزاف بعد تساوي الجهد الحاجز للجهد الخارجي E .

2- تيار الحاملات الاقلية:

تيار صغير ناتج من الحاملات الاقلية داخل طبقة الاستنزاف بسبب الحرارة، حيث قد يمكنها عبور الوصلة. ان المجال الخارجي يساعد الالكترونون في الجهة P لعبور الوصلة واعادة الالتحام في الجهة N . فيغادر الطرف N الكترون الى المصدر في نهاية البلورة الايمن، اما الفجوة فتندفع الى اليسار مرغمة الكترون للدخول في النهاية اليسرى.

اذن هناك تيار صغير مستمر في الدائرة الخارجية يسمى تيار التشبع العكسي (I_s) اي انه يعتمد على الحرارة وليس له علاقة بالفولتية العكسية لمقدار معين.

يتضاعف (I_s) لكل عشرة درجات مئوية. في السليكون تتولد حاملات اقلية اقل مما للجرمانيوم،

لذلك I_s اقل بكثير من الجرمانيوم.

3- تيار التسرب السطحي :

السبب الحقيقي له غير معروف تماما، ولكن هذا احد التفسيرات المقنعة له:

بسبب عدم كمال السطح، فان الذرات العليا للبلورات السطحية لاتلاقي فوقها ذرات اخرى ترتبط معها، اي ان اواصرها التساهمية ممزقة، وفيها فجوات وهذا يكون على طول سطح البلورة لذلك فانه تستطيع الكترونات قادمة من المصدر ان تنقل خلال هذه الفجوات الى الطرف الثاني للمصدر.

فولتية الانكسار: Break-Down Voltage

لو استمرت زيادة الفولتية العكسية سوف تصل اخيرا الى قيمة نلاحظ بان التيار يزداد بشدة. هذه الفولتية

تدعى فولتية الانكسار او الانهيار. لماذا ؟

- عند جهد عالي فان الالكترونات الاقلية تزداد سرعتها بحيث ان تصادمها بذرات اخرى في طريق حركتها يكون من القوة بحيث يستطيع فصل الكترون منها والتي بدورها يحرر الكترون آخر وهكذا مما يزيد كثافة الالكترونات وتتسارع بفعل زيادة المجال مما يزيد الحاملات الاقلية والتوصيل يصبح غزيرا. تكون عادة اكثر من 50 فولت لثنائيات التقويم (سيتم شرحها لاحقا).

اذن الثنائي المنحاز اماميا يوصل بسهولة والمنحاز عكسيا يوصل بضعف.

المقررة	منحنيات الخواص في الاتجاهين الأمامي والعكسي -- أعظم تيار إمامي- أعظم فولتية عكسية ، الدوائر المكافئة للثنائي.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يرسم خواص الثنائي ويحدد عليها المعاملات المختلفة 2- يحسب المقاومة الامامية والعكسية والاجمالية 3- يحدد اقصى فولتية عكسية PIV 4- يعوض رمز الثنائي بالدوائر المكافئة
--

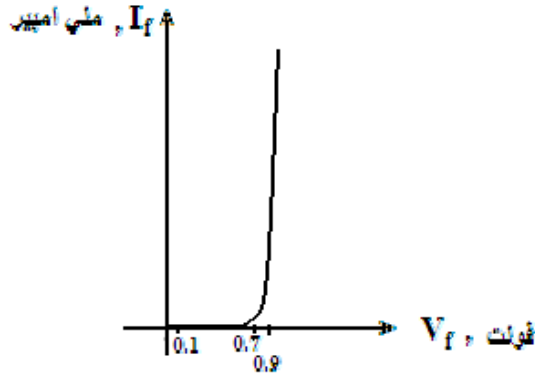
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- رسم المنحني الامامي للثنائي 2- رسم المنحني العكسي للثنائي 3- أعظم تيار إمامي 4- أعظم قدرة يتحملها الثنائي 5- اقصى فولتية عكسية	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- المقاومة المستقرة الامامية والعكسية 2- المقاومة الحركية او الاجمالية 3- الدوائر المكافئة للثنائي (تقارب الثنائي) 4- حل مسائل حسابية للتقارب ولحساب المقاومة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

خواص الثنائي :

ويقصد بها كيفية تغير التيار في دائرة ثنائي منحاز بتغير الفولتية بين قطبيه.

المنحني الامامي للثنائي (الخواص الامامية):

كلما ازدادت الفولتية المسلطة ، زاد تيار الثنائي. مثلا للسليكون تكون العلاقة غير خطية مثل المقاومة اي ان الثنائي مثل مقاومة متغيرة مع تغير الفولتية.
في البداية لا يوصل الثنائي بشكل جيد حتى التغلب على الجهد الحاجز 0.7 V . عند الاقتراب من 0.7 V تبدأ الالكترونات من N والفجوات من P بعبور الوصلة باعداد كبيرة، حيث انه بزيادة مقدارها 0.1 V نلاحظ حدوث زيادة كبيرة للتيار. الفولتية التي يبدأ التيار عندها بالزيادة الشديدة يدعى فولتية المفصل او الانحناء Knee voltage تقريبا تساوي 0.7 V للسليكون اما للجرمانيوم فتكون تقريبا 0.3 V .

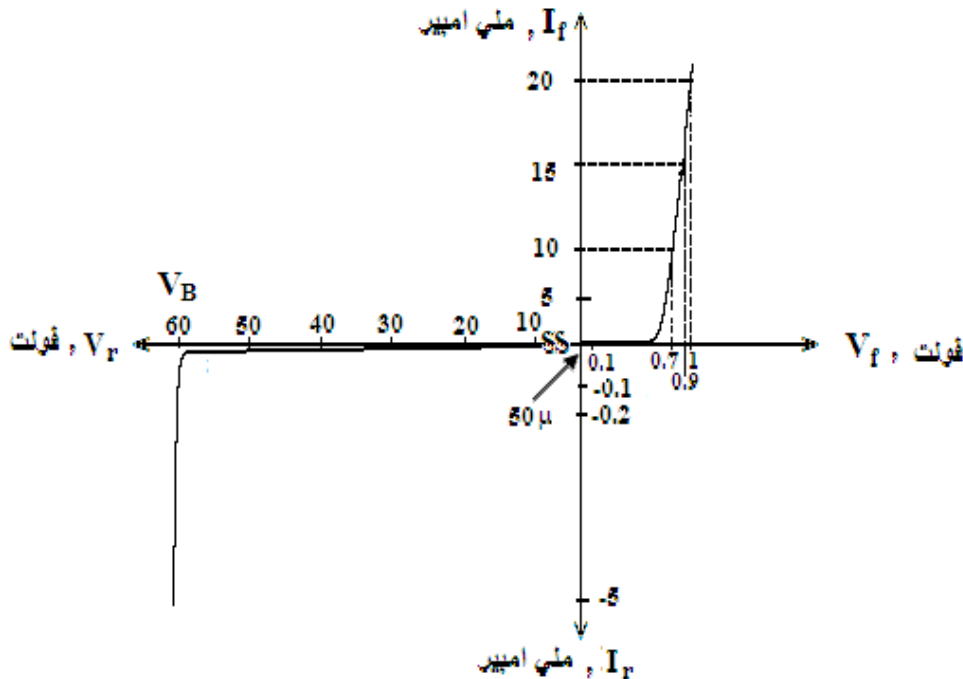


- الفولتية متغير مستقل (المحور السيني)
- التيار متغير معتمد (المحور الصادي)

الخواص العكسية:

نحصل على تيار صغير جدا هو مجموع تيار التشبع العكسي و تيار التسرب السطحي و تيار العبور الزائل

- يكون تيار التشبع العكسي هو اكثر تاثيرا والذي يعتمد على الحرارة (يزداد بزيادتها) حتى نصل الى V_B حيث يزداد بشدة.
- ولكن الخصائص ترسم على نفس الاحداثيات، نختار الاحداثيات الموجبة للامامي والسالبة للعكسي.



يذكر في استمارة المعلومات، أقصى تيار يستطيع الثنائي تحمله دون ان يقصر عمره او يضعف خصائصه يدعى $(I_{F \max})$ وذلك لان التيار العالي يسبب حرق الثنائي حتى الاقتراب منه يقصر عمر الثنائي ويضعف صفاته.

- مثلا الثنائي $1N456 = 135 \text{ mA}$

وغالبا مايعطي في المواصفات (P_{\max}) : و تمثل اقصى قدرة يتحملها الثنائي دون ان يحترق ومنها يمكن معرفة $(I_{F \max})$ لان القدرة تساوي التيار مضروبا في الفولتية.

PIV : $(Peak \ Inverse \ Voltage)$ اقصى مايتحملة الثنائي من فولتية في الاتجاه العكسي دون حدوث الانكسار (فولتية الذروة العكسية).

- من خواص الثنائي نلاحظ انها تختلف كثيرا عن خواص المقاومة الخطية ، حيث انه يبدي مقاومة غير خطية تتغير قيمتها مع تغير الفولتية او التيار.

- كما يمكن الاستنتاج بانه يوصل التيار في الاتجاه الامامي ويمنعه في الاتجاه العكسي.

- المقاومة المستقرة الامامية (R_f) وتحسب كما يلي:

$$R_f \Big|_{V_f = 0.7} = \frac{0.7}{10 \text{ mA}} = 70 \text{ W}$$

- المقاومة المستقرة العكسية (R_r) وتحسب كما يلي :

$$R_r \Big|_{V_r = -40V} = \frac{40}{50 \text{ nA}} = 800 \text{ MW}$$

- عند تسليط اشارة متناوبة (ac) للثنائي كما في اغلب التطبيقات فان مقاومته تتغير بتغير الفولتية، لذلك لايمكن تطبيق المعادلة السابقة لحساب المقاومة.

وتحسب كما يلي :

$$r_B = \frac{D V}{D I}$$

حيث ان r_B = المقاومة الحركية او المقاومة الاجمالية.

$D V$ = التغير في الفولتية المتناوبة عبر الثنائي.

$D I$ = التغير الحاصل في التيار نتيجة تغير الفولتية.

- كما r_B يمكن حساب من العلاقة التالية :

$$r_B = r_n + r_p$$

حيث r_B تمثل مقاومة المنطقة n .

r_p تمثل مقاومة المنطقة p .

- كما يمكن حساب r_B من المعادلة التالية :

$$r_B = \frac{1 - 0.7}{I_F} = \frac{0.3}{I_F} \quad \text{للسليكون}$$

$$r_B = \frac{1 - 0.3}{I_F} = \frac{0.7}{I_F} \quad \text{للجرمانيوم}$$

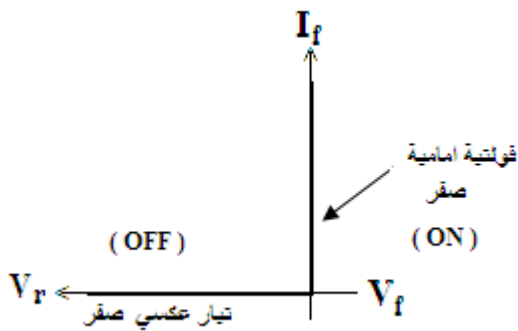
حيث ان I_F تمثل قيمة التيار الامامي المستمر عند فولتية (1 V) عبر الثنائي.

الدوائر المكافئة للثنائي :

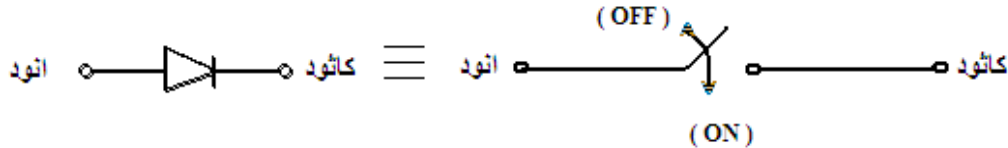
1- الثنائي المثالي:

عند الانحياز الامامي يوصل بشكل كامل (فرق الجهد عليه صفر والتيار اعلى قيمة) وهذا يمكن تشبيهه بمفتاح مغلق (بوضع ON).

- عند الانحياز العكسي، يكون عازل كامل (قيمة التيار صفر مهما زادت الفولتية) وهذا يمكن تشبيهه بمفتاح مفتوح (بوضع OFF).



- الثنائي يعتبر مثالي اذا كانت فولتية المصدر اكثر بكثير من الجهد الحاجز ومقاومة الحمل اكثر بكثير من مقاومة الثنائي.

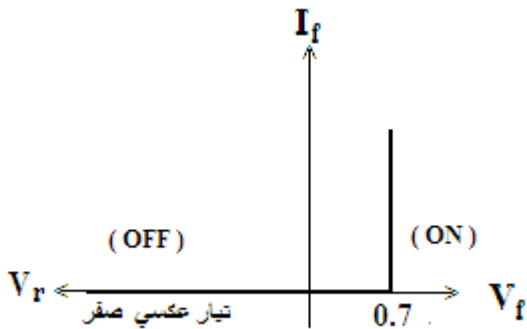


2- التقريب الثاني :

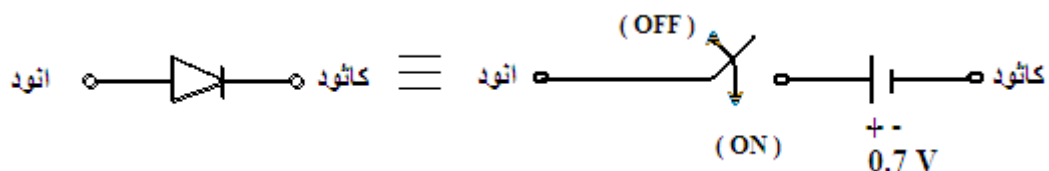
عند الانحياز الامامي يوصل بشكل كامل عند الجهد الحاجز، وذلك بعد التغلب على الجهد الحاجز.

- عند الانحياز العكسي يكون عازل كامل.

- وهذا يعني اذا ارغمت دائرة خارجية لأمرار تيار بنفس اتجاه سهم الثنائي فان فولتية الثنائي تكون 0.7 V والمفتاح بوضع مغلق.



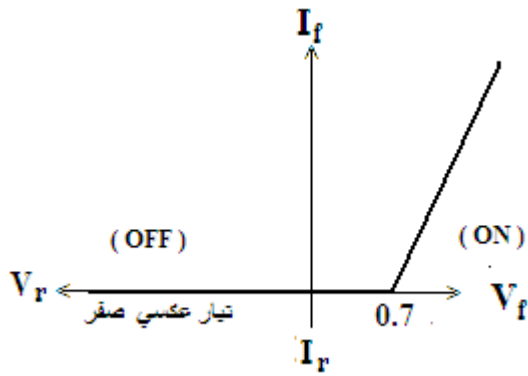
- يستعمل هذا التقريب عندما تكون فولتية الادخال قريبة من الجهد الحاجز للثنائي ومقاومة الحمل اكثر بكثير من مقاومة الثنائي.



3- التقريب الثالث :

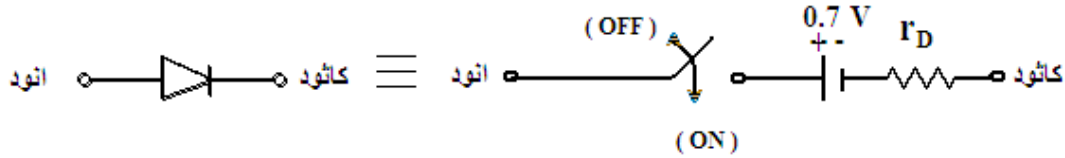
المقاومة r_B تؤخذ بنظر الاعتبار ويمكن ان نرمز للمقاومة بـ r_D .

- عند الجهد الحاجز (0.7 V) فان التيار لايزداد بشكل فجائي وانما مروره يسبب هبوط جهد عبر المقاومة، فانه كلما يزداد هذا التيار فان هبوط الجهد يزداد.



$$V_f = 0.7 + I_f r_D$$

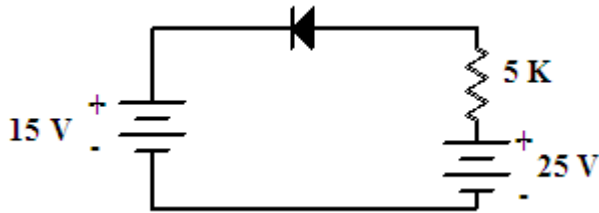
- يستعمل التقريب الثالث عندما تكون مقاومة الحمل قريبة من مقاومة الثنائي، والفولتية المسلطة قريبة من الجهد الحاجز.



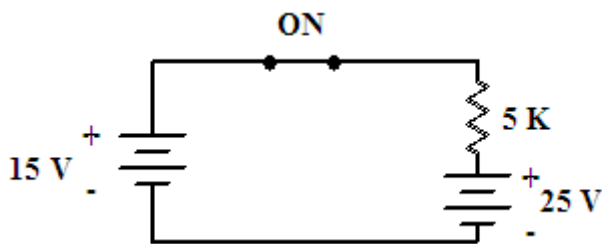
امثلة :

5 kW

مثال 1: للثنائي المبين، احسب التيار في المقاومة عند التقريب المثالي.



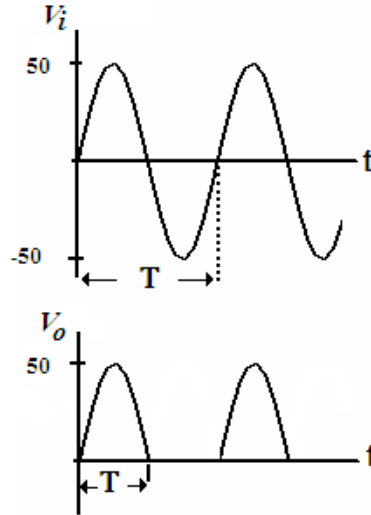
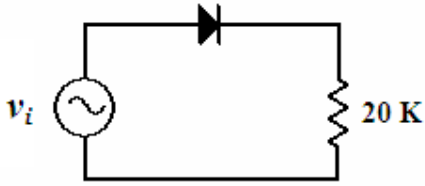
الحل : 25 V + على الانود و 15 V + على الكاثود اقل ايجابية ، اي ان الثنائي في حالة انحياز امامي. وبما انه مثالي فيتحول الى مفتاح بوضع ON .



$$I = \frac{(25 - 15)}{5 \text{ KW}} = 2 \text{ mA}$$

مثال 2 : اذا كان الثنائي مثالي ، -1 ارسم شكل موجة

2- احسب ذروة التيار (i_p) الامامي



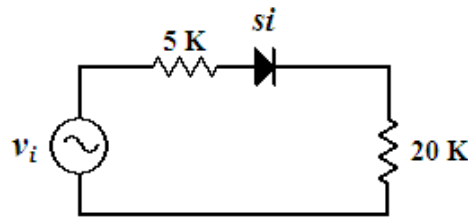
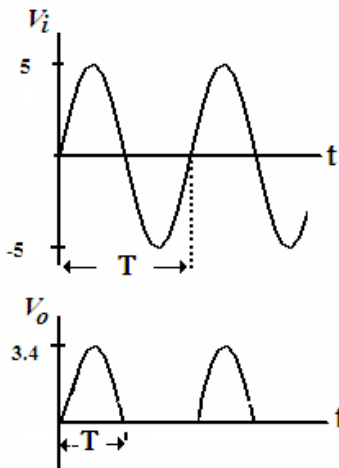
الحل : 1-

$$I_p = \frac{50 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega} = 2.5 \text{ mA}$$

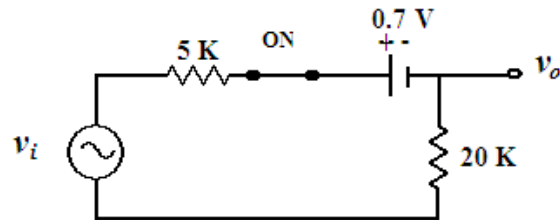
2-

مثال 3 : استخدم التقريب الثاني ، -1 لحساب ذروة التيار الامامي للشكل.

2- وارسم شكل موجة الاخراج.



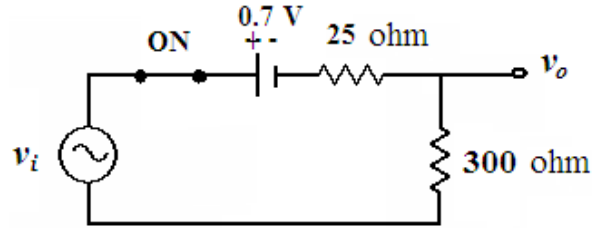
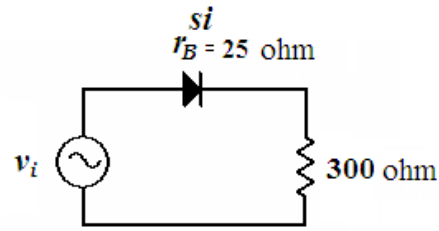
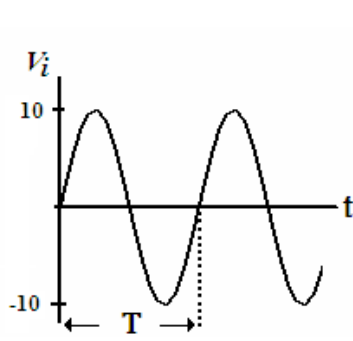
الحل :



$$I_p = \frac{(5 - 0.7) \text{ V}}{(20 + 5) \text{ k}\Omega} = \frac{4.3}{25} = 0.172 \text{ mA}$$

$$V_{op} = 0.172 \text{ mA} \times 20 \text{ k}\Omega = 3.4 \text{ V}$$

مثال 4 : استخدم التقريب الثالث (i_p) لحساب الامامي، مامقدار فولتية الذروة عبر (300 W) المقاوم



الحل:

$$I_P = \frac{(10 - 0.7) \text{ V}}{(300 + 25) \Omega} = \frac{9.3}{325} = 28.6 \text{ mA}$$

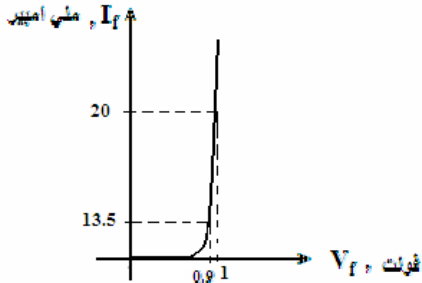
$$V_{op} = 28.6 \text{ mA} \times 300 \Omega = 8.5 \text{ V}$$

مثال 5 : ثنائي سليكون له تيار امامي مقداره (30 mA) عند (1 V)، مامقدار المقاومة الاجمالية التقريبية له ؟

$$r_B = \frac{(1 - 0.7) \text{ V}}{(30) \text{ mA}} = \frac{0.3}{30} = 10 \Omega$$

الحل:

مثال 6: من المنحني، احسب المقاومة الاجمالية .



$$r_B = \frac{V}{DI} = \frac{(1 - 0.9) \text{ V}}{(20 - 13.5) \text{ mA}} = \frac{0.1}{8.5} = 15 \Omega$$

الحل:

مثال 7 اذا كانت مقاومة المنطقة p (5Ω) ومقاومة المنطقة n (3Ω)، مامقدار المقاومة الاجمالية ؟

$$r_B = r_p + r_n = 5 + 3 = 8 \Omega$$

الحل:

المقررة	الثاني كمود للتيار- موحد نصف الموجه- القيمة الفعالة- القيمة المستمرة للتيار وحسابها- تردد الخرج - توحيد الموجة الكاملة- باستخدام محولة تفرع وسطي
المضافة	

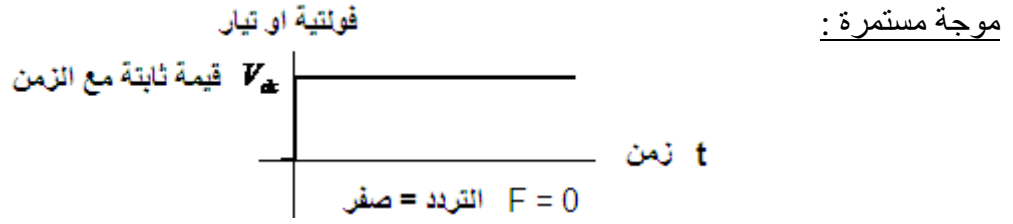
اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يصمم دائرة موحد نصف موجة ربط مباشر الى المصدر وربط خلال محولة 2- يكتب ويحفظ ويطبق المعادلات الرياضية لحساب متغيرات موحد نصف الموجة 3- يصمم دائرة موحد موجة كاملة نوع محولة تفرع وسطي 4- يكتب ويحفظ ويطبق المعادلات الرياضية لحساب متغيرات موحد نصف الموجة

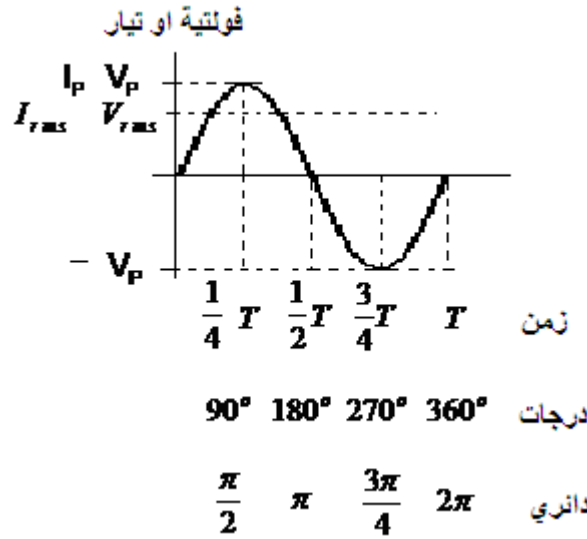
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويخلص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- رسم موجة مستمرة وموجة جيبية مع تحديد المعاملات وكتابة المعادلات 2- استخدام الثاني كمود نصف موجة، شرح عمل الدائرة 3- رسم موجتي الادخال والايخارج 4- المعادلات لحساب الفولتية المستمرة والتيار المستمر والتردد و PIV والقدرة والكفاءة وعامل الترموج 5- حل مسألة حسابية للنوع اعلاه ومسألة واجب بيتي	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- استخدام المحولة مع موحد نصف موجة 2- حساب قيمة الذروة للمصدر والفولتية الثانوية للمحولة 3 - استخدام الثاني كمود موجة كاملة نوع محولة تفرع مركزي 4- المعادلات لحساب الفولتية المستمرة والتيار المستمر والتردد و PIV والقدرة والكفاءة وعامل الترموج	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الموحدات (المعدلات ، المقومات) : Rectifiers

الكثير من الاجهزة الالكترونية (المكونات الفعالة) تحتاج الى فولتية مستمرة (DC) لتغذيتها بما يحتاجه من قدرة، وتعتبر البطاريات انقى المصادر للتيار المستمر.



سلبياته انه ينفذ وباجة الى تبديل مستمر. لذلك يستوجب الحصول على قدرة مستمرة من مصدر قدرة متناوبة (AC) موجة جيبية :



$$v_i = V_p \sin \omega t$$

$$i = I_p \sin \omega t$$

$$(\omega = 2\pi f)$$

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

$$(p = 301416)$$

π يمثل ثابت نسبة المحيط الى القطر

$$V_{rms} = 0.707 V_p \text{ ® } V_p = \frac{V_{rms}}{0.707} = 1.414 V_{rms} = \sqrt{2} V_{rms}$$

$$I_{rms} = 0.707 I_p \text{ ® } I_p = \sqrt{2} I_{rms}$$

$$V_{pp} = 2 V_p$$

$$I_{pp} = 2 I_p$$

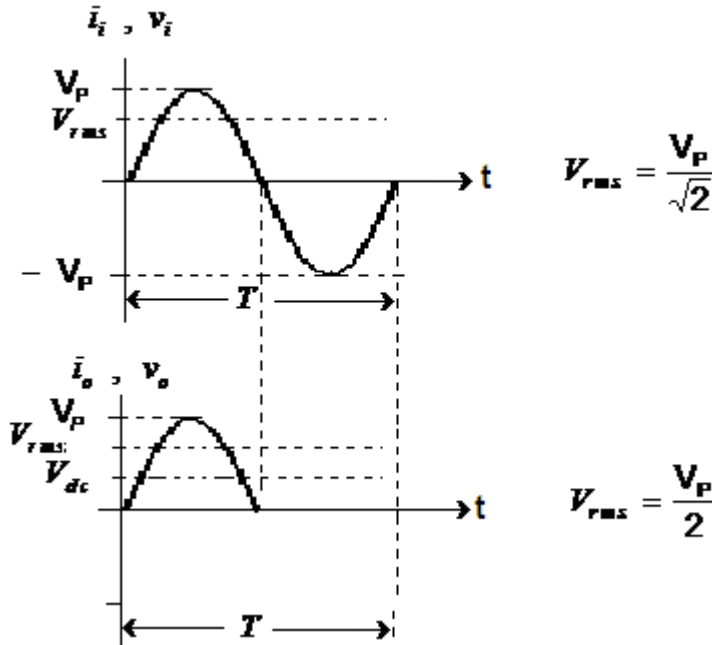
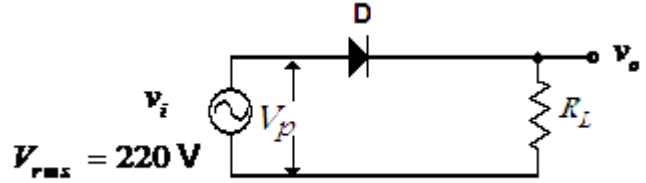
نلاحظ ان الموجة الجيبية لاتحوي مركبة (DC) لان المقدار الموجب يساوي المقدار السالب فتكون المحصلة صفر.

نستفاد من خاصية الثنائي للتوصيل في الاتجاه الامامي فقط للحصول على فولتية او تيار مستمر من المتناوب حيث يحولها الى موجة باتجاه واحد فقط (الموجب او السالب) اي تحوي على مركبة (DC) وهذه العملية اهم خاصية للثنائي وتسمى التوحيد او التقويم او التعديل (Rectification).

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{V_p}{p} = 30\% V_p$$

$$I_{dc} = I_{av} = \frac{I_p}{p} = \frac{V_{dc}}{R_L}$$

$$PIV = V_p \text{ (when diode is OFF)}$$



نلاحظ ان المركبة المستمرة قليلة جدا نسبة الى المتناوبة، لذلك لاتصلح في كثير من التطبيقات وانما تستعمل في اماكن خاصة مثل شحن البطاريات.

- كثير من الاجهزة تغذى عن طريق محولة لاسباب التالية:

- 1- لغرض السيطرة على قيمة الفولتية المسلطة (تخفيض).
- 2- لعزل الدائرة عن خط القدرة.

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

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{p}, I_{dc} = \frac{I_m}{p} = \frac{V_{dc}}{R_L}$$

$$PIV = V_m$$

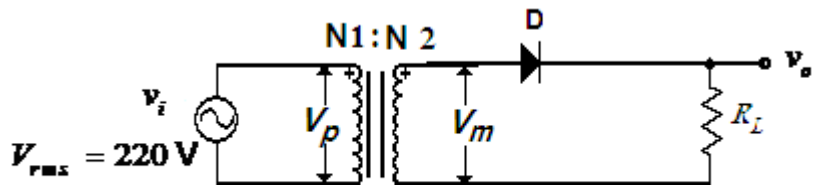
$$F_o = F_{in}$$

$$P_{ac} = \frac{V_m^2}{4(R_L + r_D)}$$

$$P_{dc} = \frac{V_m^2}{p^2 R_L}$$

$$\eta \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} * 100\% = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 40.6 \%$$

$$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = \frac{I_r}{I_{dc}} = 1.21$$



القدرة المتناوبة

القدرة المستمرة

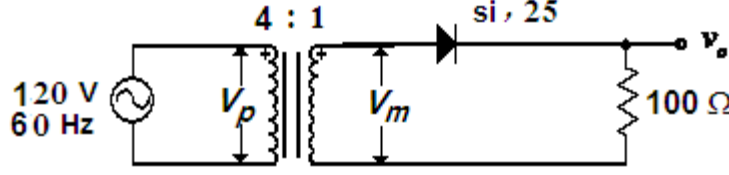
الكفاءة

عامل التمدد

مثال : للدائرة التالية :

- 1- احسب V_{dc} , I_{dc} , PIV , P_{ac} , P_{dc} , $X\%$, $r.f$
 2- اذا كانت $V_B = 60 \text{ V}$, $I_{F \max} = 180 \text{ mA}$, هل يصلح الثنائي المستخدم

للتقويم.



$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} = 1.414 * 120 = 168 \text{ V}$$

$$V_m = V_p * \frac{N_2}{N_1} = 168 * \frac{1}{4} = 42 \text{ V}$$

$$V_{dc} = \frac{V_m}{p} = \frac{42}{3.14} = 13.7 \text{ V}$$

$$I_{dc} = \frac{I_m}{p} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{13.7}{100} = 137 \text{ mA}$$

$$PIV = V_m = 42 \text{ V}$$

$$F_o = F_{in} = 60 \text{ Hz}$$

$$P_{ac} = \frac{V_m^2}{4(R_L + r_D)} = \frac{(42)^2}{4(100 + 25)} = \frac{1764}{500} = 3.53 \text{ W}$$

$$P_{dc} = \frac{V_m^2}{p^2 R_L} = \frac{(42)^2}{(3.14)^2 * 100} = \frac{1764}{987} = 1.79 \text{ W}$$

$$X \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} * 100\% = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 40.6 \% = \frac{100 + 25}{100} * 40.6 = 50.8 \%$$

$$\text{or } X \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} * 100\% = \frac{1.79}{3.53} * 100\% = 50.7 \%$$

$$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = \frac{I_r}{I_{dc}} = 1.21$$

2- نعم يصلح لان :

$$I_{dc} (137 \text{ mA}) \quad \hat{a} \quad I_{F \max} (180 \text{ mA})$$

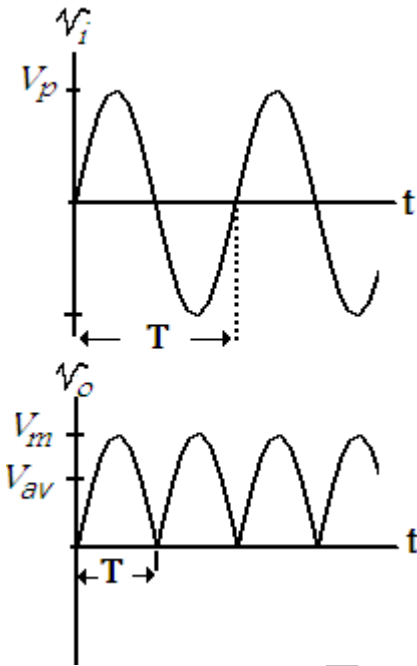
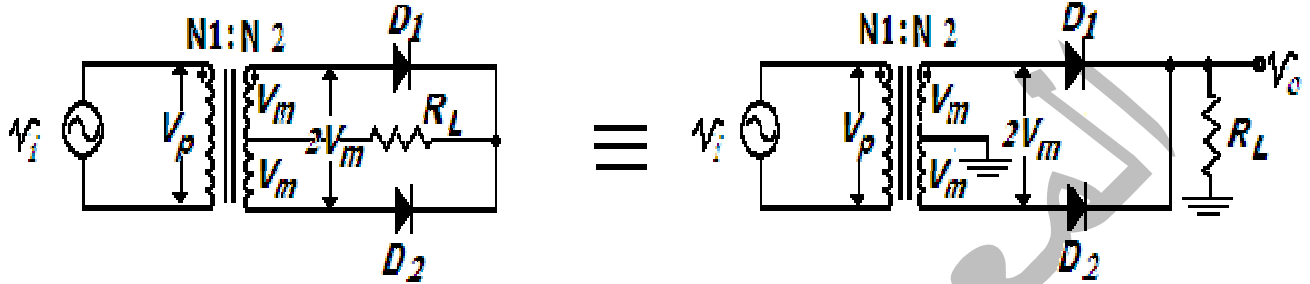
$$PIV (42 \text{ V}) \quad \hat{a} \quad V_B (60 \text{ V})$$

واجب : دائرة الكترونية مقاومة ادخالها 500 اوم تحتاج الى فولتية مستمرة (+ 12 فولت) لتغذيتها .
 صمم مقوم نصف موجة بين المصدر المتوفر 120 فولت و 60 هرتز والدائرة .

الجواب: المحولة $\frac{N_1}{N_2} = 6.37$ و مواصفات الثنائي كما يلي: $V_B \approx 37.68 \text{ V}$ و $I_{F \max} \approx 24 \text{ mA}$

دائرة تقويم موجة كاملة ذات محولة تفرع مركزي (وسطي): The Center- Tapped Full- Wave Rectifier

من صفات المحولة ذات التفرع المركزي انها تولد فولتية ثانوية بفرق طور لنصفي الملف الثانوي بمقدار 180 درجة. حيث يتولد على طرفي كل نصف للملف الثانوي فولتية (V_m) فتكون الفولتية على طرفي الملف الثانوي ($2V_m$).

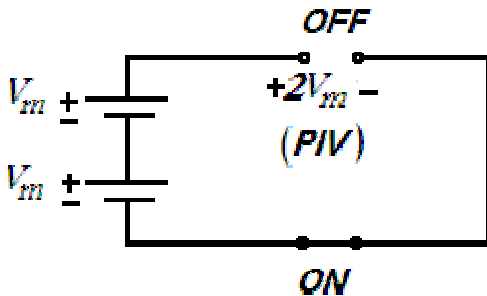


عند النصف الموجب للدخال فان D_1 يصبح بوضع (ON) و D_2 بوضع (OFF) والتيار يسري عبر R_L بالاتجاه نحو نقطة التفرع الوسطي للملف الثانوي للمحولة.

عند النصف السالب للدخال فان D_1 يصبح بوضع (OFF) و D_2 بوضع (ON) والتيار يسري عبر R_L بالاتجاه نحو نقطة التفرع الوسطي للملف الثانوي للمحولة.

اي ان اتجاه التيار يكون نفسه في الفترتين للدخال. ويكون شكل موجة فولتية الاخراج كما مبين:

من موجة الاخراج نلاحظ ان القيمة الفعالة (مساحة المنحني) تكون ضعف ما هو عليه لاجراج موحد نصف الموجة.



كما مبين في الشكل المجاور، عند الانحياز العكسي لاي ثنائي فانه يكون مسلط عليه فولتية مقدارها $2V_m$:

نلاحظ انه في هذا النوع من المقومات يستوجب استخدام محولة.

المقررة	توحيد الموجة الكاملة باستخدام محولة تفرع وسطي (تكملة)، توحيد الموجة الكاملة - باستخدام الموحد القنطري-حساب القيم المستمرة والفعالة للجهود والتيارات-تردد الخرج.مقارنة بين توحيد نصف الموجة والموجة الكاملة -مقارنة بين موحدات الموجة الكاملة
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يستخدم المعادلات الرياضية لموحد موجة كاملة نوع التفرع الوسطي في التصميم. 2- يبني دائرة موحد موجة كاملة نوع القنطري. 3- يستخدم المعادلات الرياضية لموحد موجة كاملة نوع القنطري في التصميم. 4- يقارن بين انواع الموحدات.
--

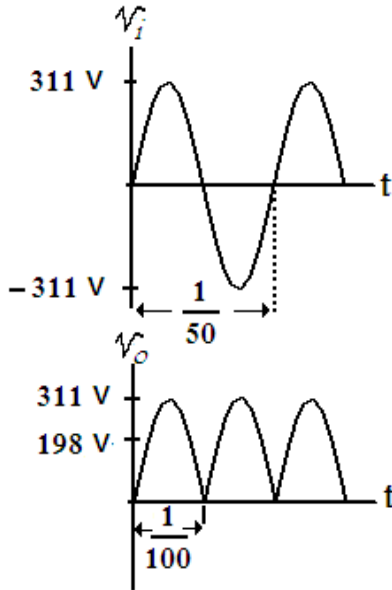
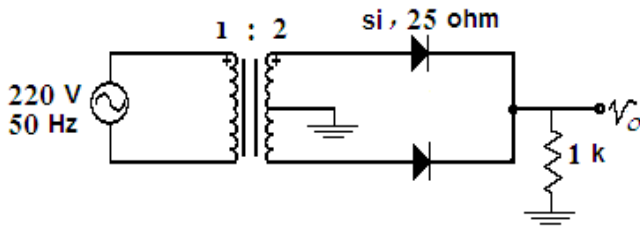
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فاعليات المدرس	فاعليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فاعليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويحيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- معادلات حساب الجهود والتيارات والتردد و PIV و القدرة والكفاءة وعامل التمولج لنوع التفرع الوسطي. 2- حل مسألة حسابية لهذا النوع. 3- واجب بيتي مسألة حسابية مع اعطاء الاجوبة. 4- بناء دائرة موحد موجة كاملة نوع القنطري.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- رسم موجتي الادخال والخراج . 2- معادلات حساب الجهود والتيارات والتردد و PIV و القدرة والكفاءة وعامل التمولج. 3- حل مسألة حسابية لهذا النوع. 4- واجب بيتي مسألة حسابية مع اعطاء الاجوبة. 5- جدول مقارنة انواع الموحدات.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

موحد الموجة الكاملة نوع التفرع المركزي (تكملة):

اما المعادلات الرياضية لحساب الفولتية المستمرة V_{dc} والتيار المستمر I_{dc} وتردد الاخراج F_o واقصى فولتية عكسية PIV والقدرة المتناوبة P_{ac} والقدرة المستمرة P_{dc} والكفاءة x وعامل التمدج $r.f$ فتكون كما يلي:
(ملاحظة : الاشتقاق مدون في الصفحة الاخيرة)

$V_p = \sqrt{2} V_{rms}$	فولتية الملف الابتدائي للمحولة
$2V_m = V_p * \frac{N_2}{N_1}$	فولتية الملف الثانوي للمحولة
$V_{dc} = \frac{2V_m}{p}$	الفولتية المستمرة في الاخراج
$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$	التيار المستمر في الاخراج
$F_o = 2 F_i$	تردد الاخراج
$PIV = 2V_m$	اقصى فولتية عكسية تسلط على الثنائي
$P_{ac} = \frac{V_m^2}{2(R_L + r_D)}$	القدرة المتناوبة في الاخراج
$P_{dc} = \frac{4V_m^2}{p^2 R_L}$	القدرة المستمرة في الاخراج
$x \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 81.2\%$	الكفاءة
$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 0.48$	عامل التمدج في الاخراج

مثال: للدائرة التالية، احسب V_{dc} و I_{dc} و F_o و PIV و P_{ac} و P_{dc} و X و $r.f$. وارسم شكل موجتي الادخال والاخراج.



$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} = 1.414 * 220 = 311 \text{ V}$$

$$2V_m = V_p \frac{N_2}{N_1} = 311 * \frac{2}{1} = 622 \text{ V}$$

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{622}{3.1416} = 198 \text{ V}$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{198}{1K} = 198 \text{ mA}$$

$$F_o = 2F_i = 2 * 50 = 100 \text{ Hz}$$

$$PIV = 2V_m = 622 \text{ V}$$

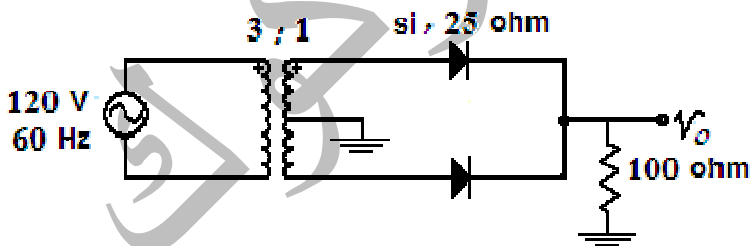
$$P_{ac} = \frac{V_m^2}{2(R_L + r_D)} = \frac{(311)^2}{2(1000 + 25)} = 47.2 \text{ W}$$

$$P_{dc} = \frac{4V_m^2}{\pi^2 R_L} = \frac{4 * (311)^2}{(3.14)^2 * 1000} = 39.2 \text{ W}$$

$$\xi \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 81.2 \% = 79.2$$

$$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 0.482$$

واجب: للدائرة التالية اذا كان $I_{F \max} = 250 \text{ mA}$ و $V_B = 80 \text{ V}$ ، هل يصلح الثنائي للتقويم؟



الجواب: نعم يصلح للتقويم لان:

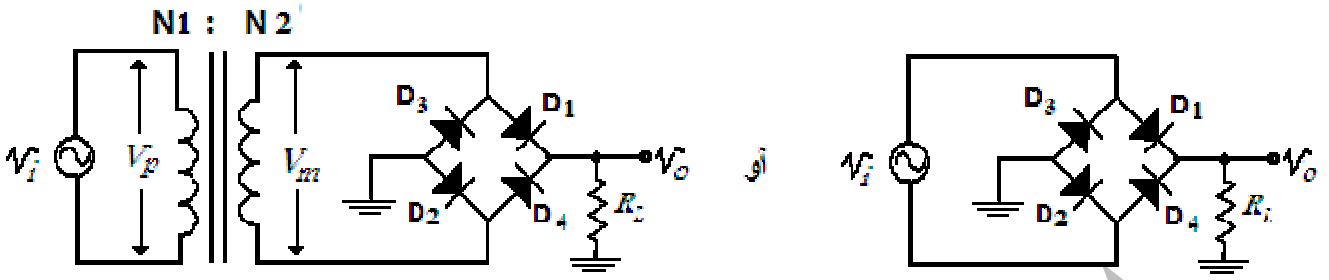
$$I_{dc} = 180 \text{ mA} < I_{F \max}$$

$$PIV = 56.6 \text{ V} < V_B$$

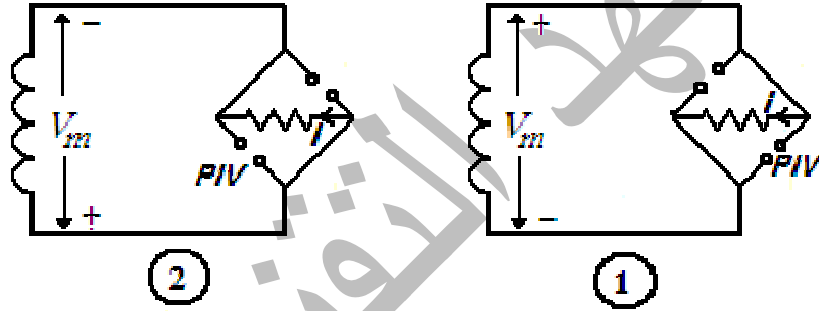
The Bridge Full- Wave Rectifier

دائرة تقويم موجة كاملة نوع القنطري:

يمكن تقويم كامل للموجة الداخلة بدون استخدام محولة او باستخدام محولة اعتيادية فقط.



عند النصف الموجب للدخال، فان D_1 و D_2 بوضع (ON) و D_3 و D_4 بوضع (OFF) والتيار يسري عبر الحمل الى الارضي.
عند النصف السالب للدخال، فان D_1 و D_2 بوضع (OFF) و D_3 و D_4 بوضع (ON) والتيار يسري عبر الحمل الى الارضي بنفس الاتجاه السابق.



اي ان شكل الموجة لفولتية ولتيار الاخراج هي نفسها للمقوم ذو محولة التفرع المركزي.
المعادلات الرياضية للمتغيرات تكون نفسها للمقوم ذو محولة التفرع المركزي عدا :

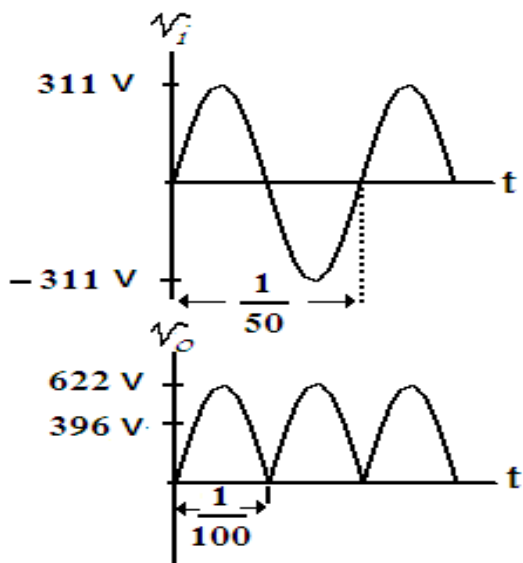
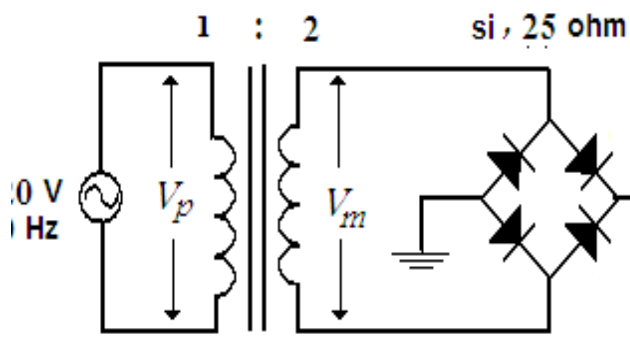
$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{N_2}{N_1}$$

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

$$PIV = V_m$$

من مساوئه انه يحدث هبوط جهد عبر ثنائيين في كل حالة فاذا كانت فولتية الادخال قليلة فان ذلك يؤثر على قيمة الاخراج ويتم حل ذلك باستخدام ثنائيات جرمانيوم.

مثال : للدائرة التالية، احسب V_{dc} و I_{dc} و F_o و PIV و P_{ac} و P_{dc} و x و $r.f$ وارسم شكل موجتي الادخال والاخراج.



$$V_P = \sqrt{2} V_{rms} = 1.414 * 220 = 311 \text{ V}$$

$$V_m = V_P \frac{N_2}{N_1} = 311 * \frac{2}{1} = 622 \text{ V}$$

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{1244}{3.1416} = 396 \text{ V}$$

$$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{396}{1\text{ K}} = 396 \text{ mA}$$

$$F_o = 2 F_i = 2 * 50 = 100 \text{ Hz}$$

$$PIV = V_m = 622 \text{ V}$$

$$P_{ac} = \frac{V_m^2}{2(R_L + r_D)} = \frac{(622)^2}{2(1000 + 25)} = 188.7 \text{ W}$$

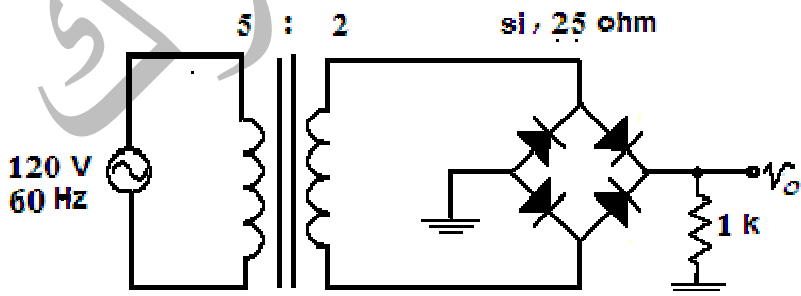
$$P_{dc} = \frac{4V_m^2}{\rho^2 R_L} = \frac{4 * (622)^2}{(3.14)^2 * 1000} = 157 \text{ W}$$

$$\xi \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 81.2 \% = 83.2$$

$$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 0.482$$

واجب: للدائرة التالية اذا كان $I_{F\max} = 100\text{mA}$ و $V_B = 80\text{V}$ ، هل يصلح الثنائي للتقويم؟

الجواب : نعم يصلح للتقويم لان:



$$I_{dc} = 43.3 \text{ mA} < I_{F \text{ max}}$$

$$PIV = 68 \text{ V} < V_B$$

مقارنة بين انواع المقومات :

مقوم الموجة الكاملة		مقوم نصف الموجة
قنطري	ذو محولة تفرع مركزي	
يستخدم اربعة ثنائيات	يستخدم ثنائيين	يستخدم ثنائي واحد فقط
يمكن استخدامه دون الحاجة الى محولة	يستوجب استخدام المحولة نوع التفرع الوسطي	يمكن استخدامه دون الحاجة الى محولة
$V_p = \sqrt{2} V_{rms}$	$V_p = \sqrt{2} V_{rms}$	$V_p = \sqrt{2} V_{rms}$
$\frac{V_m}{V_p} = \frac{N_2}{N_1}$	$\frac{2V_m}{V_p} = \frac{N_2}{N_1}$	$\frac{V_m}{V_p} = \frac{N_2}{N_1}$
$V_{dc} = \frac{2V_m}{p}$	$V_{dc} = \frac{2V_m}{p}$	$V_{dc} = \frac{V_m}{p}$
$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$	$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$	$I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R_L}$
$F_o = 2 F_i$	$F_o = 2 F_i$	$F_o = F_i$
$PIV = V_m$	$PIV = 2V_m$	$PIV = V_m$
$P_{ac} = \frac{V_m^2}{2(R_L + r_D)}$	$P_{ac} = \frac{V_m^2}{2(R_L + r_D)}$	$P_{ac} = \frac{V_m^2}{4(R_L + r_D)}$
$P_{dc} = \frac{4V_m^2}{p^2 R_L}$	$P_{dc} = \frac{4V_m^2}{p^2 R_L}$	$P_{dc} = \frac{V_m^2}{p^2 R_L}$
$x \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 81.2\%$	$x \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 81.2\%$	$x \% = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{R_L + r_D}{R_L} * 40.6\%$
$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 0.48$	$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 0.48$	$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} = 1.22$

اشتقاق المعادلات الرياضية :

1- معادلة القيمة الفعالة (V_{av}) لموحد نصف الموجة:
القيمة الفعالة لنصف موجة جيبية هي المساحة اسفل المنحني مقسومة بالفترة (2π)

$$v = V_p \sin q$$

$$\begin{aligned} V_{av} = V_{dc} &= \frac{\text{area}}{2p} = \frac{1}{2p} \int_0^p V_p \sin q dq = \frac{V_p}{2p} (-\cos q) \Big|_0^p \\ &= \frac{V_p}{2p} [-\cos p - (-\cos 0)] = \frac{V_p}{2p} [-(-1) - (-1)] = \frac{V_p}{2p} (2) \\ V_{av} &= \frac{V_p}{p} \end{aligned}$$

2- معادلة القدرة المتناوبة في الاخراج:

$$\begin{aligned} P_{ac} &= \left(\frac{V_{rms}}{R_L + r_D} \right)^2 (R_L + r_D) \\ &= \left(\frac{V_m / \sqrt{2}}{R_L + r_D} \right)^2 (R_L + r_D) \\ &= \left(\frac{V_m}{2(R_L + r_D)} \right)^2 (R_L + r_D) \\ &= \frac{V_m^2}{4(R_L + r_D)} \end{aligned}$$

3- معادلة القدرة المستمرة في الاخراج:

$$\begin{aligned} P_{dc} &= \left(\frac{V_{dc}}{R_L} \right)^2 (R_L) \\ &= \frac{V_{dc}^2}{R_L} \\ &= \frac{(V_m / p)^2}{R_L} \\ &= \frac{V_m^2}{p^2 R_L} \end{aligned}$$

4- معادلة الكفاءة :

$$\begin{aligned}
 P_{dc} &= \frac{V_{dc}}{V_{ac}} (100)\% \\
 &= \frac{V_m^2 / p^2 R_L}{V_m^2 / 4(R_L + r_D)} (100)\% \\
 &= \frac{4(R_L + r_D)}{p^2 R_L} (100)\% \\
 &= \left(\frac{400}{p^2} \right) \left(\frac{R_L + r_D}{R_L} \right) \% \\
 &= \left(\frac{R_L + r_D}{R_L} \right) 40.6 \%
 \end{aligned}$$

5- معادلة عامل التموج :

ملاحظة : لنصف موجة جيبية يكون $V_{rms} = \frac{V_m}{2}$

$$\begin{aligned}
 V_r &= \sqrt{V_{rms}^2 - V_{dc}^2} = \sqrt{\left(\frac{V_m}{2}\right)^2 - \left(\frac{V_m}{p}\right)^2} \\
 &= V_m \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{1}{p^2}} = V_m \sqrt{0.15} = 0.387V_m \\
 r.f &= \frac{V_r}{V_{dc}} = \frac{0.387V_m}{V_m/p} = 1.22
 \end{aligned}$$

وبنفس الطرق يتم استنتاج المعادلات الرياضية لموحد الموجة الكاملة

ملاحظة : للموجة الجيبية الكاملة يكون $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

المقررة	المرشحات – الترشيح باستخدام المتسعة- مرشحات (LC) و(RC) جهود الخرج- التموج.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1- يصمم دوائر الموحدات المختلفة باستخدام ثلاثة انواع من دوائر الترشيح.
- 2- يحسب رياضيا المتغيرات الخاصة بالدائرتين.

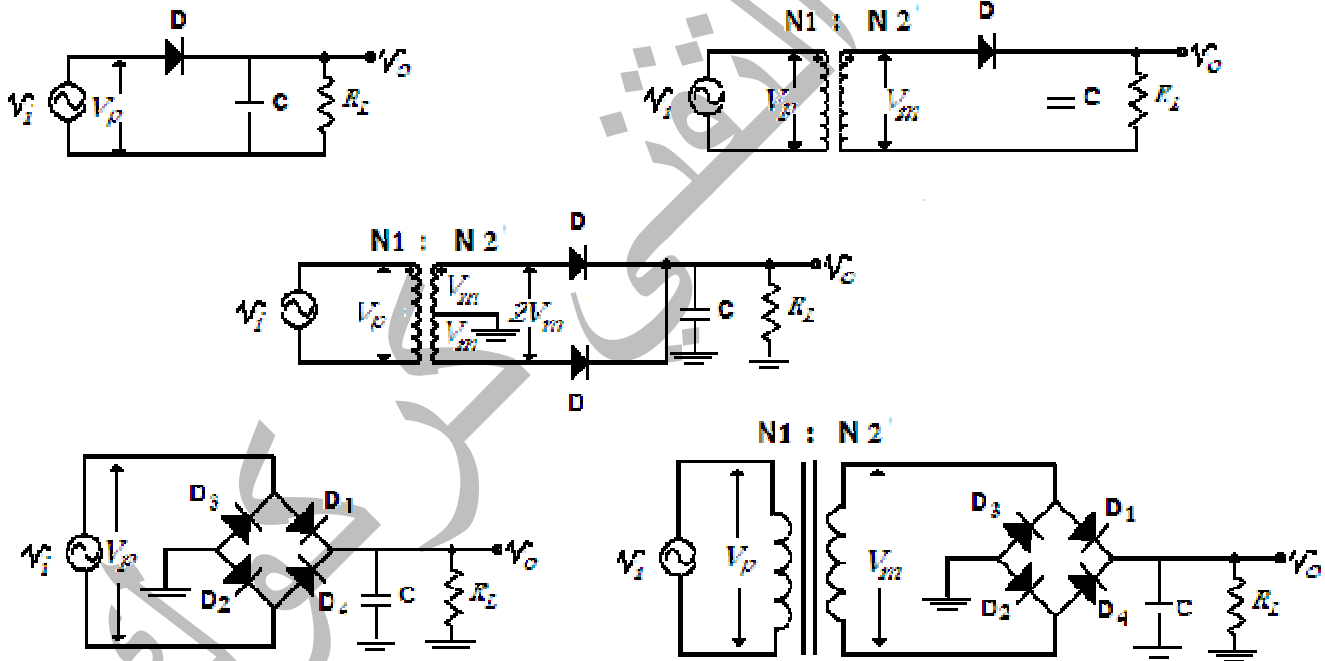
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1-بناء دائرة موحد نصف موجة مع مرشح C. مع الموجات والمعادلات الرياضية. 2- بناء دائرة موحد موجة كاملة مع مرشح C. مع الموجات والمعادلات الرياضية 3- حل مسألة حسابية للدائرتين اعلاه.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- استخدام مرشحات RC . 2- استخدام مرشحات LC. 3- مقارنة للأنواع المختلفة. 4- حل مسائل حسابية.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

لقد تبين من دراسة دوائر التوحيد (التقويم) المختلفة ان الموجة الخارجة ستكون على شكل نبضات (عبارة عن انصاف الموجة الجيبية باتجاه واحد) . ان الموجة النبضية الخارجة لا يمكن استخدامها لتجهيز الدوائر الالكترونية بالجهد المستمر (DC) لان هذه الدوائر تحتاج الى جهد ثابت قدر الامكان لتعمل بنجاح، وان المركبة المستمرة تعادل 30% فقط في موحد نصف الموجة و 60% في موحد الموجة الكاملة. وهنا تظهر الحاجة الى وجود دائرة تعمل على تقليل نبضية الموجة الخارجة من دائرة الموحد اي التخلص او التقليل من المركبة (AC) بحيث يمكنها ان تجهز جهد ثابت تقريبا. هذه الدائرة هي دائرة الترشيح (التصفية ، التسوية). كما لاحظنا ان تيار الموحد الناتج يرتفع خلال كل نبضة من قيمة الصفر الى اعلى قيمة ثم ينخفض الى الصفر ثانية وهكذا تتكرر بالنسبة للنبضات التالية. الا ان التيار يحافظ على اتجاهه خلال مقاومة الحمل، وعلى هذا الاساس فان الجهد الذي يسبب هذا التيار خلال الحمل يسلك نفس سلوك التيار.

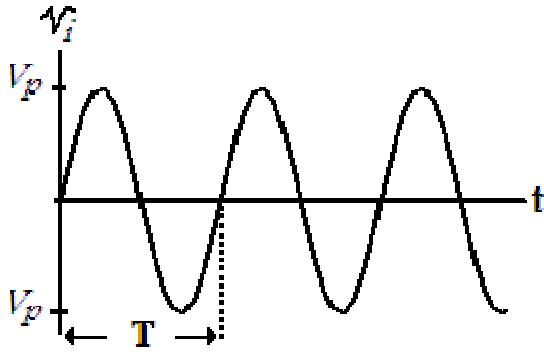
هناك عدة دوائر تستخدم في الترشيح وكلها تشترك في وظيفتها الاساسية هي التخلص من الجهد المتناوب او تقليله في اخراج دوائر التوحيد اهمها :

اولا : استخدام المتسعة في الترشيح:

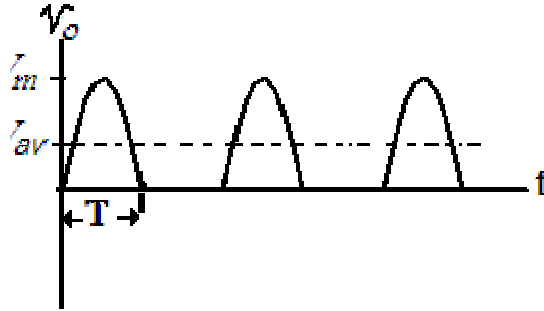
يمكن ربط متسعة على طرفي مقاومة الحمل كما مبين في الشكل :



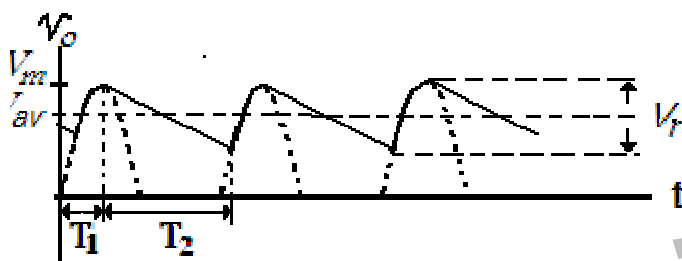
في حالة وضع مقاومة على طرفي متسعة مشحونة فان تلك المتسعة سوف تفرغ شحنتها خلال المقاومة وان سرعة التفريغ تعتمد على قيمة المقاومة، فكلما كانت قيمة المقاومة قليلة كان التيار المسحوب من المتسعة كبيرا وكان الزمن المستغرق للتفريغ قليلا، وعندما تبدأ المتسعة بالتفريغ فان قيمة الجهد سيهبط قليلا ولكن ليس الى قيمة الصفر لان النبضة الثانية سوف تشحن المتسعة من جديد و تتكرر عملية التفريغ وهكذا. ان الجهد الذي نحصل عليه على طرفي المتسعة هو جهد مستمر يحوي على نبضات الا انها صغيرة نسبة الى الحالة قبل استخدام المتسعة كما مبين في اشكال الموجات التالية :



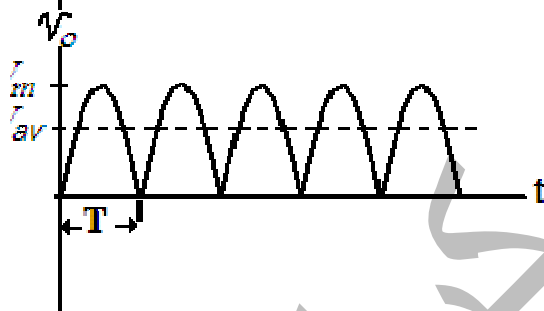
الموجة الجيبية الداخلة



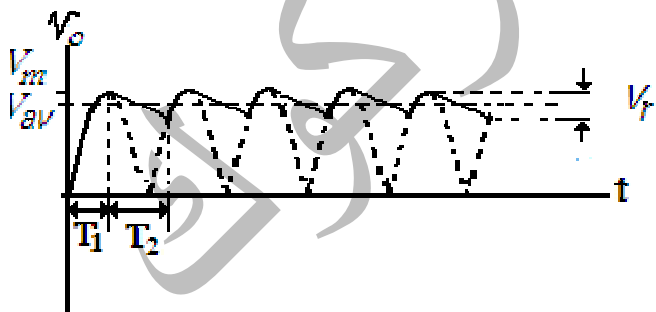
اخراج موحد نصف الموجة



اخراج موحد نصف الموجة مع متسعة ترشيح



اخراج موحد الموجة الكاملة



اخراج موحد الموجة الكاملة مع متسعة ترشيح

خلال الربع الاول لموجة الادخال فان الثنائي بوضع (ON) والمتسعة C تنشحن الى V_m بزمن ($T_1 = C * r_D$)
 خلال الربع الثاني لموجة الادخال فان الثنائي بوضع (OFF) والمتسعة C تنتفرغ خلال R_L بزمن ($T_2 = C * R_L$)
 $T_2 \gg T_1$

موجة ادخال ثانية تعيد مقدار الشحنة المفقودة.

- كلما كانت T_2 كبيرة ، كان شكل موجة الاخراج اقرب الى الـ DC ولكن تحوي ايضا اشارة AC يدعى جهد التموج V_r يعتمد على :

- 1- قيمة تيار الحمل : كلما قل التيار قل جهد التموج.
- 2- سعة المتسعة : كلما ازدادت السعة قل جهد التموج.
- 3- نوع التوحيد : نلاحظ انه لكل موجة ادخال واحدة، في مقوم الموجة الكاملة فان المتسعة تنتشحن وتتفرغ مرتين، لذلك فان هبوط الجهد الخارج (تفريغ المتسعة) يكون اقل من نوع موحد نصف الموجة التي تتفرغ فيها المتسعة مرة واحدة.
- هذا هو احد الاسباب المهمة التي تجعل دائرة موحد الموجة الكاملة اكثر استخداما في دوائر مصادر التغذية المستمرة (DC Power Supply).
- في الدائرة بدون متسعة (النوع السابق) فان مقاومة الحمل كانت تقوم بمهمة تحديد التيار المار في الثنائي بحيث لا يتجاوز I_{Fmax} ولكن باضافة متسعة فانها تكون فارغة في بداية التشغيل وبذلك تسحب تيار شحن عالي من المصدر ولا يوجد غير مقاومة المصدر الصغيرة في طريقه، هذا يسبب ان يتجاوز I_{Fmax} ويتلف الثنائي على الفور. هذا التيار يدعى تيار الاندفاع (surge current) ويمكن تحديده باضافة مقاومة على التوالي مع المتسعة.
- نلاحظ ايضا انه عند الانحياز العكسي لموحد نصف الموجة مع متسعة ترشيح يتسلط على الثنائي ($2V_m$) وهذا يعني انه لجميع انواع الموحدات مع متسعة ترشيح فان :
($PIV = 2V_m$)

- لحساب تردد الاخراج :

$$F_o = F_i \quad \text{لموحد نصف الموجة مع متسعة ترشيح:}$$

$$F_o = 2 F_i \quad \text{لموحد الموجة الكاملة مع متسعة ترشيح:}$$

- لحساب ذروة الفولتية لموجة الاخراج (الاشتقاق في الصفحة الاخيرة من المحاضرة) نستخدم المعادلة التالية:

$$V_r = \frac{V_{dc}}{F_o R_L C}$$

- لحساب الفولتية الفعالة لموجة الاخراج (الاشتقاق في الصفحة الاخيرة من المحاضرة) نستخدم المعادلة التالية:

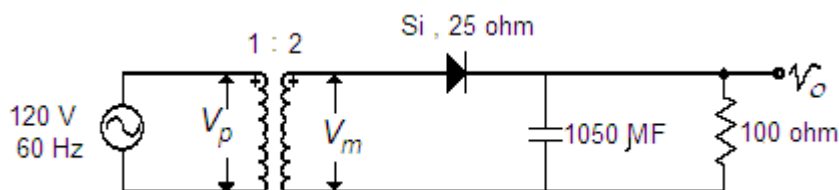
$$V_{dc} = V_m \left(\frac{2 F_o R_L C}{2 F_o R_L C + 1} \right)$$

- لحساب عامل التموج للاخراج (الاشتقاق في الصفحة الاخيرة من المحاضرة) نستخدم المعادلة التالية:

$$r.f = \frac{1}{2\sqrt{3} F_o R_L C}$$

$$\text{or } r.f = \frac{V_{r,rms}}{V_{dc}} = \frac{\frac{V_r}{2\sqrt{3}}}{V_{dc}} = \frac{V_r}{3.464 * V_{dc}}$$

مثال : للدائرة التالية، احسب : F_o , PIV , V_{dc} , V_r , $r.f$



$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} = 1.414 * 120 = 170 \text{ V}$$

$$V_m = V_p \frac{N_2}{N_1} = 170 * \frac{1}{2} = 85 \text{ V}$$

$$F_o = F_i = 60 \text{ Hz}$$

$$PIV = 2V_m = 2 * 85 = 170 \text{ V}$$

$$V_{dc} = V_m \left(\frac{2F_o R_L C}{2F_o R_L C + 1} \right) = 85 \left(\frac{2 * 60 * 100 * 1050 * 10^{-6}}{2 * 60 * 100 * 1050 * 10^{-6} + 1} \right) = 78.75 \text{ V}$$

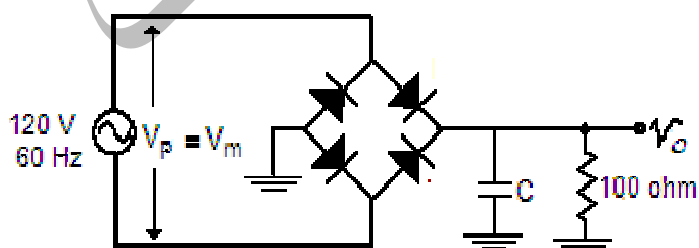
$$V_r = \frac{V_{dc}}{F_o R_L C} = \frac{78.75}{60 * 100 * 1050 * 10^{-6}} = 12.5 \text{ V}$$

$$r.f = \frac{1}{2\sqrt{3} F_o R_L C} = \frac{1}{2 * 1.732 * 60 * 100 * 1050 * 10^{-6}} = 0.05$$

$$\text{or } r.f = \frac{V_{r,rms}}{V_{dc}} = \frac{V_r / \sqrt{2}}{V_{dc}} = \frac{12.5 / \sqrt{2}}{78.75} = 0.05$$

واجب : للدائرة التالية، احسب : قيمة المتسعة C اذا كان $(r.f = 0.8)$ ثم احسب (I_{dc}) و (PIV) .

الجواب:



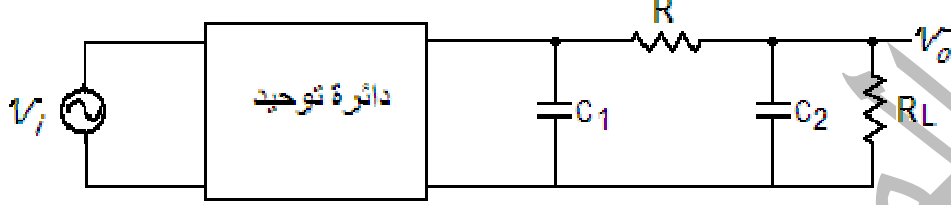
$$C = 30 \mu\text{F}$$

$$I_{dc} = 450 \text{ mA}$$

$$PIV = 340 \text{ V}$$

ثانياً : استخدام مقاومة ومتسعة في الترشيح (RC Filter)

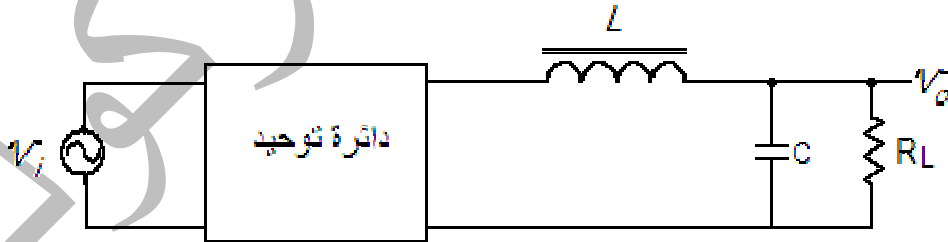
ان تحسين الترشيح (تقليل جهد التموج بقدر الامكان) باستخدام متسعة، مرتبط بزيادة سعة المتسعة، الا ان امكانية استخدام متسعة عالية جدا محدودة بحجم المتسعة حيث ان للسعة علاقة بحجم المتسعة فكلما تزداد المتسعة ازداد حجمها وبالتالي حجم الجهاز ككل والتكاليف. لذلك تضاف مقاومة ومتسعة اخرى بالاضافة للمتسعة الاولى وكما مبين في الشكل:



ان اهم مساوي هذه الدائرة هي ان هناك فقد في الجهد يحصل على طرفي المقاومة المستخدمة في دائرة المرشح في حالة سحب تيار من قبل الحمل. ان الفقد في الجهد على طرفي المقاومة سيزداد كلما ازداد تيار الحمل لذا يفضل استخدام هذه الدائرة في حالة كون التيار المسحوب من الحمل قليلا. ولأجل تلافي مشكلة الهبوط في الجهد على المقاومة، فان المقاومة يجب ان تستبدل بعنصر اخر يبدي مقاومة عالية للتيار المتناوب ومقاومة واطئة للتيار المستمر وهذه تتوفر في الملف او مايسمى بالخانق اي ملف مع قلب حديدي (Chock).

ثالثاً : استخدام ملف خانق ومتسعة في الترشيح (LC Filter)

باستخدام ملف ذو عدد لفات مناسب يمكن الحصول على ملف ذا مقاومة واطئة نسبياً للتيار المستمر. في الدائرة الموضحة يمكن الحصول على ترشيح افضل من الدائرة السابقة حيث ان وجود الملف سوف يقلل من القيمة القصوة للتيار المار في الدائرة مما يحافظ على الثنائي من التلف لذا يكثر استخدام هذا النوع والتي تسحب تيار عالي او تتغير قيمته باستمرار وبعبارة اخرى يمكن لهذه الدائرة ان تجهز جهداً ذا قيمة ثابتة نسبياً. على ان من الملاحظ ان الجهد المستمر الذي نحصل عليه من هذه الدائرة سوف يكون اقل من الجهد المجهز من قبل دائرة الموحد نتيجة لوجود قوة دافعة كهربائية معاكسة يولدها الملف.



يمرر الملف المركبة المستمرة لان التردد يساوي صفر وبالتالي يكون X_L يساوي صفر بينما المتسعة لاتمررها لان X_C تساوي ∞ .

$$X_L = 2\pi F L$$

$$X_L = 0$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi F C}$$

$$X_C = \infty$$

من جهة اخرى لا يمرر الملف المركبة المتناوبة لانه عند تردد عالي تكون X_L عالية جدا وبالتالي يحجز اويخفق المركبة المتناوبة واي مركبة متناوبة عبر الملف تمررها المتسعة الى الارضي لان X_C تكون صغيرة جدا.

$$X_L = 2\pi F L \quad X_L \text{ } \text{m}\ddot{\text{m}} \\ X_C = \frac{1}{2\pi F C} \quad X_C \text{ } \text{á}\acute{\text{a}}$$

نلاحظ ان الملف والمتسعة تتصرف كمقسم فولتية :

$$V_{dc} = \frac{R_L}{R + R_L} * V_{dc}^{\text{c}} \\ V_r = \frac{X_C}{X_L} * V_r^{\text{c}}$$

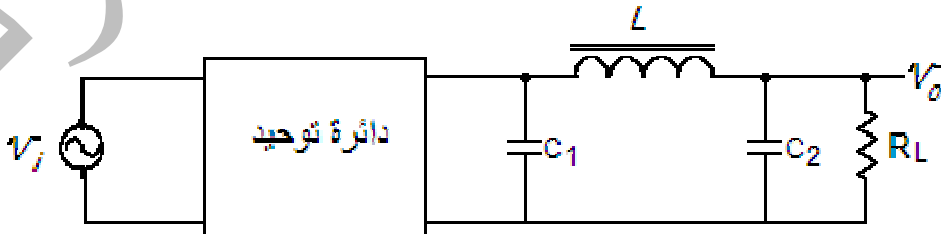
R_L	مقاومة الحمل
R	مقاومة الملف
V_{dc}	الفولتية المستمرة عبر الحمل
V_{dc}'	مركبة الفولتية المستمرة الخارجة من المقوم (الداخلة الى المرشح)
V_r	القيمة الفعالة لمتوج الاخراج
V_r'	القيمة الفعالة لمركبة الفولتية المتناوبة من المقوم (الداخلة الى المرشح)

قيمة R عادة اقل بكثير من R_L ، لذا فان معظم الفولتية المستمرة تصل الى الحمل عند تردد صفر. وتكون عادة $\frac{X_C}{X_L}$ اقل من (0.01) هذا يعني ان التتوج قد قلص الى اكثر من (100) مرة. ولتقليل V_r اكثر يجب استخدام مقومات موجه كاملة لنصل الى :

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

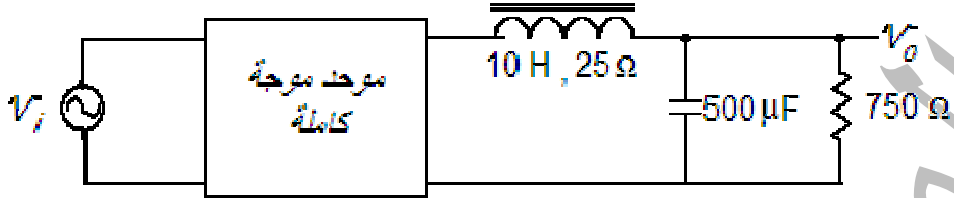
$$r.f = \frac{V_r}{V_{dc}} * 100\%$$

للحصول على جهد مستمر اعلى نستخدم ملف ومكثفين في دائرة الترشيح كما مبين في الدائر الموضحة ادناه، وتمتاز هذه الدائرة بامكانية الحصول على جهد مستمر اعلى من الدائرة السابقة نتيجة لخاصية الشحن والتفريغ للمتسعة C_1 . وتستخدم هذه الدائرة بشكل واسع جدا في الدائرة التي يكون تيار الحمل فيها قليل نسبيا.



من مساوي مرشح الادخال الخائق انه كبير الحجم وغالي الثمن.

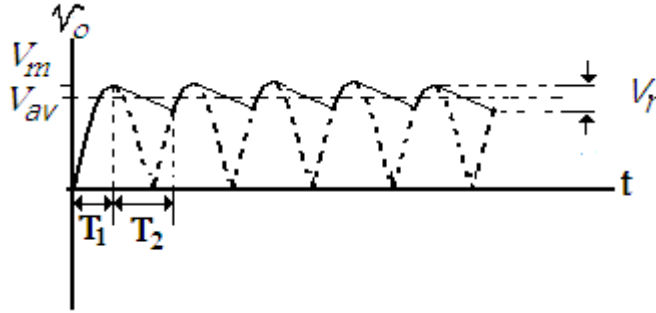
مثال : في الشكل المبين، تملك إشارة الموجة الكاملة عند مدخل الخائق ذروة مقدارها (25.7 V) وقيمة معدل مقدارها (16.4 V). ما مقدار فولتية الاخراج المستمرة V_{dc} وما مقدار تموج الاخراج V_r وما مقدار عامل التمرج $r.f$ ؟



$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= \frac{R_L}{R + R_L} * V_{dc} \\
 &= \frac{750}{750 + 25} * 16.4 \\
 &= 15.9 \text{ V} \\
 V_r &= 5.28 * 10^{-7} \frac{V_m}{LC} \\
 &= 5.28 * 10^{-7} \frac{25.7}{10 * 500 * 10^{-6}} \\
 &= 2.71 \text{ mV} \\
 r.f &= \frac{V_r}{V_{dc}} * 100\% \\
 &= \frac{2.7 * 10^{-3}}{15.9} * 100\% \\
 &= 0.017\%
 \end{aligned}$$

في هذا المثال نرى ان المرشح قام بترشيح الموجة الخارجة من المقوم وتحويلها الى 15.9 V كقيمة مستمرة مقابل 2.71 mV فقط من المركبة المتناوبة التي تكاد تكون مهمة.

اشتقاق المعادلات الرياضية للمرشح السعوي :



مقدار شحنة التفريغ
مقدار شحنة الشحن
مقدار الشحن = مقدار التفريغ

$$Q = I_{dc} * T$$

$$Q = C * V_r$$

$$I_{dc} * T = C * V_r$$

$$V_r = \frac{I_{dc}}{C}$$

$$V_r = \frac{V_{dc} T}{R_L C} \quad (T_2 \approx T_1)$$

$$V_r = \frac{V_{dc}}{F_o R_L C}$$

$$V_{rms} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}} = \frac{V_{dc}}{2\sqrt{3} F_o R_L C}$$

$$r.f = \frac{V_{rms}}{V_{dc}} = \frac{1}{2\sqrt{3} F_o R_L C}$$

$$V_{dc} = V_m - \frac{V_r}{2} = V_m - \frac{V_{dc}}{2 F_o R_L C}$$

$$V_{dc} + \frac{V_{dc}}{2 F_o R_L C} = V_m$$

$$V_{dc} \left(1 + \frac{1}{2 F_o R_L C} \right) = V_m$$

$$V_{dc} = V_m \left(\frac{2 F_o R_L C}{2 F_o R_L C + 1} \right)$$

ذروة فولتية الاخراج المتموجة

جذر معدل التربيع لان شكل الموجة تقريبا مثلثة

عامل التموج للموجة: مقدار مركبة المتناوبة الموجودة نسبة الى المركبة المستمرة

الفولتية المستمرة (الفعالة) لموجة الاخراج

المقررة	دوائر التقلیم- التقلیم الموجب- التقلیم السالب- التقلیم المركب- كاشف الذرة الى الذرة- ملزمات الموجبة والسالبة - مضاعفات الجهد.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يصمم دوائر التقلیم بانواعها.
 - 2- يصمم دوائر الالزام بانواعها.
 - 3- يصمم دوائر مضاعفات الفولتية.

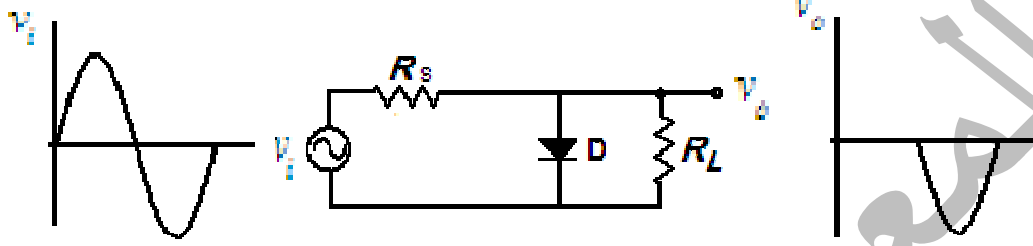
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- شرح عمل دائرة التقلیم الموجب. 2- شرح عمل دائرة التقلیم السالب 3- شرح عمل دائرة التقلیم المركب 4- شرح عمل دائرة التقلیم المنحاز 5- شرح عمل دائرة الالزام الموجب 6- شرح عمل دائرة الالزام السالب	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- شرح عمل دوائر مضاعفات الفولتية 2- شرح عمل دائرة كاشف الذرة الى الذرة 3- حل امثلة حول جميع الانواع	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

دوائر التقليم (التحديد): (Clippers (Limmiters)

في بعض التطبيقات وخاصة في الخاسبات الرقمية نحتاج الى اشارة مقطوعة فوق او اسفل مستوى فولتية محددة ويتم ذلك باستخدام دوائر التقليم حيث ان مستوى القطع يمثل مقدار فولتية الاخراج عندما يكون الثنائي بوضع (ON).

ملاحظة : يتم اعتبار ان الثنائي المستخدم مثالي اي انه عبارة عن مفتاح فقط. وان $R_S \ll R_L$.

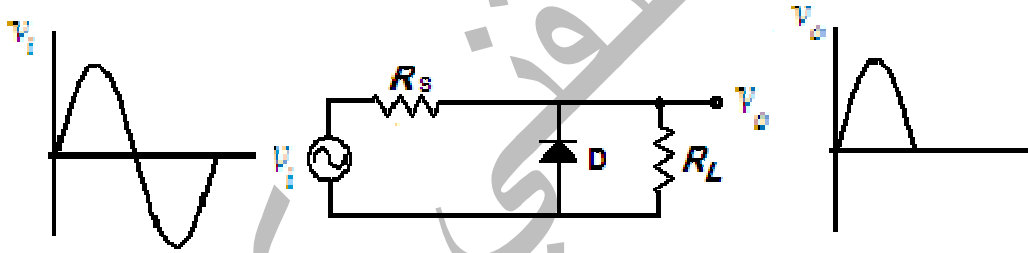
1- المقلم الموجب : الدائرة تقوم بقطع اوازاله الجزء الموجب من الاشارة الداخلة .



عندما $0 V < V_i$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = 0 V$

عندما $0 V > V_i$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$

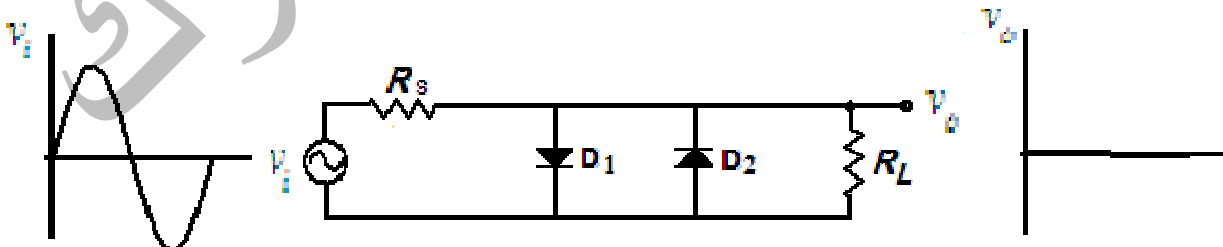
2- المقلم السالب : الدائرة تقوم بقطع الجزء السالب من الاشارة الداخلة.



عندما $0 V \leq V_i$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$

عندما $0 V > V_i$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = 0 V$

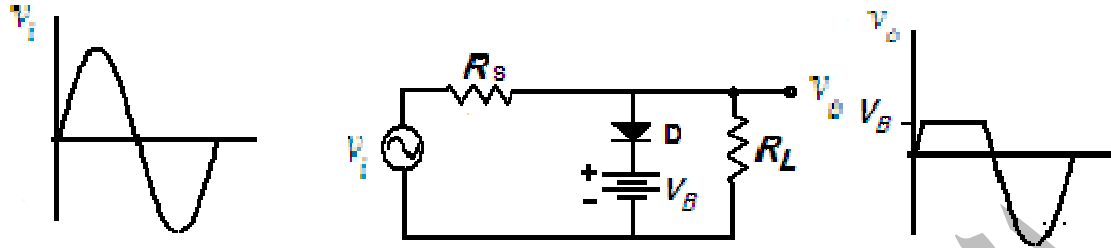
3- المقلم المركب : الدائرة تقوم بقطع الجزء الموجب والسالب من الاشارة الداخلة.



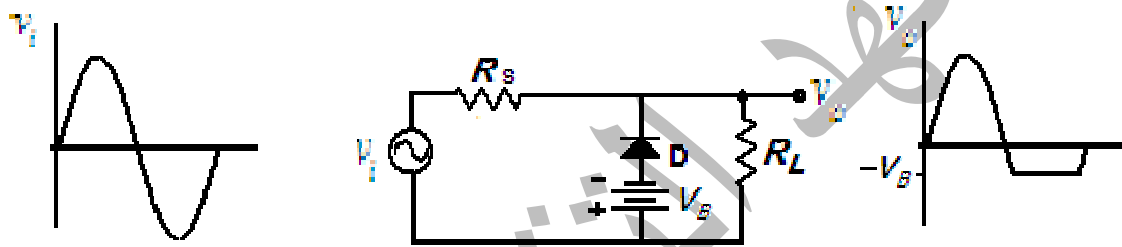
عندما $0 V \leq V_i$ فان D1 يصبح (ON) و D2 يصبح (OFF) ويسبب $V_o = 0 V$

عندما $0 V > V_i$ فان D2 يصبح (ON) و D1 يصبح (OFF) ويسبب $V_o = 0 V$

4- المقلم المنحاز : يستخدم على التوالي مع الثنائي بطارية لتحديد مستوى القطع يختلف عن الصفر.
أ- المقلم المنحاز الموجب :

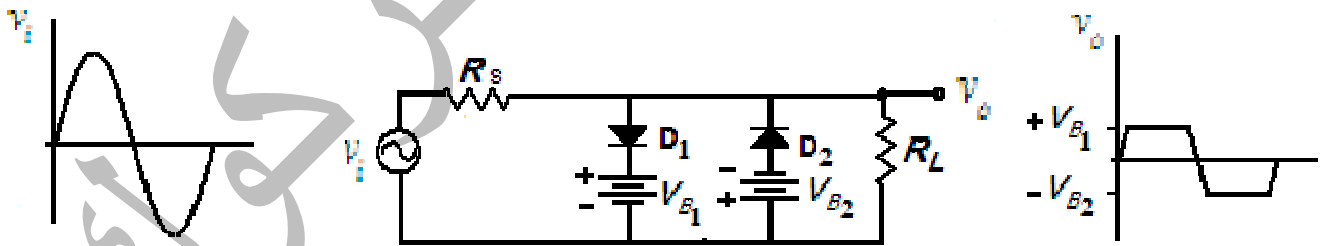


عندما $V_i < +V_B$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = +V_B$ V
عندما $V_i > +V_B$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$
ب- المقلم المنحاز السالب :



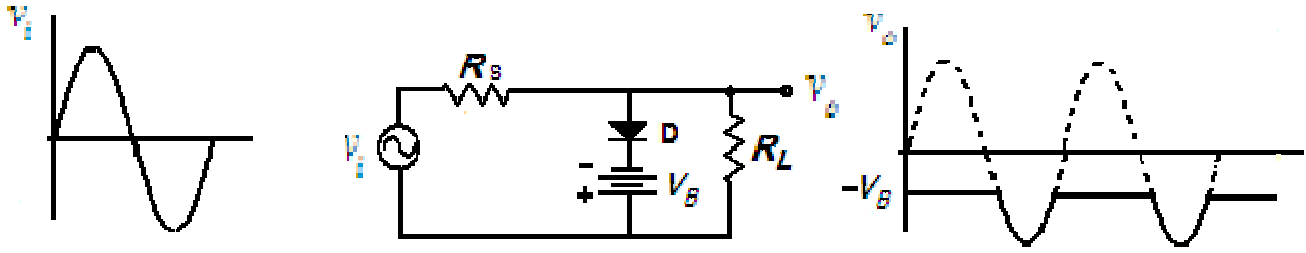
عندما $V_i < -V_B$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$
عندما $V_i > -V_B$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = -V_B$ V

ج - المقلم المنحاز المركب :



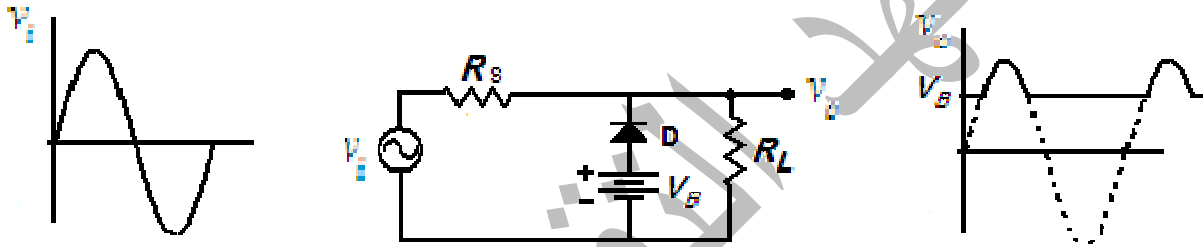
عندما $V_i \leq +V_{B1}$ فان D1 يصبح (ON) و D2 يصبح (OFF) ويسبب $V_o = +V_{B1}$ V
عندما $V_i > +V_{B1}$ فان D1 يصبح (OFF) و D2 يصبح (ON) ويسبب $V_o = -V_{B2}$ V
عندما $V_i > -V_{B2}$ فان D1 يصبح (OFF) و D2 يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$

5- المقلم المنحاز الزائد : ويتم الحصول عليه بعكس قطبية البطارية للنوع السابق وكما يلي:
أ - المقلم المنحاز الزائد الموجب:



عندما $V_i < -V_B$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = -V_B$
عندما $V_i > -V_B$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$

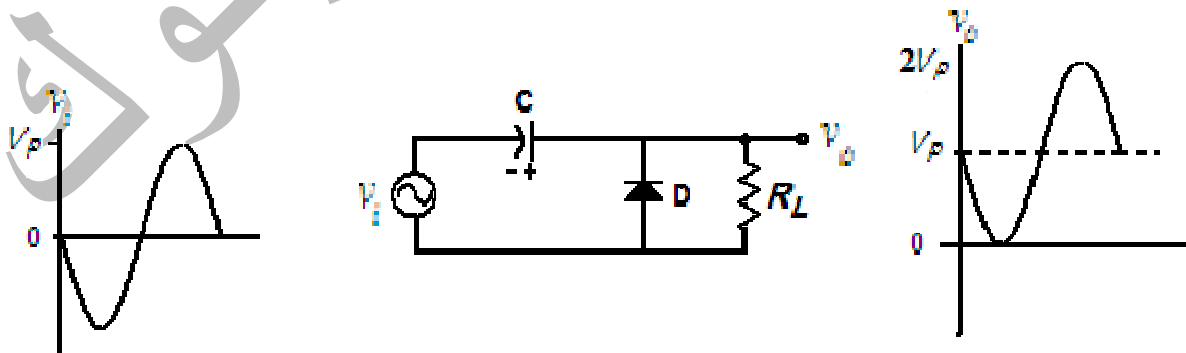
ب - المقلم المنحاز الزائد السالب :



عندما $V_i < +V_B$ فان D يصبح (OFF) ويسبب $V_o = V_i$
عندما $V_i > +V_B$ فان D يصبح (ON) ويسبب $V_o = +V_B$

دوائر الالزام (اضافة DC) : (DC Restorers)
وتستخدم لاضافة مركبة dc الى الإشارة، حيث ان مقدار الالزام = فولتية المتسعة.
ملاحظة : يتم اعتبار ان الثنائي المستخدم مثالي اي انه عبارة عن مفتاح فقط.

1- دائرة الزام موجب :



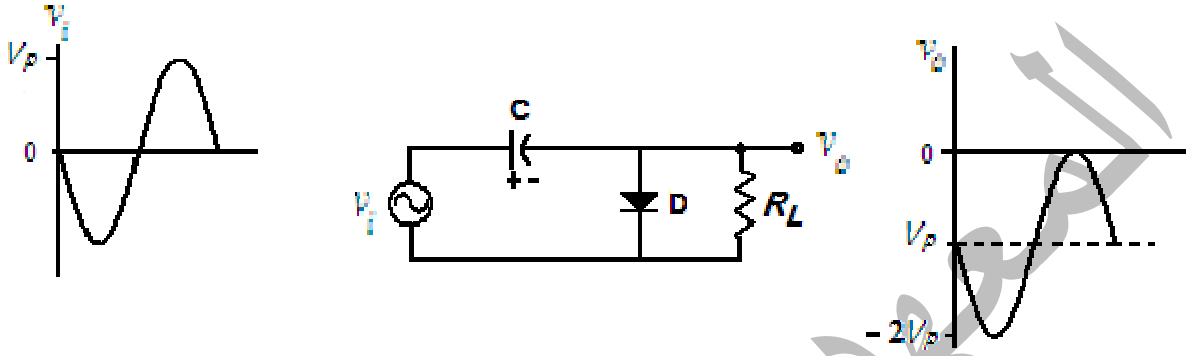
عند النصف السالب للدخال فان D يصبح (ON) والمتسعة تتشحن الى (V_p) بالاتجاه المبين.
عند النصف الموجب للدخال فان D يصبح (OFF) والمتسعة تفرغ شحنتها عبر R_L بثابت زمن كبير.
عند الموجة التالية فان:

$$v_o = v_i + V_C = v_i + V_p$$

2- دائرة الزام سالب :

عند النصف الموجب للدخال فان D يصبح (ON) والمتسعة تنشحن الى (V_p) بالاتجاه المبين.
عند النصف السالب للدخال فان D يصبح (OFF) والمتسعة تفرغ شحنتها عبر R_L بثابت زمن كبير.
عند الموجة التالية فان:

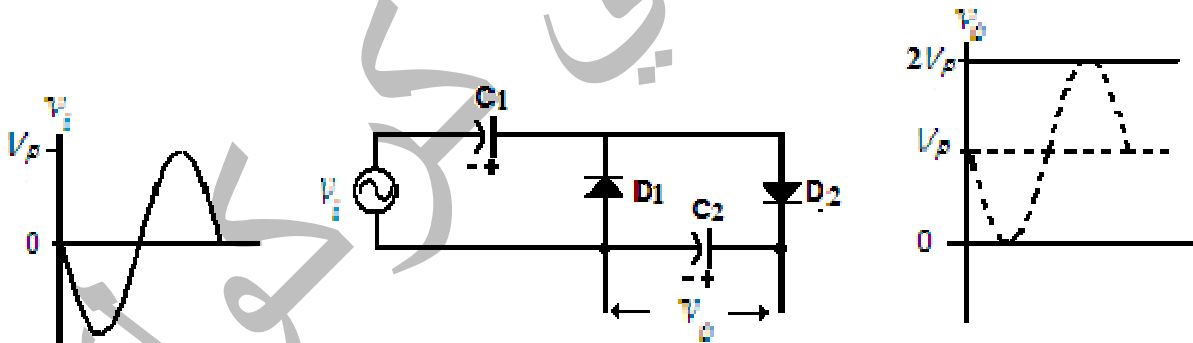
$$v_o = v_i - V_C = v_i - V_p$$



دائرة مضاعف الفولتية : Voltage Multiplier

عبارة عن مقومي ذروة (موحد موجة مع مرشح) او اكثر ينتج فولتية مستمرة تساوي اضعاف ذروة الادخال ($2V_p$ او $3V_p$ او $4V_p$) وهكذا. وتستخدم كمجسات قدرة في التطبيقات التي نحتاج فيها الى فولتية عالية وتيار قليل مثل تجهيز انبوب الاشعة المهبطية CRT

1- دائرة مضاعف الفولتية الى الضعف :



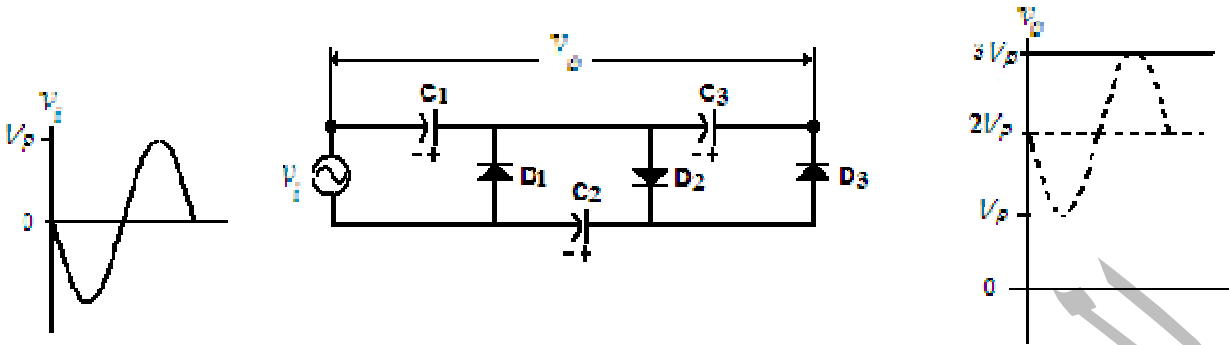
$$V_{C1} = V_p$$

عند النصف السالب للدخال فان D يصبح (ON) و

$$V_o = V_{C2} = V_p + V_{C1} = 2V_p$$

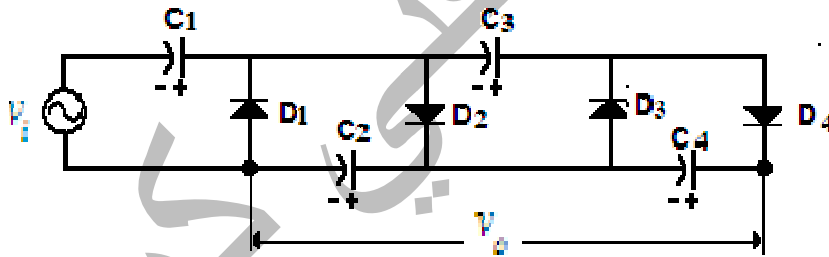
عند النصف الموجب للدخال فان D يصبح (OFF) و

2- دائرة مضاعف الفولتية الى ثلاثة اضعاف :
ويتم باضافة مرحلة اخرى C_3 و D_3 والاخراج يؤخذ من C_1 و C_3 على التوالي.



- . $V_{C1} = V_P$ عند النصف السالب للادخال فان D_1 يصبح (ON) و
- . $V_{C2} = V_P + V_{C1} = 2V_P$ عند النصف الموجب للادخال فان D_2 يصبح (ON) و
- . $V_{C3} = V_{C2} = 2V_P$ عند النصف السالب التالي للادخال فان D_3 يصبح (ON) و
- . $V_O = V_{C1} + V_{C3} = V_P + 2V_P = 3V_P$ الاخراج يؤخذ من C_1 و C_3 على التوالي.

3- دائرة مضاعف الفولتية الى اربعة اضعاف :
ويتم باضافة مرحلة اخرى C_4 و D_4 والاخراج يؤخذ من C_2 و C_4 على التوالي.

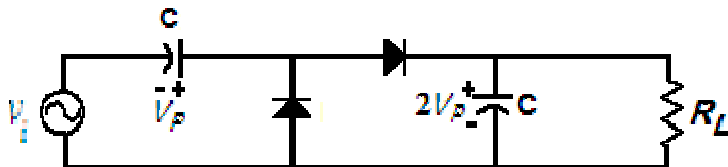


$$V_O = V_{C2} + V_{C4} = 2V_P + 2V_P = 4V_P$$

- وهكذا يمكن الحصول على اضعاف ذروة الادخال باضافة مراحل اخرى من متسعة وثنائي.
- نلاحظ ان PIV لكل ثنائي مقداره $2V_P$.
- يمكن تصميم المضاعف ايضا بقلب اتجاه جميع الثنائيات والمتسعات.

دائرة كاشف الذروة الى الذروة: Peak- to - Peak Detector

وتمثل نفس دائرة مضاعف الفولتية الى الضعف (مقومي ذروة) او دائرة الزام موجب يعقبها دائرة مقوم ذروة. اذا استخدم كمجهاز قدرة للحصول على ضعف الفولتية فانه يدعى دائرة مضاعف الفولتية الى الضعف، ولكن اذا استخدم اخراجه لتجهيز فولتميتر dc بهذه الطريقة تعمل المجموعة عمل فولتميتر ac ذروة الى ذروة.

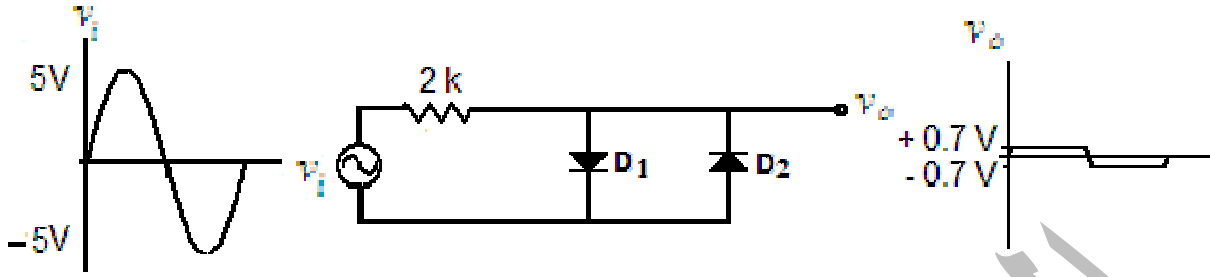


امثلة :

1- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب الثاني للثنائي نوع سليكون)

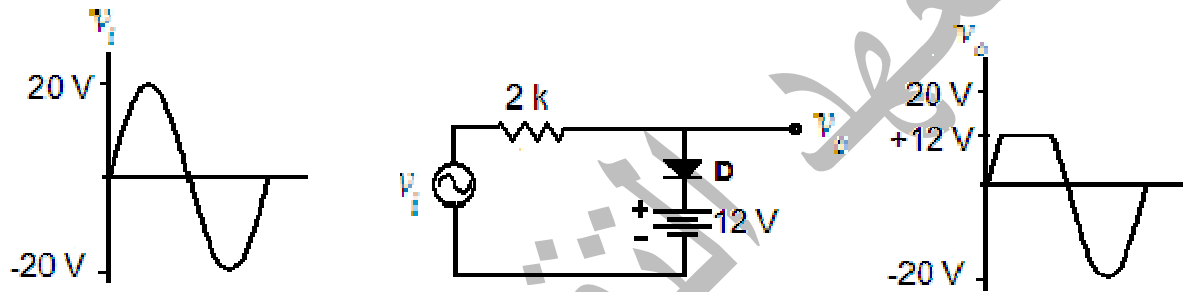
الحل : مستوى القطع الموجب = $+0.7\text{ V}$

مستوى القطع السالب = -0.7 V



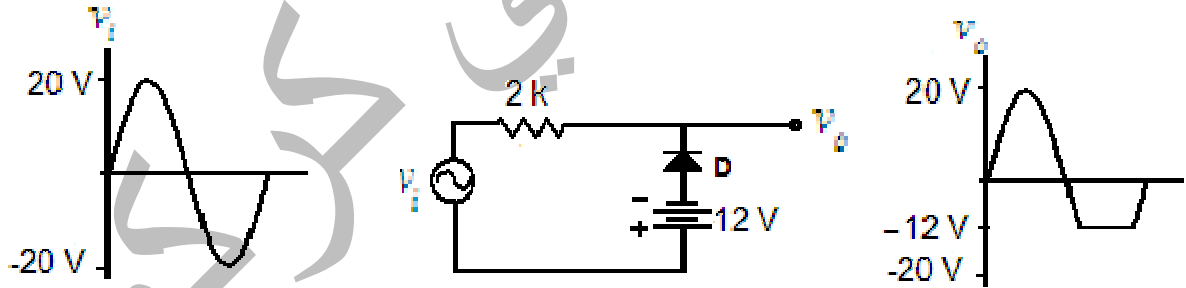
2- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)

الحل : مستوى القطع الموجب = $+12\text{ V}$



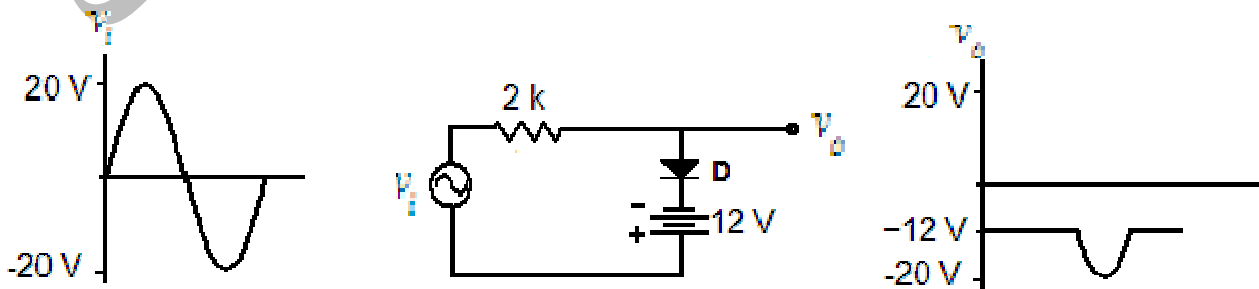
3- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)

الحل : مستوى القطع السالب = -12 V

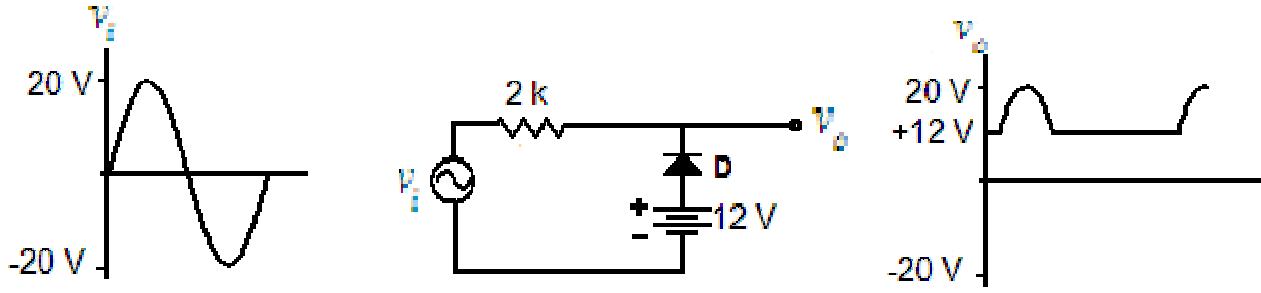


4- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)

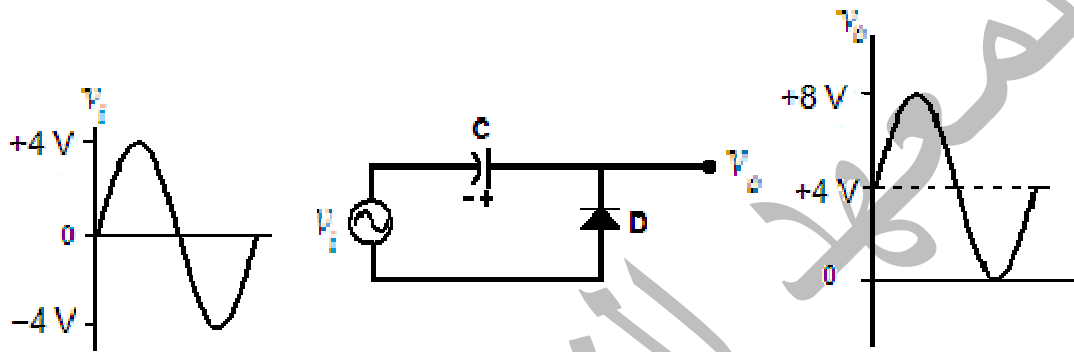
الحل : مستوى القطع الموجب = -12 V



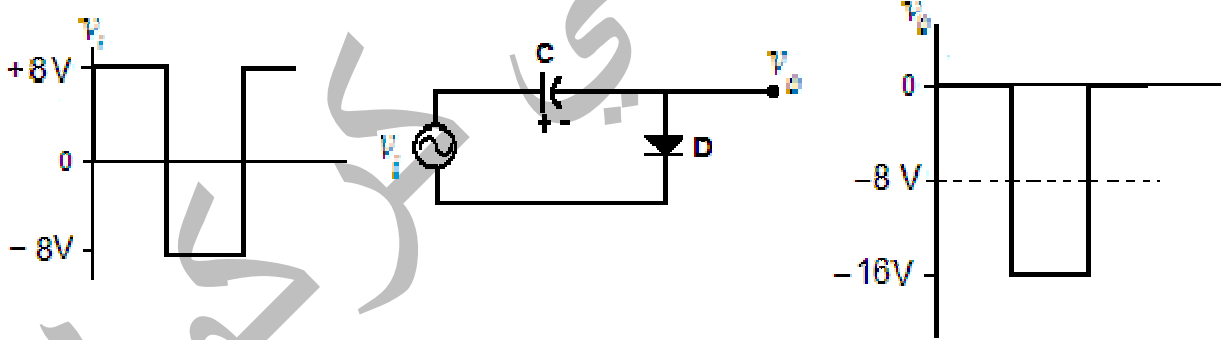
5- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)
الحل: مستوى القطع السالب = + 12 V



6- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)
الحل: مقدار الازام الموجب = $V_p = V_c = +4 V$

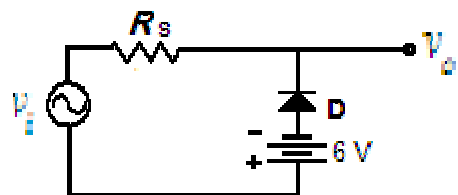
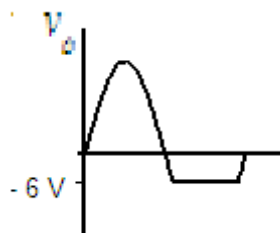


7- ارسم شكل موجة الاخراج للدائرة التالية (استخدم التقريب المثالي للثنائي)
الحل: مقدار الازام السالب = $V_p = V_c = -8 V$

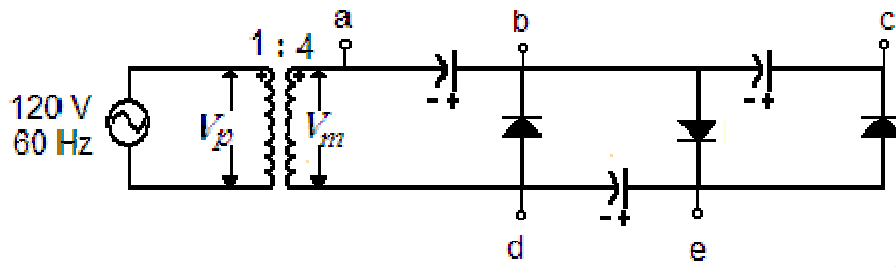


8- ارسم الدائرة اللازمة للحصول على موجة الاخراج التالية:

الحل: الدائرة تمثل دائرة تقليم سالب بمستوى قطع مقدارها (- 6 V)



9- مامقدار الفولتية بين النقطتين (a و c) وما مقدار PIV لكل ثنائي (استخدم ثنائي مثالي).
 ارسم شكل موجة الفولتية بين النقطتين (a و b) والنقطتين (c و a) والنقطتين (e و d) والنقطتين (b و d) .

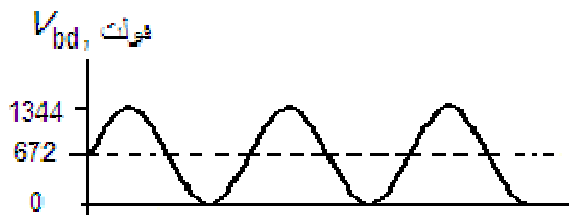
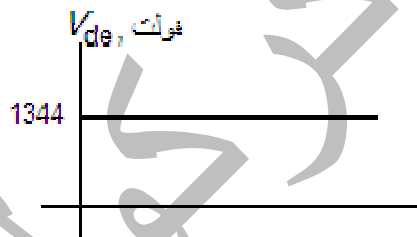
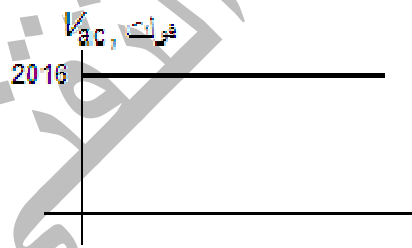
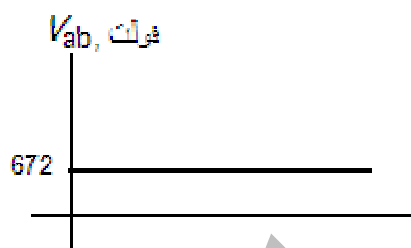


$$V_p = \sqrt{2} V_{rms} = \sqrt{2} * 120 = 168 \text{ V}$$

$$V_m = \frac{N_2}{N_1} * V_p = \frac{4}{1} * 168 = 672 \text{ V}$$

$$V_{ac} = 3V_m = 2016 \text{ V}$$

$$PIV = 2V_m = 1344 \text{ V}$$



المقررة	ثنائي الزنر - تركيبه - رمزه - خواصه الامامية - والعكسية - جهود الانهيار والانكسار - ممانعة زينر - تحمل القدرة - تأثيرات درجة الحرارة
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

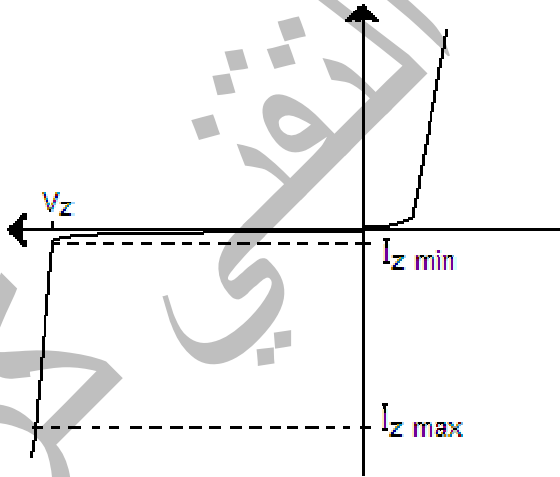
- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يتعرف على ثنائي نوع زينر وخواصه.
 - 2- يحسب التأثيرات الحرارية على الزنر.

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- رمز ثنائي الزنر وتركيبه. 2- خواصه الامامية والعكسية. 3- تقارب الزنر 4- جهود الانهيار والانكسار.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- ممانعة زينر - تحمل القدرة 2- تأثيرات درجة الحرارة 3- حل مثال حول التطبيق اعلاه.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الرمز (وهو مستنتج من خواص الزنر ذو الانحناءات الحادة)



- صنع ليعمل في منطقة الانكسار ويمكن تغيير فولتيات الانكسار (بتغيير مستوى التطعيم وذلك بسيطرة دقيقة خلال الصنع) الى فولتيات تتراوح من 1.8 V الى 200 V .
 - عند الانكسار نحصل على مكون الكتروني يعمل عمل مصدر فولتية ثابتة.
 - ظاهرة الانكسار (Breakdown) تحدث لسببين :
 - 1- ظاهرة الانهيار (Avalanche) : وهو نفس سبب انهيار الثنائي الاعتيادي حيث عندما يزداد الجهد العكسي الى درجة يجعل الالكترونات الاقلية في منطقة الاستنزاف فتصطدم بالكترونات تكافؤ اخرى محررة اياها حتى يزداد عددها.
 - 2- ظاهرة زنر : التطعيم العالي يجعل طبقة الاستنزاف رقيقة، فعندما يصل المجال الى 300,000 فولت / سم عند V_Z فانه كافى لسحب الكترونات التكافؤ من مدار التكافؤ.
 - اذا كان مصمم انكساره اقل من 5V (زيادة التطعيم تقلل V_B) فان ظاهرة زنر هي التي تسود.
 - اذا كان مصمم انكساره اكثر من 7V فان ظاهرة الانهيار هي التي تسود.
 - اذا كان مصمم انكساره بين (5V و 7V) فان الظاهرتين تسببان الانكسار.
- خواص الزنر:
- الانكسار له انحناءة حادة جدا (تدعى الركبة knee) تليه زيادة تقريبا عمودية في التيار.



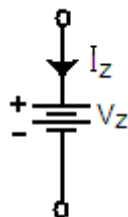
- المعاملات التالية تعطى في مواصفات الزنر:
 - $I_Z(\min)$: اقل تيار يمكن ان يسري في الزنر بحيث يبقى في حالة انكسار.
 - $I_Z(\max)$: اقصى تيار يتحمله الزنر.
 - $P_Z(\max) = I_Z(\max) * V_Z$: اقصى قدرة يتحملها الزنر.
- ممانعة زنر : ويتم حسابها من منحنى الخواص وقيمتها قليلة جدا بسبب المنحني الشديد الانحناء.

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

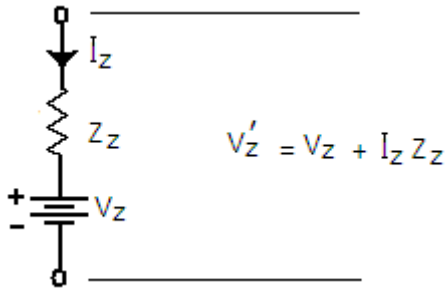
تقريب الزنر :

1- التقريب المثالي (Ideal):

يكافىء بطارية ذات فولتية V_Z فولت .



2- التقريب الثاني :
 المنحني في منطقة الانكسار ليس عموديا تماما لوجود ممانعة زنر
 لذلك يكافئ بطارية + مقاومة



المعامل الحراري :

ويمثل مقدار التغير بالمائة لفولتية زنر لكل درجة مئوية تغير في الحرارة

$$\Delta V_Z = V_Z * TC * \Delta T \quad \text{قانون حساب التغير في فولتية الوصلة}$$

TC المعامل الحراري

V_Z فولتية زنر عند درجة حرارة الغرفة $25^\circ C$

ΔT مقدار التغير في الحرارة

مثال : ثنائي زنر له المواصفات التالية $TC = +0.048\% / ^\circ C$ ، $V_Z = 8.2 V$

احسب قيمة V_Z عند درجة حرارة $60^\circ C$

$$\Delta V_Z = V_Z * TC * \Delta T$$

$$= 8.2 * \frac{0.048}{100} * (60 - 25) = 8.2 * 0.00048 * 35 = 0.18 V$$

$$V_Z \text{ (at } 60^\circ C \text{)} = 8.2 - 0.18 = 8.12 V$$

المقررة	تطبيقات الزنر في تنظيم الجهد المستمر-دائرة مصدر جهد مستمر - الثنائي متغير السعة وتطبيقاته.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

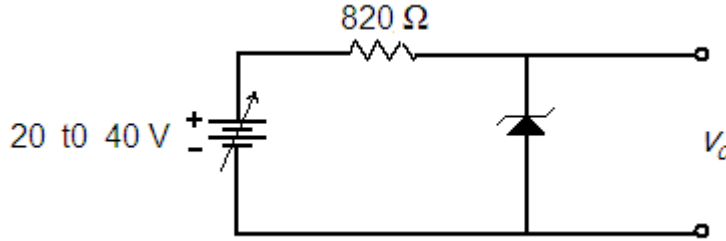
- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- ينفذ كافة تطبيقات الزنر .
 - 2- يطبق استخدام ثنائي متغير السعة

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- تطبيقات زنر في تنظيم فولتية اخراج لمصدر متغير. 2- حل مثال حول التطبيق اعلاه. 3- استخدام زنر في تنظيم فولتية الاخراج لحمل متغير.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- حل مثال حول التطبيق اعلاه. 2- شرح نوع الثنائي متغير السعة. 3- حل مثال حول النوع اعلاه.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

تطبيقات زنر : اهم تطبيق للزنر هو تنظيم فولتية الاخراج لمجهز DC (وتعتبر احدى المعاملات الاساسية للمقارنة بين انواع مصادر القدرة).

1- تنظيم فولتية الاخراج لمصدر ادخال متغير: ويتم توضيح ذلك في المثال التالي:

مثال : للدائرة التالية، احسب نسبة التغير في فولتية الادخال والاخراج اذا كانت مواصفات الزنر كما يلي ($V_Z = 10V$ و $Z_Z = 7\Omega$). استخدم التقريب الثاني للزنر.



$$V_o = V_Z = 10V$$

$$I_{Z(\min)} = \frac{V_{in(\min)} - V_Z}{R_S + Z_Z} = \frac{20 - 10}{820 + 7} = 12.2 \text{ mA}$$

$$I_{Z(\max)} = \frac{V_{in(\max)} - V_Z}{R_S + Z_Z} = \frac{40 - 10}{827} = 36.6 \text{ mA}$$

$$V_{o(\min)} @ V_Z + I_{Z(\min)} Z_Z = 10 + 0.0122 * 7 = 10.09 \text{ V}$$

$$V_{o(\max)} @ V_Z + I_{Z(\max)} Z_Z = 10 + 0.0366 * 7 = 10.26 \text{ V}$$

$$DV_{in} = \frac{V_{in(\max)} - V_{in(\min)}}{V_{in(\min)}} * 100\% = \frac{40 - 20}{20} * 100\% = 100\%$$

$$DV_{out} = \frac{V_{o(\max)} - V_{o(\min)}}{V_{o(\min)}} * 100\% = \frac{10.26 - 10.09}{10.09} * 100\% = 1.7\%$$

اي ان ثنائي الزنر قلص التغير في الفولتية.
هذه العملية تدعى (تنظيم فولتية) والتي تعتبر الاستخدام الرئيسي للزنر.

2- تنظيم فولتية الاخراج لحمل متغير:
وتحسب كما يلي :

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

حيث ان:

VR % نسبة التنظيم بالمائة

V_{NL} فولتية الاخراج المستمرة في حالة عدم وجود حمل.

V_{FL} فولتية الاخراج المستمرة في حالة وجود اقصى حمل.

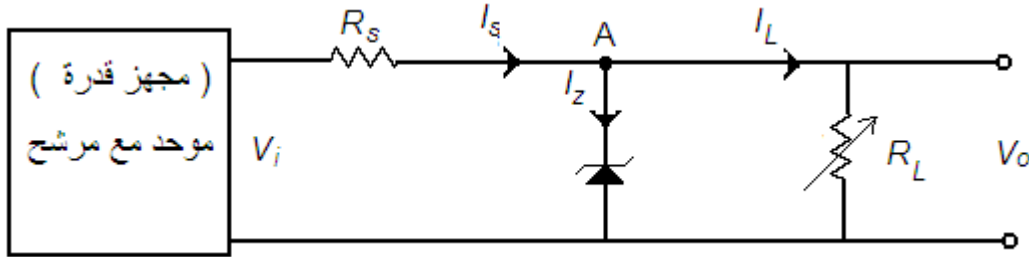
- كلما كانت قيمة VR % منخفضة فان مجهز القدرة يكون افضل.

- في المواصفات تعطى اصغر مقاومة حمل يمكن ربطها على المجهز ($\frac{V_{FL}}{I_{FL}}$)

- في موحّدات الموجة مع مرشح، فان فولتية الاخراج المستمرة تقل مع نقصان الحمل (T_2 يقل).اي انها غير منظمة.

- احدى طرق تحسين تنظيم الفولتية هي باستخدام منظم زنر، حيث تسلط هذه الفولتية غير المنظمة كادخال V_i الى منظم زنر. وطالما كانت V_i اكبر من V_Z فان الزنر يعمل في الانكسار ويبقى الاخراج ثابتا.

- الشكل ادناه يبين موحّد موجة مع مرشح مربوط الى منظم زنر:



R_s تمثل مقاومة لتحديد تيار زنر من تجاوز $I_{Z(max)}$.

$$I_s = \frac{V_i - V_o}{R_s}$$

التيار I_s يتفرق عند النقطة A.

$$I_Z = I_s - I_L$$

$$V_o = V_Z$$

$$I_L = \frac{V_o}{R_L}$$

باعتبار زنر مثالي

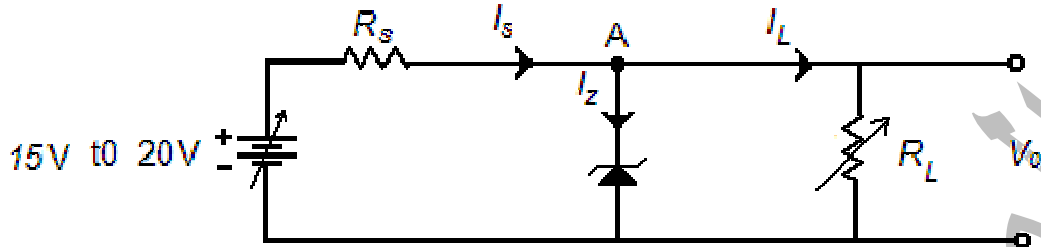
- ولكن يجب ان يبقى زنر منكسر، اي يجب ان يكون هناك تيار زنر لاقل فولتية ادخال و اعلى تيار حمل.
- اسوأ حالة تحدث للتنظيم عندما تكون فولتية المصدر اقل قيمة والتيار الحمل اعظم قيمة اي ان (I_Z اقل قيمة).
- وبذلك فان اكبر مقاومة مسموح بها تحسب كما يلي:

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

- عند فولتيات منخفضة وحمل واطىء، التنظيم يتوقف في حالة تجاوز هذه القيمة لمقاومة التحديد.

- كذلك نلاحظ من المعادلة ($I_Z = I_S - I_L$) انه عندما يزداد I_L يقل I_Z بحيث يبقى I_S ثابتا، اي ان التيار المسحوب من المجهز لا يعتمد على تغير الحمل وهذه صفة اساسية في التنظيم.

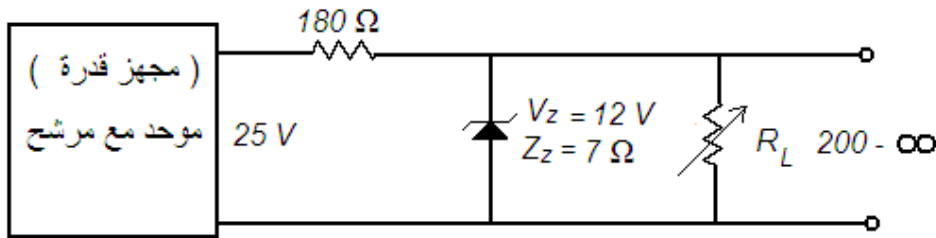
مثال: مجهز قدرة يتغير اخلراجه من 15 V الى 20 V وتيار حمل يتغير من 20 mA الى 100 mA ، استخدم زنر ($V_Z = 10 V$) مع مقاومة تحديد R_S لتنظيم الفولتية المسلطة على الحمل.



الحل:

$$R_{S(\max)} = \frac{V_{I(\min)} - V_o}{I_{L(\max)}} = \frac{15 - 10}{100 \text{ mA}} = 50 \Omega$$

مثال: لمجهز قدرة المنظم التالي، احسب %VR .



الحل:

$$I_S = \frac{V_i - V_o}{R_S} = \frac{25 - 12}{180} = 72 \text{ mA}$$

$$I_{Z(\max)} = I_S - I_L = 72 - 0 = 72 \text{ mA}$$

$$V_{NL} = I_{Z(\max)} * Z_Z + V_Z = 72 * 10^{-3} * 7 + 12 = 12.5 \text{ V}$$

$$V_o = V_Z = 12 \text{ V}$$

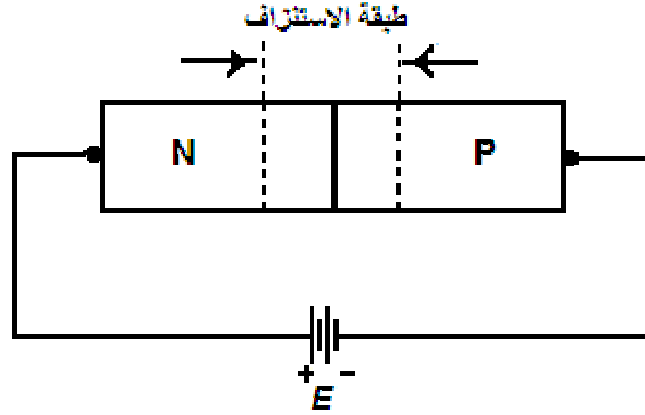
$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{12}{200} = 60 \text{ mA}$$

$$I_{Z(\min)} = I_S - I_L = 72 - 60 = 12 \text{ mA}$$

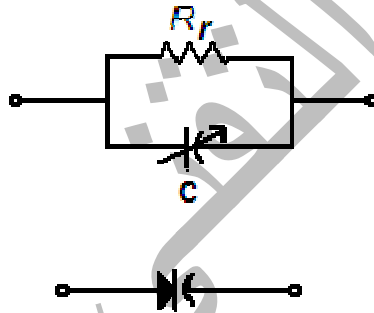
$$V_{FL} = I_{Z(\min)} * Z_Z + V_Z = 12 * 10^{-3} * 7 + 12 = 12.1 \text{ V}$$

$$V_R \% = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} * 100 \% = \frac{12.5 - 12.1}{12.1} * 100 \% = 3.3 \%$$

- كلمة Varactor مختصر كلمة Variable Capacitor
- يمكن تشبيه الثنائي بمتسعة ذات لوحين موصلين متوازيين (المنطقتين p و n) بينهما عازل (طبقة الاستنزاف الخالية من الشحنات). تدعى هذه المتسعة سعة الانتقال او سعة الوصلة او السعة الحاجزة.



- عند زيادة الجهد العكسي E فان طبقة الاستنزاف تزداد عرضا اي يزداد البعد بين لوحى المتسعة اي ان سعة الانتقال تقل.
- وهذا يكافى مقاومة ومتسعة تقل تأثيرها بزيادة التردد.



- رمز الثنائي

- لتوسيع مجال التغير في سعة الثنائي ، يطعم المنطقتين p و n بأسلوب خاص.
- مثلا الثنائي BB106 سعته 42 pF عند انحياز عكسي 0.5 V . وسعته 4.5 pF عند انحياز عكسي 20 V .
- تستعمل في اجهزة الاتصال لتوليف (Tuning) القنوات حيث تتغير سعتها بتغير الجهد العكسي او بتغير مقاومة متوالية بشكل ميكانيكي او آلي (عن بعد).

مثال : ثنائي سعته تتغير بين 4 pF و 49 pF بتغير جهده العكسي ، مامدى الترددات التي تتوالف عندها دائرة من هذا الثنائي وملف على التوازي قيمته 10 mH .

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 * 3.14 \sqrt{10 * 10^{-3} * 49 * 10^{-12}}} = \frac{1}{2 * 3.14 * 7 * 10^{-7}} = 227.5 \text{ kHz}$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 * 3.14 * \sqrt{10 * 10^{-3} * 4 * 10^{-12}}} = \frac{1}{2 * 3.14 * 2 * 10^{-7}} = 796.2 \text{ kHz}$$

المقررة	ثنائيات اخرى ، دايودات شوتكي، ديودات القدرة، الدايدودات النفقية
المضافة	

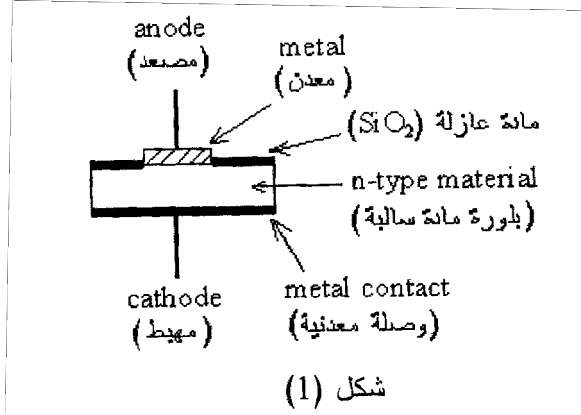
اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يرسم ويشرح خواص واستخدام دايودات شوتكي بالاضافة لحساب الكفاءة</p> <p>2- يرسم ويشرح تركيب واستخدام ديودات القدرة</p> <p>3- يرسم ويشرح رمز وخواص واستخدام الدايدودات النفقية</p>
--

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- ديودات شوتكي، التركيب الشريحي والرمز والخواص 2- الاستخدام وحساب الكفاءة 3- دايودات القدرة، التركيب والاستخدام	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الدايدودات النفقية، الرمز والخواص والاستخدام 2- حل امثلة تطبيقية	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

ديودات شوتكي (Schottky)

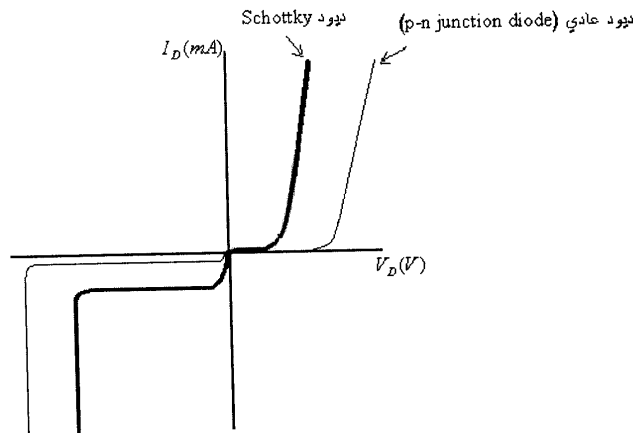
الشكل التالي يبين هذه الديودات:



يلاحظ من هذا الشكل أن هذه الديودات تتكون من بلورة مادة سالبة (n-type material) موصولة مع معدن (metal) مثل البلا تين أو الكروم أو التنجستون. وعند توصيل المادتين (بلورة المادة السالبة والمعدن)ء ولكون الالكترونات في بلورة المادة السالبة لها طاقة حركية عالية لذا ستنتقل هذه الالكترونات من بلورة المادة السالبة الى المعدن تاركة منطقة الإتصال بدون الكترونات ، ومشكلة ما يشبه منطقة الاستنزاف (depletion region) في الديودات العادية (p-n Junction diodes) والمكونة من بلورتين أحدهما سالبة والأخرى موجبة (والتي تم شرح مبدأ عملها في الاسبوع الثاني من هذا المنهاج).

وعند تطبيق فرق جهد موجب على الديود، وكما في حالة الديودات العادية، تضيق منطقة الإستنزاف كثيراً مما يسمح للتيار بالمرور من خلال الديود. وعند تطبيق فرق جهد سالب يزداد عرض منطقة الإستنزاف ولا يسمح للتيار بالمرور خلال الديود (باستثناء تيار التسرب العكسي والمسبب من إنتقال الالكترونات من المعدن الى بلورة المادة السالبة).

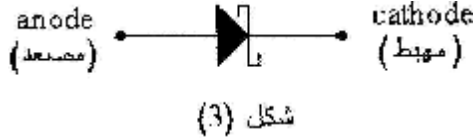
ولكون عرض منطقة الإستنزاف في هذا النوع من الديودات قليل جداً، مقارنة مع الديودات العادية، لذا فإن الهبوط بفرق الجهد بين طرفي هذه الديودات عند مرور التيار خلالها أقل من ذلك في حالة الديودات العادية، إلا أن العرض القليل لمنطقة الإستنزاف في هذه الديودات يسبب تيار تسرب عكسي أعلى من تلك في الديودات العادية. الشكل التالي يبين العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي ديود Schottky والتيار المار فيه.



شكل (2)

يلاحظ مما سبق، أنه وفي المادتين المكونتين لهذا الديود (بلورة المادة السالبة والمعدن)، فإن الالكترونات هي حاملات تيار الأكثرية (majority carriers)، ولكون الالكترونات في بلورة المادة السالبة لها طاقة حركية أعلى من تلك التي لالكترونات المعدن لذا فإن هذه الديودات كثيراً ما تسمى hot-carrier diodes.

وفي الدوائر الالكترونية فكثيراً ما يستخدم الرمز المبين في الشكل التالي للدلالة على ديودات Schottky

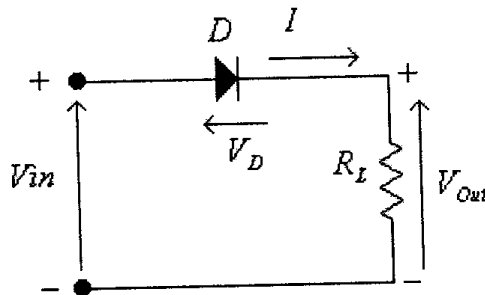


وفيما يلي مقارنة بين ديودات Schottky والديودات العادية (p-n Junction diodes):

- فرق الجهد بين طرفي ديود Schottky عند مرور التيار خلا له في الإتجاه الموجب أقل من فرق الجهد بين طرفي الديود العادي.
- تيار التسرب العكسي لديود Schottky أعلى من تيار التسرب العكس للديود العادي.
- زمن الإسترجاع العكسي (reverse recovery time) لديود Schottky أقل من زمن الإسترجاع العكسي للديود العادي.
- فرق الجهد العكسي الأقصى الذي تتحمله ديودات Schottky أقل نسبياً من فرق الجهد العكسي الأقصى للديودات العادية.

وديودات Schottky مناسبة لإستخدامات عديدة :

- بما أن زمن الإسترجاع العكسي لهذه الديودات قليل جداً (30 to 50)ns ، فإن هذه الديودات مناسبة لبناء دوائر الترددات العالية (20GHz .) مثل تلك في أنظمة الرادار والدوائر الالكترونية في أنظمة الاتصالات المختلفة.
- وبما أن فرق الجهد بين طرفي هذه الديودات ، عند مرور التيار خلالها ، قليل نسبياً فإنها مناسبة جداً لبناء أنظمة التغذية ذات الفولتية المنخفضة والتيارات الكبيرة كتلك التي تستخدم لتغذية أجهزة الحاسوب وبعض الأجهزة الالكترونية الأخرى، والتي هي عادة من النوع (switching power supply)، حيث أن إستخدام ديودات Schottky بدلاً من الديودات العادية، بعملية تقويم التيار (rectification)، يجعل معامل الكفاءة (efficiency factor) لنظام التغذية أعلى. فللدائرة المبينة في الشكل التالي:



شكل (4)

معامل الكفاءة هو :

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{in}}$$

حيث :

P_{Out} - القدرة المخرجة (output power)

$$P_{Out} = V_{Out} \cdot I$$

P_{in} - القدرة المدخلة (input power)

$$P_{in} = V_{in} \cdot I$$

ولكن :

$$V_{in} = V_{Out} + V_D$$

أي أن :

$$P_{in} = (V_{Out} + V_D) \cdot I$$

وبالتالي، فإن :

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{in}} = \frac{V_{Out} \cdot I}{(V_{Out} + V_D) \cdot I} = \frac{V_{Out}}{V_{Out} + V_D} = \frac{1}{1 + \frac{V_D}{V_{Out}}}$$

يلاحظ من هذا أنه كلما كانت النسبة $\frac{V_D}{V_{Out}}$ صغيرة كلما كان معامل الكفاءة η كبيراً.

ولما كان أحد الإتجاهات الحديثة في صناعة الحواسيب هو تصميمها لتعمل على فولتيات تغذية منخفضة (أي أن قيمة الفولتية المخرجة لأنظمة التغذية الخاصة بها ستكون منخفضة) لذا ولزيادة معامل الكفاءة η لأنظمة التغذية هذه يجب استخدام ديودات تقويم ذات قيم قليلة لفرق الجهد بين طرفيها عند مرور التيار فيها، مثل ديودات Schottky.

ديودات القدرة (Power Diodes)

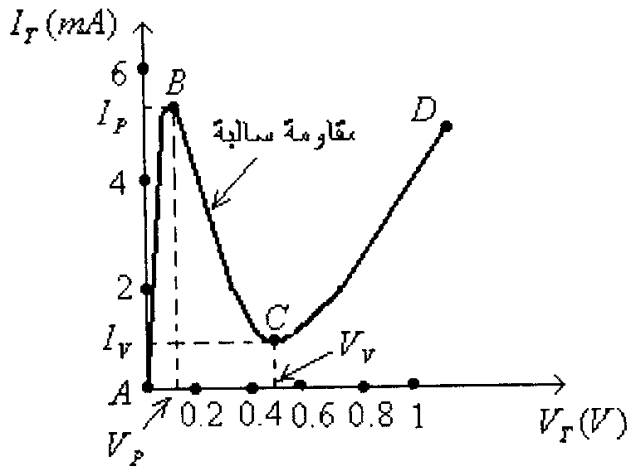
وهذه الديودات مصممة لتيارات وفولتيات عكسية عالية وتستخدم في دوائر الكترونيات القدرة (power-electronic circuits) لبناء مقومات (rectifiers) مختلفة.

ومما يجب ذكره أن معظم ديودات القدرة مصنوعة من السيليكون وذلك لأن ديودات السيليكون تمتاز على ديودات الجرمانيوم ، وكما ذكر في المحاضرة الأولى من المنهاج، بإمكانية تحملها درجات حرارة عالية وكذلك تيارات كبيرة وجهود عكسية عالية، كما أن تيار التسرب العكسي في ديودات السيليكون أقل من تيار التسرب العكسي في ديودات الجرمانيوم.

ومما يجب ذكره أيضاً أنه وفي بعض تطبيقات التيارات الكبيرة يمكن ربط ديودين أو أكثر على التوازي، أما في تطبيقات الفولتيات العالية فيتم ربط ديودين أو أكثر على التوالي.

ولتقليل ارتفاع درجة حرارة هذه الديودات، نتيجة التيارات الكبيرة المارة فيها والفولتيات العالية عليها، فإن هذه الديودات كثيراً ما يتم تركيبها على مبردات (heat sinks).

ما يميز هذه الديودات عن باقي الديودات التي تم شرحها حتى الآن هو وجود جزء في خاصيتها بمقاومة سالبة، ويقصد بالمقاومة السالبة أن إرتفاع الفولتية بين طرفي الد يود يؤدي الى نقصان التيار المار فيه. وسبب وجود المقاومة السالبة في خاصية هذه الديودات هو التركيز العالي للشوائب فيها، والذي يؤدي الى أن يكون عمق طبقة الاستنزاف المشكلة بين بلورتي الد يود قليل جداً، مما يؤدي الى مرور التيار في الد يود حتى عند فولتيات منخفضة بين أطرافه. وعند بلوغ التيار المار في الد يود قيمته العظمى I_p (عند الفولتية V_p) يزداد عمق منطقة الإستنزاف ويبدأ التيار المار في الد يود بالتناقص مع زيادة الفولتية بين طرفيه ،وذلك حتى الوصول الى القيمة الدنيا للتيار في الد يود I_v (عند الفولتية V_v)، حيث يبدأ بعدها تيار الد يود بالتزايد مرة أخرى بزيادة فرق الجهد بين طرفيه. الشكل التالي يبين العكسة بين التيار المار في أحد الديودات، من هذا النوع ، وفرق الجهد بين طرفيه.

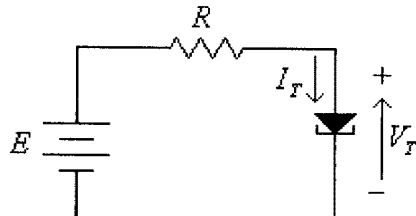


يلاحظ من هذه الخاصية مايلي:

- في الجزء (A - B) من خاصية الد يود، فعند زيادة قيمة الفولتية بين طرفي الد يود يزداد التيار المار فيه وذلك حتى الوصول الى القيمة العظمى (I_p) عند الفولتية (V_p) .
- في الجزء (B - C) من خاصية الديود، فعند زيادة قيمة الفولتية بين طرفي الد يود ينقص التيار المار فيه وذلك حتى الوصول الى القيمة الدنيا (I_v) عند الفولتية (V_v) .
- في الجزء (C - D) من خاصية الد يود، فعند زيادة قيمة الفولتية بين طرفي الد يود يزداد التيار المار فيه.

لاحظ أن مقاومة الد يود في الجزء (B - C) من خاصيته سالبة لأن زيادة فرق الجهد بين طرفي الد يود تؤدي الى نقصان التيار المار فيه، بينما مقاومة الد يود في الجزئين (A - B) و (C - D) موجبة لأن زيادة فرق الجهد بين طرفي الد يود تؤدي الى زيادة التيار المار فيه.

الدائرة التالية تمثل دائرة موصول فيها ديود نفقي مع مقاومة مادية، وكما في حالة الديودات العادية فإن نقطة عمل الدائرة تتحدد من نقطة تقاطع خاصية الد يود مع الخط المستقيم الذي تمثله الدائرة (خط الحمل).

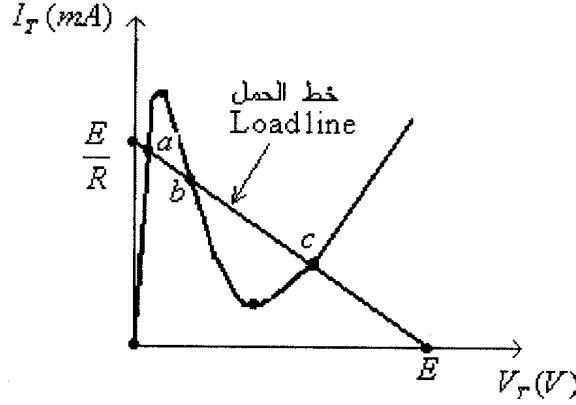


في هذه الدائرة:

$$I_T \cdot R + V_T = E$$

عند $I_T = 0A$ فإن $V_T = E$ ، وعند $V_T = 0V$ فإن $I_T = \frac{E}{R}$. الشكل التالي يبين نقاط

تقاطع خط الحمل مع خاصية هذا الديود.

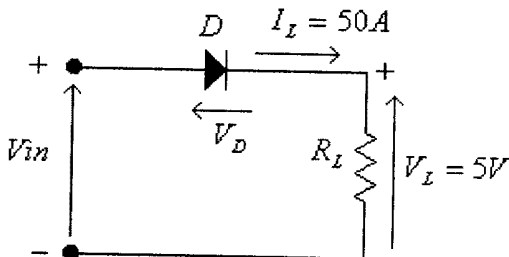


يلاحظ من هذا الشكل أن خط الحمل يتقاطع مع خاصية هذا الديود عند ثلاث نقاط ، أي أن هذه الدائرة يمكن أن تعمل عند ثلاث نقاط عمل مختلفة. فعندما تكون نقطة العمل لهذه الدائرة إحدى النقطتين a أو c (مقاومة الديود عند كل من هاتين النقطتين موجبة) فإن الدائرة تكون بحالة إستقرار (stable circuit) لأن أي تغيير في قيم الدائرة لن يضع الدائرة في حالة تذبذب (oscillation) ، فلو زادت قيمة E مثلاً لتحركت نقطة العمل إلى أعلى، أي إزداد مقدار التيار المار في الديود وكذلك فرق الجهد بين طرفيه (كما في حاله الديود العادي). أما عندما تكون نقطة عمل الدائرة هي النقطة b (مقاومة الديود عند هذه النقطة سالبة) فإن الدائرة ستكون بحالة عدم إستقرار، إذ أن أي تغيير في قيم الدائرة سيجعل نقطة العمل تنتقل من النقطة b إلى إحدى النقطتين a أو c. فمثلاً لو زادت قيمة E لتحركت نقطة العمل إلى أعلى، أي إزداد مقدار التيار المار في الديود ولكن فرق الجهد بين طرفيه سينقص مما سيؤدي إلى زيادة أخرى لتيار الديود والذي يسبب نقصان آخر لفرق الجهد بين طرفيه ، وهكذا حتى تصبح نقطة عمل الدائرة هي النقطة a.

ومما يجب ذكره أن الدوائر التي تستخدم الديودات النفقية تصمم لتعمل في ذلك الجزء من خاصيتها والذي تكون فيه مقاومة الديود سالبة وذلك لوضع الدائرة في حالة تذبذب (oscillation).

مثال :

أوجد معامل الكفاءة (efficiency factor) للدائرة ألتالية في حالة كون الديود المستخدم سيليكونياً وكذلك في حالة كونه ديود Schottky.



الحل:

في هذه الدائرة:

القدرة المخرجة (output power) هي:

$$P_{out} = V_L \cdot I_L = 5(50) = 250W$$

الجهد المدخلي هو:

$$V_{in} = V_{out} + V_D$$

- في حال كون الديود سيليكونياً، فإن فرق الجهد بين طرفي الديود كبير نسبياً وبحدود $1.1V$ ، وبالتالي، فإن:

$$V_{in} = V_{out} + V_D = 5 + 1.1 = 6.1V$$

والقدرة المدخلة (input power) هي:

$$P_{in} = V_{in} \cdot I_{in} = 6.1(50) = 305W$$

ومعامل الكفاءة (efficiency factor)، في هذه الحالة هو:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{250}{305} = 0.82$$

أو:

$$\eta = 82\%$$

- في حال كون الديود هو ديود Schottky، فإن فرق الجهد بين طرفي الديود قليل نسبياً، وبحدود $0.5V$ ، وبالتالي، فإن:

$$V_{in} = V_{out} + V_D = 5 + 0.5 = 5.5V$$

والقدرة المدخلة (input power) هي:

$$P_{in} = V_{in} \cdot I_{in} = 5.5(50) = 275W$$

ومعامل الكفاءة (efficiency factor)، في هذه الحالة هو:

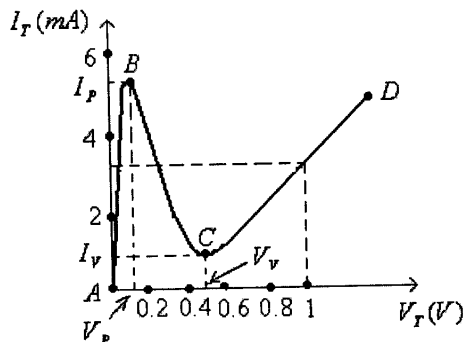
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{250}{275} = 0.91$$

أو:

$$\eta = 91\%$$

مثال:

للد يود النفقي (tunnel diode) المبينة خاصيته في الشكل التالي، أوجد قيمة مقاومة هذا الد يود في كل من أجزاء خاصيته المبينة في الشكل:



الحل

- في الجزء A- B من هذه الخاصية، فإن:

$$R = \frac{DV}{DI} = \frac{V_P}{I_P} = \frac{0.15}{5.5 \times 10^{-3}} = 27.3 \Omega$$

- في الجزء B - C من هذه الخاصية، فإن:

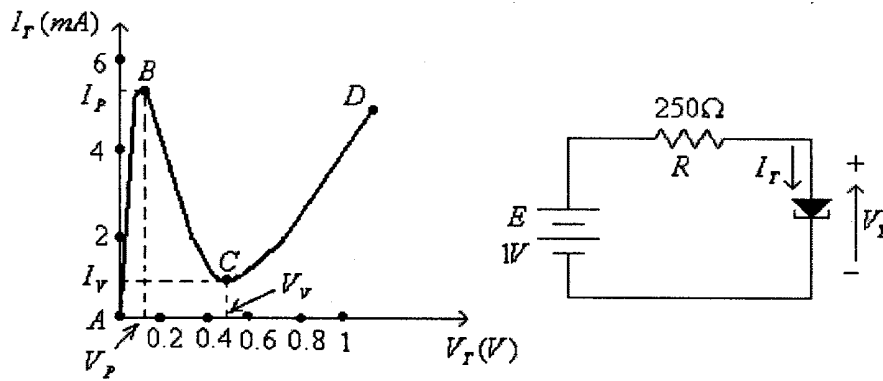
$$R = \frac{DV}{DI} = \frac{0.5 - 0.15}{1 \times 10^{-3} - 5.5 \times 10^{-3}} = - 77.8 \Omega$$

في الجزء C- D من هذه الخاصية، فإن:

$$R = \frac{DV}{DI} = \frac{1 - 0.5}{3 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-3}} = 250 \Omega$$

مثال:

للدائرة التالية ولخاصية الديود النفقي (tunnel diode) المبينة ، أوجد نقطتي العمل المترنيتين (stable operating points)



الحل:

لهذه الدائرة:

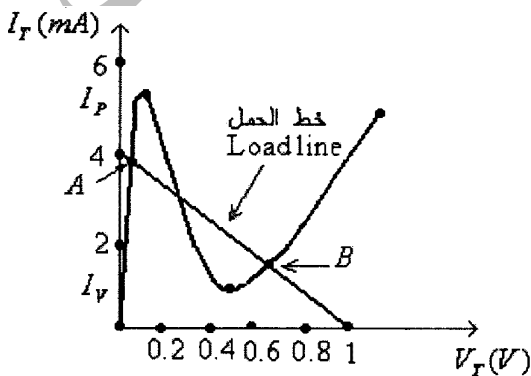
$$I_T \cdot R + V_T = E$$

أي:

$$250 I_T + V_T = 1$$

$$\text{عند } I_T = 0 \text{ فإن } V_T = 1V, \text{ وعند } V_T = 0V \text{ فإن } I_T = \frac{1}{250} = 0.004A = 4mA$$

الشكل التالي يبين نقاط تقاطع خط الحمل مع خاصية هذا الديود.



من هذا الشكل يستنتج أن نقطتي العمل المتزنيتين هما النقطتين A ، وعندها:

$$V_A \gg 0.1V$$

$$I_A \gg 3.9mA$$

و B ، وعندها :

$$V_B \gg 0.65V$$

$$I_B \gg 1.9mA$$

الحصول على
النقطة
المتزنة

المقررة	الترانزستور ثنائي القطبية : المناطق المطعمة الثلاثة، الترانزستور غير المنحاز، انحياز امامي- امامي وعكسي-عكسي وامامي-عكسي، وجهة نظر الطاقة، الفا dc، مقاومة امتداد القاعدة، فولتيات الانكسار.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يتمكن من فهم التركيب البنائي للترانزستور ثنائي القطبية ووصف التصرف من منظور الطاقة. 2- يربط مصادر لتشغيل الترانزستور بثلاثة هينات ووصف التصرف من منظور الطاقة. 3- يحسب الفا dc، ومقاومة امتداد القاعدة ، و فولتيات الانكسار.

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- بلورة الترانزستور ثنائي القطبية والمناطق المطعمة الثلاث 2- الترانزستور غير المنحاز 3- انحياز امامي- امامي 4- انحياز عكسي-عكسي 5- انحياز امامي-عكسي	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- وجهة نظر الطاقة 2- الفا dc 3- مقاومة امتداد القاعدة 4- فولتيات الانكسار	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

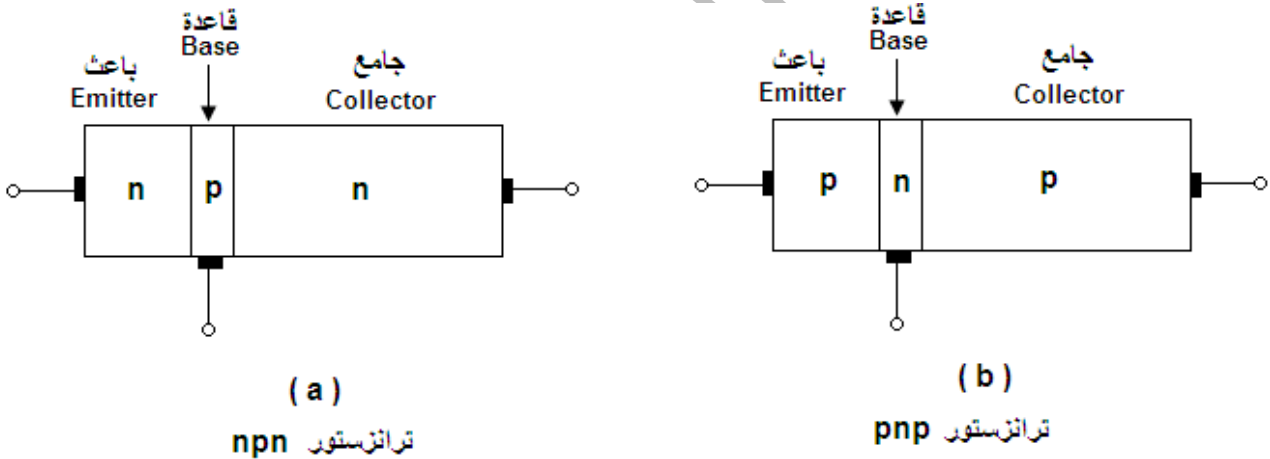
الترانزستورات ثنائية القطبية : Bipolar Transistor

يمكن تطعيم شبه موصل نقي لكي نحصل على بلورة نوع n او بلورة نوع pnp . مثل هذه البلورة تدعى ترانزستور الوصلة. ويدعى ايضا ترانزستور ثنائي القطبية وذلك لوجود الالكترونات حزمة التوصيل بكثرة في منطقة n وفجوات حزمة التكافؤ في منطقة p . انتج اول ترانزستور عام 1951 وهو سبب جميع انواع الاختراعات اللاحقة في مجال الالكترونيات (مثل الدوائر المتكاملة والمكونات الالكترونية الضوئية والمعالجات الدقيقة).

المناطق المطعمة الثلاث :

يبين الشكل (1a) بلورة شبه موصل نوع n . وقد طعم الباعث (Emitter) بغزارة، وواجه بهث او حقن الالكترونات الى القاعدة (Base) وتكون القاعدة خفيفة التطعيم ورقيقة وتقوم بتمرير معظم الالكترونات المحقونة الى الجامع (Collector). ويتراوح تطعيم الجامع بين التطعيم الغزير للباعث وبين تطعيم القاعدة الخفيف. وجاءت تسمية الجامع بهذا الاسم لانه يلتقط او يجمع الالكترونات من القاعدة. ان الجامع هو الاكبر بين المناطق الثلاث لان عليه ان يبدد حرارة اكثر مما يبده الباعث او القاعدة. الترانزستور في الشكل (1a) له وصلتين واحدة بين الباعث والقاعدة والاخرى بين القاعدة والجامع، لهذا السبب فالترانزستور عبارة عن ثنائيين اثنين ثنائي الباعث (لمنطقتي الباعث والقاعدة) وثنائي الجامع (لثنائي الجامع القاعدة).

يبين الشكل (1b) ايضا الاحتمال الاخر وهو الترانزستور نوع pnp وهو المتمم للترانزستور n وهذا يعني ان اتجاه التيارات والفولتيات في الترانزستور pnp عكسها في الترانزستور n .

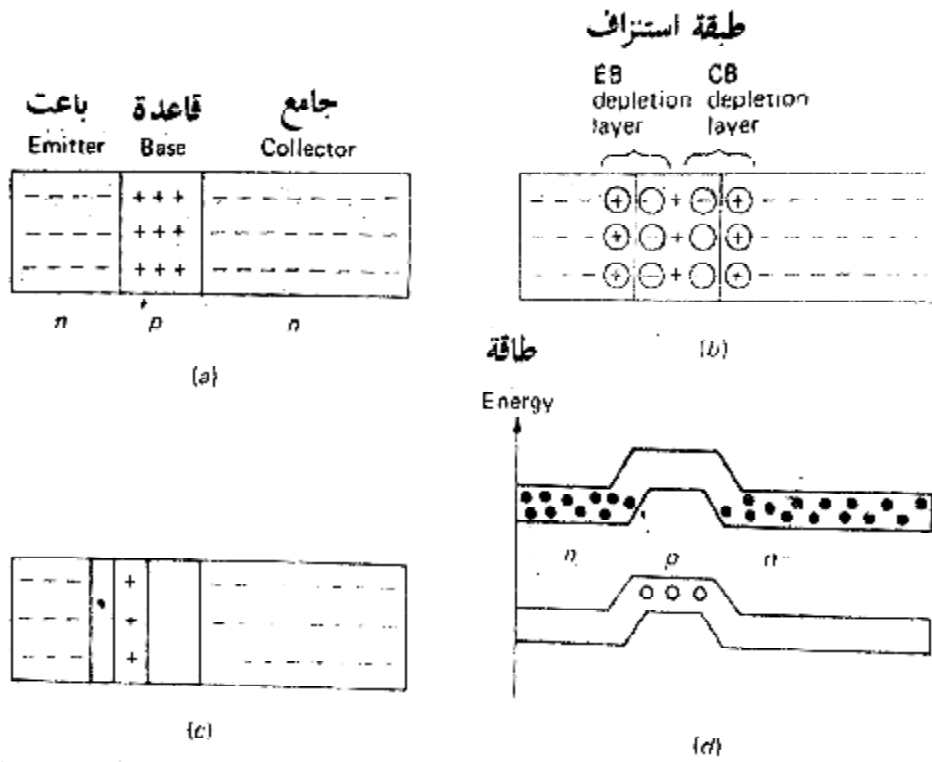


شكل (1) مناطق الترانزستور الثلاث

الترانزستور غير المنحاز:

يبين الشكل (2a) الحاملات الاغلبية قبل عملية الانتشار. وبعد انتشار الالكترونات الحرة (2b) تتكون طبقتي استنزاف (2c). وبما ان المناطق الثلاث تختلف في نسبة التطعيم، لا يكون لطبقتي الاستنزاف نفس العرض. فكلما كان تطعيم منطقة ما غزيرا، كان تركيز الايونات قرب الوصلة اعظم. ولان الباعث غزير التطعيم فات طبقة الاستنزاف تنفذ فيه قليلا ولكنها تنفذ عميقا في القاعدة الخفيفة التطعيم. طبقة الاستنزاف في جهة ثنائي الجامع ايضا تمتد كثيرا في القاعدة وبعمق اقل في الجامع.

الشكل (2d) يبين مخطط الطاقة. ونلاحظ هناك تلين للطاقة وذلك لوجود طبقتي استنزاف، فان الالكترونات حزمة التوصيل في الباعث لا تمتلك طاقة كافية لعبور تل الطاقة الى القاعدة مالم يتم تخفيض هذا التل بواسطة انحياز امامي لثنائي الباعث.

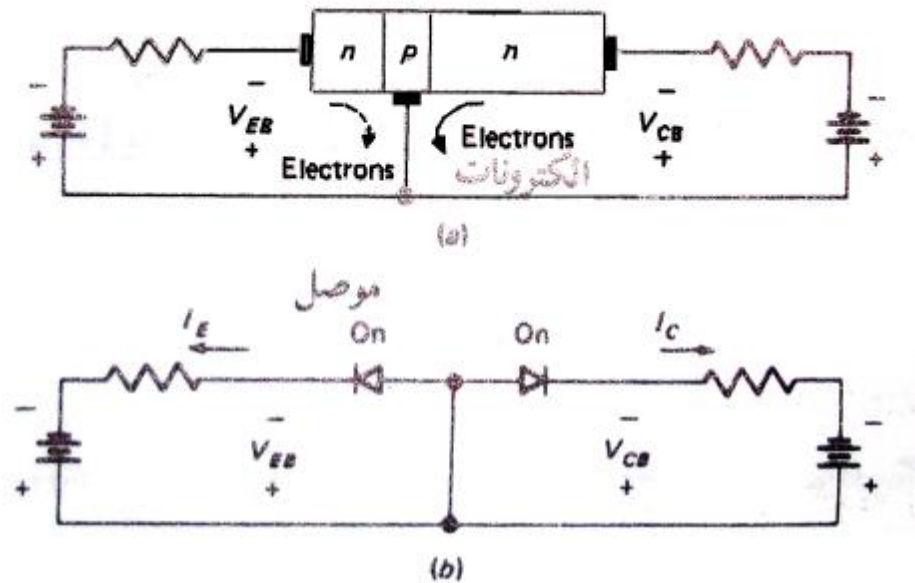


شكل (2) (a) قبل الانتشار (b) بعد الانتشار (c) طبقتا الاستنزاف (d) حزم الطاقة

طرق انحياز الترانزستور:

1- انحياز امامي- امامي (FF):

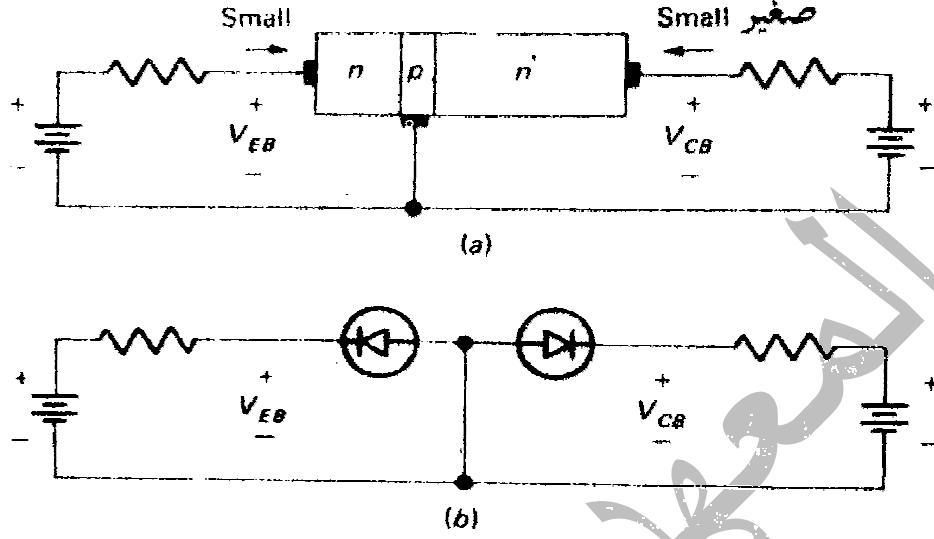
الشكل (3a) يبين هذا الانحياز مع دائرة ثفنن المكافئة. وقد سمي هكذا لان ثنائي الباعث وثنائي الجامع منحازان اماميا اي ان كلا الثنائيين بوضع (ON). الحاملات تعبر الوصلتين وتسري في القاعدة ومنها الى سلك التوصيل الخارجي. الشكل المكافيء (3b) يبين ان الفولتية V_{EB} تجعل ثنائي الباعث منحازا اماميا وتنتج تيار امامي. وكذلك V_{CB} تجعل ثنائي الجامع منحازا اماميا منتجا تيار امامي I_C .



شكل (3) انحياز امامي - امامي FF (a) الدائرة الحقيقية (b) الدائرة المكافئة

2- انحياز عكسي - عكسي (RR):

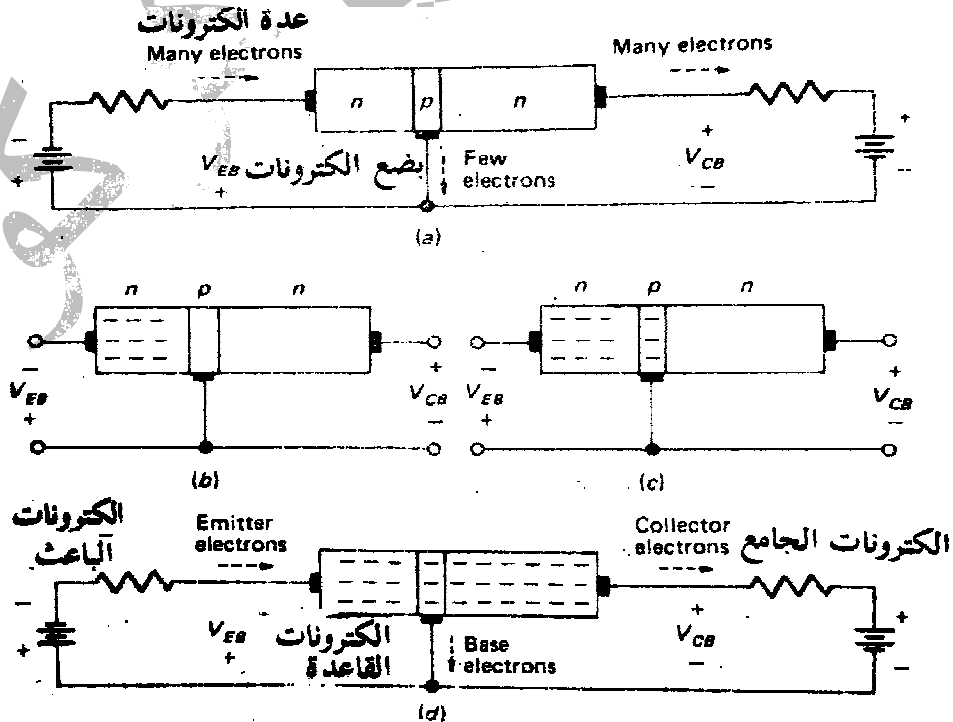
الشكل (4a) يبين هذا النوع من الانحياز. ثنائي الباعث وثنائي الجامع عكسيا وبذلك تسري فقط تيارات صغيرة ناتجة من تيار العبور الزائل و تيار التشبع العكسي وتيار التسرب السطحي. الدائرة المكافئة في الشكل (4b) تبين ان كلا الثنائيين بوضع (OFF).



شكل (4) انحياز RR (a) الدائرة الحقيقية (b) الدائرة المكافئة

3- انحياز امامي - عكسي (FR):

كما مبين في الشكل (5a) يكون انحياز ثنائي الباعث امامي وثنائي الجامع عكسي. هنا تحدث ظاهرة غير متوقعة ، حيث من المفروض ان يكون تيار امامي في ثنائي الباعث لكونه منحازا اماميا ولا يوجد تيار في ثنائي الجامع لكونه منحازا عكسيا ولكن في الحقيقة نلاحظ وجود تيار عالي في الجامع ؟ هذا هو السبب في كون الترانزستور ذلك الاختراع العظيم.



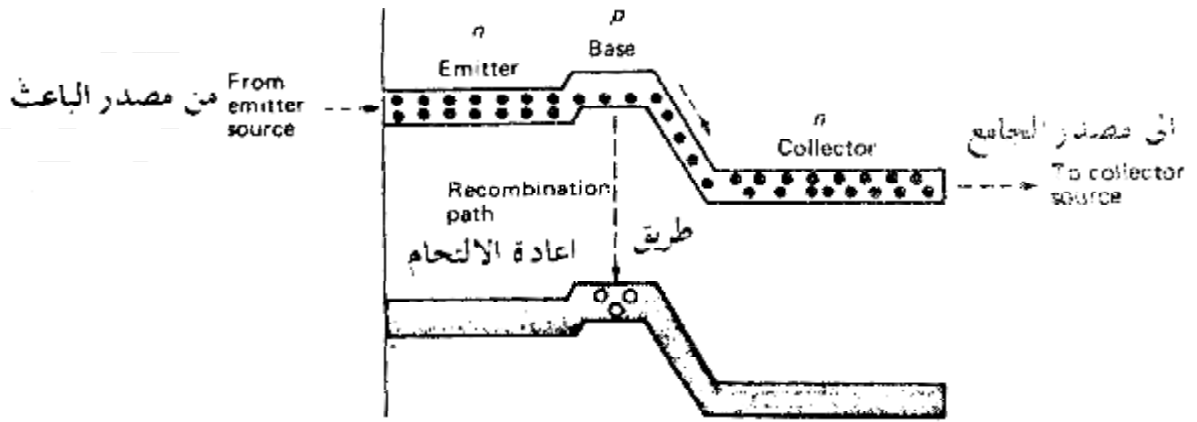
شكل (5) انحياز (FR) (a) الدائرة الحقيقية (b) الكثرونات حرة في الباعث (c) الكثرونات حرة في الجامع (d) الكثرونات حرة تنتشر الى الجامع

من اين اتى هذا التيار الكبير؟

عند بداية تسليط الانحياز الامامي على ثنائي الباعث، فان الالكترونات الباعث لا تكون قد دخلت الى القاعدة بعد كما مبين في الشكل (5b). فلو كانت V_{EB} اكبر من الجهد الحاجز، يستطيع العديد من الالكترونات الباعث دخول منطقة القاعدة كما مبين في الشكل (5c). هذه الالكترونات في القاعدة تستطيع المرور في كل من الاتجاهين الى اسفل القاعدة الرقيقة والى سلك توصيلها، و عبر وصلة الجامع ومنها الى الجامع. اي طريق ستسلك؟ من اجل ان تسري الالكترونات الى اسفل خلال القاعدة عليها ان تعيد التحامها في فجوات القاعدة وتسير خلال الفجوات الى سلك القاعدة كالالكترونات حزمة التكافؤ. يدعى هذا تيار اعادة الالتحام وتكون قيمته صغيرة وذلك لقلة عدد الفجوات بسبب خفة التطعيم في القاعدة. ولكون منطقة القاعدة رقيقة فان الالكترونات الحرة المحقونة من الباعث سوف تكتظ فيها محاولة السقوط في فجوات القاعدة القليلة، هذا الازدحام يسبب تزامم وتدافع هذه الالكترونات بحيث ان بعضها تعبر وصلة الجامع وتنتشر في طبقة الاستنزاف وتسقط في قوة مجالها العكسي والتي تطردها باتجاه سلك الجامع الى الطرف الموجب للمصدر العكسي كما مبين في الشكل (5d). اكثر من 95 % من الالكترونات الباعث المحقونة تعبر الى الجامع في معظم الترانزستورات واقل من 5 % تسقط في فجوات القاعدة وتسير خارجة من سلك توصيل القاعدة الخارجي.

شرح عمل الترانزستور من وجهة نظر الطاقة:

انحياز امامي على ثنائي الباعث يخفض تل الطاقة (انظر الشكل 6) وعليه فان الالكترونات حزمة التوصيل في الباعث تمتلك الان طاقة كافية تمكنها من الوصول الى حزمة توصيل القاعدة. تصبح الالكترونات عند دخولها الى حزمة توصيل القاعدة هي الحاملات الاقلية لانها في داخل منطقة p . اقل من 5 % من الالكترونات الباعث المحقونة (الحاملات الاقلية) تعيد التحامها في فجوات القاعدة وتتحول الى الالكترونات تكافؤية تسير خلال فجوات القاعدة الى سلك توصيلها الخارجي. اما 95 % من هذه الحاملات الاقلية سيملك زمن بقاء يكفيه لينتشر الى طبقة استنزاف الجامع وينحدر الى اسفل تل طاقة الجامع. تجدر الاشارة الى ان هذا الانحدار الشديد يسبب تحرير طاقة على شكل حرارة، لذلك يجب ان يكون الجامع قادرا على تبديد هذه الحرارة، هذا هو سبب كون الجامع اكبر مناطق التطعيم الثلاثة. يجب الملاحظة انه بزيادة انحدار تل الطاقة للجامع (اي زيادة الانحياز العكسي لثنائي الجامع) فان عدد الالكترونات لاتزداد وانما زيادتها يسيطر عليه مقدار انخفاض تل الطاقة للباعث (اي زيادة الانحياز الامامي لثنائي الباعث).



شكل (6) حزم طاقة الترانزستور في انحياز FR

الفا (α_{dc}) :

بما ان 95 % من الالكترونات المحقونة من الباعث تصل الجامع هذا يعني ان تيار الجامع يساوي تقريبا تيار الباعث. ان الفا (α_{dc}) للترانزستور يبين مدى تقارب التيارين ويعرف بالمعادلة:

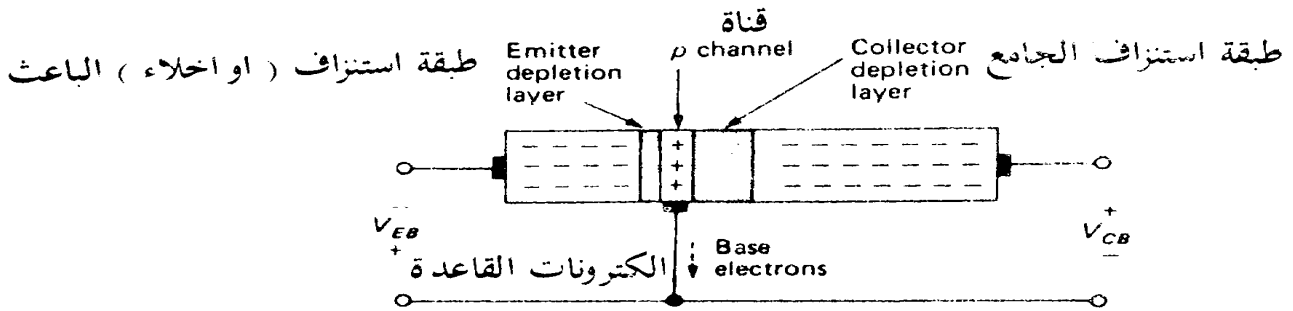
$$a_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

فمثلا لو قسنا $(I_C = 4.9 \text{ mA})$ و $(I_E = 5 \text{ mA})$ ، فان $(a_{dc} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{4.9}{5} = 0.98)$

كلما كانت القاعدة ارق واخف تطعيما، كان (α_{dc}) اعلى. ولو ذهبت جميع الالكترونات المحقونة مثاليا الى الجامع تصبح قيمة (α_{dc}) واحدا. (α_{dc}) لاغلب الترانزستورات تكون اكبر من 0.95 وقد تكون اكبر من 0.99، ولهذا السبب نستطيع ان نقرنها الى الواحد في التحليلات الاولى.

مقاومة امتداد القاعدة (r_b) base – spreading resistance :

بوجود طبقتي استنزاف تخترقان القاعدة تقتصر فجوات القاعدة على قناة ضيقة من شبه موصل نوع p كما مبين في الشكل (7). وبزيادة الانحياز العكسي على ثنائي الجامع يزداد عرض طبقة استنزاف الجامع وهذه تقلل عرض القناة التي تحوي فجوات القاعدة ، اي سيكون هناك عدد اقل من فجوات القاعدة الجاهزة لاعادة الالتحام. ان مقاومة القناة p في القاعدة والتي تعتمد على عرض القناة وعلى تطعيم القاعدة تسمى مقاومة امتداد القاعدة r_b . تتراوح بين (50Ω) الى (150Ω) . وفي التحليل الاولي نقوم باهمال r_b .

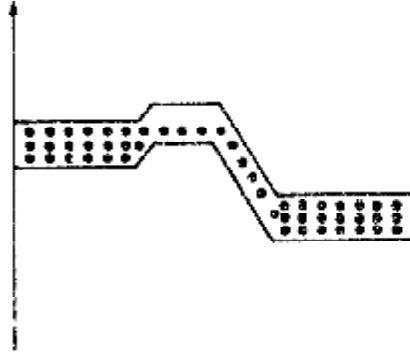


شكل (7) مقاومة امتداد القاعدة r_b

فولتيات الانكسار:

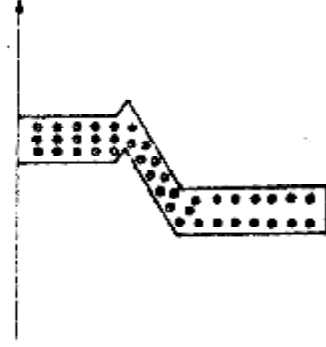
بما ان الترانزستور عبارة عن ثنائيين، لذا بإمكان فولتية عكسية كبيرة ان تسبب انكسارا (V_B) . ففي حالة انحياز FR يجب الحذر على ثنائي الجامع فقط. فعندما تكون (V_{CB}) كبيرة تحصل ظاهرة الانهيار في ثنائي الجامع ويتلف الثنائي. هنا تسمى الظاهرة بـ (التواصل) او بـ (الثقب) حيث ان طبقة استنزاف الجامع تصبح عريضة بحيث تصل الى طبقة استنزاف الباعث ويؤدي الى تيار جامع كبير وتلف الترانزستور كما مبين في الشكل (8a) الذي لم تحصل به ظاهرة التواصل لعدم تداخل طبقتي الاستنزاف اما الشكل (8b) يبين ما يحصل عند تداخل طبقتي الاستنزاف والذي يزيد عدد الالكترونات من الباعث العابرة الى الجامع والشكل (8c) يبين ان زيادة اخرى في فولتية الجامع قد تمحي الباعث تماما وفي هذه الحالة يزداد التيار بشدة ويتلف الترانزستور. ان ظاهرتي الانهيار والتواصل غير مرغوب فيهما بالترانزستور الاعتيادي. ونستطيع تجنبهما بابقاء فولتية الجامع اقل من فولتية الانكسار المبينة في استمارة المعلومات المرفقة من قبل المصنع.

طاقة Energy



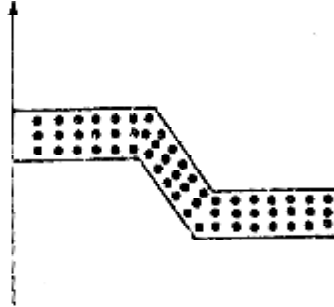
(a)

Energy



(b)

Energy



(c)

شكل (8) ظاهرة التراص

المقررة	الربط بطريقة الباعث المشترك، بيتا dc ، العلاقة بين الفا dc ، وبيتا dc ، الدوائر المكافئة، منحنيات الترانزستور.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يربط الترانزستور بطريقة الباعث المشترك.</p> <p>2- يحسب بيتا dc ويشق علاقتها مع الفا dc.</p> <p>3- يرسم الدوائر المكافئة للترانزستور ويكتب القوانين الخاصة لحساب المكونات.</p> <p>4- يرسم منحنيات الترانزستور مع تاشير كافة المتغيرات عليها.</p>

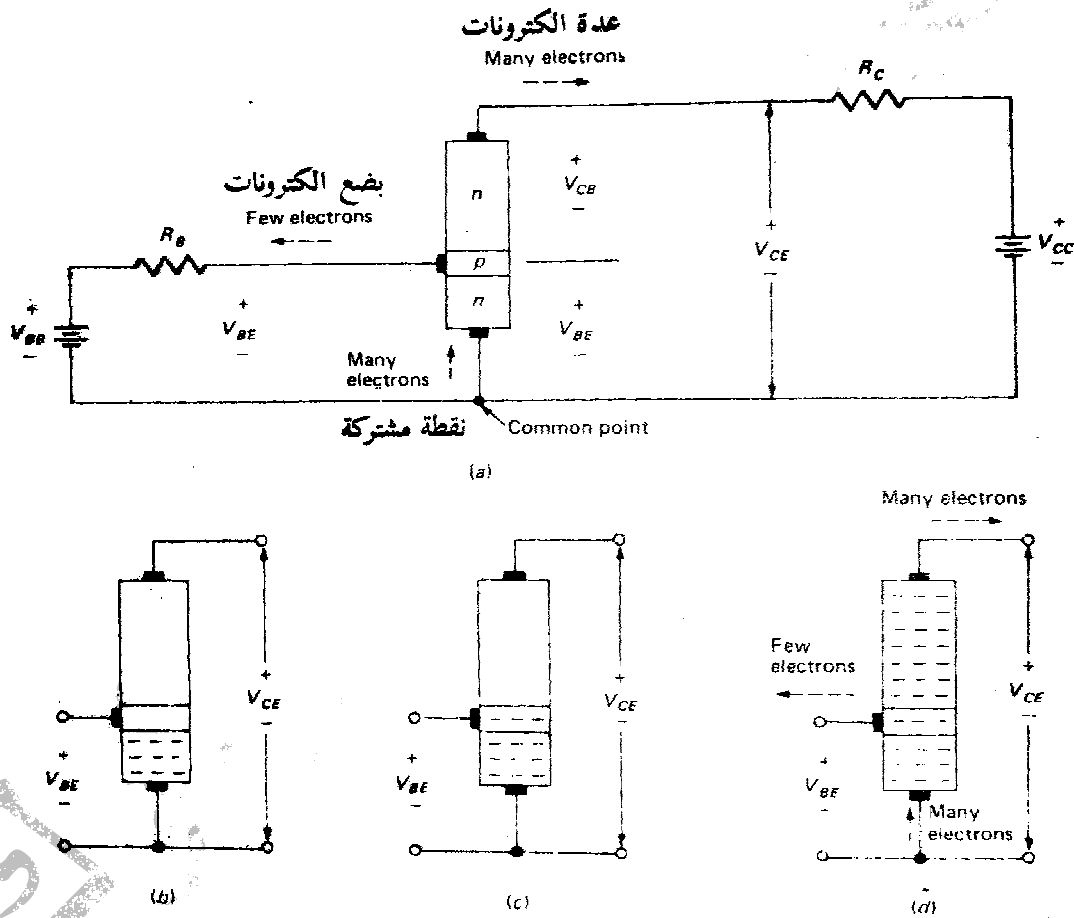
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الربط بطريقة الباعث المشترك 2- بيتا dc 3- العلاقة بين الفا dc ، وبيتا dc	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الدوائر المكافئة 2- منحنيات الترانزستور.	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الربط بطريقة القاعدة المشتركة: (Common – Base CB)

الشكل (5a) المبين سابقا يسمى بربط القاعدة المشتركة (Common – Base CB) لان القاعدة ومصدرتي الفولتية مربوطة الى نقطة مشتركة.

الربط بطريقة الباعث المشترك: (Common – Emitter CE)

الشكل (9a) يبين هذا الربط، حيث يتصل الباعث ومصدرتي الفولتية بالنقطة المشتركة المبينة. ان طريقة عمل الترانزستور لا تتغير بسبب تغير الربط من CB الى CE ، فالحاملات الاغلبية تتحرك تماما في الربطين حيث يكون الباعث مكتنضا بالكثرونات حزمة التوصيل (الشكل 9b) وعندما تكون V_{BE} (0.7 V) او اكثر يبعث هذه الالكثرونات الى القاعدة (الشكل 9c). وكالسابق فان القاعدة الرقيقة والخفيفة التطعيم تمنح معظم هذه الالكثرونات وقت بقاء كاف للانتشار الى طبقة استنزاف الجامع. وبوجود انحياز عكسي على ثنائي الجامع، يدفع مجال طبقة استنزاف الالكثرونات الى منطقة الجامع حيث تسير خارجة الى مصدر الفولتية الخارجي (الشكل 9d).



شكل 9 ربط CE (a) الدائرة الحقيقية (b) الالكثرونات في الباعث (c) الالكثرونات تدخل القاعدة

(d) الالكثرونات تتركز الى الجامع

بيتا b_{dc} :

كما ربطنا تيار الجامع الى تيار الباعث بعلاقة سميت a_{dc} . كذلك يمكن ربط تيار الجامع الى تيار القاعدة

بتعريف بيتا b_{dc} للترانزستور:

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

فمثلا لو قسنا تيار جامع مقداره (5 mA) وتيار قاعدة مقداره (0.05 mA) يكون للترانزستور b_{dc} مقداره:

$$b_{dc} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{5mA}{0.05mA} = 100$$

في معظم الترانزستورات، اقل من (5%) من الكترونات الباعث المنبعثة تلتحم مع فجوات القاعدة منتجة I_B ، لذا يكون b_{dc} في معظم الحالات اكبر من (20) ويتراوح عادة من 50 الى 200 . ولبعض الترانزستورات b_{dc} بحدود الالف. وفي منظومة اخرى من نظم التحليل تدعى الثوابت الهجينية h parameters (سوف تدرس في الفصول اللاحقة) يطلق على b_{dc} اسم كسب التيار المستمر ويرمز له h_{FE} حيث يعطى في استمارة المعلومات.

العلاقة بين a_{dc} و b_{dc} :

باستخدام قانون كيرشوف للتيار فان:

$$I_E = I_C + I_B$$

وبقسمة المعادلة على I_C :

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

او

$$\frac{1}{a_{dc}} = 1 + \frac{1}{b_{dc}}$$

وبترتيب المعادلة بالاستعانة بالجبر نحصل على :

$$b_{dc} = \frac{a_{dc}}{1 - a_{dc}}$$

وكمثال لو كان ($a_{dc} = 0.98$) تكون قيمة b_{dc} :

$$b_{dc} = \frac{0.98}{1 - 0.98} = 49$$

ويمكن كتابة معادلة لتمثيل a_{dc} بدلالة b_{dc} كما مبين :

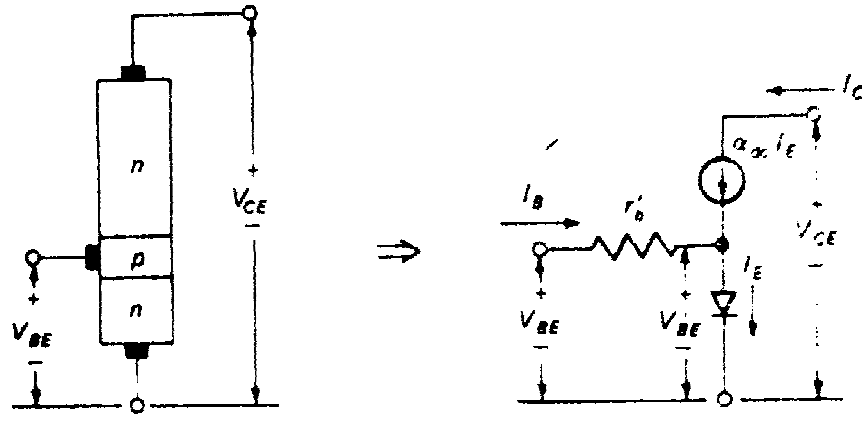
$$a_{dc} = \frac{b_{dc}}{b_{dc} + 1}$$

فمثلا لو كانت قيمة b_{dc} تساوي (100) فان:

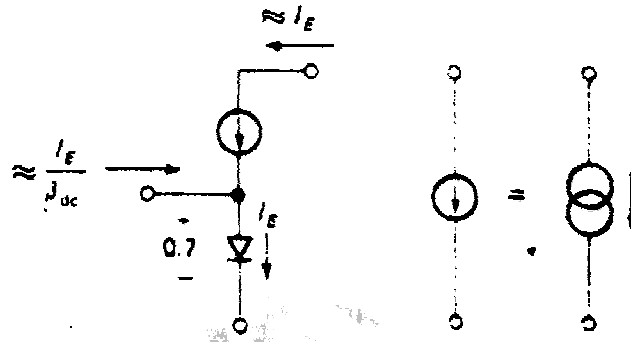
$$a_{dc} = \frac{100}{100 + 1} = 0.99$$

دائرتان مكافئتان :

لتوضيح عمل الترانزستور يمكن استخدام الدائرة المكافئة في الشكل (10a). الفولتية V_{BE} هي الفولتية عبر طبقة استنزاف الباعث. وعندما تكون هذه الفولتية حوالي (0.7 V) او اكبر من ذلك، يبعث الباعث الكترونات الى القاعدة. التيار في ثنائي الباعث يسيطر على تيار الجامع ولهذا السبب فان مصدر تيار الجامع يجبر تيارا مقداره ($a_{dc} I_E$) على المرور في دائرة الجامع. كل هذا يفترض ان V_{CE} اكبر من احوالي الفولت والا فان ثنائي الجامع لا يكون منحازا عكسيا ولا يستطيع ان يعمل الترانزستور بصورة طبيعية.



(a)



(b)

(c)

شكل 10 دوائر مكافئة (a) نموذج حقيقي (b) نموذج التحيز (c)

ان الفولتية الداخلية V_{BE} تختلف عن الفولتية المسلطة V_{BE} بمقدار الهبوط عبر r_b اي:

$$V_{BE} = V_{BE}^{\prime} + I_B r_b^{\prime}$$

وعندما يكون الهبوط $I_B r_b^{\prime}$ صغيرا بحيث يمكن اهماله تكون $(V_{BE} @ V_{BE}^{\prime})$.

ان دقة الدائرة المبينة في الشكل (10b) تفي بالغرض لمعظم التطبيقات العملية. حيث نفرض اولا الفولتية على ثنائي الباعث تساوي (0.7 V)، وثانيا لا نأخذ بنظر الاعتبار الفولتية $I_B r_b^{\prime}$ ، وهذا يكفي اعتبار r_b^{\prime} من الصغر بحيث يمكن اهمالها. وثالثا، يزود تيار الباعث I_E تيارا مقداره I_E تقريبا لدائرة الجامع. اما رابعا فان تيار القاعدة يساوي تقريبا (I_E / b_{dc}) وهذا ناتج من:

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

أو

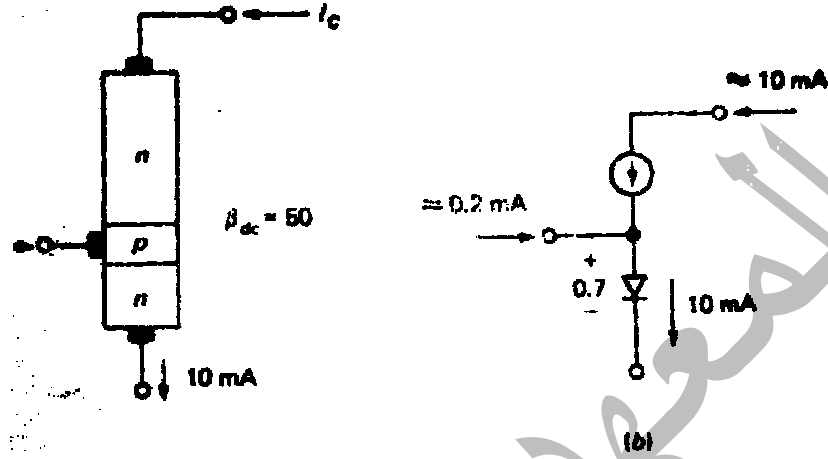
$$I_B = \frac{I_C}{b_{dc}} = \frac{a_{dc} I_E}{b_{dc}} @ \frac{I_E}{b_{dc}}$$

وذلك لان a_{dc} قريب جدا من الواحد.

يبين الشكل (10c) رمزا اخر للمصدر تيار الجامع.

مثال

يبين الشكل (11a) ترانزستور سليكون له b_{dc} يساوي (50) و تيار باعث يساوي (10 mA). الدائرة الخارجية التي انتجت هذا التيار غير مبينة ونفرض الترانزستور في حالة انحياز FR. بين كافة التيارات الممكنة.



الشكل (11)

الحل

$$I_C @ I_E = 10 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{b_{dc}} = \frac{a_{dc} I_E}{b_{dc}} @ \frac{I_E}{b_{dc}} = \frac{10 \text{ mA}}{50}$$

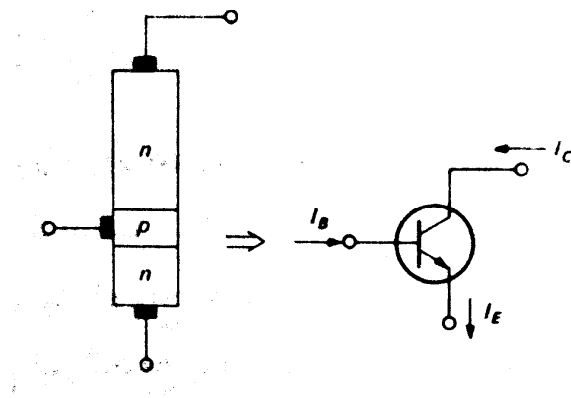
الفولتية على ثنائي الباعث تساوي (0.7 V) تقريبا. يبين الشكل (11b) كافة التيارات.

منحنيات الترانزستور

ويقصد بها العلاقات البيانية بين تيارات الترانزستور وفولتياته. ويبين بها معظم تفاصيل الترانزستور.

رمز الترانزستور:

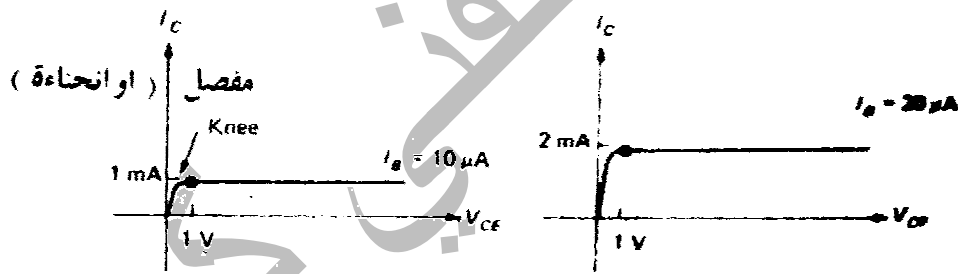
الشكل (12) يبين رمزا للترانزستور نوع npn . يمتلك الباعث رأس سهم واتجاهه يشير الى نفس اتجاه تيار الباعث المتعارف عليه. وبعبارة اخرى ، تجري الالكترونات الى الباعث وتخرج من القاعدة والجامع. التيارات المتعارف عليها تجري بعكس الاتجاهات كما مبين بالشكل . فتيار الباعث المتعارف عليه يجري خارجا من الباعث بينما يجري تيار القاعدة وتيار الجامع المتعارف عليه الى داخل الترانزستور نوع npn .



الشكل (12) رمز الترانزستور

منحنيات الجامع:

يمكن رسم منحنيات الجامع بربط CE وذلك ببناء دائرة كالتي في الشكل (13a) او باستعمال راسم منحنى الترانزستور ، ويتم تغيير المصدرين V_{CC} و V_{BB} وقياس فولتية و تيارات مختلفة للترانزستور.



الشكل (13) الحصول على منحنيات الجامع

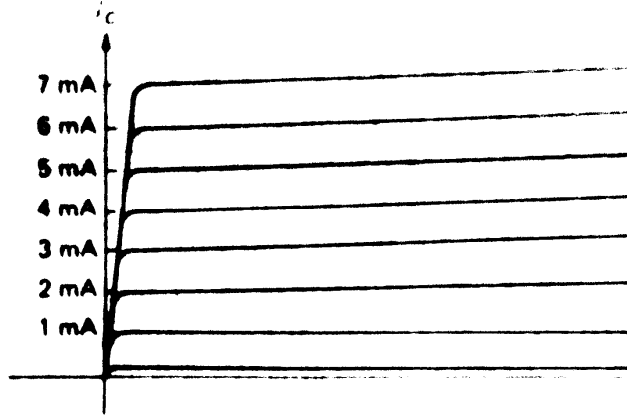
يتم اعطاء I_B قيمة معينة وابقاؤها ثابتة في اثناء تغيير V_{CC} وقياس I_C و V_{CE} يمكن الحصول على معلومات لرسم I_C مع V_{CE} . فمثلا افرض ان I_B يساوي (10 μA) بالشكل (13a) ثم نغير V_{CC} ونقيس I_C و V_{CE} الناتجين. وعند رسم المعلومات ، نحصل على الشكل (13b) . ويتم تاشير المنحني بكتابة قيمة I_B لانه كان ثابتا.

شرح المنحني:

عندما تكون V_{CE} صفرا لا يكون ثنائي الجامع منحازا عكسيا لذلك يكون تيار الجامع صغيرا جدا. لقيم V_{CE} المتزايدة بين الصفر وحدود الواحد فولت، يرتفع تيار الجامع بحدّة ثم يصبح ثابتا تقريبا. وهذا مرتبط بفكرة الانحياز العكسي لثنائي الجامع، حيث يأخذ حوالي (0.7V) لجعل ثنائي الجامع منحازا عكسيا. وحال الوصول الى هذا المستوى يجمع الجامع كل الالكترونات التي تصل الى طبقة الاستنزافية. ولا تكون قيمة V_{CE} المضبوطة مهمة جدا فوق الانحناء وذلك لان جعل تل الجامع اكثر انحدارا لايسطيع زيادة تيار الجامع بصورة ملحوظة والزيادة القليلة في تيار الجامع مع زيادة V_{CE} سببها زيادة عرض طبقة استنزاف الجامع واعتقال اعداد قليلة اخرى من الكترونات القاعدة قبل سقوطها في فجوات.

وباعادة القياسات لـ I_C و V_{CE} عندما يكون $(I_B = 20mA)$ نستطيع رسم المخطط البياني المبين بالشكل (13c). ان هذا المنحني يشابه سابقه فيما عدا كون القيم الواقعة فوق الانحناءة تساوي تقريبا $(2 mA)$. اي زيادة اخرى في V_{CE} تنتج زيادة قليلة في تيار الجامع لان طبقة الاستنزاف التي زاد عرضها تقوم باعتقال الالكترونات اضافة قليلة بالقاعدة.

وعند رسم عدة منحنيات لقيم مختلفة من I_B على نفس المخطط البياني، نحصل على منحنيات الجامع البيانية المبينة بالشكل (14) وقد تم استخدام ترانزستور له b_{dc} يساوي تقريبا 100، يكون تيار الجامع مائة مرة اكبر من تيار القاعدة تقريبا لاية نقطة فوق المفصل لاي منحني. ولان تيار الجامع يزداد قليلا بزيادة V_{CE} ، فان b_{dc} يزداد قليلا مع زيادة V_{CE} .



الشكل (14) منحنيات الجامع

تزود منحنيات الجامع من قبل المصنعين. وهناك راسم المنحني يستخدم لعرض منحنيات الجامع لترانزستور .

منحني القاعدة:

ويتم الحصول على معلومات لرسم I_B و V_{BE} من دائرة الشكل (13a) ويبين الشكل (15a) نوع المخطط الذي نحصل عليه . وهو يشبه منحني ثنائي لان جزء القاعدة والباعث من الترانزستور عبارة عن ثنائي. عند رسم منحني قاعدة آخر لفولتية جامع اكبر نجده مختلفا قليلا عن المنحني السابق وذلك لان عرض طبقة استنزاف الجامع تزداد وتسبب اعتقال الكترونات قليلة اخرى في القاعدة. وذلك واضح في الشكل (15b) حيث ان زيادة كبيرة في V_{CE} فان I_B يقل . هذا التأثير يهمل في التحليلات الاولية.

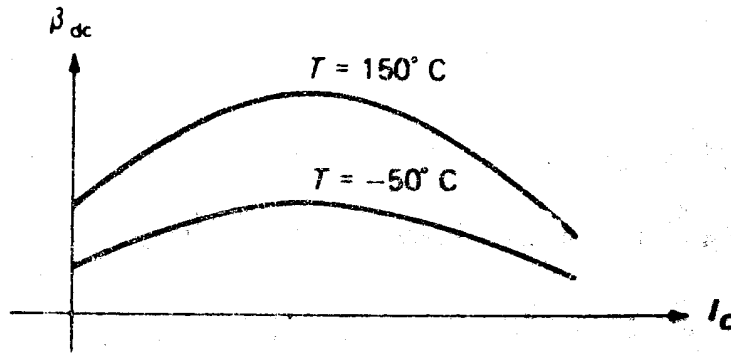


الشكل (15) منحنيات القاعدة

منحني كسب التيار:

وتمثل العلاقة بين b_{dc} مع تيار الجامع عند ثبوت درجة الحرارة. يبين الشكل (16) تغيرا نموذجيا في b_{dc} . فعند ثبوت درجة الحرارة يزداد b_{dc} الى قيمة عظمى عندما يزداد تيار الجامع. واذا استمرت الزيادة في I_C فان قيمة b_{dc} تهبط. ان تغير b_{dc} في المدى المفيد من تيار الترانزستور يصل الى (2 : 1) وهذا يعتمد على نوع الترانزستور.

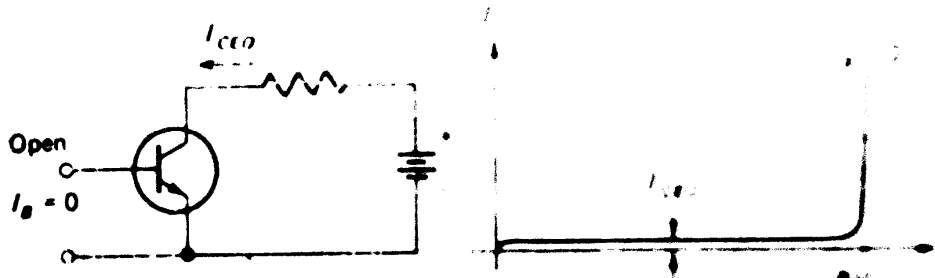
زيادة درجة الحرارة تعمل على زيادة b_{dc} عند تيار جامع معين ، وعلى مدى كبير من درجات الحرارة تصل التغيرات في b_{dc} الى (3 : 1). ويعتمد ذلك على نوع الترانزستور.



الشكل (16) تغير b_{dc}

تيار القطع وفولتية الانكسار: I_{CEO}

ان اخفض منحني من منحنيات الجامع بالشكل (14) يقابل تيار قاعدة يساوي صفرا. ان الشرط ($I_B = 0$) يكافئ فتح سلك القاعدة الموصل (الشكل 17a). ويسمى تيار الجامع عندما يكون طرف القاعدة مفتوحا I_{CEO} حيث ان CEO تمثل الجامع الى الباعث مع فتح طرف القاعدة. وقد نتج قسم من I_{CEO} بسبب الحاملات المنتجة حراريا كما نتج قسمه الاخر بسبب تيار التسرب السطحي.

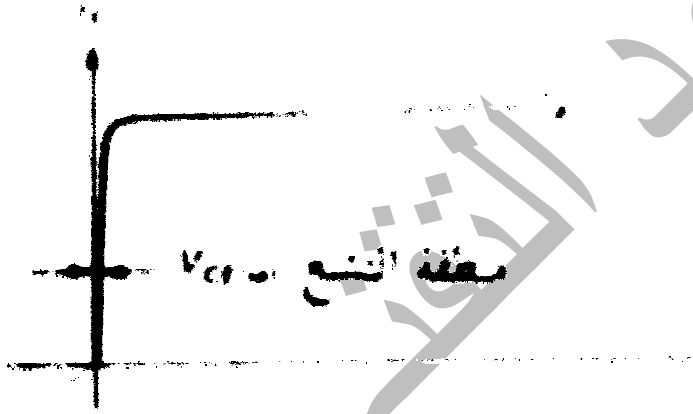


الشكل (17) تيار القطع وفولتية الانكسار

يبين الشكل (17b) منحنى ($I_B = 0$) . وبوجود فولتية جامع عالية كافية نصل الى فولتية الانكسار المعنونة BV_{CEO} حيث تمثل الكتابة السفلية الجامع الى الباعث مع فتح طرف القاعدة. ولأجل ان يعمل الترانزستور بصورة طبيعية يجب ان نبقي V_{CE} اقل من BV_{CEO} . تتراوح قيمة فولتية الانكسار هذه من اقل من (20 V) الى اكثر من (200 V) يعتمد ذلك على نوع الترانزستور. تعطى BV_{CEO} في استمارة المعلومات.

فولتية تشبع الجامع: $V_{CE(sat)}$

لأجل ان يعمل الترانزستور بصورة اعتيادية، يجب ان يكون ثنائي الجامع في حالة انحياز عكسي. ويتطلب هذا V_{CE} اكبر من اوفي حدود الواحد فولت. يعتمد ذلك على مقدار تيار الجامع المار. يبين الشكل (18) ماذا يعني $V_{CE(sat)}$ ، فهي قيمة V_{CE} عند نقطة ما تحت الانحناء وبالموقع المضبوط المحدد في استمارة المعلومات. تساوي $V_{CE(sat)}$ نموذجيا بضع اعشار من الفولت فقط بالرغم من اجتيازها الفولت عند تيارات جامع كبيرة جدا. ويسمى ذلك الجزء من المنحني الذي يقع تحت المفصل بالشكل (18) باسم منطقة التشبع *saturation region*.



الشكل (18) منطقة التشبع

المقررة	دوائر انحياز الترانزستور ، انحياز القاعدة ، مقدمة لنوع انحياز الفولتية
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1- يربط دائرة انحياز الترانزستور نوع انحياز القاعدة
- 2- يحلل الدائرة اعلاه
- 3- ينجز امثلة مختلفة بحساب المتغيرات للدائرة

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- خط الحمل المستمر 2- القطع والتشبع 3- المنطقة الفعالة 4- حل مثال لرسم خط الحمل	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- حل مثال لدائرة في حالة تشبع مع رسم خط الحمل 2- حل مثال لدائرة ذات مرحلتين 3- حل مثال في حالة تشبع مع حمل دايود ضوئي 4- مقدمة لنوع انحياز مقسم الفولتية	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

دوائر انحياز الترانزستور

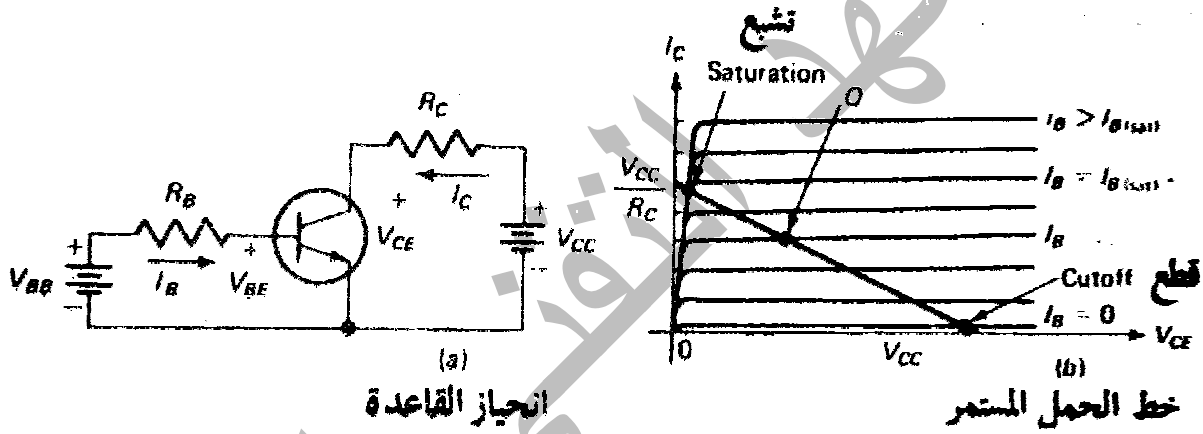
ويقصد بها الطرق المستخدمة لانحياز الترانزستور للعمل الخطي اي بانحياز امامي على ثنائي الباعث و انحياز عكسي لثنائي الجامع.

1- انحياز القاعدة: (Base Bias)

الشكل (1a) يبين طريقة ربط انحياز القاعدة حيث يسبب المصدر V_{BB} انحياز ثنائي الباعث اماميا خلال المقاومة المحددة للتيار R_B . وباستخدام قانون كيرشوف للفولتية فان الفولتية عبر R_B تكون $(V_{BB} - V_{BE})$ وباستخدام قانون اوم فان $(I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B})$ حيث ان V_{BE} تساوي (0.7 V) لترانزستورات السليكون و (0.3 V) للجرمانيوم .

خط الحمل المستمر:

في دائرة الجامع، يعمل مصدر الفولتية V_{CC} على انحياز ثنائي الجامع عكسيا خلال R_C . وباستخدام قانون كيرشوف للفولتية فان: $(V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C)$ في معظم الدوائر تكون V_{CC} و R_C ثابتة و V_{CE} و I_C متغيرة.



انحياز القاعدة

شكل (1)

نستطيع اعادة ترتيب المعادلة اعلاه للحصول على: $(I_C = -\frac{V_{CE}}{R_C} + \frac{V_{CC}}{R_C})$

وهذه معادلة خطية تشبه $(y = mx + b)$.

و هذه عبارة عن معادلة خط مستقيم دائما بانحدار قدره m وتقاطع عمودي قدره b على محور التيار. يبين الشكل (1b) منحنى المعادلة السابقة مرسوما على منحنيات الجامع حيث نرى ان التقاطع العمودي مقداره $(\frac{V_{CC}}{R_C})$ والتقاطع الافقي مقداره V_{CC} وانحداره يساوي $(-\frac{1}{R_C})$. يسمى هذا الخط بخط الحمل المستمر $(dc \text{ load line})$ لانه يمثل جميع نقاط العمل $(\text{operating points})$ الممكنة. نقطة تقاطع خط الحمل المستمر مع تيار القاعدة هي نقطة عمل الترانزستور.

القطع والتشبع:

تعرف نقطة تقاطع خط الحمل المستمر بالمنحني $(I_B = 0)$ بالقطع $(cut \text{ off})$. في هذه النقطة، يساوي تيار القاعدة صفرا ويكون تيار الجامع صغيرا جدا (يوجد تيار التسرب I_{CEO} فقط). عند القطع، يخرج ثنائي الباعث من الانحياز الامامي ويفقد الترانزستور عمله الطبيعي. كتقريب دقيق، تكون فولتية الجامع الى الباعث:

$$(V_{CE(sat)} = V_{CC})$$

ان تقاطع خط الحمل والمنحني $(I_B = I_{B(sat)})$ يدعى بالتشبع $(saturation)$. في هذه النقطة تيار القاعدة يساوي $I_{B(sat)}$ ويكون لتيار الجامع قيمة عظمى.

عند التشبع يخرج ثنائي الجامع من الانحياز العكسي ويفقد الترانزستور عمله الطبيعي ويكون تيار الجامع:

$$I_C (sat) @ \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_B (sat) = \frac{I_C (sat)}{b_{dc}}$$

واقل تيار قاعدة يحدث التشبع هو:

الفولتية بين الجامع والباعث عند التشبع هي: $V_{CE} = V_{CE(sat)}$ وقيمة $V_{CE(sat)}$ تعادل بضع اعشار الفولت.

لايزداد تيار الجامع اذا زاد تيار القاعدة عن $I_B (sat)$ لان ثنائي الجامع لم يعد منحازا عكسيا بمعنى اخر فان تقاطع خط الحمل مع منحنى قاعدة اعلى ينتج نفس نقطة التشبع في الشكل (1b).

المنطقة الفعالة:

تعتبر جميع نقاط العمل الواقعة بين القطع والتشبع هي المنطقة الفعالة للترانزستور. ويكون ثنائي الباعث منحازا اماميا في المنطقة الفعالة ، كما يكون ثنائي الجامع منحازا عكسيا . ونستطيع ايجاد تيار القاعدة في اية دائرة

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad \text{ذات انحياز قاعدة من المعادلة السابقة :}$$

ان نقطة تقاطع تيار القاعدة هذا مع خط الحمل هي النقطة الهامدة (Q) *quiescent poin* كما في الشكل (1b).

مثال :

لترانزستور السليكون (2N3904) في الشكل (2a) b_{dc} مقداره (100). ماهي قراءة فولتميتر dc بين طرفي الجامع والباعث؟

الحل:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{10 - 0.7}{10^6}$$

يتم اولا حساب تيار القاعدة:

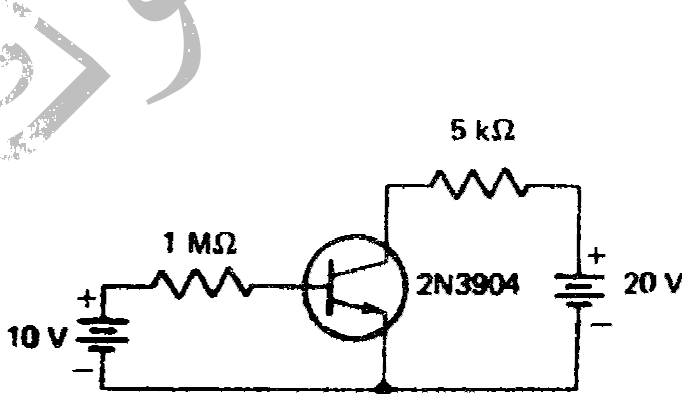
$$I_C = b_{dc} * I_B = 100 * 9.3 \text{ mA} = 0.93 \text{ mA}$$

ثم نحسب تيار الجامع:

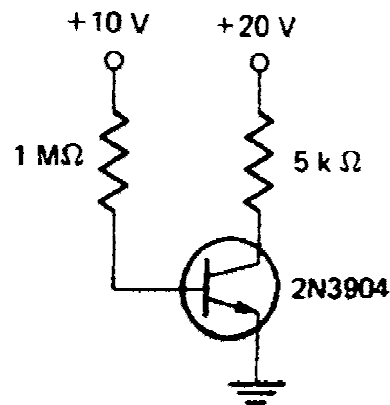
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 0.93 (10^{-3}) 5 (10^3) = 15.4 \text{ V}$$

ثم نحسب V_{CE} :

يبين الشكل (2b) نفس الدائرة بمنظومة ذات ارضي سالب والاقطاب الموجبة لمجهزي الفولتية ذلك للتبسيط.



(a)



(b)

مثال:

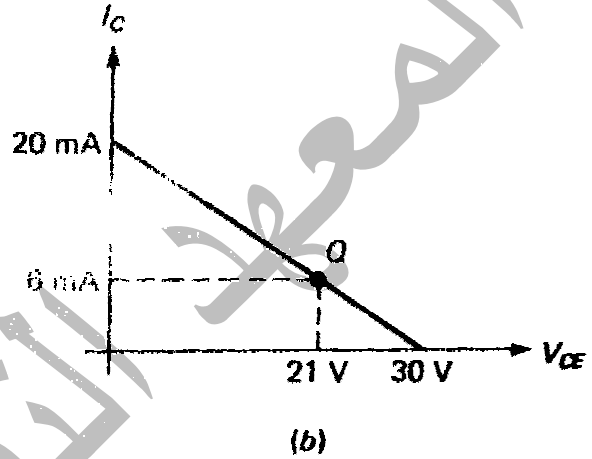
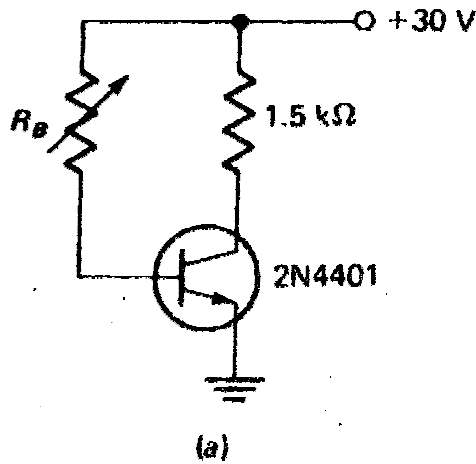
لترانزستور السليكون (2N4401) بالشكل (3a) ، مقدار b_{dc} (80) ارسم خط الحمل المستمر . اين تقع النقطة Q اذا كانت () $R_B = 390 \text{ k}\Omega$ ؟

الحل :

$$I_C(\text{sat}) @ \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{30 \text{ V}}{1.5 \text{ k}\Omega} = 20 \text{ mA}$$

$$V_{CE(\text{sat})} = V_{CC} = 30 \text{ V}$$

يبين الشكل (3b) خط الحمل المستمر.



الشكل (3)

نحصل على النقطة Q كالآتي:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{30 - 0.7}{390 (10^3)} = 75.1 \mu\text{A}$$

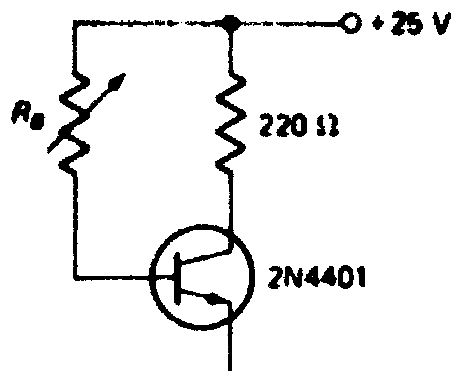
$$I_C = b_{dc} * I_B = 80 * 75.1 \mu\text{A} = 6 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 30 - 6 (10^{-3}) 1.5 (10^3) = 21 \text{ V}$$

يبين الشكل (3b) النقطة Q: احداثياتها ($V_{CE} = 21 \text{ V}$, $I_C = 6 \text{ mA}$). لاحظ ان النقطة Q تقع على خط الحمل المستمر لان خط الحمل يمثل جميع نقاط العمل الممكنة. ولو غيرنا قيمة R_B ، لانحرفت النقطة Q الى موقع اخر على خط الحمل.

مثال :

لترانزستور الشكل (4) b_{dc} مقداره (80) و ($V_{CE(\text{sat})} = 0.1 \text{ V}$) وقد ضبطت R_B للحصول على التشغيل. ماقيمة $I_C(\text{sat})$ وماقيمة R_B لذلك ؟



الشكل (4)

الحل :

عندما نقلل قيمة R_B فان تيار القاعدة يزداد وكذلك يزداد تيار الجامع وتزداد الفولتية عبر R_C . وهذه تقلل الفولتية بين الجامع والباعث . اخيرا، تقل V_{CE} الى (0.1 V). عند هذه النقطة يبدأ ثنائي الجامع يفقد انحياز العكسي مانعا اية زيادة اضافية في تيار الجامع. لقد تم تشبع الترانزستور ويكون تيار الجامع:

$$I_C (sat) @ \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{25 \text{ V}}{220 \Omega} = 114 \text{ mA}$$

وهذا هو اقصى تيار جامع يمكنك الحصول عليه من الشكل (4) .
تيار القاعدة يساوي :

$$I_B (sat) = \frac{I_C (sat)}{\beta_{dc}} = \frac{114 \text{ mA}}{80} = 1.43 \text{ mA}$$

وتساوي مقاومة القاعدة :

$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B (sat)} = \frac{25 - 0.7}{1.43 (10^{-3})} = 17 \text{ K}\Omega$$

واذا استمررت في تقليل R_B فسيزداد تيار القاعدة ولكن سيبقى تيار الجامع عند (114 mA) .

القيمة المضبوطة لتيار تشبع الجامع هي: $I_C (sat) = \frac{V_{CC} - V_{CE (sat)}}{R_C}$ وتكون $V_{CE (sat)}$ في

الترانزستورات ذات القدرة القليلة بضع اعشار الفولت بحيث يمكن اهمالها لصغرها. وكتقريب يمكن فرض وجود دائرة قصر بين الجامع والباعث يكافئ ($V_{CE} = 0$). عندما يكون ترانزستور الشكل (4) في حالة تشبع، يكون جامع (مثاليا) مربوطا بدائرة قصر الى الارضي.

ويمر تيار الجامع خلال المقاومة (220Ω) باتجاه الاسفل مختفيا عند الجامع مشابها لماء يختفي في مصرف. هذا هو السبب في تسمية الترانزستور ذي الباعث المؤرض بمصرف التيار current sink حيث يجري تيار الجامع بالاتجاه السفلي خلال المصرف الى الارضي.

مثال :

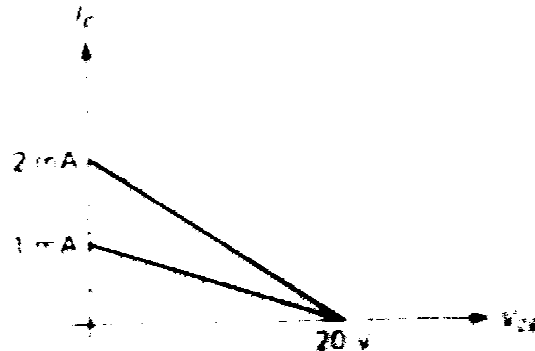
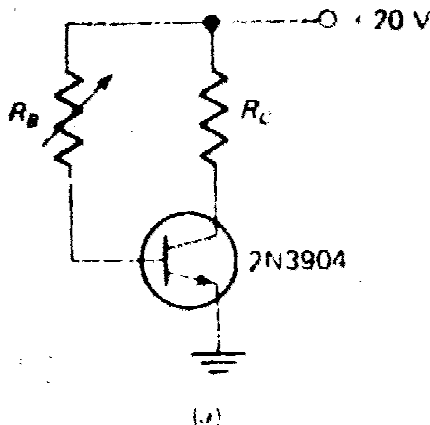
ارسم خط الحمل المستمر للشكل (5) مع العلم ان ($R_C = 20 \text{ k}\Omega$) .

الحل

عندما يعمل الترانزستور في منطقة التشبع يكون جامع مؤرضا (مثاليا) . في هذه الحالة تظهر فولتية المجهز جميعها عبر مقاوم الجامع و

$$I_C (sat) @ \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20 \text{ V}}{20 \text{ k}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

لذلك يسرب الجامع (1 mA) الى الارضي عند التشبع.



الشكل (5)

عندما يعمل الترانزستور في منطقة القطع، يظهر طرفاه بين الجامع والباعث مفتوحين لذلك فان فولتية المجهز جميعها تظهر عبر الطرفين المفتوحين ويكون :

$$V_{CE (cutoff)} = 20 \text{ V}$$

يبين الشكل (5b) خط الحمل المستمر (الخط السفلي).

مثال :

اعد المثال السابق اذا علمت ان ($R_C = 10 \text{ k}\Omega$)

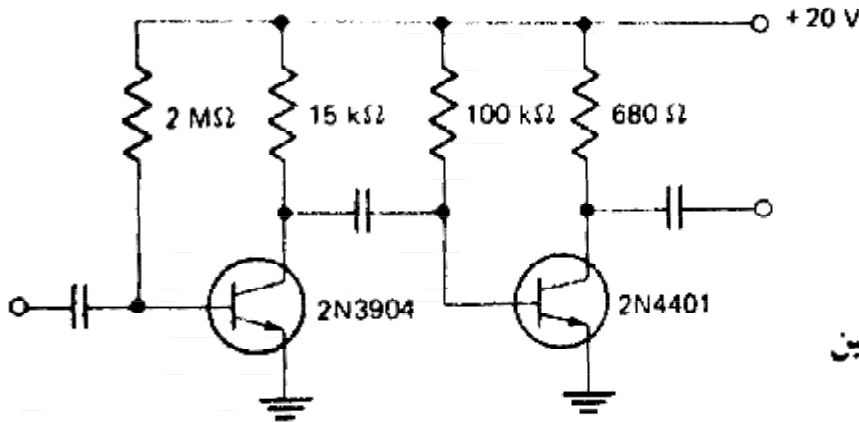
الحل عندما يتشبع الترانزستور سيسرب تيار تشبع مقداره :

$$I_{C(sat)} @ \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{20 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 2 \text{ mA}$$

تبقى فولتية القطع (20 V) ايضا. يبين الشكل (5b) خط الحمل المستمر (الخط العلوي).

مثال :

تتناسب المفاعلة السعوية عكسيا مع التردد. لهذا السبب تمتلك المتسعات مفاعلة قدرها مالا نهاية عند تردد الصفر. وهذا يكافئ دائرة مفتوحة بالنسبة للتيار المستمر. مامقدار الفولتية بين الجامع والباعث لكل ترانزستور في الشكل (6)؟ استخدم ($b_{dc} = 100$) للترانزستور 2N3904 و ($b_{dc} = 80$) للترانزستور 2N4401.



دائرة ذات مرحلتين

الشكل (6)

الحل تصور اولاً جميع المتسعات كدوائر مفتوحة وبذلك لاتملك التيارات المستمرة في الترانزستور الاول تأثيراً على الترانزستور الثاني. تيار القاعدة في 2N3904 هو:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20 - 0.7}{2 (10^6)} = 9.65 \mu\text{A}$$

$$I_C = b_{dc} * I_B = 100 * 9.65 \mu\text{A} = 0.965 \text{ mA}$$

وتيار الجامع:

والفولتية بين الجامع والباعث في الترانزستور الاول :

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 0.965 (10^{-3}) 15 (10^3) = 5.53 \text{ V}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20 - 0.7}{100 (10^3)} = 0.193 \text{ mA}$$

تيار القاعدة في 2N4401 هو:

$$I_C = b_{dc} * I_B = 80 * 0.193 \text{ mA} = 15.5 \text{ mA}$$

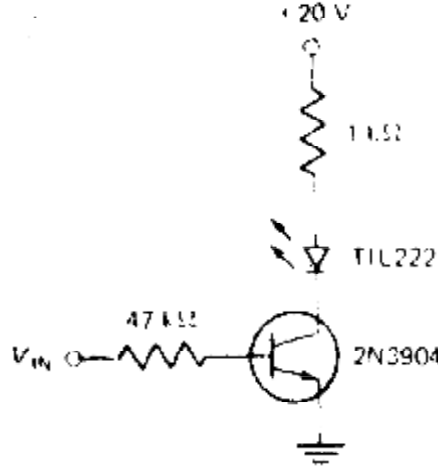
وتيار الجامع :

الفولتية بين الجامع والباعثي الترانزستور الثاني:

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 15.5 (10^{-3}) 680 = 9.46 \text{ V}$$

مثال

ان T1L222 في الشكل (7) عبارة عن LED اخضر بانحياز امامي قدره (2.3 V) عند التوصيل. فاذا كان للترانزستور 2N3904 ($b_{dc} = 150$) مامقدار تيار LED عندما يكون الترانزستور في حالة التشبع. مامقدار اقل V_{IN} تعمل على تشبع الترانزستور؟



الشكل (7)

الحل

عندما تزداد V_{IN} يزداد تيار القاعدة الذي يعمل بدوره على زيادة كبيرة في V_{IN} ستعمل على تشبع الترانزستور. ويكون جامع الترانزستور مؤرضاً عند تشبع الترانزستور. ان الفولتية عبر المقاوم (1kΩ) تساوي فولتية المصدر ناقصاً هبوط الفولتية عبر LED ، لذلك :

$$I_{LED} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{R_C} = \frac{20 - 2.3}{1000} = 17.7 \text{ mA}$$

تيار القاعدة الذي يبدأ في جعل الترانزستور في حالة التشبع هو :

$$I_B (sat) = \frac{I_C (sat)}{b_{dc}} = \frac{17.7 \text{ mA}}{150} = 0.118 \text{ mA}$$

وبتطبيق قانون كيرشوف على دائرة القاعدة نحصل:

$$V_{IN} = I_B R_B + V_{BE} = 0.118 (10^{-3}) 47 (10^3) + 0.7 = 6.25 \text{ V}$$

طالما كانت V_{IN} تساوي او اكبر من (6.25 V) يكون تيار القاعدة كبيراً بحيث ينتشبع الترانزستور. عندما يحصل هذا، يسرب الترانزستور (17.7 mA) الى الارضي.

انحياز مقسم الفولتية: Voltage-Divider Bias

يبين الشكل (8) دائرة انحياز مقسم الفولتية ويعتبر الاوسع انتشاراً في الدوائر الخطية المنفصلة. وجاءت التسمية من مقسم الفولتية المتكون من R_1 و R_2 . الفولتية على R_2 تعمل على جعل ثنائي الباعث منحازاً امامياً. كالعادة يعمل المجهز V_{CC} على جعل ثنائي الجامع منحازاً عكسياً.

تيار الباعث:

ان دائرة انحياز مقسم فولتية نموذجية تعمل كما يلي : يكون تيار القاعدة في الشكل (8) صغيراً جداً مقارنة بالتيار في R_1 و R_2 . نتيجة لذلك نستطيع تطبيق مقسم الفولتية لايجاد الفولتية عبر R_2 :

$$V_2 @ \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$V_E = V_2 - V_{BE}$$

قانون كيرشوف للفولتية يعطي :

$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

لذلك يكون تيار الباعث :

المادة : الالكترونىك نظري
الوقت : ساعتان

الاسبوع : 14

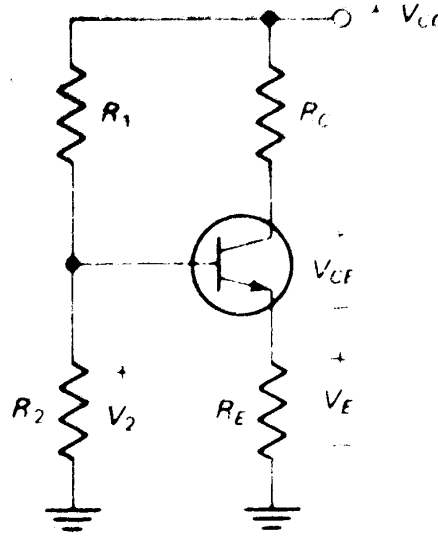
قسم التقنيات الالكترونية
الصف الاول
مفردة الاسبوع :

المقررة	دوائر انحياز الترانزستور، انحياز مقسم الفولتية (تكملة)، انحياز بالتغذية الخلفية للجامع.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يربط دائرة انحياز الترانزستور نوع انحياز مقسم الفولتية</p> <p>2- يحلل الدائرة اعلاه</p> <p>3- يربط دائرة انحياز الترانزستور نوع انحياز التغذية الخلفية للجامع</p> <p>4- يحلل الدائرة اعلاه</p> <p>5- ينجز امثلة مختلفة بحساب المتغيرات للدائرتين</p>
--

الوقت بال دقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : (نوع مقسم الفولتية) 1- فولتية الجامع الى الباعث 2- حل مثال لرسم خط الحمل المستمر 3- حل مثال لدائرة ذات مرحلتين 4- حل مثال لحساب القيم الدقيقة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : (نوع انحياز بالتغذية الخلفية للجامع) 1- مفهوم التغذية الخلفية وكيفية عملها 2- معادلات التحليل والتصميم 3- المعدل الهندسي لـ b_{dc} 4- حل مثال لهذا النوع من الانحياز	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع +	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	



الشكل (8)

فولتية الجامع الى الباعث:

الفولتية بين الجامع والارضى V_C تساوي : $V_C = V_{CC} - I_C R_C$

الفولتية بين الباعث والارضى تساوي : $V_E = I_E R_E$

الفولتية بين الجامع والباعث تساوي : $V_{CE} = V_C - V_E = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E$

او : $I_C @ I_E$ لان $V_{CE} @ V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

لو مر تيار جامع كبير في الشكل (8) فان الترانزستور يتشبع . وهذا يعني مثاليا دائرة قصر بين طرفي

الجامع والباعث. بتيار تشبع قدره : $I_{C(sat)} @ \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$

من الناحية الاخرى، لو عمل الترانزستور في منطقة القطع فلا يمر تيار بالجامع وتظهر فولتية المجهز جميعها على طرفي الجامع والباعث : $V_{CE(cutoff)} = V_{CC}$

خط الحمل المستمر يمر اذا في تقاطع عمودي قدره $(\frac{V_{CC}}{R_C + R_E})$ وتقاطع افقي قدره (V_{CC}) وستقع النقطة Q على خط الحمل هذا ويبين موقعها بالمعادلتين :

$$V_{CE} @ V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \quad \text{و} \quad I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

مثال :

ارسم خط الحمل المستمر للشكل (9a) . اين تقع النقطة Q ؟

الحل :

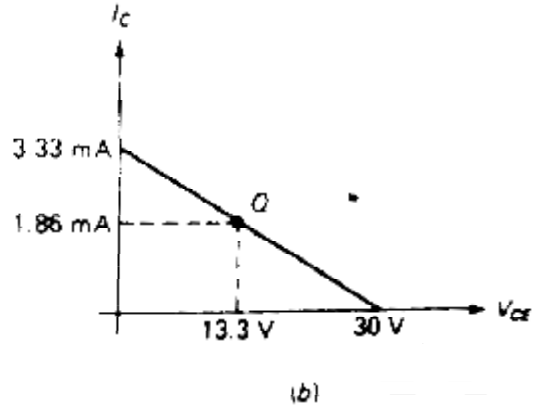
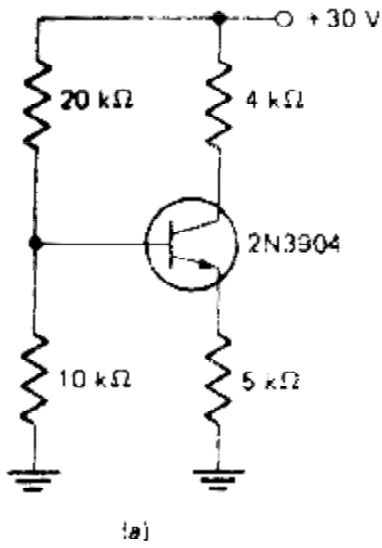
عندما يعمل الترانزستور في منطقة القطع ، تظهر فولتية المجهز جميعها عبر طرفي الجامع والباعث :

$$V_{CE(cutoff)} = V_{CC} = 30 \text{ V}$$

و عندما يعمل الترانزستور في منطقة التشبع، يظهر كدائرة قصر وتظهر فولتية المجهز عبر ربط التوالي

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{30 \text{ V}}{9 \text{ k}\Omega} = 3.33 \text{ mA} \quad \text{للمقاومة } R_C \text{ و } R_E \text{ لذلك :}$$

يبين الشكل (9b) خط الحمل المستمر.



الشكل (9)

الفولتية عبر مقاومة القاعدة (10 kΩ) تساوي (10 V) (حسب نظرية مقسم الفولتية) ويسقط ثنائي الباعث (0.7 V) تاركا (9.3 V) عبر مقاومة الباعث R_E . فيكون :

$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{9.3 \text{ V}}{5 \text{ k}\Omega} = 1.86 \text{ mA}$$

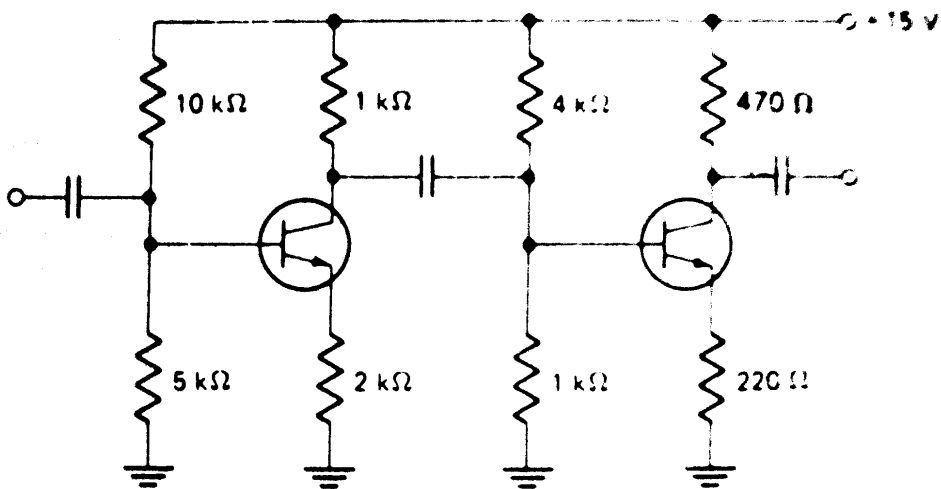
ولان $a_{dc} @ 1$ فان : $I_C @ I_E = 1.86 \text{ mA}$

وتكون الفولتية بين الجامع والباعث : $V_{CE} @ V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 30 - 1.86 (10^{-3}) 9000 = 13.3 \text{ V}$.
يبين الشكل (9b) النقطة Q .

مثال :

احسب I_C و V_{CE} لكل مرحلة في الشكل (10) .

{ يقصد بالمرحلة هي كل ترانزستور مع مقاومات الانحياز العائدة له وبضمنها R_C و R_E } .



الشكل (10)

الحل :

تكون المتسعات مفتوحة بالنسبة للتيار المستمر. نستطيع تحليل كل مرحلة بصورة منفصلة وذلك لعدم تداخل التيارات والفولتيات المستمرة. الفولتية على المقاومة (5 kΩ) في المرحلة الاولى تساوي (5 V) { استخدم نظرية مقسم الفولتية } . اطرح (0.7 V) بسبب هبوط الفولتية على ثنائي الباعث. يترك هذا (4.3 V) على مقاومة الباعث في المرحلة الاولى. لذلك يكون تيار الباعث :

$$I_E = \frac{4.3 \text{ V}}{2 \text{ k}\Omega} = 2.15 \text{ mA}$$

هكذا التيار هـ و نفسـه قيمـة التـيـار I_C ويـكـون

$$V_{CE} @ V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 15 - 0.00215(3000) = 8.55 \text{ V}$$

في المرحلة الثانية، الفولتية على المقاومة R_2 تساوي (3 V) { خُمس فولتية المجهز } . اطرح (0.7 V)

$$I_C @ I_E = \frac{2.3 \text{ V}}{220 \Omega} = 10.5 \text{ mA}$$

وبذلك يكون تيار الجامع:

يمر هذا التيار (10.5 mA) خلال المقاومتين (470 Ω و 220 Ω) . ان حاصل طرح هبوط الفولتية على هاتين المقاومتين من فولتية المجهز يعطي الفولتية عبر الترانزستور:

$$V_{CE} @ V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 15 - 0.0105(690) = 7.76 \text{ V}$$

خلاصة القول، النقطة Q للمرحلة الاولى لها ($I_C = 2.15 \text{ mA}$) و ($V_{CE} = 8.55 \text{ V}$)

والنقطة Q للمرحلة الثانية لها ($I_C = 10.5 \text{ mA}$) و ($V_{CE} = 7.76 \text{ V}$)

مثال:

احسب قيمة دقيقة لتيار الباعث في الشكل (11a) مستخدما هبوط فولتية V_{BE} قدره (0.7 V)

الحل :

لو فتحنا طرف القاعدة ، يكون مقسم الفولتية غير محمل . فولتية المقسم بعد تطبيق نظرية ثفنن هي:

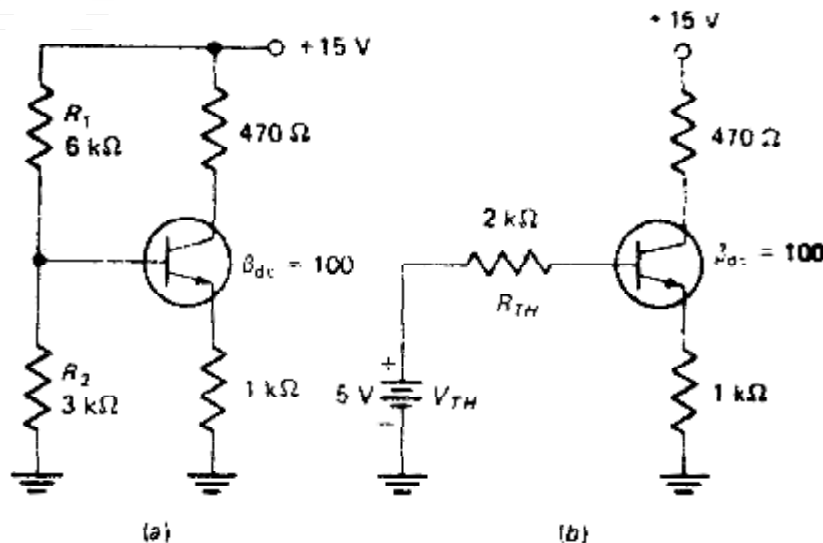
$$V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

$$R_{TH} = R_1 \parallel R_2$$

ومقاومة ثفنن :

حيث يعني الرمز \parallel في المعادلة (على التوازي مع). وتعني $R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

تعويض قيم الشكل (11a) يعطي : $V_{TH} = 5 \text{ V}$ و $R_{TH} = 2 \text{ k}\Omega$.
يبين الشكل (11b) الدائرة المكافئة.



الشكل (11)

بتطبيق قانون كيرشوف للفولتية على دائرة القاعدة والباعث في الشكل (11b) :

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

وبما ان ($I_C @ I_E$) وان ($I_B @ I_E / b_{dc}$) ، نستطيع اعادة ترتيب المعادلة الى الصيغة :

$$I_E = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_{TH}}{b_{dc}}}$$

تعويض قيم الشكل (11b) يعطي :

$$I_E = \frac{5 - 0.7}{1000 + \frac{2000}{100}} = \frac{4.3}{1020} = 4.22 \text{ mA}$$

لاحظ ان العدد الاول في المقام اكبر بكثير من العدد الثاني (1000 مقابل 20) وهذا نموذجي في دائرة انحياز مقسم الفولتية جيدة التصميم.

ويكون تعريف الدائرة جيدة التصميم بانها تلك الدائرة التي توفر هذا الشرط:

$$R_E \gg \frac{R_{TH}}{b_{dc}}$$

$$I_E = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_E} = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

وهذا يقلص المعادلة الى :

وذلك لان ($V_2 = V_{TH}$) عندما يتحقق الشرط المذكور في المعادلة .

فيما يلي نبين لماذا اصبح انحياز مقسم الفولتية للدوائر الخطية المنفصلة هو الاوسع انتشارا.

عند انتاج دوائر ترانزستورات بكميات كبيرة ، تكون مشكلة التغير في b_{dc} احدى المشاكل الرئيسية.

فهي تتغير من ترانزستور الى ترانزستور لنفس النوع. فمثلا القيمة الصغيرة للترانزستور 2N3904 تساوي (

100

والقيمة العظمى تساوي (300) عند ($I_C = 10 \text{ mA}$) ودرجة حرارة (25°C) وهذا يعني عند التعامل مع

الاف الترانزستورات من نوع 2N3904 (يستخدم بكثرة فهو ترانزستور سليكون قليل القدرة يستطيع تحمل تيار

جامع يصل الى 200 mA) يمكننا الحصول على تغير في b_{dc} قدره (3 : 1) لذلك لانستطيع ان نحصل على

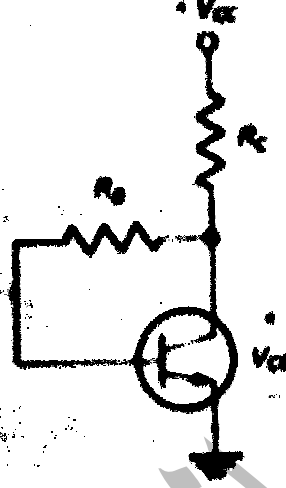
قيمة مستقرة لتيار الباعث مالم يكن I_E بالواقع غير معتمد على b_{dc} وبتطبيق الشرط $R_E \gg \frac{R_{TH}}{b_{dc}}$

نلغي تاثير b_{dc} على قيمة تيار الباعث تقريبا . وهذا هو السبب في عدم ظهور b_{dc} في الصيغة التقريبية لتيار

الباعث.

انحياز بالتغذية الخلفية للجامع : (Collector- Feedback Bias)

يوضح الشكل (12) انحيازاً بالتغذية الخلفية للجامع فهو يتصف بالبساطة (مقاومتين فقط) واستجابة جيدة للترددات الواطئة . نلاحظ ان مقاومة القاعدة ربطت مباشرة الى الجامع وليس الى المصدر V_{CC} .



الشكل (12)

مفهوم التغذية الخلفية :

عوضاً عن تسليط فولتية مجهز ثابتة على مقاوم القاعدة ، نستعمل فولتية الجامع لسوق مقاوم القاعدة. وهذا يؤدي الى تغذية خلفية تساعد في تقليص تأثير b_{dc} على النقطة Q .

كيفية عمل التغذية الخلفية :

افرض ان درجة الحرارة ارتفعت مسببة زيادة في b_{dc} بالشكل (12) . ان هذا سيؤدي الى زيادة تيار الجامع. لكن حالما يزداد تيار الجامع ، تقل فولتية V_{CE} (هناك هبوط فولتية اكبر على R_C) وهذا يعني نقصان في الفولتية التي تسوق مقاومة القاعدة، وبالتالي ينقص تيار القاعدة. لذلك يخفض تيار القاعدة المتناقص الزيادة الاصلية في تيار الجامع. بدون تغذية خلفية، يتناسب تيار الجامع طردياً مع b_{dc} ولكن بوجود التغذية الخلفية لا يزداد تيار الجامع بنفس سرعة زيادة b_{dc} .

معادلات التحليل والتصميم (لتوضيح تأثير التغيرات في b_{dc}) :

يمكن تقريب تيار الجامع للشكل (12) الى : $I_C @ \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{b_{dc}}}$ (البرهنة في الصفحة الاخيرة)

هذا هو التيار في المنطقة الفعالة . كالعادة ، فان :

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

مقاومة القاعدة التي تعطي انحيازاً عند نقطة وسطى هي : $R_B = b_{dc} R_C$ (البرهنة في الصفحة الاخيرة)

النقطة الوسطى تعني ان النقطة Q تقع في منتصف خط الحمل المستمر ($V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}$) .

المعدل الهندسي لـ b_{dc} :

ذكرنا سابقاً انه عند التعامل مع الاف الترانزستورات من نوع 2N3904 يمكننا الحصول على تغير في b_{dc} قدره (3 : 1) علاوة على ذلك يمكننا الحصول على تغير اضافي قدره (3 : 1) بسبب التغيرات بدرجات الحرارة. اي يمكن ان تصل النسبة الى (9 : 1) لهذا الترانزستور. ماقيمة b_{dc} التي يجب

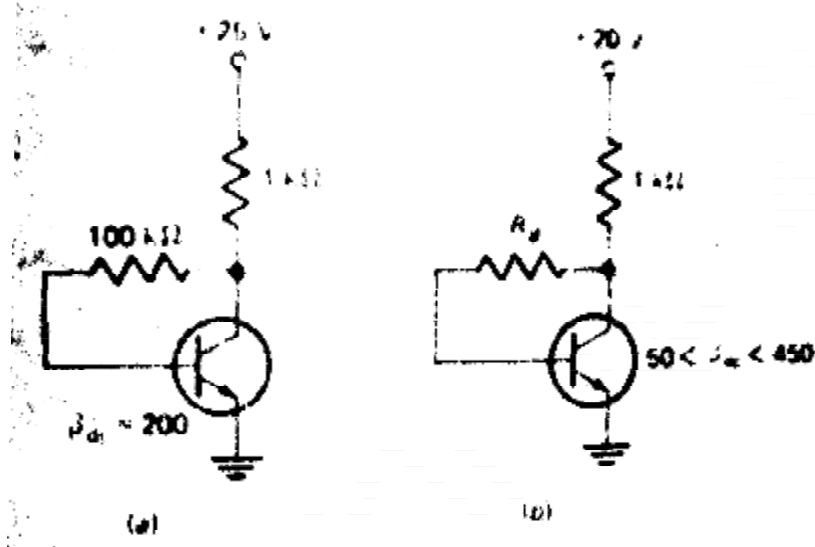
استعمالها في المعادلة $R_B = b_{dc} R_C$ ؟ القيمة الصغرى ام العظمى ام الوسطى ؟ يستعمل المصممون المعدل الهندسي المحسوب بالمعادلة التالية طالما كانت التغيرات في b_{dc} كبيرة :

$$b_{dc} = \sqrt{b_{dc(\min)} b_{dc(\max)}}$$

 يعمل المعدل الهندسي هذا على تمركز النقطة Q افضل بكثير مما يفعل المعدل العددي البسيط.

مثال :

ما قيمتا I_C و V_{CE} في الشكل (13a) ؟



الشكل (13)

الحل:

$$I_C @ \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{b_{dc}}} = \frac{25 - 0.7}{10^3 + \frac{10^5}{200}} = 16.2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} @ V_{CC} - I_C R_C = 25 - 0.0162(1000) = 8.8 \text{ V}$$

مثال :

يتغير b_{dc} في الشكل (13b) ضمن المدى (1 : 9) المبين. اختر قيمة R_B المناسبة للحصول على انحياز عند النقطة الوسطى.

الحل:

$$b_{dc} = \sqrt{b_{dc(\min)} b_{dc(\max)}} = \sqrt{50 * 450} = 150$$

$$R_B = b_{dc} R_C = 150 * 1 \text{ k}\Omega = 150 \text{ k}\Omega$$

المعدل الهندسي هو :
 ان R_B :

برهنة معادلة (I_C) لدائرة انحياز بالتغذية الخلفية للجامع .

يمكن حساب الفولتية بين الجامع والباعث للشكل (12) كما يلي :

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C + I_B)R_C = V_{CC} - I_E R_C$$

$$V_{CE} = V_{CC} - \frac{I_C R_C}{a_{dc}} = V_{CC} - I_E R_C \quad \text{او}$$

ويمكن جمع الفولتيات حول دائرة القاعدة للحصول على:

$$V_{CE} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$V_{CE} = \frac{I_C R_B}{b_{dc}} + V_{BE} \quad \text{او}$$

$$\frac{I_C R_B}{b_{dc}} + V_{BE} = V_{CC} - \frac{I_C R_C}{a_{dc}} \quad \text{بحل المعادلتين أنيا ينتج :}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\frac{R_C}{a_{dc}} - \frac{R_B}{b_{dc}}} \quad \text{وبحل المعادلة لإيجاد } I_C \text{ نحصل على :}$$

$$I_C @ \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{b_{dc}}}$$

برهنة معادلة (R_B) لدائرة انحياز بالتغذية الخلفية للجامع .

لخط الحمل المستمر في الشكل (12) تيار تشبع مقداره (V_{CC}/R_C) نصف هذا يساوي ($\frac{V_{CC}}{2} R_C$)

وهو تيار الانحياز عند النقطة الوسطى . عند تعويض طرف المعادلة $R_B = b_{dc} R_C$ الايمن في المعادلة اعلاه

$$\text{نحصل على : } I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{2R_C} @ \frac{V_{CC}}{2R_C} \quad \text{وذلك عندما يمكن اهمال } V_{BE} .$$

وبذلك تعتبر المعادلة $R_B = b_{dc} R_C$ تقريبا جيد للحصول على انحياز عند النقطة الوسطى وعندما يمكن

اهمال V_{BE}

المقررة	دوائر انحياز الترانزستور، انحياز الباعث ، انحياز PNP ، مقارنة انواع الانحياز.
المضافة	

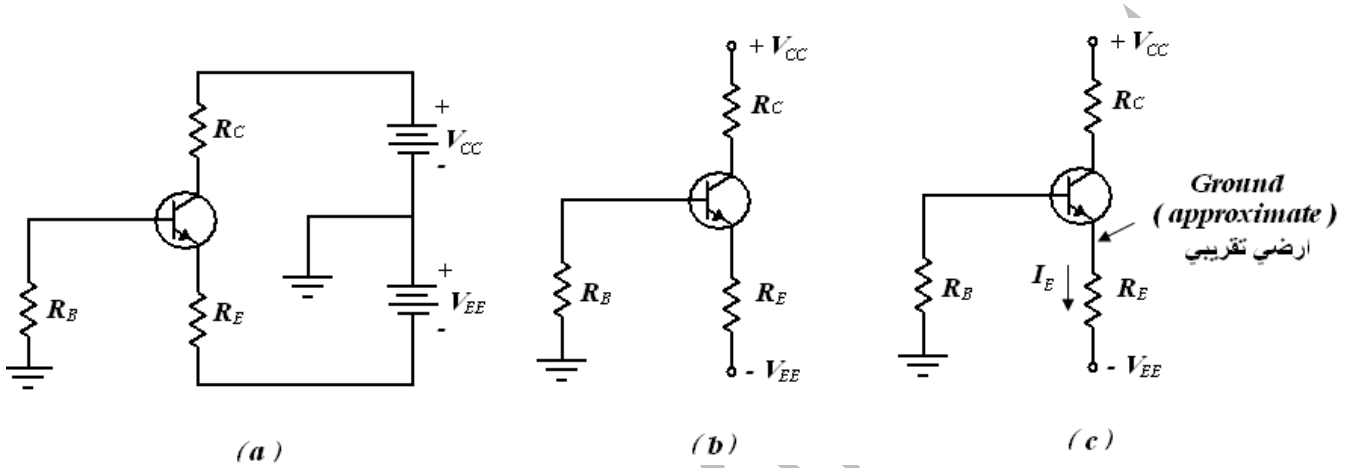
اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يربط دائرة انحياز الترانزستور نوع انحياز الباعث يحلل الدائرة اعلاه</p> <p>2- ينجز امثلة مختلفة بحساب المتغيرات للدائرة</p> <p>3- يحلل دوائر انحياز npn</p> <p>4- يجد الحسابات الدقيقة لدوائر الانحياز</p> <p>5- يقارن بين انواع دوائر الانحياز</p>

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- دائرة انحياز الباعث، 2- حل مثالين للنوع اعلاه 3- دوائر انحياز npn 4- الدوائر المتممة 5- تحليل دوائر npn	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- تيار قطع الجامع 2- تأثير I_{CBO} على انحياز القاعدة 3- تأثير I_{CBO} على دوائر انحياز اخرى 4- مقارنة انواع الانحياز المختلفة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

انحياز الباعث : (Emitter Bias)

يبين الشكل (1a) دائرة انحياز الباعث. وهو الانحياز الشائع عند وجود جهاز مجزأ (فولتيتان موجبة وسالبة. التسمية (انحياز الباعث) استخدمت بسبب تحييز ثنائي الباعث بانحياز امامي بواسطة جهاز فولتية سالبة V_{EE} خلال مقاومة R_E . المجزأ V_{CC} يعمل على انحياز ثنائي الجامع انحيازاً عكسياً. طريقة مبسطة لرسم الدائرة يبينها الشكل (1b) .



الشكل (1)

تيار الباعث :

يمكن تحليل دائرة انحياز باعث نموذجية كما يلي: ، يمكن اعتبار النهاية العليا من R_E كنقطة ارضي الفولتية من الباعث الى الارض اقل من (1 V) ، فان فولتية المجزأ V_{EE} جميعها تظهر بالواقع عبر R_E لذلك :

$$I_E @ \frac{V_{EE}}{R_E}$$

كميات اخرى :

كتقريب جيد، فان I_C يساوي I_E . بما ان الباعث يعمل كنقطة ارضي تقريبا، فان الفولتية بين الجامع والباعث تساوي :

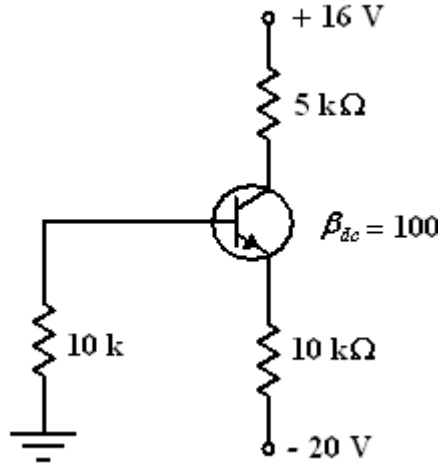
$$V_{CE} @ V_{CC} - I_C R_C$$

لو كان الترانزستور مشبعا فان طرفي الجامع والباعث يعملان مثاليا عمل دائرة قصر ويظهر حاصل جمع فولتية المجهزين عبر R_E و R_C لهذا السبب فان اعظم تيار ممكن :

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_C + R_E}$$

مثال :

احسب I_C و V_{CE} ، كذلك احسب تيار تشبع الجامع .



الشكل (2)

الحل :

تصور الباعث مؤرضاً . بعد ذلك تظهر جميع فولتية المجهز (20 V) عبر مقاومة الباعث (10 kΩ) .

$$I_E @ \frac{V_{EE}}{R_E} = \frac{20V}{10k\Omega} = 2 \text{ mA}$$

فان تيار الباعث يكون :

وهذا يعني تيار جامع قدره (2 mA) يمر خلال المقاوم (5 kΩ) . هبوط الفولتية عبر R_C مطروحا من V_{CC}

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 16 - 0.002(5000) = 6 \text{ V}$$

يعطي V_{CE} :

لو كان الترانزستور مشعباً، لظهر مجموع فولتيتي المجهزين عبر R_C و R_E . وهذا هو السبب في كون تيار التشبع :

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_C + R_E} = \frac{16 + 20}{5000 + 10000} = 2.4 \text{ mA}$$

مثال :

احسب قيمة دقيقة لتيار الباعث في الشكل (2) .

الحل:

بتطبيق قانون كيرشوف للفولتية على دائرة الباعث والقاعدة . نحصل على :

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

بما ان ($I_C @ I_E$) و ($I_B @ I_E / b_{dc}$) ، يتم اعادة ترتيب المعادلة :

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

$$I_E = \frac{20 - 0.7}{10000 + 10000/100} = \frac{19.3}{10100} = 1.91 \text{ mA}$$

تعويض قيم الشكل (2) يعطي :

(ملاحظة : هذا الجواب يقع ضمن خمسة بالمائة من الجواب التقريبي الذي سبق ايجاده في المثال السابق)
في دائرة انحياز باعث جيدة التصميم :

$$V_{EE} \approx V_{BE}$$

و :

$$R_E \approx \frac{R_B}{\beta_{dc}}$$

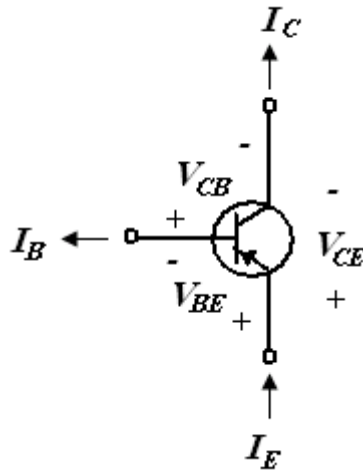
عند تحقيق هذين الشرطين، تنقلص المعادلة الى :

$$I_E \approx \frac{V_{EE}}{R_E}$$

والتي تعني ان الباعث يعمل كنقطة ارضي تقريبية في دائرة انحياز باعث جيدة التصميم.

دوائر انحياز الترانزستور نوع pnp :

يبين الشكل (3) ترانزستور نوع *pnp* . وبما ان ثنائي الباعث والجامع يؤشران في اتجاهين معاكسين لاتجاههما في الترانزستور نوع *nnp* في حالة انحياز (FR) . اي لجعل ثنائي الباعث في ترانزستور *pnp* منحازا اماميا ، يجب ان تمتلك V_{BE} القطبية السالبة – الموجبة المبينة بالشكل (3) ولجعل ثنائي الجامع منحازا عكسيا ، يجب ان تمتلك V_{CB} القطبية السالبة- الموجبة المبينة . وعليه تكون V_{CE} سالبة – موجبة كما مبين . وبما ان سهم ثنائي الباعث يشير الى الداخل ، يسري تيار الباعث المتعارف عليه الى داخل الترانزستور *pnp* ويسري تيار القاعدة والباعث الى الخارج .



شكل (3)

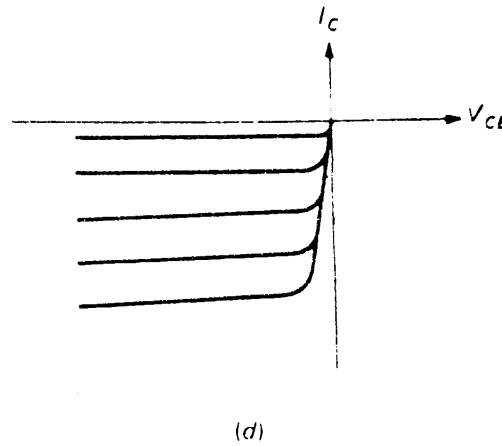
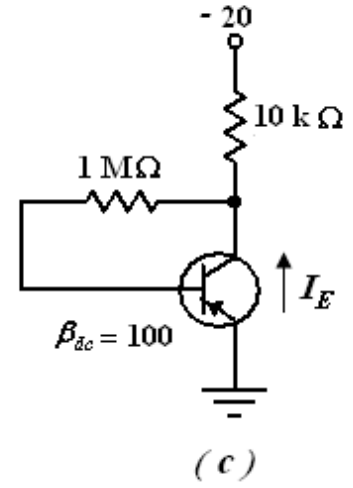
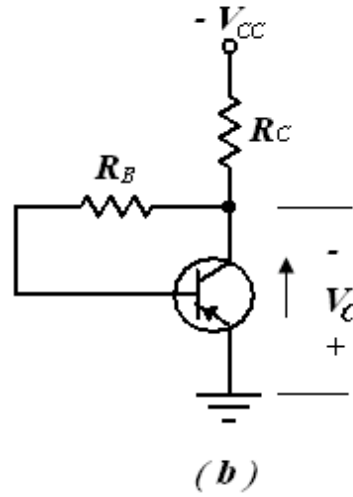
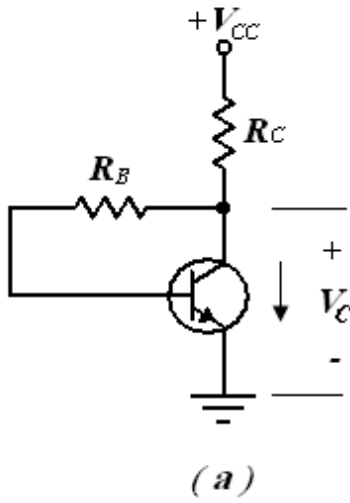
الدوائر المتممة :

يدعى الترانزستور *pnp* بـ *Complement* الترانزستور *nnp* وتدل الكلمة متمم على ان جميع فولتيات وتيارات النوع *pnp* تعاكس فولتيات وتيارات الترانزستور *nnp* . لكل دائرة *nnp* دائرة *pnp* متممة . ولايجاد دائرة *pnp* المتممة، كل مانفعله هو :

1- استبدال الترانزستور *nnp* بترانزستور *pnp* .

2- تمم او اعكس كافة الفولتيات والتيارات .

وكمثال يبين الشكل (4a) انحيازاً بالتغذية الخلفية للجامع مستخدماً ترانزستور نوع *nnp* . يسري تيار الباعث الى الاسفل وتكون فولتية الجامع موجبة بالنسبة الى الارضي . يبين الشكل (4b) دائرة متممة تستعمل ترانزستور *pnp* . نلاحظ بانه تم عكس الفولتيات والتيارات واستبدلنا الترانزستور *nnp* بترانزستور *pnp* . الان يسري تيار الباعث الى الاعلى كما ان فولتية الجامع اصبحت سالبة .



الشكل (4)

تحليل دوائر pnp

إذا كنت تستعمل الاتساعات *magnitudes* فان جميع الصيغ المشتقة لدوائر npn تنطبق على دوائر

pnp. فمثلا افرض اننا نريد ايجاد تيار الباعث في الشكل (4c) بالاستعانة بالمعادلة $I_C @ \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / \beta_{dc}}$

(فان :

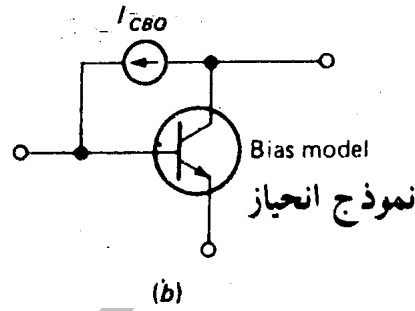
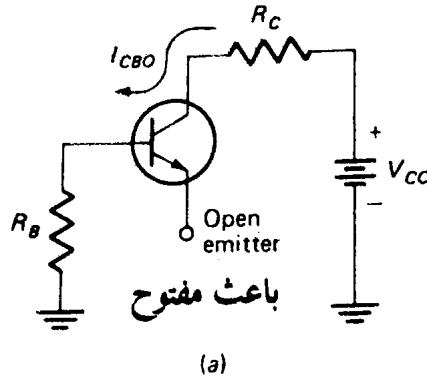
$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / \beta_{dc}} = \frac{20 - 0.7}{10^4 + 10^6 / 100} = 0.965 \text{ mA}$$

الكميات في النوع pnp سالبة مقارنة مع النوع npn :

نستطيع تعريف الاتجاهات الموجبة للفولتية والتيار بانها الاتجاهات في في ترانزستور npn ذي انحياز FR. لذلك فان الفولتيات والتيارات في ترانزستور pnp ذي انحياز FR تكون سالبة بالنسبة الى اتجاهات الترانزستور npn. هذا هو السبب في ان بعض استمارات المواصفات تعطي قيم سالبة لتيارات وفولتيات الترانزستورات نوع pnp. ويبين راسم المنحني لمنحنيات الجامع لترانزستور pnp في الربع الثالث (الشكل 4d) وليس في الربع الاول.

تيار قطع الجامع

في جميع صيغ الانحياز اهملنا التيار المنتج حراريا والتيار التسرب السطحي . هذا يكون صحيحا بشرط ان تحقق شرطا واحدا . سوف نبين ماهية هذا الشرط.
تعطي اية استمارة معلومات في الغالب قيمة I_{CBO} عند $(25^\circ C)$ وهو التيار من الجامع الى القاعدة عندما يكون الباعث مفتوحا (انظر الشكل 5a) . ان I_{CBO} هو التيار العكسي في ثنائي الجامع نتج قسم منه بسبب الحرارة والقسم الاخر بواسطة التسرب الحاصل على امتداد السطح. تعطي استمارة المواصفات احيانا قيم I_{CBO} عند درجات حرارة متعددة اضافة الى $(25^\circ C)$ وعند عدم اعطائها تستطيع تخمين I_{CBO} عند الدرجات الحرارية الاخرى كالآتي : يتضاعف I_{CBO} لكل زيادة بالحرارة قدرها $(10^\circ C)$ تقريبا.



الشكل (5)

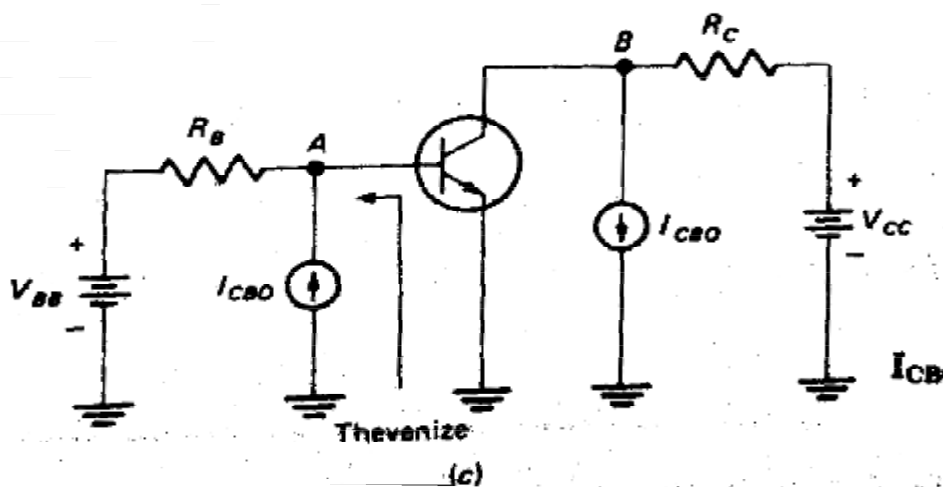
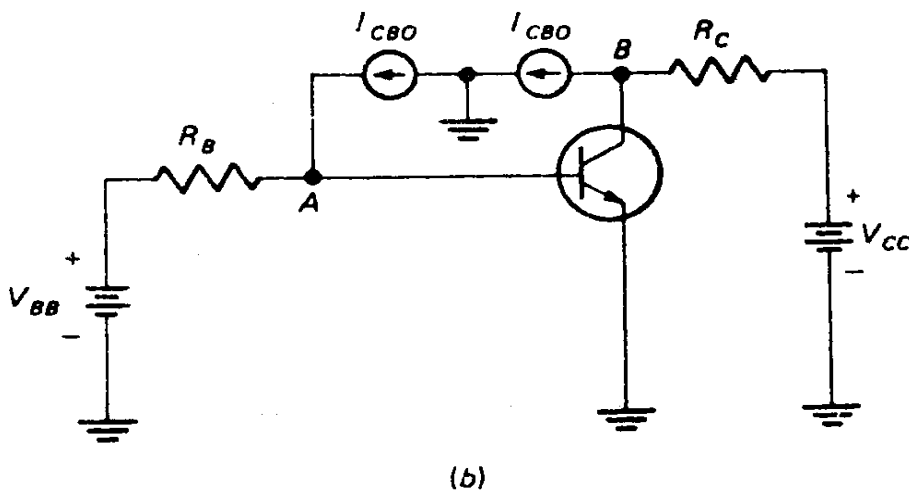
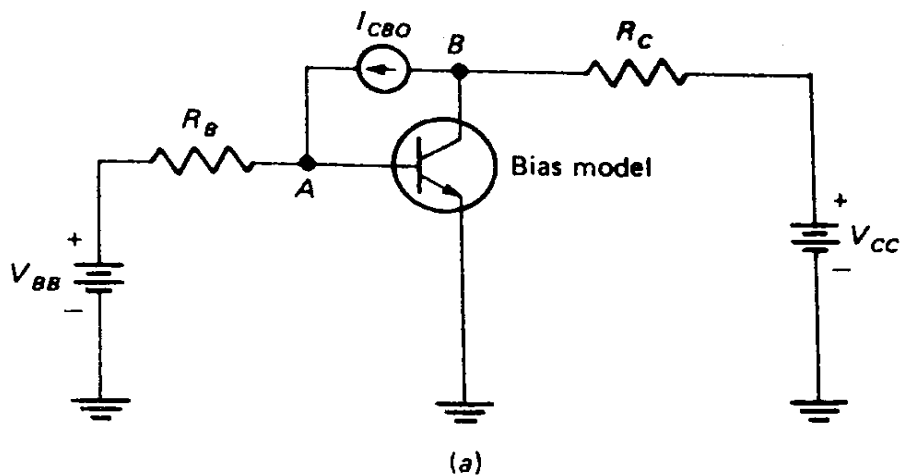
تأثير I_{CBO} على دوائر انحياز القاعدة :

بالرغم من ان I_{CBO} يقاس عندما يكون الباعث مفتوحا ، يبقى تأثيره عندما لا يكون الباعث مفتوحا ، اي عندما يكون الترانزستور في حالة انحياز FR .
لايجاد التأثير الذي يملكه على ترانزستور منحاز FR ، نحتاج اولا نموذج جا او دائرة مكافئة تأخذ بالحسبان I_{CBO} . الشكل (5b) يبين هذا النموذج. كل مانفعله هو تصور مصدر للتيار I_{CBO} على التوازي مع نموذج الانحياز للترانزستور. ينتج نموذج الانحياز مركبة تيار الجامع المطلوبة . من ناحية اخرى ، ينتج مصدر التيار I_{CBO} مركبة تيار جامع غير المرغوب فيها.

عندما نجعل ترانزستور ما في حالة انحياز FR ، يبقى المصدر I_{CBO} على التوازي مع نموذج الانحياز (انظر الشكل 6a) . لتحديد تأثير I_{CBO} ، من المفيد رسم الدائرة المكافئة (الشكل 6b) . ان مصدري التيار I_{CBO} ينتجان نفس التأثير الذي ينتجه المصدر المفرد في الشكل (6a) تماما. لماذا؟ لان تيارا مقداره I_{CBO} لازال يسري الى العقدة A ، وان تيارا مقداره I_{CBO} لازال يسري خارجا من العقدة B . كنتيجة لذلك ، التيارات والفولتيات في الشكلين (6a) و (6b) هي نفسها.

نستطيع الان ان نضع مصدر التيار الذي على اليسار في دائرة القاعدة ومصدر التيار الذي على اليمين في دائرة الجامع كما مبين بالشكل (6c). السبب في عمل هذا هو اتاحة الفرصة امامنا لتطبيق نظرية ثفنن على دائرة القاعدة. لو تصورنا طرف القاعدة مفتوحا ، لا عطانا هذا فولتية قاعدة بعد تطبيق نظرية ثفنن:

$$V_{TH} = V_{BB} + I_{CBO} R_B$$



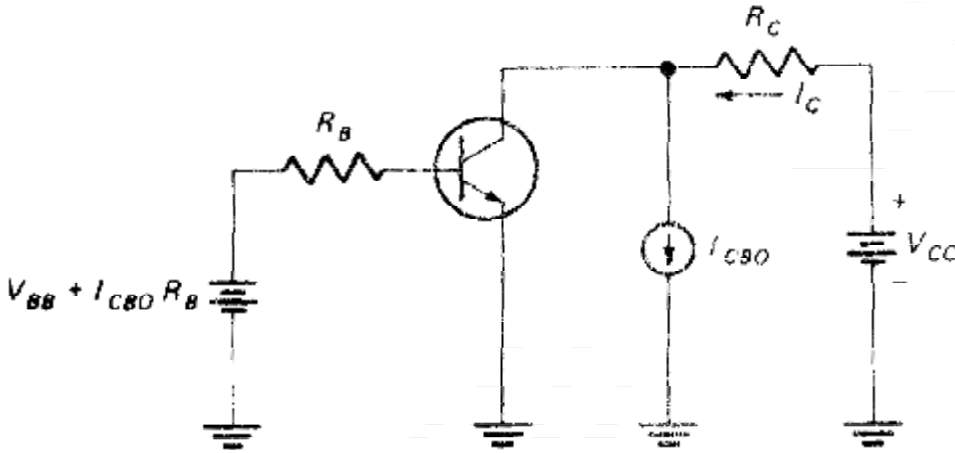
الشكل (6)

الخطوة التالية ، نختزل كافة المصادر الى الصفر . هذا يعني قصر مصدر الفولتية V_{BB} وفتح مصدر التيار I_{CBO} . تحت هذا الشرط ، نحصل على مقاومة ثفنن $R_{TH} = R_B$.
يبين الشكل (6) دائرة القاعدة بعد تطبيق نظرية ثفنن. الان نستطيع ان نرى بالضبط ماسيكون تأثير I_{CBO} على اية دائرة لها انحياز قاعدة. ان I_{CBO} للترانزستور يجعل الاخير يظهر وكأنه مساق بواسطة مصدر الفولتية

($V_{BB} + I_{CBO} R_B$) عوضا عن المصدر V_{BB} .

تعطي استمارة المواصفات اسوأ حالة للتيار I_{CBO} (اعظم قيمة) لذلك النوع من الترانزستور. وبما ان I_{CBO} يتغير من ترانزستور الى آخر لنفس النوع، فان احسن طريقة لمعاملته هي بجعل اهماله ممكنا. نستطيع عمل هذا بتحقيق الشرط :

$$V_{BB} \gg I_{CBO} R_{TH}$$



الشكل (7)

دوائر انحياز اخرى:

بتطبيق اشتقاقات مشابهة على انحياز مقسم الفولتية، يكون الشرط الواجب تحقيقه:

$$V_2 \gg I_{CBO} R_{TH}$$

ولانحياز بالتغذية الخلفية للجامع، يكون :

$$V_{CC} \gg I_{CBO} R_B$$

ولانحياز الباعث :

$$V_{EE} \gg I_{CBO} R_B$$

حيث يعوض عن I_{CBO} بقيمته عند اعلى درجة حرارة متوقعة.

مقارنة انواع الانحياز المختلفة :

في دوائر الترانزستور الخطية يجب ان يبقى ثنائي الباعث في حالة انحياز امامي وثنائي الجامع في حالة انحياز عكسي. وعند سوق الترانزستور بفولتية ac لنتج تغيرات في تيارات وفولتيات الترانزستور. ولجل ان نمنع فولتية ac هذه من جعل ثنائي الباعث في حالة انحياز عكسي او جعل ثنائي الجامع في حالة انحياز امامي، يجب اولا ان نختار نقطة عمل هامة (ساكنة). بعد ذلك ، واذا لم تكن الاشارة المتناوبة كبيرة جدا، يبقى الترانزستور في المنطقة الفعالة خلال الذبذبة.

تم شرح اربعة انواع اساسية لانحياز الترانزستور، اي ، اختيار نقطة Q في المنطقة الفعالة. يبين الجدول ادناه بعض الميزات والسلبيات لكل نوع من انواع الانحياز. كما مبين، يستخدم انحياز القاعدة بصورة رئيسية في الدوائر المنطقية ودوائر الغلق والفتح السريع. يكون لانحياز مقسم الفولتية نقطة Q مستقرة ويستخدم في مكبرات الاستخدام العام *general-purpose amplifiers* (وهي الدوائر التي تزيد اتساع الاشارة المتناوبة). يعتمد انحياز التغذية الخلفية للجامع جزئيا على قيمة b_{dc} ، لذلك فهو يستخدم فقط في مكبرات الاشارة الصغيرة. واخيرا يكون انحياز الباعث مناسباً لمكبرات الاستخدام العام على فرض وجود مجهز مجزأ.

انواع الانحياز

النوع	الميزة	السلبيات	مكان الاستعمال
انحياز القاعدة	البساطة	حساس للتغيرات في b_{dc}	الدوائر الرقمية ودوائر الغلق والفتح السريع
مقسم الفولتية	استقرار النقطة Q	يحتاج الى اربعة مقاومات	مكبرات الاستخدام العام
التغذية الخلفية للجامع	استجابته للترددات الواطئة	يعتمد على b_{dc} جزئيا	مكبرات الاشارة الصغيرة
انحياز الباعث	استقرار النقطة Q	يحتاج الى مجهز مجزأ	مكبرات الاستخدام العام

المقررة	الدوائر المكافئة المستمرة والمتناوبة للترانزستور. تحليل دوائر الترانزستور بتطبيق نظرية التراكب.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان : 1- يتعرف على فوائد ربط المتسعات في دوائر الترانزستور 2- يطبق نظرية التراكب لدوائر dc و ac 3- يرسم الدوائر المكافئة المتناوبة والمستمرة
--

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- متسعات الاقران والامرار 2- الارضي بالنسبة للتيار المتناوب 3- حل مثال لاحتساب قيم متسعات الاقران 4- حل مثال لاحتساب قيم متسعات الامرار	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- نظرية التراكب لدوائر $ac - dc$ 2- الدوائر المكافئة المستمرة 3- الدوائر المكافئة المتناوبة 4- الترميز للمتغيرات 5- حل مثال لاجاد الدوائر المكافئة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الدوائر المكافئة المتناوبة

بالامكان تسليط فولتية متناوبة عبر ثنائي الباعث. وهذا يجعل تيارات وفولتيات الترانزستور تمتلك تغيرات متناوبة لها نفس التردد. وبتصميم مناسب، نستطيع تكبير الإشارة المتناوبة. اي زيادة قيمة الذروة الى الذروة. لتحليل دوائر المكبر، يجب ان نشرح اولاً الدوائر المكافئة المتناوبة.

متسعات الاقران والامرار

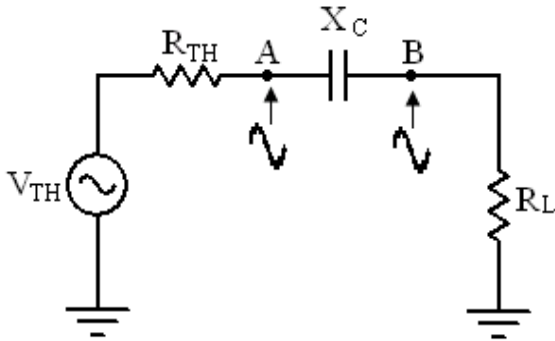
تكون معظم المتسعات في دوائر الترانزستور اما متسعات اقران (*coupling*) او متسعات امرار (*bypass*). متسعة الاقران هي المتسعة التي تعبر الإشارة المتناوبة من نقطة غير مؤرضة الى نقطة غير مؤرضة اخرى. فمثلاً، الفولتية المتناوبة عند النقطة *A* في الشكل (*1a*) تظهر ايضا عند النقطة *B*. لاجل ان يتم هذا، يجب ان تكون المفاعلة السعوية X_C صغيرة جداً بالمقارنة بالمقاومتين.

الدائرة التي على يسار النقطة *A* في الشكل (*1a*) قد تكون مصدر متناوب مفرد مع مقاومة او دائرة اعقد طبقت عليها نظرية ثفنن. كذلك، قد تكون المقاومة R_L مقاومة حمل مفردة او قد تكون المقاومة المكافئة لشبكة ذات تعقيد اكبر. لاتهم حقيقة الدائرتين على طرفي المتسعة طالما نستطيع تقليص كل دائرة الى دائرة مفردة كما مبين. والتيار المتناوب يمر خلال مقاومة كلية مقدارها ($R_{TH} + R_L$).

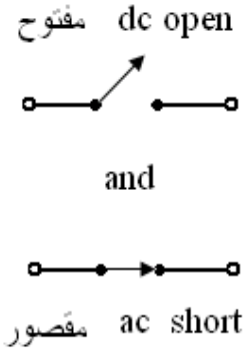
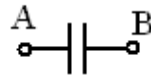
باستخدام نظرية الدوائر الكهربائية، يمكن حساب التيار المتناوب في دائرة RC ذات دارة واحدة كما يلي:

$$i = \frac{1}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

حيث تمثل R مقاومة الدارة الكلية. في الشكل (*1a*) ($R = R_{TH} + R_L$). يمر اعظم تيار متناوب عندما تكون X_C اصغر بكثير من R . بعبارة اخرى تفرن المتسعة الإشارة بصورة صحيحة من *A* الى *B* عندما ($X_C \ll R$).



(a)



(b)

الشكل (1)

قيمة المتسعة

ان قيمة متسعة الاقران تعتمد على اصغر تردد يراد امراره لان X_C تزداد عندما يقل التردد. سنستخدم

$$T = RC$$

هذه القاعدة :

لاقل تردد، تمثل T الفترة (زمن الذنبية) وتساوي ($1/f$). بتعبير آخر سنستخدم متسعة كبيرة بحيث تحقق المعادلة $T = RC$ عند اقل تردد يراد امراره. بعد ذلك ستمر جميع الترددات ذات القيمة الاعلى بصورة جيدة.

فمثلا، افرض اننا نحاول ان نمرر ترددات تتراوح من (20 Hz) الى (50 kHz) في مكبر ما. فالتردد الاقل (20 Hz) له فترة ($T = 1/f = 1/20 = 0.05 s$) ولو ان المقاومة الكلية في دائرة الدارة الواحدة (الشكل 1a) تساوي ($10 k\Omega$). فمتسعة الاقران يجب ان تحقق :

$$T = RC$$

$$0.05 = 10^4 C$$

$$C = \frac{0.05}{10^4} = 5 \mu F$$

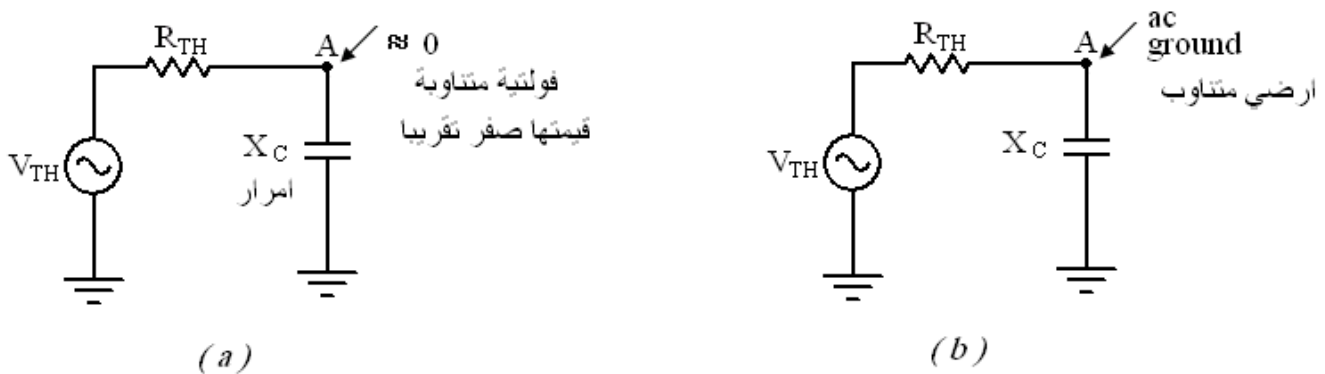
او

هذه المتسعة بهذه القيمة ستعمل على امرار كافة الترددات التي تفوق (20 Hz) بصورة جيدة. (هناك صيغة اخرى تستعمل بكثرة وتتلخص بجعل X_C اقل من عُشر R . لكن المفضل استخدام $T = RC$ لكونها اسهل.

تظهر المتسعة مثاليا كدائرة مفتوحة بالنسبة للتيار المستمر. لهذا السبب، نستطيع ان نفكر بمتسعة الاقران كما في الشكل (1b) فهي تعمل عمل مفتاح يكون مفتوحا بالنسبة للتيار المستمر ومغلقا بالنسبة للتيار المتناوب. هذا العمل المميز يتيح لنا الحصول على اشارة متناوبة من مرحلة وادخالها الى مرحلة اخرى دون التأثير على الانحياز المستمر لكل مرحلة.

الارضي بالنسبة للتيار المتناوب

ان متسعة الامرار تشبه متسعة الاقران عدا انها تربط نقطة غير مؤرضة بنقطة مؤرضة كما مبين بالشكل (2a). مرة اخرى، قد تكون V_{TH} و R_{TH} مصدر مفرد ومقاومة كما مبين، او قد تكون دائرة ثفنن. وبالنسبة للمتسعة، لا يؤدي هذا الى اي اختلاف فهي ترى مقاومة كلية مقدارها R_{TH} . لانزال المعادلتان $i = 1/\sqrt{R^2 + X_C^2}$ و $T = RC$ تنطبقان لانه لدينا دائرة RC ذات دائرة واحدة. الفرق الوحيد هو ($R = R_{TH}$) .



الشكل (2)

لقد جاءت متسعات الامرار بفكرة جديدة معها. ففي الشكل (2a) تبدو المتسعة مثاليا كدائرة قصر بالنسبة للاشارة المتناوبة. لهذا السبب، قصرت النقطة A الى الارض بالنسبة للاشارة المتناوبة. ولذلك فقد كتبنا على النقطة A ارضي متناوب $ac ground$. سوف لن تؤثر متسعة الامرار على الفولتية المستمرة في النقطة A لانها تبدو مفتوحة بالنسبة للتيار المستمر. على كل، فان متسعة الامرار تجعل النقطة A نقطة تأريض متناوبة ذاتيا.

تبدو متسعة الاقران والامرار دوائر قصر في مدى التردد الطبيعي للمكبر بالنسبة للتيار المتناوب. لهذا السبب سنقرب جميع المتسعات باعتبارها دوائر مفتوحة للتيار المستمر ودوائر قصر للتيار المتناوب، مالم يذكر خلاف ذلك.

مثال

تمتلك اشارة الادخال في الشكل (3a) تردد يتراوح من (10 Hz) الى (50 kHz). مامقدار متسعة الاقران لكي تعمل عملها بصورة صحيحة؟

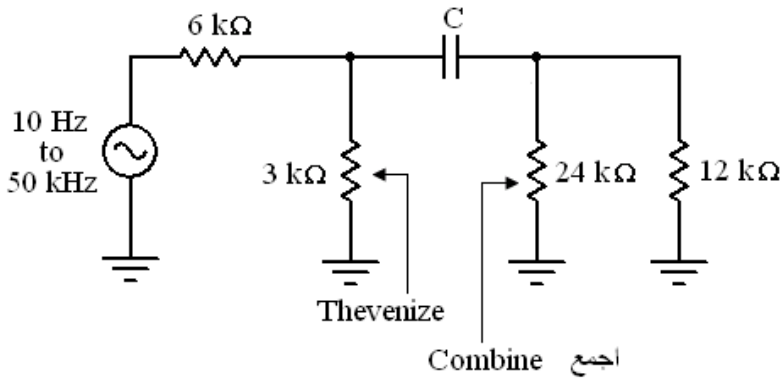
الحل

الخطوة الاولى هي تقليص الدائرة الى دارة مفردة. تحصل على R_{TH} مقدارها (2 k Ω) عند تطبيق نظرية ثفنن على الدائرة التي الى يسار المتسعة. وتحصل على مقاومة مكافئة مقدارها (8 k Ω) عندما تجمع مقاومي الحمل.

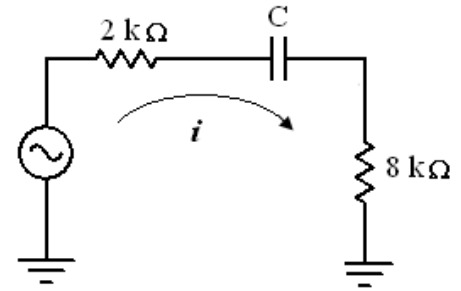
يبين الشكل (3b) الدائرة الاصلية بعد ان قلصت الى دارة مفردة. المقاومة الكلية في الدارة تساوي (10 k Ω). للتردد الاوطا (10 Hz)، زمن ذبذبة ($T = 1/f = 1/10 = 0.1$ s). لذلك ، يجب على متسعة الاقران ان تحقق:

$$T = RC$$
$$0.1 = 10^4 C$$
$$C = \frac{0.1}{10^4} = 10 \mu F$$

او



(a)



(b)

الشكل (3)

مثال

في الشكل (4a)، نرغب بان تكون النقطة A ارضي متناوبا. مامقدار متسعة الامرار؟

الحل

مرة ثانية، يجب ان نقلص الدائرة الى دائرة مفردة. عند النظر الى الورا من النقطة A ، نرى مقاومة ثفنن:

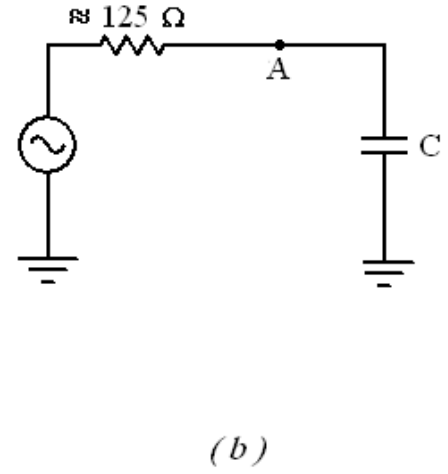
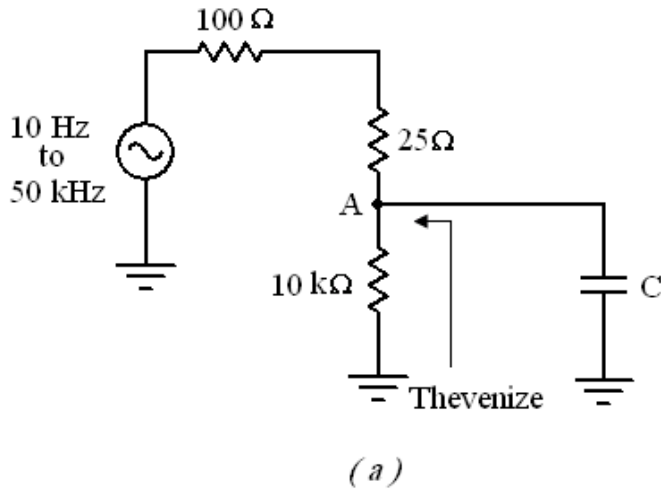
$$R_{TH} = 125 \parallel 10,000 @ 125W$$

يبين الشكل (4b) الدائرة في صيغة الدارة الواحدة. التردد الاوطا هو (10 Hz) لذا:

$$T = RC$$
$$0.1 = 125 C$$
$$C = \frac{0.1}{125} = 800 \mu F$$

او

لذلك فاننا نحتاج الى (800 μF) في الاقل كي تكون A نقطة امرار.



الشكل (4)

نظرية التراكب لدوائر $ac - dc$

تجهز المصادر المستمرة في مكبر الترانزستور تيارات وفولتيات مستمرة. وتنتج المصادر ac تموجات في فولتيات وتيارات الترانزستور، أبسط طريقة لتحليل عمل دوائر الترانزستور هي تجزئة التحليل الى قسمين : تحليل dc وتحليل ac . بعبارة اخرى، يمكننا تحليل دوائر الترانزستور بتطبيق نظرية التراكب $superposition$ بطريقة خاصة. فعوضا عن اخذ مصدر واحد في كل مرة، نأخذ جميع المصادر المستمرة في نفس الوقت ونحسب التيارات والفولتيات المستمرة باستخدام الطرق للمحاظرة السابقة. بعد ذلك، نأخذ جميع المصادر المتناوبة في نفس الوقت ونحسب التيارات والفولتيات المتناوبة. وبجمع التيارات والفولتيات المستمرة والمتناوبة جبريا، نحصل على التيارات والفولتيات الكلية.

الدوائر المكافئة المتناوبة والمستمرة

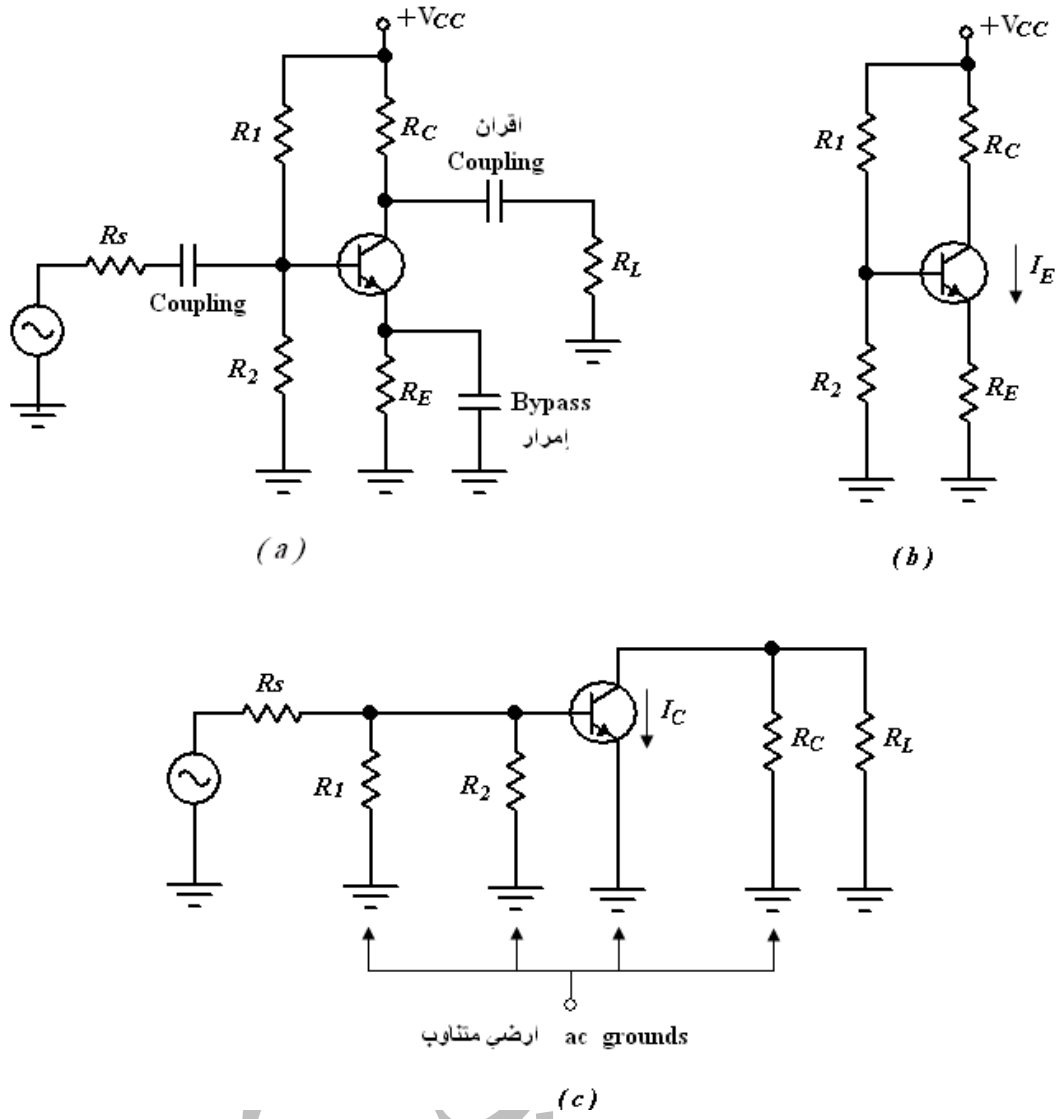
فيما يلي الخطوات التي تتبع عند تطبيق نظرية التراكب على دوائر الترانزستور:

- 1- اختزل كافة المصادر المتناوبة الى الصفر. افتح جميع المتسعات. الدائرة الباقية هي التي تهتم عند احتساب التيارات والفولتيات المستمرة. لهذا السبب، ندعو هذه الدائرة بالدائرة المكافئة المستمرة $dc equivalent circuit$. وباستخدام هذه الدائرة، نحسب كافة التيارات والفولتيات المستمرة التي نهتم بها.
- 2- اختزل كافة المصادر المستمرة الى الصفر. اقصر كافة متسعات الاقران والامرار. الدائرة الباقية هي التي تهتم عند احتساب التيارات والفولتيات المتناوبة. ندعو هذه الدائرة بالدائرة المكافئة المتناوبة $ac equivalent circuit$. هذه هي الدائرة التي تستخدم في حساب التيارات والفولتيات المتناوبة.
- 3- التيار الكلي في اي فرع هو حصيلة التيار المستمر والتيار المتناوب في ذلك الفرع. والفولتية الكلية عبر اي فرع هي حصيلة الفولتية المستمرة والفولتية المتناوبة عبر ذلك الفرع.

فيما يلي كيفية تطبيق نظرية التراكب على مكبر الترانزستور في الشكل (5a) :

اولا ، اختزل كافة المصادر المتناوبة الى الصفر وافتح جميع المتسعات. الدائرة الباقية مبينة بالشكل (5b)، وهي الدائرة المكافئة المستمرة التي تهتمنا عند احتساب التيارات والفولتيات المستمرة. بهذه الدائرة نستطيع ايجاد اي تيار او فولتية مستمرة تهتمنا.

ثانيا ، اختزل كافة المصادر المستمرة الى الصفر واقصر جميع متسعات الاقران والامرار. الدائرة الباقية هي الدائرة المكافئة المتناوبة المبينة بالشكل (5c). ان اختزال مصدر الفولتية الى الصفر يشبه قصر ذلك المصدر وهذا له اهمية خاصة، فهو السبب في قصر R_b و R_c بالنسبة للارض المتناوب خلال المصدر V_{cc} . كذلك، تضع متسعة الامرار الباعث على ارضي متناوب. باستخدام الدائرة المكافئة المتناوبة بالشكل (5c)، نستطيع حساب كل التيارات والفولتيات التي تهتمنا.



الشكل (5)

الترميز

لمنع الالتباس بين التيارات والفولتيات المستمرة والمتناوبة، سنستخدم الحروف الكبيرة capital letters مع الحروف الذيلية للكميات المستمرة كما يلي :

للتيارات المستمرة I_B , I_C , I_E
 للفولتيات المستمرة بالنسبة الى الارضي V_B , V_C , V_E
 لفولتيات الترانزستور المستمرة V_{CB} , V_{CE} , V_{BE}

وسنستخدم للتيارات والفولتيات المتناوبة الحروف الصغيرة lowercase letters والحروف الذيلية كما يلي:

للتيارات المتناوبة i_b , i_c , i_e
 للفولتيات المتناوبة بالنسبة الى الارضي v_b , v_c , v_e
 لفولتيات الترانزستور المتناوبة v_{cb} , v_{ce} , v_{be}

هذا ترميز قياسي يستعمل من قبل معظم الناس ويجب ان يصبح مالوفا لديك لاننا سنستخدمه بكثرة في تحليل دوائر الترانزستور المستمرة والمتناوبة.

- مثال لمكبر الشكل (6a) ذي الترانزستورات الثلاثة :
- 1- احسب احداثيات نقطة العمل (V_{CE} , I_C) لكل مرحلة.
- 2- ارسم الدوائر المكافئة المستمرة والمتناوبة.

الحل
-1

المرحلة الاولى (ترانزستور وملحقاته) دائرة انحياز القاعدة nnp :

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} = \frac{20 - 0.7}{10^5} = 193 \mu A$$

$$I_C = b_{dc} I_B = 100 * 193 \mu A = 19.3 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 0.0193(560) = 9.19 \text{ V}$$

المرحلة الثانية هي دائرة مقسم فولتية تحوي على nnp :

$$I_C @ I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{4 - 0.7}{3000} = 1.1 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 20 - 0.0011(6000) = 13.4 \text{ V}$$

والمرحلة الثالثة عبارة عن دائرة انحياز التغذية الخلفية للجامع تحوي على $pnnp$ مقلوب :

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B / b_{dc}} = \frac{20 - 0.7}{680 + 50,000/100} = 16.4 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 0.0164(680) = 8.85 \text{ V}$$

بايجاز، هذه هي النقاط Q :

($V_{CE} = 9.19 \text{ V}$, $I_C = 19.3 \text{ mA}$)	المرحلة الاولى
($V_{CE} = 13.4 \text{ V}$, $I_C = 1.1 \text{ mA}$)	المرحلة الثانية
($V_{CE} = 8.85 \text{ V}$, $I_C = 16.4 \text{ mA}$)	المرحلة الثالثة

-2

الدوائر المكافئة المستمرة :

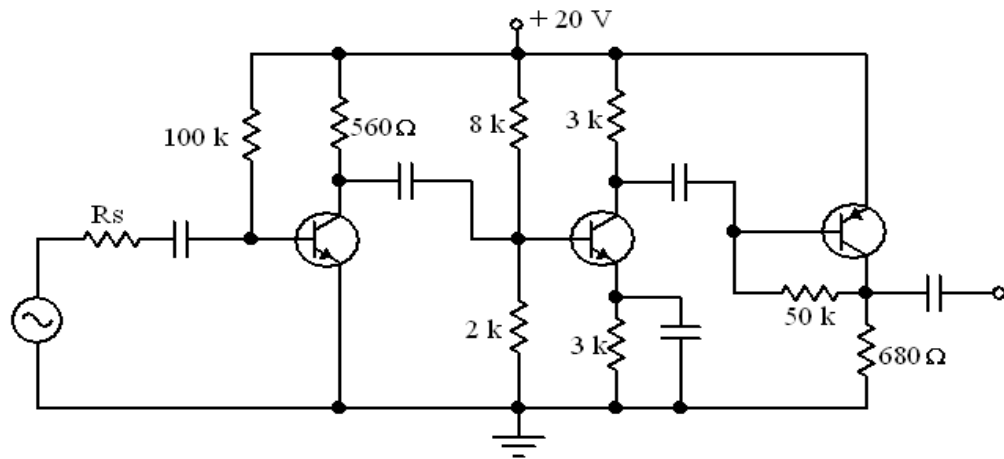
نفتح كل المتسعات ابتداء من اليسار الى اليمين. تبقى عند الانتهاء الدائرة المكافئة المستمرة المبينة

بالشكل

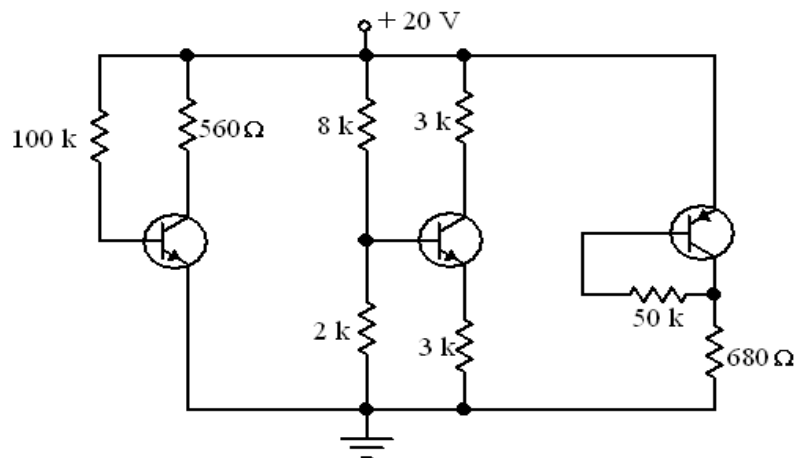
(6b) نتبين هنا في المرحلة الاولى (ترانزستور وملحقاته) دائرة انحياز القاعدة nnp . المرحلة الثانية هي دائرة مقسم فولتية تحوي على nnp . والمرحلة الثالثة عبارة عن دائرة انحياز التغذية الخلفية تحوي على $pnnp$ مقلوب.

الدوائر المكافئة المتناوبة :

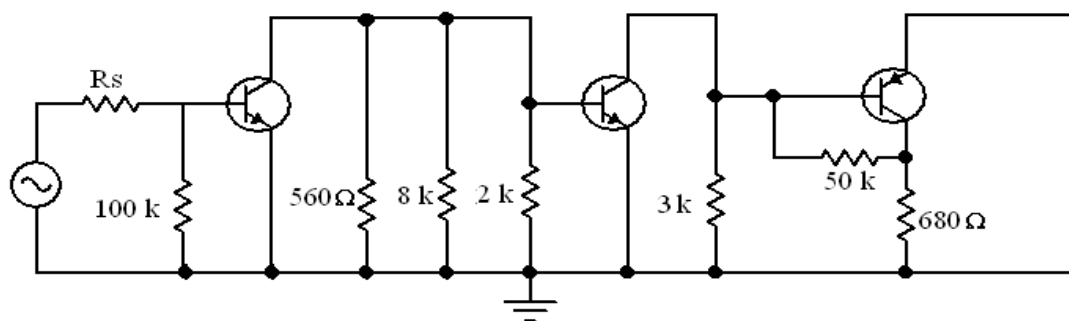
اختزل V_{CC} في الشكل (6a) الى الصفر (يكافيء تاريض خط V_{CC}) واقصر كافة متسعات الاقران والامرار. ماتبقى هو الدائرة المكافئة المتناوبة المبينة بالشكل (6c). وبجمع المقاومات المتوازية، نحصل على الدائرة البسيطة المبينة بالشكل (6d).



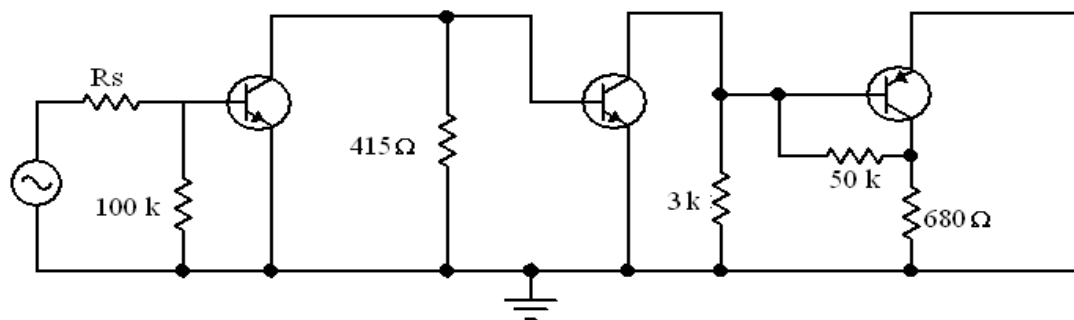
(a)



(b)



(c)



(d)

المقررة	الدوائر المكافئة المتناوبة للترانزستور، تقريب الترانزستور المثالي، مقاومة الباعث، بيتا ac، النموذج المثالي.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يطبق دوائر للنماذج المتناوبة المضبوطة والتردد الواطيء
 - 2- يرسم تقريب الترانزستور المثالي ويحسب المقاومة المتناوبة
 - 3- يستخدم الاشارة المتناوبة ويحسب بيتا المتناوبة
 - 4- يستخدم النموذج المثالي

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- النموذج المتناوب المضبوط 2- نموذج التردد الواطيء 3- تقريب الترانزستور المثالي 4- مقاومة ثاني الباعث المتناوبة 5- الحاجة الى اشارة صغيرة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الاشارة المتناوبة تشابه التغيرات 2- صيغة r_e 3- بيتا ac 4- النموذج المثالي 5- حل مثالين	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

المقررة	مكبرات الاشارة الصغيرة: سوق القاعدة وسوق الباعث، صيغ سوق القاعدة.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1- يتعرف ويحسب ثوابت مكبرات الاشارة الصغيرة
- 2- يرسم ويصمم صيغ سوق القاعدة وسوق الباعث

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- وصف معنى مكبرات الاشارة الصغيرة 2- سوق القاعدة 3- سوق الباعث 4- صيغة تيار الباعث المتناوب في سوق القاعدة	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- صيغ الفولتية 2- كسب الفولتية 3- حل مثالين	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

المقررة	مكبر الباعث المشترك، امثلة تطبيقية_ غمر ثنائي الباعث، ممانعة الادخال.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
1- يرسم ويصمم ويحسب ثوابت دوائر مكبر الباعث المشترك

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- شرح دائرة مكبر الباعث المشترك 2- حل مثال لنوع مكبر الباعث المشترك	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- حل مثالين لنوع مكبر الباعث المشترك	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

ممانعة المصدر ، تابع الباعث ، امثلة تطبيقية

المقررة

المضافة

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1- يحسب تاثير ممانعة المصدر
- 2- يرسم ويصمم ويحسب ثوابت دائرة تابع الباعث

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- احتساب ممانعة المصدر 2- حل مثال 3- مكبر نوع تابع الباعث 4- احتساب ممانعة الادخال	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- احتساب كسب الفولتية 2- احتساب كسب القدرة 3- حل مثال	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

المقررة	ترانزستورات تأثير المجال: ترانزستور المجال الوصلي ، منحنيات مصرف ترانزستور المجال الوصلي، ثوابت ترانزستور المجال الوصلي
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يفتحهم اسم ورمز ومناطق ترانزستور تأثير المجال
 - 2- يعرف طرق انحياز الترانزستور ويرسم المنحنيات
 - 3- يحسب المتغيرات للترانزستور

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية. عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي :	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	1- تسمية ترانزستور المجال 2- مناطق ترانزستور تأثير المجال 3- انحياز ترانزستور المجال 4- الرمز التخطيطي 5- منحنيات مصرف <i>JFET</i>	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- تيار المصرف لحالة قصر البوابة 2- فولتية القطع بين المصرف والبوابة 3- مثال لحساب المقاومة بين البوابة والمنبع 4- ثوابت <i>JFET</i> 5- منحنى القطع المكافئ	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

ترانزستورات تأثير المجال

يعتبر الترانزستور ثنائي القطبية العمود الفقري للالكترونيات الخطية. لكن يفضل ترانزستور تأثير المجال (FET) *field-effect transistor* في بعض التطبيقات والتي سنذكرها بالتفصيل في المحاضرات التالية:

ترانزستور المجال الوصلي *junction FET* (JFET):

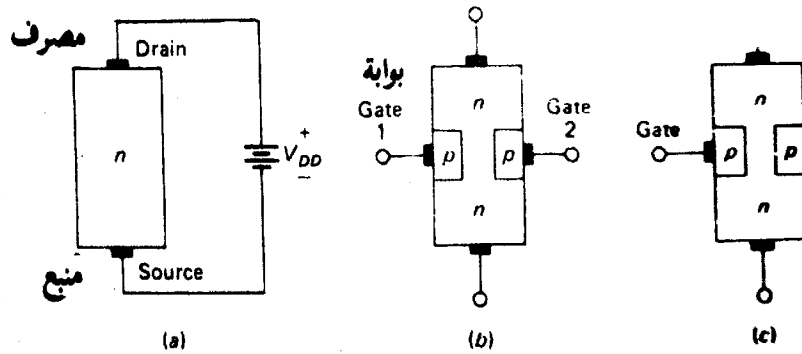
وهو ترانزستور احادي القطبية unipolar ، فهو يحتاج الى الحاملات الاغلبية فقط لكي يعمل. وهو اسهل فهما من ترانزستور ثنائي القطبية.

مناطق ترانزستور المجال الوصلي

يبين الشكل (1a) جزء من JFET . وتسمى النهاية السفلى بالمنبع *source* كما تسمى النهاية العليا بالمصرف *drain* 11/13/2013 . وقطعة شبه الموصل بين المنبع والمصرف هي القناة *channel* . وبما ان المادة المستعملة في الشكل (1a) هي *n* ، تكون الحاملات الاغلبية هي الكترونات حزمة التوصيل. اعتمادا على الفولتية V_{DD} وعلى مقاومة القناة، نحصل على مقدار معين من التيار.

بوضع منطقتي *p* اثنتين في جهتي القناة، نحصل على ترانزستور المجال الوصلي نوع القناة *n* كما في الشكل (1b). كل من منطقتي *p* هاتين تدعى البوابة *gate* . عندما يربط المصنع طرفا خارجيا منفصلا لكل بوابة، ندعو المكون باسم ترانزستور المجال الوصلي ذي البوابة المزدوجة *dual-gate* . الاستعمال الرئيس لترانزستور JFET ذي البوابة المزدوجة هو في دائرة المزج *mixer* .

خلال المحاضرتين القادمتين سنركز على JFET ذي البوابة المفردة، ذلك المكون الذي ربطت بوابته داخليا. يمتلك JFET ذو البوابة المفردة طرف بوابة خارجي واحدا فقط، كما مبين في الشكل (1c). عند استخدام هذا الرمز ، تذكر ان لمنطقتي *p* نفس الجهد لانهما قد ربطتا داخليا.

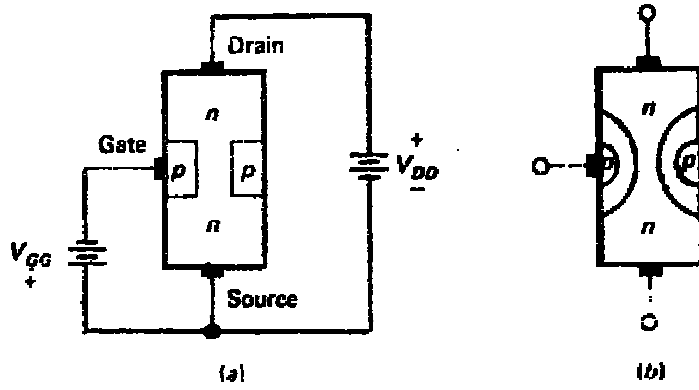


الشكل (1)

انحياز ترانزستور المجال الوصلي :

يبين الشكل (2a) القطبية الاعتيادية لـ JFET ذي قناة *n* . الفكرة هي تسليط فولتية سالبة بين البوابة والمنبع، ويجعل انحياز هذه البوابة عكسيا . بما ان البوابة منحازة عكسيا، يسري تيار صغير جدا فقط بحيث يمكن اهماله في طرف البوابة. كتقريب اول ، تيار البوابة يساوي صفرا.

الاسم تأثير المجال *field effect* ينسب الى طبقتي الاستنزاف او الاخلاء حول كل وصلة *pn* . يبين الشكل (2b) طبقتي الاستنزاف هاتين. يجب على التيار المار من المنبع الى المصرف ان يسري خلال القناة الضيقة بين طبقتي الاستنزاف، حجم طبقتي الاستنزاف هاتين يعين عرض القناة الموصلة . كلما كانت فولتية البوابة اكثر سالبية، تصبح القناة الموصلة اضيق، وذلك لاقتراب طبقتي الاستنزاف الواحدة من الاخرى. بعبارة اخرى، تسيطر فولتية البوابة على التيار بين المنبع والمصرف كلما زادت سالبية فولتية البوابة، قل التيار.

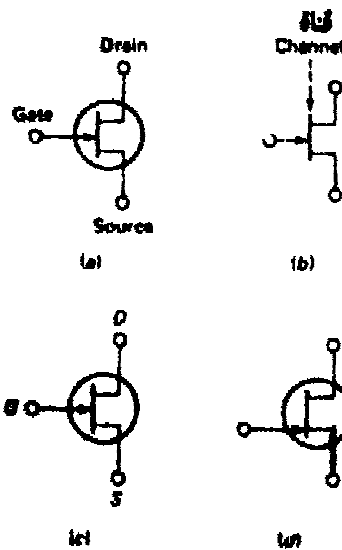


الشكل (2)

الفرق الرئيس بين JFET وترانزستور ثنائي القطبية هو مايلي: تكون البوابة منحازة عكسيا بينما تكون القاعدة منحازة اماميا. هذا الفرق الحاسم يعني ان JFET يعمل مثل مكون منضبط بالفولتية - *voltage controlled device* حيث تسيطر فولتية الاخراج لوحدها (مثاليا) على تيار الاخراج. هذا يختلف عن ترانزستور ثنائي القطبية حيث يسيطر تيار الادخال على تيار الاخراج. نستطيع تلخيص الفرق الرئيس بين JFET وترانزستور ثنائي القطبية بدلالة المقاومة. تقترب مقاومة الادخال لـ JFET مثاليا من ما لانهاية. كتقريب ثان، هي تساوي كثيرا من الميكرو اوم، معتمدة على نوع JFET الخاص. لذلك يفضل JFET في التطبيقات التي نحتاج فيها الى مقاومة ادخال عالية. الثمن الذي ندفعه مقابل مقاومة الادخال الاعلى هو سيطرة اقل على تيار الاخراج. بعبارة اخرى، يكون JFET اقل حساسية للتغيرات في فولتية الادخال من ترانزستور ثنائي القطبية. في معظم ترانزستورات المجال الوصلي، تغير في الادخال مقداره (0.1 V) ينتج تغيرا في تيار الاخراج مقداره اقل من (10 mA). لكن في ترانزستور ثنائي القطبية، تغير مقداره (0.1 V) ينتج بسهولة تغيرا مقداره اكثر من (10 mA) في تيار الاخراج. كما سيتم شرحه فيما بعد، هذا يعني ان لـ JFET كسب فولتية اقل من ترانزستور ثنائي القطبية.

الرمز التخطيطي:

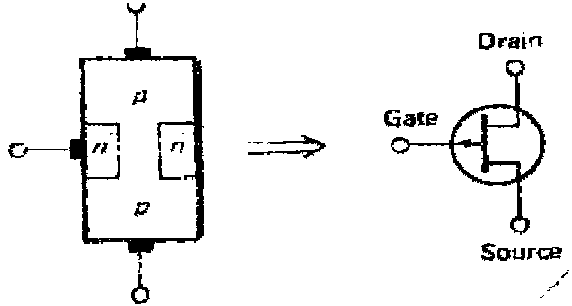
يبين الشكل (3a) الرمز التخطيطي لـ JFET. كمساعد للتذكر. فكر في الخط العمودي الرفيع (الشكل 3b) على انه القناة، وان المنبع والمصرف مرتبطان بهذا الخط. كذلك، هناك سهم على البوابة، هذا السهم يؤشر الى مادة n. بهذه الطريقة، تستطيع ان تتذكر بان الشكل (3a) يمثل JFET من نوع القناة n.



الشكل (3)

يمكن استبدال المنبع مع المصرف في العديد من ترانزستورات المجال الوصلي بحيث يمكنك استعمال اية نهاية كمنبع واستعمال النهاية الاخرى كمصرف. لهذا السبب، يكون الرمز التخطيطي لـ JFET الشكل (3a) متماثلا حيث يشير السهم الى مركز القناة. عندما تستعمل رمز JFET التخطيطي، يجب عليك ان تسمي الاطراف كما معمول في الشكل (3a) او ان تستخدم مختصرات كما مبين في الشكل (3c). او، يمكنك ان تستعمل الرمز غير المتماثل في الشكل (3d) حيث يرسم السهم قريبا من المنبع.

يبين الشكل (4) ترانزستور المجال الوصلي من نوع القناة p ورمزه التخطيطي. JFET من نوع القناة p هو متمم لـ JFET من نوع القناة n . لهذا السبب، نستطيع ان نركز على JFET من نوع القناة n ونبسّط النتائج على ترانزستورات المجال الوصلي من نوع القناة p باستعمال نظرية المتماثل التي سبق شرحها.



الشكل (4)

منحنيات مصرف JFET :

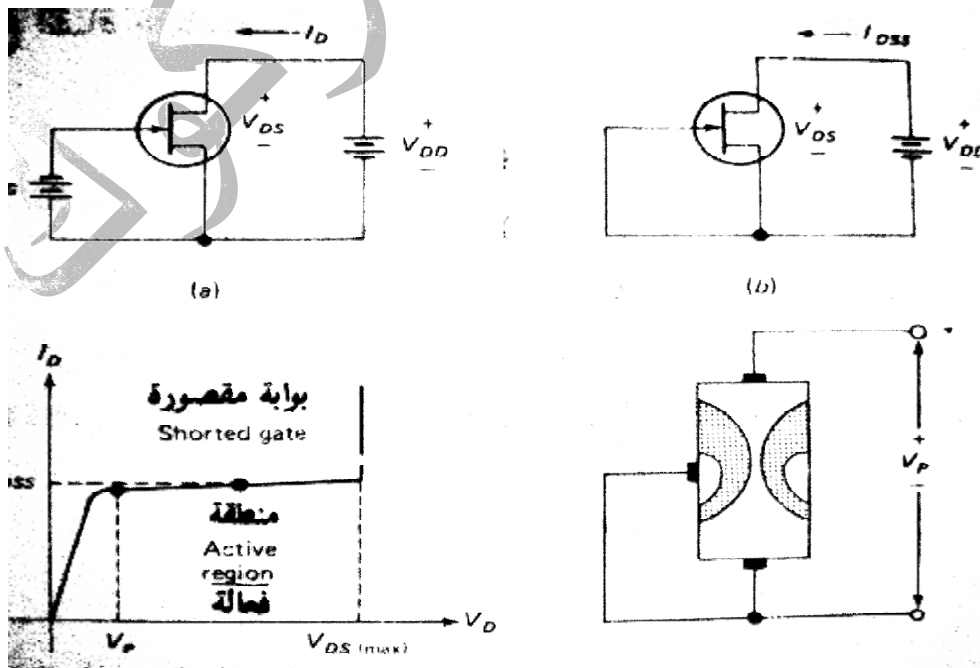
يبين الشكل (5a) ترانزستور مجال وصلي بفولتيات انحياز اعتيادية. حيث سيسري تيار اعتيادي الى الاسفل خلال القناة ومن المصرف الى المنبع.

فولتية الضيق:

كما بينا سابقا، تكون البوابة منحازة اماميا عند العمل الاعتيادي. وتتضمن هذه الحالة الخاصة عندما تكون فولتية البوابة صفرا. بعبارة اخرى، يمكننا ان نقاّص V_{GS} الى الصفر كما مبين في الشكل (5b). هذه الحالة الخاصة تسمى بحالة قصر البوابة.

الشكل (5c) هو منحنى العلاقة بين تيار المصرف وفولتيته لحالة قصر البوابة. لاحظ تشابهه مع منحنى الجامع. يبدأ تيار المصرف بالارتفاع السريع اولا ثم يستوي بعد ذلك. في المنطقة بين V_p و $V_{DS(max)}$ يكون تيار المصرف ثابتا تقريبا. عندما تكون فولتية المصرف كبيرة جدا، يحصل انكسار في ترانزستور المجال الوصلي كما مبين مثل ترانزستور ثنائي القطبية. تكون المنطقة الفعالة على طول الجزء الافقي من المنحنى تقريبا، في هذه المنطقة تعمل JFET مثل مصدر تيار. نستطيع ان نرمز لمدى العمل الاعتيادي هذا بما يلي:

$$V_p \leq V_{DS} \leq V_{DS(max)}$$



الشكل (5)

فولتية الضيق V_p punch off voltage هي فولتية المصرف التي يكون تيار المصرف فوقها ثابتا تقريبا. عندما تساوي فولتية المصرف V_p ، تصبح القناة ضيقة وتوشك طبقتا الاستنزاف على التلامس، كما مبين في الشكل (5d). الممر الصغير بين طبقتي الاستنزاف يحاول تحديد التيار. فاية زيادة في فولتية المصرف تنتج زيادة طفيفة في تيار المصرف فقط. هذا هو السبب في ثبوت تيار المصرف في المنطقة الفعالة تقريبا (انظر الشكل 5c).
تيار المصرف لحالة قصر البوابة

الحروف الذيلية في I_{DSS} تمثل المصرف الى المنبع مع قصر البوابة. استمارات المواصفات تبين I_{DSS} لفولتية مصرف تقع بين الضيق والانكسار، وتكون فولتية المصرف هذه نموذجيا بين (10 V) و (20 V). الشيء المهم هو هذا: لان المنحني يكون مستويا تقريبا في المنطقة الفعالة، يكون I_{DSS} (ايضا يقاس) تقريبا معقولا لتيار المصرف في اي مكان في المنطقة الفعالة. ولان I_{DSS} مقاس تحت شروط قصر البوابة، فانه يكون اقصى تيار مصرف يمكنك الحصول عليه بالعمل الاعتيادي لترانزستور المجال الوصلي، كل فولتيات البوابة الاخرى سالبة وتنتج تيار مصرف اقل.
 استمارات مواصفات JFET تعطيك قيمة I_{DSS} . فمثلا، استمارة مواصفات 2N5457 تدون القيم النموذجية التالية: ($I_{DSS} = 3 \text{ mA}$) عند ($V_{DS} = 15 \text{ V}$) و ($V_p = 2 \text{ V}$) و ($V_{DS(\text{max})} = 25 \text{ V}$). هذا يعني ان تيار المصرف عند قصر البوابة يساوي (3 mA) تقريبا لاية فولتية مصرف بين الضيق (2 V) والانكسار (25 V) على راس المنحني، سيمتلك اعلى منحني مصرف، (3 mA) على طول الجزء المستوي من المنحني.

فولتية القطع بين البوابة والمصرف

تشبه منحنيات المصرف منحنيات الجامع كثيرا. فمثلا، الشكل (6) يبين منحنيات المصرف لـ JFET نموذجي. اعلى منحني يقابل ($V_{GS} = 0$)، حالة قصر البوابة. فولتية الضيق هي (4 V) تقريبا، وفولتية الانكسار هي (30 V). هكذا تكون المنطقة الفعالة لترانزستور المجال الوصلي الخاص هذا:

$$4 \text{ V} \leq V_{DS} \leq 30 \text{ V}$$

كما نرى، I_{DSS} يساوي (10 mA) عند ($V_{DS} = 15 \text{ V}$).

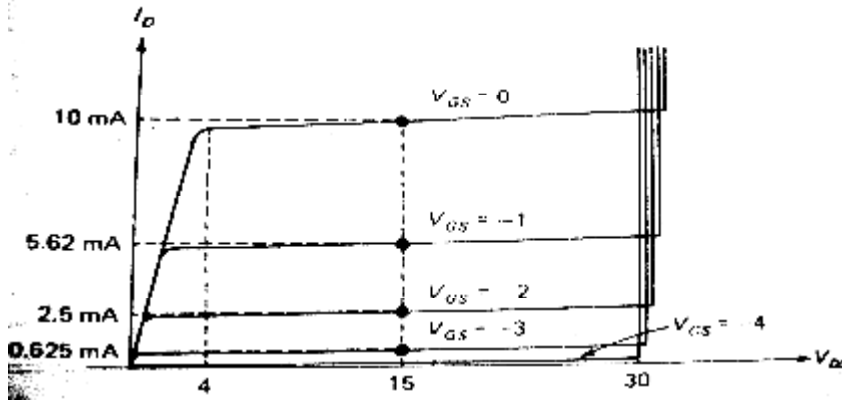
فولتية بوابة سالبة تقود الى منحنيات مصرف اخرى ($V_{GS} = -1 \text{ V}$) تهبط تيار المصرف الى حوالي (5.62 mA). ($V_{GS} = -2 \text{ V}$) تقلص تيار المصرف الى حدود (2.5 mA)، وهكذا. المنحني السفلي له اهمية خاصة، ($V_{GS} = -4 \text{ V}$) تقلل تيار المصرف الى صفر تقريبا. نسمي هذه الفولتية بفولتية القطع بين البوابة والمصرف ونرمز لها $V_{GS(\text{off})}$.

تمتد قيم $V_{GS(\text{off})}$ على مدى واسع لترانزستورات المجال الوصلي. تدون استمارات المواصفات $V_{GS(\text{off})}$ عند قيمة صغيرة لاعلى التعيين من تيار المصرف. فمثلا، استمارة مواصفات MPF102 تدون $V_{GS(\text{off})}$ تساوي (-8 V) كقيمة قصوى لتيار مصرف مقداره (2 nA).

عند ($V_{GS} = V_{GS(\text{off})}$). تتلامس طبقتا الاستنزاف. هذا يفسر سبب كون تيار المصرف يساوي صفرا تقريبا. كما لاحظت سابقا. V_p هي قيمة فولتية المصرف التي تضيق او تحصر التيار لحالة قصر البوابة. نتيجة لذلك:

$$V_p = |V_{GS(\text{off})}|$$

استمارة المعلومات لاتدون V_p ، ولكنها تعطي $V_{GS(\text{off})}$ والتي هي مكافئة لها. فمثلا، لو اعطت استمارة معلومات ($V_{GS} = -4 \text{ V}$)، فنحن نعلم حالا بان $V_p = 4 \text{ V}$.



الشكل (6)

المعادلة ($V_P \text{ á } V_{DS} \text{ á } V_{DS(max)}$) تثبت مدى V_{DS} الاعتيادي. بإمكاننا الآن ان نثبت مدى V_{GS} الاعتيادي. بما ان حالة قصر البوابة تعطينا اعلى منحني مصرف و $V_{GS(off)}$ تنتج اوطا منحني مصرف، يكون مدى V_{GS} الاعتيادي :

$$V_{GS(off)} \text{ á } V_{GS} \text{ á } 0$$

عندما تكون V_{GS} ضمن هذا المدى، يجب ان يكون I_{DS} ضمن المدى:

$$0 \text{ á } I_D \text{ á } I_{DSS}$$

مثال على ذلك، في الشكل (6) يكون المدى الاعتيادي لفولتية المصرف بين (4 V) و (30 V). المدى الاعتيادي لفولتية البوابة هو بين (-4 V) و (0 V)، والمدى الاعتيادي لتيار المصرف هو بين (0 mA) و (10 mA).

مثال

تدون استمارة مواصفات 2N5457 تيار بوابة تسربي عكسي نقداره (1 nA) لفولتية بوابة عكسية تساوي (15 V). كم هي المقاومة بين البوابة والمنبع؟

الحل:

استخدم قانون اوم :

$$R_{GS} = \frac{V_{GS}}{I_G} = \frac{15 \text{ V}}{1 \text{ nA}} = 15,000 \text{ M}\Omega$$

وهنا ترى الميزة الرئيسة لترانزستور المجال الوصلي على الترانزستور ثنائي القطبية. مقاومة الادخال تساوي (15,000 MΩ) مقابل بضع الاف اوم لمكبر CE ثنائي القطبية.

ثوابت JFET

كما شاهدنا سابقا، فان منحنى الموصلة التبادلية ينسب تيار الاخراج الى فولتية الادخال. في ترانزستور ثنائي القطبية يكون منحنى الموصلة التبادلية هو رسما يربط I_C و V_{BE} . في JFET يكون رسما يربط I_D و V_{GS} . فمثلا، بقراءة قيم I_D و V_{GS} في الشكل (6)، نستطيع ان نرسم منحنى الموصلة التبادلية المبين في الشكل (7a). وعموما، يبدو منحنى الموصلة التبادلية لاي JFET مثل الشكل (7b).

منحنى القطع المكافئ

منحنى الموصلة التبادلية في الشكل (7b) هو جزء من قطع مكافئ $parabola$ يمكن تبيان معادلة الموصلة التبادلية على انها:

$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]^2$$

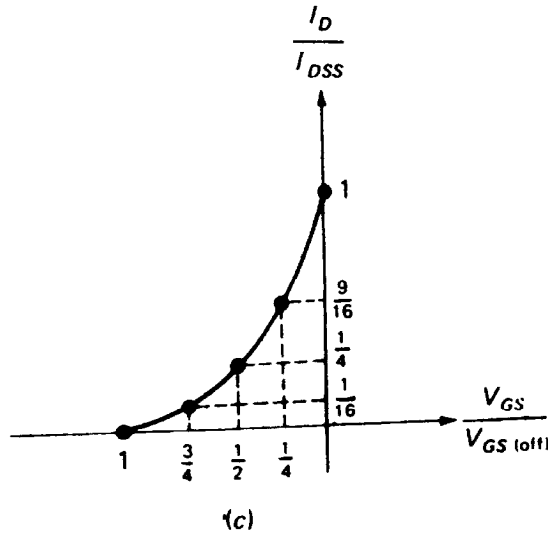
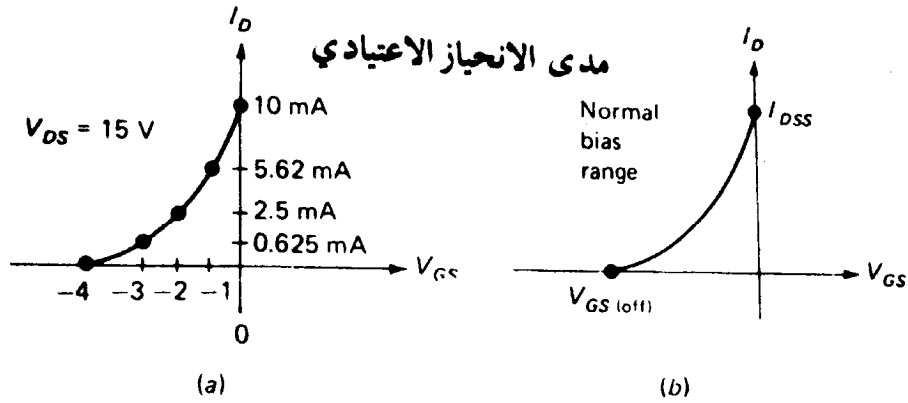
كمثال، افرض JFET له ($I_{DSS} = 4 \text{ mA}$) و ($V_{GS(off)} = -2 \text{ V}$) بالتعويض في المعادلة:

$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]^2 = 0.004 \left(1 + \frac{V_{GS}}{2} \right)^2$$

بهذه المعادلة نستطيع حساب تيار المصرف لاية فولتية بوابة في المنطقة الفعالة.

العديد من استمارات المواصفات لايعطي منحنيات مصرف او منحنيات مواصلة تبادلية، بل يعطي بدلا من ذلك قيم I_{DSS} و $V_{GS(off)}$. وتعويض هذه القيم في معادلة I_D ، يمكن حساب تيار المصرف لاية فولتية بوابة.

قانون التربيع *Square law* هو اسم اخر للقطع المكافئ. هذا هو سبب تسمية ترانزستورات المجال الوصلي بمكونات قانون التربيع. وها يعطيه ميزة مفيدة اخرى على ثنائي القطبية في دوائر المزج.



الشكل (7)

المقررة	ثوابت ترانزستور المجال الوصلي (تكلمة) ، ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني، منحنيات ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يرسم ويحسب المواصلة التبادلية
 - 2- يحسب القيم الدقيقة للمتغيرات
 - 3- يفهم عمل ومنحنيات النموذج الاستنزافي
 - 4- يفهم عمل ومنحنيات النموذج التعزيزي

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- منحنى المواصلة التبادلية المنسب 2- المواصلة التبادلية 3- قيمة دقيقة لـ $V_{GS(off)}$ 4- مقاومة المصرف الدقيقة 5- مقاومة المصرف الى المنبع لحالة التوصيل	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- الترانزستورات الاستنزافية- التعزيزية. مناطق $MOSFET$ 2- النموذج الاستنزافي 3- الاسلوب التعزيزي 4- منحنيات $MOSFET$ 5- الرمز التخطيطي	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

ترانزستورات تأثير المجال

منحني المواسلة التبادلية المنسب

بالامكان ان نعيد ترتيب معادلة I_D للحصول على:

$$\frac{I_D}{I_{DSS}} = \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]^2$$

بتعويض (0 , 1/4 , 1/2 , 3/4 , 1) عن ($V_{GS}/V_{GS(off)}$)، نستطيع ان نحسب قيم I_D/I_{DSS} المقابلة وهي (1 , 9/16 , 1/4 , 1/16 , 0). يلخص الشكل (7c) هذه النتائج. وهو ينطبق على كافة ترانزستورات المجال الوصلية.

فيما يلي تطبيق عملي على منحني الشكل (7c). لتحيز JFET قرب منتصف مدى التيار المفيد له، نحتاج تعيين I_D يساوي نصف I_{DSS} تقريبا. نسبة التيار 9/16 قريبة من النقطة الوسطى لتيار المصرف. لذلك نستطيع تعيين نقطة انحياز وسطى مع V_{GS} تساوي تقريبا:

$$V_{GS} @ \frac{V_{GS(off)}}{4}$$

لو كان لدينا MPF102 فيه ($V_{GS(off)} = -8V$). فيجب علينا ان نستعمل ($V_{GS} = -2V$) للحصول على تيار مصرف يساوي تقريبا نصف اقصى تيار مصرف مسموح به.

المواسلة التبادلية

يسمى المقدار g_m بالمواسلة التبادلية التي تعرف :

$$g_m = \frac{dI_D}{dV_{GS}}$$

على ان تكون V_{DS} ثابتة. وتقول هذه بان المواسلة التبادلية تساوي التغير في تيار المصرف مقسوما على التغير المقابل في فولتية البوابة. لو انتج تغير في فولتية البوابة مقداره (0.1 V) تغيرا في تيار المصرف مقداره (0.2 mA) .

$$g_m = \frac{0.2 \text{ mA}}{0.1 \text{ V}} = 2(10^{-3}) S = 2000 \text{ mS}$$

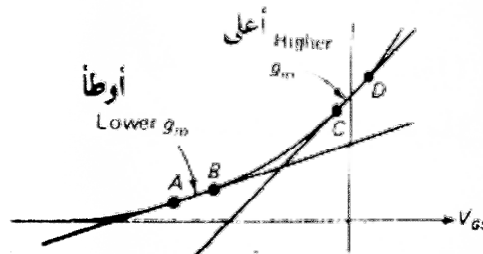
ملاحظة: S هو رمز الوحدة سيمنس، والتي كانت تسمى سابقا ("mho").

يوضح الشكل (8) معنى g_m بدلالة منحني المواسلة التبادلية. لحساب g_m عند اي نقطة عمل، نختار نقطتين متقاربتين مثل A و B تقعان على جهتي النقطة Q . نسبة التغير في I_D الى التغير في V_{GS} تعطينا قيمة g_m بين هاتين النقطتين. ولو اخترنا زوجا اخر من النقاط في اعلى المنحني عند C و D

، نحصل على تغير في I_D اكبر لتغير معين في V_{GS} . لذلك، تمتلك g_m قيمة اكبر في اعلى المنحني. من استمارة مواصفات ترانزستورات المجال الوصلية تحصل على قيمة g_m عند ($V_{GS} = 0$) عادة. اي قيمة g_m هذه برمز g_{mo} لنبين انها مقاسة عند ($V_{GS} = 0$). وباشتقاق انحدار المواسلة التبادلية عند نقاط اخرى يمكننا ان نبرهن ان اية g_m تساوي:

$$g_m = g_{mo} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]$$

هذه المعادلة تعطي قيمة g_m عند اية نقطة عمل بدلالة g_{mo} الموجودة في استمارة المواصفات.



الشكل (8)

غالبا مايرمز لـ g_m بالرمز g_{fs} (المواصلة التبادلية الامامية) او بالرمز y_{fs} (المسامحة التبادلية الامامية). وهكذا اذا لم تستطع ان تجد g_m في استمارة المواصفات. ابحث عن g_{fs} او y_{fs} . على سبيل المثال استمارة مواصفات 2N5951 تعطي ($g_{fs} = 6.5 \text{ mS}$) عند ($V_{GS} = 0$). التي تكافئ ($g_{mo} = 6.5 \text{ mS} = 6500 \mu\text{S}$). كمثال اخر، تدون استمارة مواصفات 2N5457 ($y_{fs} = 3000 \mu\text{S}$) عند ($V_{GS} = 0$). التي تكافئ ($g_{mo} = 3000 \mu\text{S}$).

قيمة دقيقة لـ $V_{GS(off)}$:

باستعمال الرياضيات، نستطيع اشتقاق الصيغة المفيدة التالية:

$$V_{GS(off)} = - \frac{2I_{DSS}}{g_{mo}}$$

وهذه المعادلة مفيدة بسبب سهولة قياس I_{DSS} و g_{mo} بدقة عالية وصعوبة قياس $V_{GS(off)}$. لذلك فالمعادلة ($V_{GS(off)}$) تعطينا طريقة دقيقة جدا لحساب $V_{GS(off)}$.

مقاومة المصرف المتناوبة

المقاومة r_{ds} هي المقاومة المتناوبة من المصرف الى المنبع. وتعرف بـ

$$r_{ds} = \frac{DV_{DS}}{DI_D}$$

عند ثبوت V_{GS} ، يكون التغير في I_D صغيرا مقابل التغير في V_{DS} فوق فولتية الضيق لان المنحني مستوي تقريبا. لذلك تمتلك r_{ds} قيم كبيرة تتراوح بين نموذجيا من ($10 \text{ k}\Omega$) الى ($1 \text{ M}\Omega$). مثال على ذلك، اذا انتج تغير في فولتية المصرف مقداره (2 V) تغيرا في تيار المصرف مقداره (0.02 mA)،

$$r_{ds} = \frac{DV_{DS}}{DI_D} = \frac{2\text{V}}{0.02\text{mA}} = 100 \text{ k}\Omega$$

لاتدون استمارات المواصفات قيمة r_{ds} عادة، عوضا عن ذلك، تعطي مقلوبها. اما g_{os} (مواصلة الاخراج) او y_{os} (مسامحة الاخراج). تنسب مقاومة المصرف الى هاتين القيمتين كما يلي:

$$r_{ds} = \frac{1}{g_{os}}$$

$$r_{ds} = \frac{1}{y_{os}}$$

و

للترددات الواطئة. فمثلا استمارة مواصفات 2N5951 تعطي ($g_{os} = 75 \mu\text{S}$) باستعمال المعادلة :

$$r_{ds} = \frac{1}{g_{os}} = \frac{1}{75(10^{-6})} = 13.3 \text{ k}\Omega$$

على الجانب الاخر، تدون استمارة مواصفات 2N5457 ($y_{os} = 50 \mu\text{S}$) وباستعمال المعادلة:

$$r_{ds} = \frac{1}{y_{os}} = \frac{1}{50(10^{-6})} = 20 \text{ k}\Omega$$

وفي المحاضرات اللاحقة سوف يتم شرح تأثير r_{ds} على التكبير في مرحلة JFET.

مقاومة المصرف الى المنبع لحالة التوصيل

يعمل JFET في المنطقة الفعالة مثل مصدر تيار. لكنه يعمل في منطقة التشبع (فولتية المصرف اقل من V_p) مثل مقاومة. لماذا؟ لان تغيرا في فولتية المصرف في منطقة التشبع، ينتج تغيرا طرديا في تيار المصرف. هذا هو سبب تسمية منطقة تشبع JFET باسم المنطقة الاومية. مقاومة JFET تعمل بالمنطقة الاومية تعرف بـ

$$r_{ds(on)} = \frac{DV_{DS}}{DI_D}$$

فمثلا، لو انتج تغير في فولتية المصرف مقداره (100 mV) تغيرا مقداره (0.7 mA) في المنطقة الاومية:

$$r_{ds(on)} = \frac{DV_{DS}}{DI_D} = \frac{100 \text{ mV}}{0.7 \text{ mA}}$$

وتأتي فائدة $r_{ds(on)}$ عندما يستعمل JFET كمفتاح.

مثال

لترانزستور مجال وصلي ($I_{DSS} = 10 \text{ mA}$) و ($g_{mo} = 4000 \mu\text{S}$). احسب $V_{GS(off)}$. كذلك احسب g_m لانحياز عند النقطة الوسطى.

الحل

$$V_{GS(off)} = - \frac{2I_{DSS}}{g_{mo}} = - \frac{2 \times 0.01}{0.004} = - 5 \text{ V}$$

لانحياز عند النقطة الوسطى:

$$V_{GS} @ \frac{V_{GS(off)}}{4} = - \frac{5}{4} = - 1.25 \text{ V}$$

باستخدام المعادلة التالية نحصل على g_m :

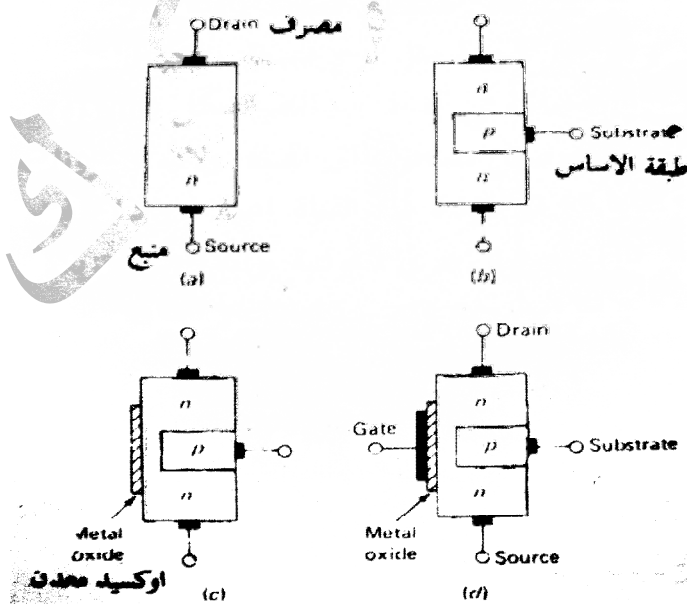
$$g_m = g_{mo} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right] = 0.004 \left(1 - \frac{1.25}{5} \right) = 3000 \mu\text{S}$$

ترانزستورات $MOSFET$ الاستنزافية – التعزيزية

يملك ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني FET $metal\text{-}oxide\ semiconductor$ او $MOSFET$ منبعاً وبوابة ومصرف، حيث تسيطر فولتية البوابة على تيار المصرف. الفرق الرئيسي بين JFET و $MOSFET$ هو اننا نستطيع تسليط فولتيات بوابة موجبة مع بقاء تيار البوابة صفراً.

مناطق $MOSFET$

كما مبين في الشكل (9a) نلاحظ وجود منطقة n للمنبع والمصرف. كالسابق، فان فولتية موجبة مسلطة على طرفي المصرف والمنبع تجبر الالكترونات حزمة التوصيل على السريان من المنبع الى المصرف. بخلاف JFET، يملك $MOSFET$ منطقة p مفردة كما مبين في الشكل (9b). نسمي هذه المنطقة بطبقة الاساس $substrate$. تضيق منطقة p هذه القناة بين المنبع والمصرف بحيث يبقى ممر صغير فقط عند الجهة اليسرى من الشكل (9b). ويجب على الالكترونات المارة من المنبع الى المصرف ان تمر خلال القناة الضيقة هذه.

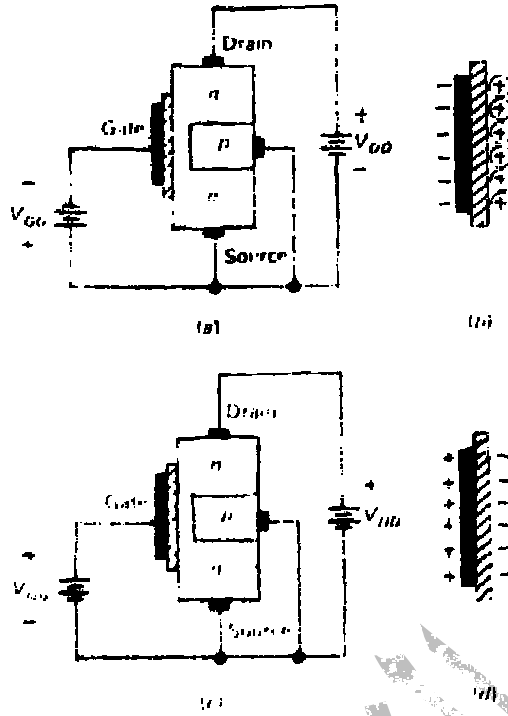


الشكل (9)

ترسب طبقة رقيقة من اوكسيد

معدني (اوكسيد السليكون عادة) على الجهة اليسرى من القناة كما مبين في الشكل (9c). ويكون الاوكسيد المعدني هذا عازلاً. اخيراً، ترسب بوابة معدنية على العازل (الشكل 9d). ولان البوابة معزولة عن القناة، فان $MOSFET$ يعرف باسم ترانزستور المجال ذي البوابة المعزولة $insulated\ gate\ FET$ (IGFET).

كيف يعمل MOSFET ؟ الشكل (10a) كالعادة، يرغم المجهز V_{DD} الكترونات حزمة التوصيل على السريان من المنبع الى المصرف. هذه الالكترونات تمر خلال القناة الضيقة على يسار طبقة الاساس p .



الشكل (10)

كالسابق، تسيطر فولتية البوابة على مقاومة القناة n . لكن بما ان البوابة معزولة عن القناة، نستطيع تسليط اما فولتية موجبة او سالبة على البوابة. لقد تبين من الشكل (10a) فولتية بوابة سالبة. ابسط طريقة لتصوير التوصيل في القناة هي هذه: تصور البوابة كاحد لوح متسعة، الاوكسيد المعدني يعمل مثل عازل والقناة n مثل اللوح الاخر. من النظريات الاساسية، نعلم بان شحنات على لوح متسعة تحت شحنات معاكسة على اللوح الاخر. لذلك فان فولتية بوابة سالبة تعني الكترونات على البوابة كما مبين في الشكل (10b). هذه الشحنات السالبة تنافر الكترونات حزمة التوصيل في القناة n تاركة ايونات موجبة في جزء من القناة (الشكل 10b). بعبارة اخرى، لقد اخلينا بعضا من الكترونات حزمة التوصيل للقناة n .

كلما ازدادت سالبية فولتية البوابة، زاد استنزاف الكترونات حزمة التوصيل في القناة n . مع فولتية بوابة سالبة كافية، نستطيع قطع التيار بين المنبع والمصرف. لذلك مع فولتية بوابة سالبة يكون اداء MOSFET شبيها لاداء JFET. لان الاداء بفولتية بوابة سالبة يعتمد على استنزاف الكترونات حزمة التوصيل من القناة. نسمي الاداء مع بوابة سالبة بالاسلوب الاستنزافي *depletion mode*.

الاسلوب التعزيزي

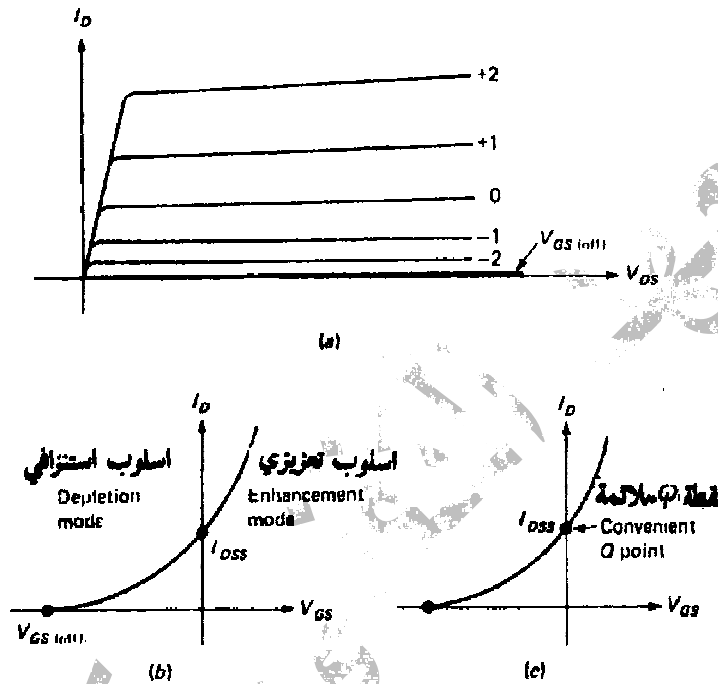
بما ان بوابة MOSFET معزولة عن القناة، نستطيع تسليط فولتية موجبة كما مبين في الشكل (10c). مرة اخرى تعمل البوابة مثل لوح متسعة لكن الشحنات الموجبة على البوابة تحت هذه المرة شحنات سالبة في القناة n (انظر الشكل 10d) الشحنات السالبة هذه هي الكترونات حزمة التوصيل مسحوبة الى القناة. ولان الكترونات حزمة التوصيل هذه اضيفت الى الالكترونات الموجزة في القناة اصلا، يزداد العدد الكلي للالكترونات حزمة التوصيل في القناة. بعبارة اخرى، فولتية بوابة موجبة تزيد في او تعزز توصيلية القناة. وكلما كانت فولتية البوابة موجبة اكثر، كان التوصيل من المنبع الى المصرف اعظم.

اداء ترانزستور المجال ذي الاوكسيد المعدني مع فولتية بوابة موجبة يعتمد على تعزيز توصيلية القناة. لهذا السبب، اداء بوابة موجبة (الشكل 10c) يسمى بالاسلوب التعزيزي *enhancement mode*.

بسبب الطبقة العازلة، يسري تيار بوابة صغير جدا بحيث يمكن اهماله في اي من اسلوبي الاداء. ان مقاومة ادخال MOSFET عالية بشكل لا يصدق فهي تتراوح نموذجيا من (10,000 MΩ) الى اكثر من (10,000,000 MΩ).
المكون في الشكل (10c) هو MOSFET من نوع القناة n ، المكون المتمم له هو MOSFET من نوع القناة p. ويتم فقط اخذ متممات التيارات والفولتيات.

منحنيات MOSFET

يبين الشكل (11a) منحنيات مصرف نموذجية لـ MOSFET من نوع القناة n. تمثل $V_{GS(off)}$ فولتية البوابة السالبة التي تؤدي الى قطع تيار المصرف. مع V_{GS} اقل من صفر نحصل على اداء نموذج استنزافي. على الجانب الاخر، تعطي V_{GS} اكبر من الصفر اداء نموذج تعزيزي.



الشكل (11)

الشكل (11b) هو منحنى الموصلة التبادلية لـ MOSFET. يمثل I_{DSS} تيار المصرف الى المنبع لحالة قصر البوابة. ولكن الان يمتد المنحنى الى يمين نقطة الاصل كما مبين. لا يزال المنحنى قطعاً مكافئاً، ويمكن استعمال معادلة قانون التربيع التي سبق ذكرها اي :

$$I_D = I_{DSS} \left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}} \right]^2$$

هذه المعادلة مطابقة لمعادلة قانون لترانزستور المجال الوصلي. لكن قيمة V_{GS} ممكن ان تكون موجبة او سالبة.

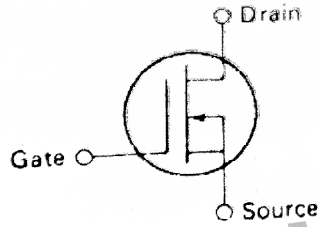
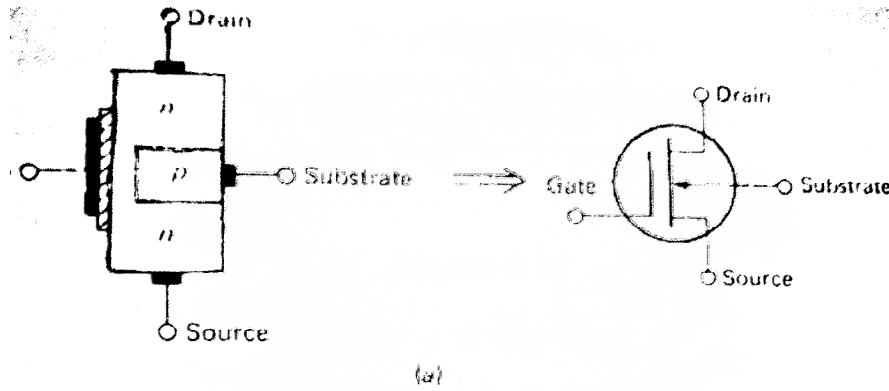
يكون تحييز MOSFET الذي له منحنى موصلة تبادلية مثل الشكل (11c) اسهل من تحييز JFETs. السبب هو هذا: لو اردنا ، يمكننا استخدام النقطة Q المبينة في الشكل (11c). بنقطة Q هذه، ($V_{GS} = 0$) و ($I_D = I_{DSS}$). ان تعيين V_{GS} تساوي صفراً سهل. فهو لا يتطلب فولتية مستمرة على البوابة. الدائرة الناتجة ابسط وسيتم شرحها في المحاضرات القادمة.

بالنظر لامكانية عمل MOSFET في الشكل (10) اما في الاسلوب الاستنزافي او في الاسلوب التعزيزي. نسميه MOSFET استنزافي-تعزيزي depletion-enhancement MOSFET. بما ان هذا النوع من MOSFET يوصل عندما ($V_{GS} = 0$)، فانه يسمى باسم MOSFET الموصل اعتيادياً.

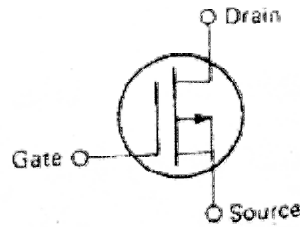
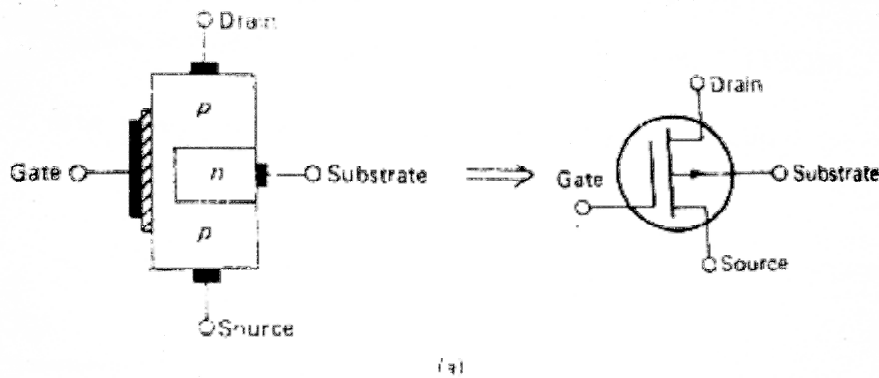
الرمز التخطيطي

يبين الشكل (12a) MOSFET الموصل اعتياديا. تظهر البوابة مثل لوح متسعة، على يمين البوابة تماما هناك الخط العمودي الرفيع الذي يمثل القناة. يخرج طرف المصرف من اعلى القناة وطرف المنبع مربوط الى الاسفل. السهم موجود على طبقة الاساس ويؤشر على مادة n ، لذلك لدينا MOSFET من نوع القناة n . يربط المصنع طبقة الاساس بالمنبع داخليا، ويؤدي هذا الى مكون ذي اطراف ثلاثة رمزه التخطيطي مبين في الشكل (12b).

يبين الشكل (13a) MOSFET من نوع القناة p ورمزه التخطيطي، الشكل (13b) هو رمز تخطيطي عندما تكون طبقة الاساس مربوطة بالمنبع.



الشكل (12)



الشكل (13)

المقررة	ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني التعزيزي ، خلاصة،
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1- يدرك عمل ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني التعزيزية
- 2- يحسب المتغيرات المختلفة ويرسم المنحنيات والرمز لهذا الترانزستور
- 3- يحل امثلة لحساب المتغيرات

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني التعزيزية 2- تكون طبقة الانقلاب 3- الفولتية الحدية 4- منحنيات النوع التعزيزي فقط 5- الرمز التخطيطي	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- خلاصة الانواع 2- مثال حساب مقاومة بوابة 3- مثال حساب التحملات القصوى	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

ترانزستورات تأثير المجال

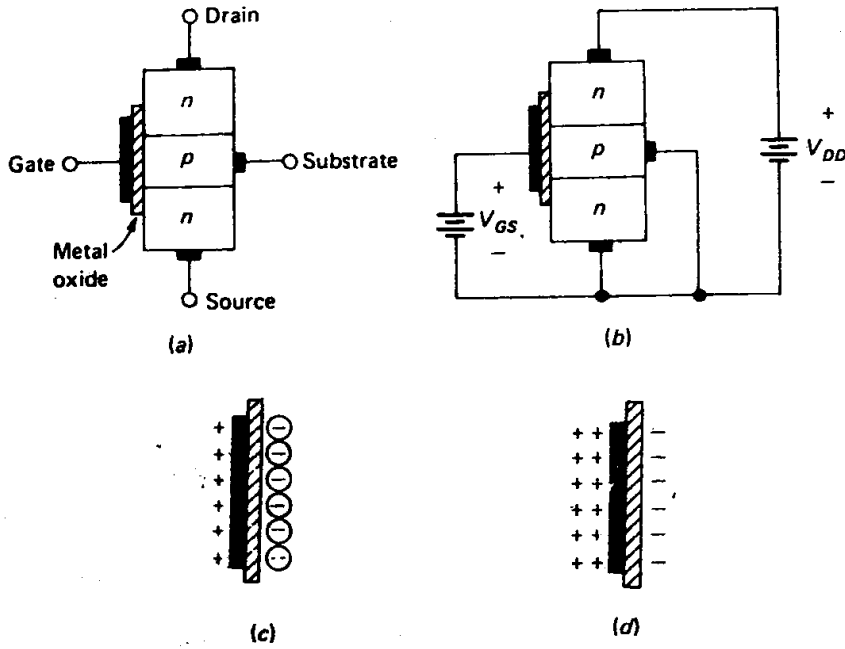
ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني التعزيزية

هناك نوع اخر من MOSFET وهو النوع التعزيزي فقط *enhancement-only type* . كما يدل اسمه، فهو يعمل في النموذج التعزيزي فقط. هذا النوع من MOSFET مهم في الدوائر الرقمية.

تكون طبقة الانقلاب

يبين الشكل (14a) الاجزاء المختلفة لـ MOSFET من النوع التعزيزي فقط. لاحظ ان طبقة الاساس تمتد حتى تصل الى الاوكسيد المعدني وبذلك لم تعد هناك قناة n بين المنبع والمصرف.

كيف يعمل؟ يبين الشكل (14b) قطبيات الانحياز الطبيعي. عندما ($V_{GS} = 0$)، فان المجهز V_{DD} يحاول ان يجبر الالكترونات حزمة التوصيل على السريان من المنبع الى المصرف، لكن لطبقة الاساس p الالكترونات حزمة توصيل منتجة حراريا قليلة فقط. وبخلاف الحاملات الاقلية هذه وبعض التسؤب السطحي، فان التيار بين المنبع والمصدر يكون صفرا. لهذا السبب فان MOSFET من النوع التعزيزي فقط يسمى باسم MOSFET اعتياديا.



الشكل (14)

للحصول على تيار، يجب ان نسلط فولتية موجبة كافية على البوابة. تعمل البوابة مثل لوح متسعة والاوكسيد المعدني مثل عازل كهربائي وطبقة الاساس p مثل اللوح الاخر. مع فولتيات بوابة صغيرة، تحت الشحنات الموجبة في الشكل (14c) شحنات سالبة في طبقة الاساس p . هذه الشحنات هي ايونات سالبة ناتجة عن الالكترونات التكافؤية المألثة للثقوب في طبقة الاساس p . لو استمرينا في زيادة فولتية البوابة اكثر، عندئذ تستطيع الشحنات الموجبة الاضافية على البوابة ان تضع الالكترونات حزمة التوصيل في مدار حول الايونات السالبة (انظر الشكل 14b). بعبارة اخرى، عندما تكون البوابة موجبة بما فيه الكفاية، تستطيع ان تكون طبقة رقيقة من الالكترونات حزمة التوصيل التي تمتد على طول الطريق من المنبع الى المصرف.

الطبقة المتكونة من الالكترونات حزمة التوصيل تقع مقابل الاوكسيد المعدني. لم تعد تعمل هذه الطبقة مثل شبه موصل من النوع p ، بدلا من ذلك تبدو مثل شبه موصل من النوع n . لهذا السبب فان طبقة المادة p الملاصقة للاوكسيد المعدني تسمى بطبقة الانقلاب من النوع n . *n-type inversion layer*

الفولتية الحدية

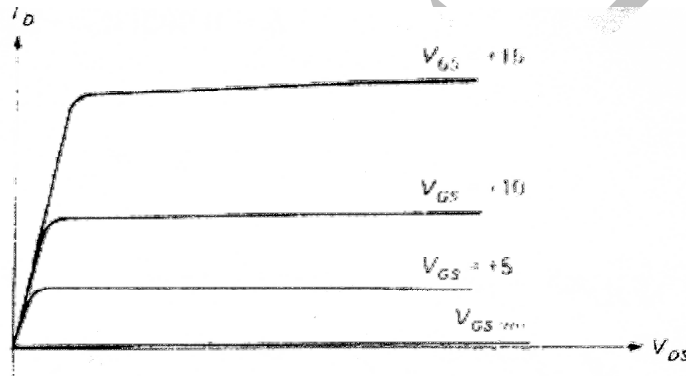
ان ادنى فولتية بين البوابة والمنبع تكون طبقة انقلاب من النوع n تسمى بالفولتية الحدية $V_{GS(th)}$ (threshold voltage) 9:17:04 PM. عندما تكون V_{GS} اكبر من $V_{GS(th)}$ ، تصل طبقة انقلاب من النوع n المنبع بالمصرف ونحصل على تيار. تعتمد الفولتيات الحدية على نوع MOSFET الخاص، فممكن ان تتغير $V_{GS(th)}$ من اقل من فولت واحد الى اكثر من (5 V). 3N169 هو مثال على MOSFET من النوع التعزيزي فقط له فولتية حدية عظمى مقدارها (1.5 V).

منحنيات النوع التعزيزي فقط

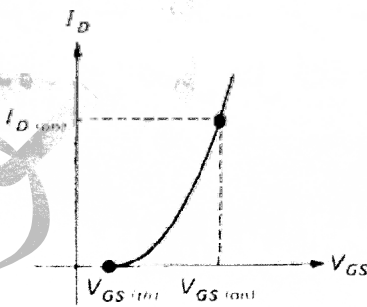
يبين الشكل (15a) مجموعة منحنيات لـ MOSFET من النوع التعزيزي فقط. المنحني السفلي هو منحني $V_{GS(th)}$. مع فولتيات بوابة اكبر من القيمة الحدية نحصل على منحنيات اعلى. الشكل (15b) هو منحني المواصلة التبادلية. المنحني عبارة عن قطع مكافئ او قانون التربيع. يقع راس القطع المكافئ عند $V_{GS(th)}$. لهذا السبب، تكون معادلة القطع المكافئ مختلفة عن السابق. فهي تساوي الان:

$$I_D = K [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2$$

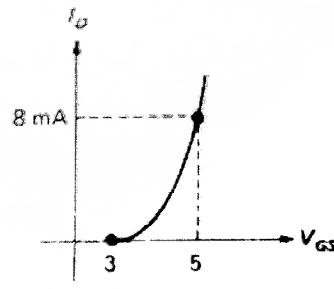
حيث يمثل K ثابت التناسب ويعتمد على نوع MOSFET الخاص.



(a)



(b)



(c)

الشكل (15)

تعطي استمارات المواصفات عادة احداثي نقطة واحدة على منحني المواصلة التبادلية كما مبين في الشكل (15b). بعد ان نعوض قيم $I_{D(on)}$ و $V_{GS(on)}$ و $V_{GS(th)}$ في المعادلة اعلاه، نستطيع ان نحل المعادلة لاجاد قيمة K . فمثلا، لـ MOSFET من النوع التعزيزي فقط، ($I_{D(on)} = 8 \text{ mA}$) و ($V_{GS(th)} = 3 \text{ V}$) و ($V_{GS(on)} = 5 \text{ V}$) ومنحني مواصلته التبادلية يبدو مثل الشكل (15c). عندما نعوض هذه القيم في المعادلة اعلاه نحصل على:

$$I_D = K [V_{GS} - V_{GS(th)}]^2$$

$$0.008 = K [5 - 3]^2 = 4K$$

$$\therefore K = 0.002$$

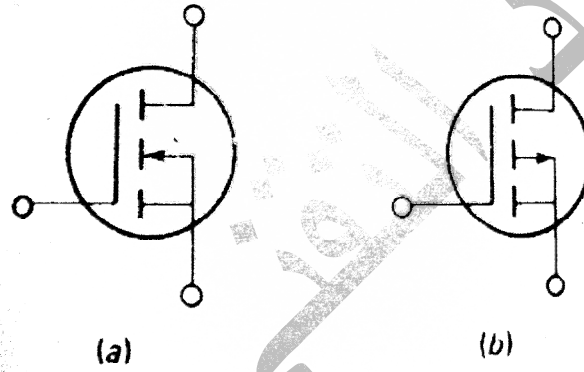
لذلك، معادلة الموصلة التبادلية للشكل (15c) هي:

$$I_D = 0.002 [V_{GS} - 3]^2$$

الرمز التخطيطي

عندما ($V_{GS} = 0$)، يكون MOSFET من النوع التعزيزي فقط غير موصل لعدم وجود قناة موصلة بين المنبع والمصرف. للرمز التخطيطي في الشكل (16a) خط قناة مقطع ليبين حالة عدم توصيل اعتياديا. وكما نعلم، فان فولتية بوابة اكبر من الفولتية الحدية تكون طبقة انقلاب من النوع n تربط المنبع بالمصرف. السهم يشير الى طبقة الانقلاب هذه، التي تعمل مثل قناة n عندما يوصل المكون. كنتيجة لذلك، يكون لدينا MOSFET من النوع التعزيزي فقط ذي قناة n .

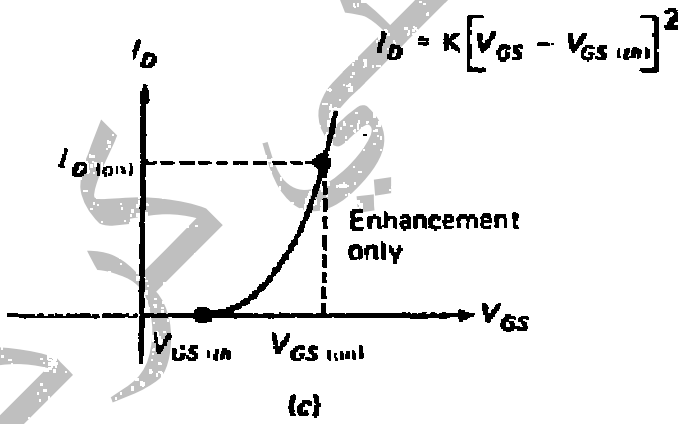
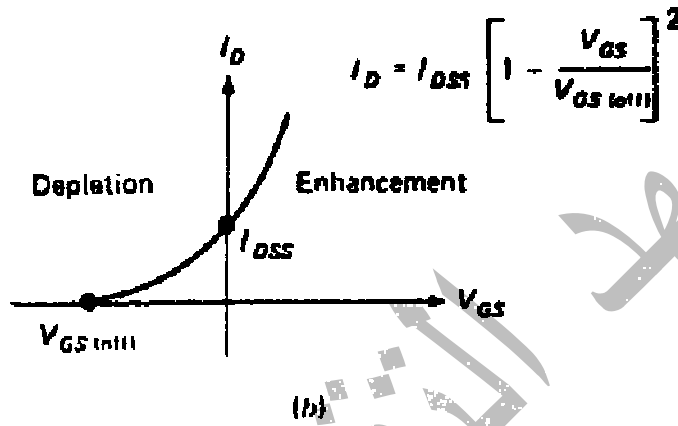
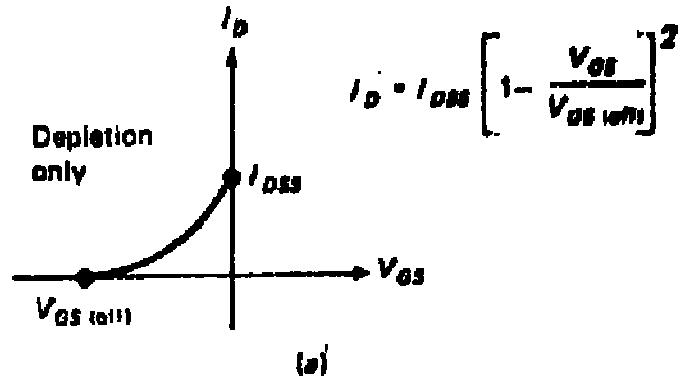
يبين الشكل (16b) الرمز التخطيطي لمـ MOSFET متمم، وهو MOSFET من النوع التعزيزي فقط ذو قناة p .



الشكل (16)

خلاصة

هناك ثلاثة انواع اساسية من ترانزستورات المجال : JFET و MOSFET الاستنزافي-التعزيزي و MOSFET التعزيزي فقط. يعمل JFET بالاسلوب الاستنزافي فقط (الشكل 17a)، ويعمل MOSFET الاستنزافي-التعزيزي في اي من الاسلوبين (الشكل 17b)، ويعمل MOSFET التعزيزي فقط بالاسلوب التعزيزي (الشكل 17c).



الشكل (17)

كل هذه المكونات تخضع لقانون التربيع. أي أن موصلتها التبادلية هي قطع مكافئ. معادلة الموصلية التبادلية للشكل (17a) والشكل (17b) هي نفسها لأن لكل قطع مكافئ رأس عند $V_{GS(off)}$. لكن معادلة الشكل (17c) تختلف لأن الرأس يقع عند $V_{GS(th)}$.

ميزتان حميدتان من مزايا ترانزستورات المجال الرئيسية هما ممانعة الإدخال وصفة قانون التربيع. إيجابيات أخرى وسلبيات ترانزستور المجال سوف تشرح في المحاضرة التالية. أخيراً، فإن استمارة المواصفات تسمى عادة MOSFET الاستنزافي – التعزيزي باسم MOSFET من النوع الاستنزافي (اختصاراً D MOSFET)، ويسمى MOSFET التعزيزي فقط باسم MOSFET من النوع التعزيزي (E MOSFET).

مثال

تبين استمارة مواصفات (3N128) انه MOSFET من النوع الاستنزافي وله تيار بوابة تسري مقدار (50 Pa -) عند فولتية بوابة مقدارها (8 V -). احسب مقاومة بوابة MOSFET D هذا.

الحل

$$R_{GS} = \frac{V_{GS}}{I_G} = \frac{8}{50(10^{-12})} = 160.000 \text{ M}\Omega$$

يكون تيار البوابة التسري في MOSFET اقل بكثير منه في JFET بسبب البوابة المعزولة. اضافة الى ذلك، يرتفع تيار JFET التسري بصورة اسية مع زيادة درجة الحرارة بسبب وصلة pn ذات الانحياز العكسي، بينما يكون تيار MOSFET التسري اقل تحسسا للحرارة بكثير. لذلك، عندما تحتاج الى مقاومة ادخال عالية للغاية على مدى واسع من درجات الحرارة، يفضل MOSFET على JFET.

مثال

تبين استمارة مواصفات (2N3796) انه MOSFET D مع مدى التحملات القصوى هذه:

$$1 - (V_{DS(\max)} = 25 \text{ V})$$

$$2 - (V_{GS(\max)} = \pm 30 \text{ V})$$

$$3 - (I_{D(\max)} = 20 \text{ mA})$$

$$4 - (P_{D(\max)} = 300 \text{ mW}) \text{ عند } (T_A = 25^\circ \text{C}), \text{ تقلص مدى تحمل مقدار } (1.7 \text{ mW}) \text{ لكل}$$

درجة.

مامعنى مدى التحملات هذه؟

الحل

ان مدى تحملات كهذه تشبه تلك التي في ترانزستور ثنائي القطبية. ولكن يجدر هنا ذكر بعض التعقيبات:

1- $V_{DS(\max)}$ هو اقصى فولتية تستطيع تسليطها بين المصرف والمنبع دون حدوث انكسار. يجب ان تبقى

V_{DS}

اقل من $V_{DS(\max)}$ للاداء الاعتيادي.

2- $V_{GS(\max)}$ هو اقصى فولتية تستطيع تسليطها بين البوابة والمنبع دون حدوث تلف لطبقة الاوكسيد المعدني.

انكسار الطبقة العازلة الرقيقة متلف دائما. وبامكانك ان ترمي الى MOSFET جانبا اذا حدث هذا. القطبية غير مهمة، ففولتية بوابة اكبر من (30 V +) او اكثر سالبيه من (30 V -) تتلف طبقة الاوكسيد المعدني.

لو تركنا التسليط المباشر لفولتية V_{GS} اكبر من (30 V) على جنب، فبامكانك ان تتلف الطبقة العازلة بطرق اكثر رقة. فلو رفعت او ادخلت MOSFET في دائرة تصل اليها القدرة الكهربائية، فقد تكون الفولتيات العابرة كبيرة كفاية بحيث تدمر ترانزستور المجال ذا الاوكسيد المعدني. اضافة الى الفولتيات العابرة، فقد تتلف الفولتيات المستقرة MOSFET. واذا ما التقطته مرارا، فالشحنة المستقرة التي ترسبها على البوابة قد تكون كافية لتعدي مدى التحمل $V_{GS(\max)}$. هذا هو سبب شحن ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني مع حلقة سلك حول الاطراف الخارجية. ويجب ان تزيل الحلقة بعد ان تربط MOSFET في الدائرة.

3- $I_{D(\max)}$ هو اقصى تيار مصرف متواصل يمكنك الحصول عليه دون خوف من التلف. في هذه الحالة،

لايجب ان تسري اكثر من (20 mA) متواصل من تيار مصرف.

4- مدى تحمل $P_{D(\max)}$ مقداره (300 mW) يعني ان بإمكان MOSFET ان يبذل لغاية (300 mW)

عندما تكون درجة الحرارة المجاورة (25°C). لدرجات حرارة مجاورة اعلى، اطرح (1.7 mW) لكل

درجة فوق (25°C).

نقطة ا

أخيرة، بعض الانواع الاحداث من ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني تنتج مع ثنائيات زينر مربوطة داخليا بين البوابة والمنبع. ثنائيات زينر هذه سوف تنكسر قبل اي تلف يحدث للطبقة العازلة الرقيقة. سلبية هذه الثنائيات الداخلية هي تقليصها لمقاومة ادخال MOSFET العالية.

المقررة	تحليل دائرة FET : الانحياز الذاتي ، انحياز ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

- عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
- 1- يرسم ويحلل دائرة الانحياز الذاتي مع رسم المنحنيات
 - 2- يرسم ويحلل دائرة انحياز ترانزستور ذو الاوكسيد المعدني نوع انحياز الصفر وانحياز تغذية المصرف الخلفية

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- اكثر الطرق شيوعا في الانحياز 2- استنتاج معادلات ادائرة الانحياز الذاتي 3- حل مثال	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- انحياز ترانزستور المجال ذو الاوكسيد المعدني 2- انحياز الصفر 3- انحياز تغذية المصرف الخلفية	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

تحليل دائرة FET

الانحياز الذاتي :

يبين الشكل (1) انحياز ذاتيا. وهو اكثر الطرق شيوعا في تحييز JFET. يسري تيار المصرف الى الاسفل خلال R_D و R_S ، منتجا فولتية بين المصرف والمنبع مقدارها

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$$

الفولتية عبر مقاوم المنبع هي

$$V_S = I_D R_S$$

لان تيار البوابة صغير جدا بحيث يمكن اهماله، يكون طرف البوابة عند ارضي مستمر، لذلك

$$V_{GS} @ 0$$

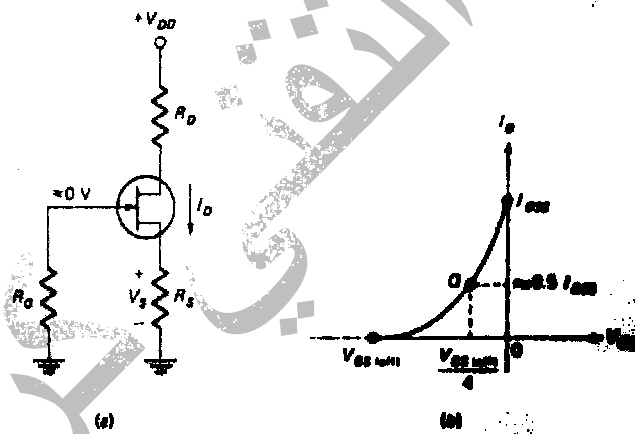
لذا، الفرق في الجهد بين البوابة والمنبع هو:

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D R_S$$

او

$$V_S = - I_D R_S$$

تقول هذه المعادلة بان هبوط الفولتية على R_S ينتج فولتية الانحياز V_{GS} . لاضرورة لمصدر فولتية خارجي يسوق البوابة. وهذا هو سبب تسمية الدائرة باسم انحياز ذاتي.



الشكل (1)

(a) الدائرة (b) نقطة Q نموذجية

الانحياز الذاتي يثبت نقطة العمل الهامدة ضد تغيرات ثوابت JFET : افرض اننا غيرنا الترانزستور بأخر له ضعف g_{mo} ، عندئذ يحاول تيار المصرف في الشكل (1a) ان يتضاعف. لكن بما ان تيار المصرف هذا يسري خلال R_S ، تصبح الفولتية بين البوابة والمنبع V_{GS} اكثر سالبية وتقلص الزيادة الاصلية في تيار المصرف. في الشكل (1b)، فولتية بوابة تساوي ربع $V_{GS(off)}$ تنتج تيار مصرف يساوي نصف I_{DSS} (تقريبا). تعويض هاتين الكميتين في المعادلة اعلاه وحلها لايجاد R_S يعطي :

$$R_S = \frac{-V_{GS(off)}}{2I_{DSS}}$$

باستعمال هذه المعادلة، نستطيع تقليص المعادلة السابقة الى الصيغة التالية:

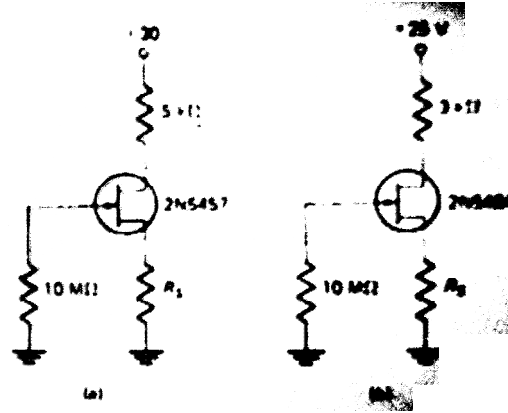
$$R_S @ \frac{1}{g_{mo}}$$

وذلك لانحياز عند نقطة وسطى.

إذا علمت g_{mo} في JFET ، خذ مقلوبها فتحصل بذلك على مقاومة المنبع التي تعين تيار مصرف مساويا لنصف I_{DSS} . بما ان g_{mo} تعطى دائما بصورة دقيقة في استمارات المواصفات، فان المعادلة تعطينا طريقة سريعة لتعيين انحياز ذاتي عند منتصف تيار المصرف.

مثال

(2N5457) المبين في الشكل (2) له ($g_{mo} = 5000 \mu S$) و ($I_{DSS} = 5 \text{ mA}$) . كم هي قيمة R_S لانحياز عند نقطة وسطى؟ كم هي V_{GS} المقابلة؟ و V_{DS} ؟



الشكل (2)

الحل

$$R_S @ \frac{1}{g_{mo}} = \frac{1}{5000(10^{-6})} = 200 \Omega$$

مقاومة المنبع هذه تنتج تيار مصرف في غضون (2.5 mA) .

$$V_{GS} = - I_D R_S = - 2.5(10^{-3})(5000 + 200) = -17 \text{ V}$$

الفولتية بين المصرف والمنبع هي

$$\begin{aligned} V_{DS} &= V_{DD} - I_D (R_D + R_S) \\ &= 30 - 2.5(10^{-3})(5000 + 200) = 17 \text{ V} \end{aligned}$$

مثال

(2N5484) في الشكل (2b) للمثال السابق، له ($g_{mo} = 2.5 \text{ mS}$) . كم هي قيمة R_S لانحياز عند النقطة الوسطى؟

الحل

$$R_S @ \frac{1}{g_{mo}} = \frac{1}{2.5(10^{-3})} = 400 \Omega$$

هذه المقاومة تعين I_D مقداره نصف I_{DSS} تقريبا.

مثال

استمارة مواصفات 2N5457 تبين ان ($g_{mo} = 1 \text{ mS}$) كحد ادنى وتساوي (5 mS) كحد اقصى. هذا يعني ان عند العمل بالاف من هذا الترانزستور، سنجد بعضها له g_{mo} منخفضة مثل (1mS) وبعضها عالية مثل (5 mS) . لو استعمل هذا الترانزستور في دائرة انحياز ذاتي منتجة بكميات كبيرة، كم هي قيمة R_S التي نحتاجها لتعيين انحياز عند النقطة الوسطى؟

الحل

$$g_{mo} = \sqrt{g_{mo(\min)} g_{mo(\max)}}$$

تعويض قيمتي g_{mo} الدنيا والقصوى للترانزستور ينتج

$$g_{mo} = \sqrt{1(10^{-3})5(10^{-3})} = 2.24 \text{ mS}$$

لذلك

$$R_S @ \frac{1}{g_{mo}} = \frac{1}{2.24(10^{-3})} = 446 \Omega$$

انحياز ترانزستورات المجال ذات الاوكسيد المعدني

يمكن ان تكون V_{GS} موجبة او سالبة في ترانزستورات MOS الاستنزافية. لكن V_{GS} يجب ان تكون اكبر من $(V_{GS(th)})$ في ترانزستورات MOS التعزيزية للحصول على تيار.

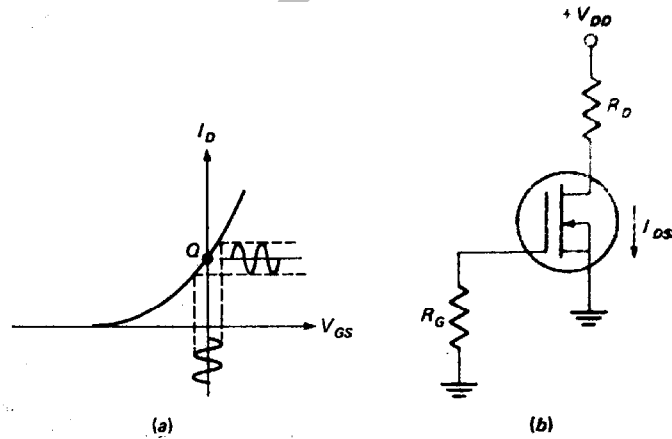
انحياز الصفر في ترانزستورات D MOS

بما ان D MOSFET يستطيع ان يعمل اما في الاسلوب الاستنزافي او في الاسلوب التعزيزي، نستطيع تعيين نقطة Q عند $(V_{GS} = 0)$ كما مبين في الشكل (3a). عندئذ تستطيع اشارة ادخال متناوبة عند البوابة ان تنتج تغيرات فوق وتحت النقطة Q . ان المقدرة على استخدام $(V_{GS} = 0)$ هي ميزة جيدة عند اخذ الانحياز بنظر الاعتبار. وهي تحيز دائرة الانحياز الوحيدة في الشكل (3b). ولا يوجد في هذه الدائرة البسيطة فولتية بوابة او منبع مسلطة، لذلك، $(V_{GS} = 0)$ و $(I_D = I_{DSS})$ ، يتبع ذلك

$$V_{DS} = V_{DD} - I_{DSS} R_D$$

طالما V_{DS} اكبر من V_P ، يكون الاداء على الجزء المستوي تقريبا من منحنى المصرف $(V_{GS} = 0)$.

ينفرد انحياز الصفر في الشكل (3a) مع ترانزستورات D MOS، فهو لن يعمل مع ثنائي القطبية ولا مع JFET او E MOSFET.

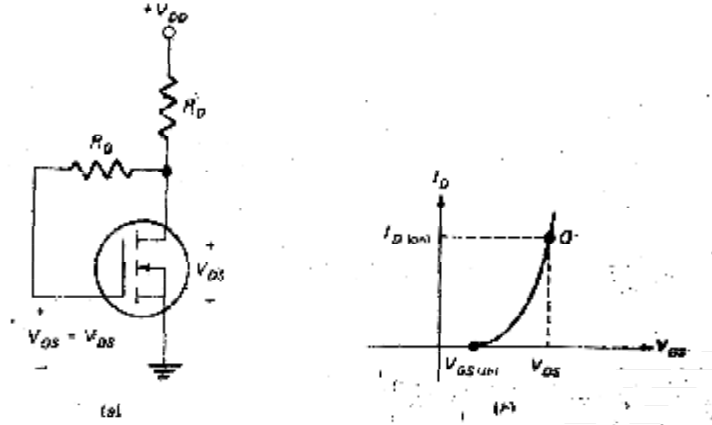


الشكل (3) انحياز الصفر

انحياز تغذية المصرف الخلفية لترانزستورات E MOS

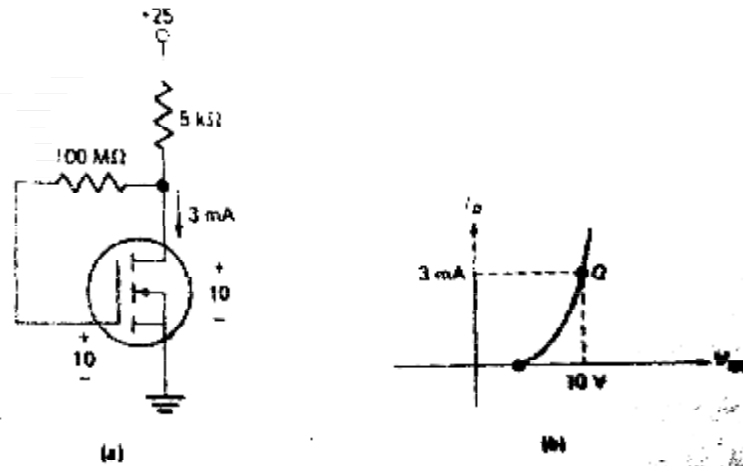
يبين الشكل (4a) انحيازاً بالتغذية الخلفية للمصرف. ذلك النوع من الانحياز الذي تستطيع ان تستعمله مع ترانزستورات E MOS. مع تيار بوابة يمكن اهماله، لا تظهر فولتية عبر R_G ، لذلك $(V_{GS} = V_{DS})$. لضمان اداء فوق فولتية الضيق بكثير تحفظ V_{DS} نموذجياً فوق (10 V) كما في انحياز بالتغذية الخلفية للجامع، تحاول الدائرة في الشكل (4a) ان تتعادل مع التغيرات في خواص FET. لو يحاول I_D ان يزداد لسبب ما، فان V_{DS} تقل وهذه تقلص V_{GS} التي تعادل جزئياً الزيادة الاصلية في I_D .

يبين الشكل (4b) النقطة Q على منحنى المواسلة التبادلية ($V_{GS} = V_{DS}$)، و I_D المقابل يساوي $I_{D(on)}$ عند ($V_{GS} = V_{DS}$) عادة. ويساعد هذا في تعيين النقطة Q . كل ماتفعله في التصميم هو اختيار قيمة R_D التي تحدد V_{DS} المعينة.



الشكل (4) انحياز بالتغذية الخلفية للمصرف

على سبيل المثال، افرض ان استمارة مواصفات E MOSFET ($I_{D(on)} = 3\text{mA}$) عندما ($V_{DS} = 10\text{V}$) V_{GS} ولو كان لدينا مجهز ذو (25V) للعمل به، نستطيع ان نختار R_D مقدارها ($5\text{k}\Omega$) كما مبين في الشكل (5a). عندما يسري (3mA) من تيار مصرف، فان V_{DS} تساوي (10V) وكذلك V_{GS} لذا فان E MOSFET يعمل عند نقطة التوصيل المعينة له كما مبين في الشكل (5b).



الشكل (5)

في دائرة مثل الشكل (5a) تؤدي ترانزستورات MOSFET مختلفة او درجات حرارة متغيرة الى I_D يختلف عن (3mA). لكن تعادل التغيرات جزئيا بواسطة التغذية الخلفية من المصرف الى البوابة. لو يحاول I_D ان يزداد فوق (3mA)، فان V_{DS} تهبط تحت (10V)، وهذه تقلل V_{GS} التي تقلل من محاولة تغيير I_D . التأثير الكلي هو زيادة في I_D اقل من الزيادة التي يمكن ان تحدث في حالة عدم وجود تغذية خلفية.

المقررة	مكبر المنبع المشترك، مكبر المصرف المشترك، مكبر البوابة المشتركة
المضافة	

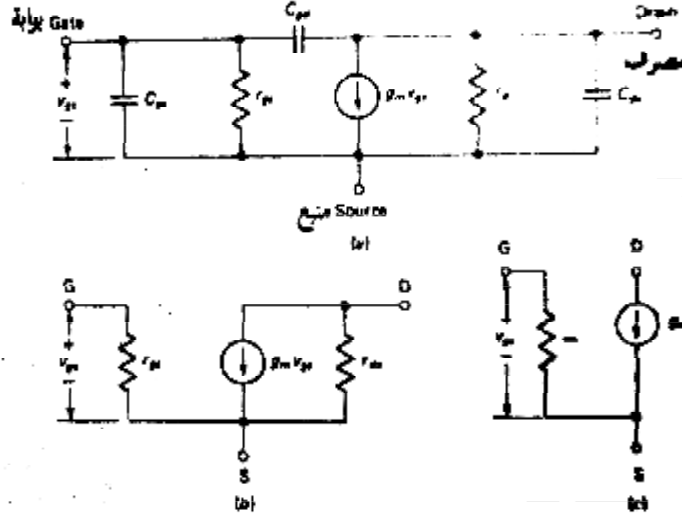
اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يرسم يحلل دائرة مكبر المنبع المشترك ومكبر المصرف المشترك ومكبر البوابة المشتركة</p> <p>2- يستنتج المعادلات الخاصة بالمكبرات اعلاه</p> <p>3- يرسم المنحنيات للمكبرات اعلاه</p>

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- مكبر المنبع المشترك 2- نموذج التردد الواطيء 3- كسب الفولتية مع حل مثال	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- حل مثال 2- مكبر المصرف المشترك مع حل مثال 3- مكبر البوابة المشتركة مع حل مثال	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

مكبر المنبع المشترك

الدائرة المكافئة المتناوبة الكاملة لدائرة FET تتضمن محاثة السلك الموصل والمتسعات الداخلية وهكذا. نهمل محاثات الاطراف والتاثيرات ذات الالهمية القليلة الاخرى ونبدأ بالدائرة المكافئة التقريبية المبينة بالشكل (1a) C_{gd} هي المتسعة بين البوابة والمصرف ، C_{gs} هي المتسعة من البوابة الى المنبع و r_{ds} هما المتسعة المتناوبة والمقاومة المتناوبة من المصرف الى المنبع.



الشكل (1) دائرة مكافئة متناوبة لترانزستور FET

نموذج التردد الواطيء

عند ترددات اوطا تكون X_C لكل متسعة عالية بما يكفي لاهمالها، وبذلك تنقلص الدائرة المكافئة الى الشكل (1b). المقاومة r_{gs} هي مئات الميكا اوم، ويمكن اهمالها في التحليل العلمي لعلو قيمتها. مقاومة المصرف المتناوبة r_{ds} تعطى باخذ مقلوب g_{GS} (او y_{GS}) المدونة في استمارات المعلومات. المقاومة r_{ds} اكبر من $10\text{ k}\Omega$ في اغلب الاحيان واحيانا تزيد على $(100\text{ k}\Omega)$. لان r_{ds} كبيرة، نستطيع ان نهملها في نموذجنا المثالي.

يبين الشكل (1c) الدائرة المكافئة المتناوبة المثالية لترانزستور JFET و MOSFET . تظهر فولتية الادخال المتناوبة عبر مقاومة ادخال قيمتها مالا نهاية ويعمل المصرف مثل مصدر تيار ذي قيمة

$$i_d = g_m v_{gs}$$

هذه المعادلة (للنموذج المثالي) تقول ان تيار المصرف المتناوب يساوي حاصل ضرب المواصلة التبادلية في الفولتية المتناوبة بين البوابة والمنبع.

كسب الفولتية

التحليل المتناوب لمكبرات FET واضح جدا. تبدأ بقصر كافة متسعات الاقران والامرار، بعد ذلك تختزل مجهزات القدرة المستمرة الى الصفر. تبسط هذه الدائرة المكافئة المتناوبة على قدر الامكان وذلك بتطبيق نظرية ثفنن وجمع المقاومات المتوازية. بذلك غالبا ما تنقلص الدائرة الى الهيئة المبينة بالشكل (2a) .

لو استبدلنا FET الشكل (2a) بنموذج المثالي، نحصل على الشكل (2b). يرغم نصف الذبذبة الموجب لفولتية الادخال تيار المصرف على السريان الى الاعلى خلال r_D ، ينتج هذا نصف ذبذبة فولتية الاخراج السالب. بعبارة اخرى ، يقلب مكبر منبع مشترك الاشارة دائما.

في الشكل (2a)

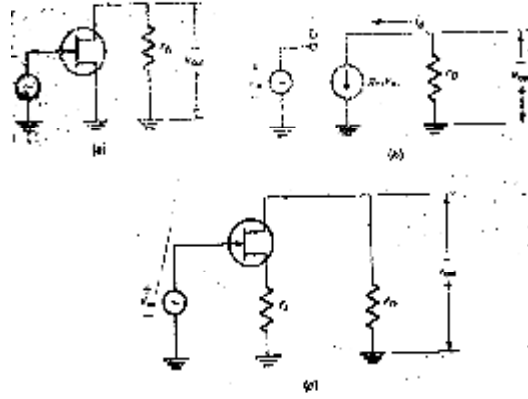
$$v_{out} = i_d r_D = g_m v_{in} r_D$$

التي يمكن اعادة ترتيبها الى

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = g_m r_D$$

لذلك، كسب الفولتية لمكبر منبع مشترك هو

$$A = g_m r_D$$



الشكل (2) مكبر المنبع المشترك

تتقلص الدائرة المكافئة المتناوبة في بعض الاحيان الى الهيئة المبينة في الشكل (2c). في هذه الحالة، هناك تغذية خلفية مشابهة لمقاوم باعث بدون متسعة امرار عبره في مكبر ثنائي القطبية. يعطى كسب الفولتية بـ

$$A = \frac{g_m r_D}{1 + g_m r_s}$$

تأثير r_{ds} :

لمكبر منبع مشترك فيه ($r_s = 0$)، تكون مقاومة المصرف الداخلية r_{ds} على التوازي مع مقاومة الحمل المتناوبة r_D . نتيجة لذلك، صيغة اكثر دقة لكسب الفولتية هي:

$$A = g_m (r_D \parallel r_{ds})$$

عندما تكون r_{ds} اكبر بكثير من r_D ، فمقاومة التوازي المكافئة تساوي r_D ، وتتبسط المعادلة الى المعادلة السابقة:

$$A = g_m r_D$$

مثال

استمارة مواصفات 2N5457 تدون ($y_{GS} = 10 \mu S$) نموذجيا. لو استعمل في الشكل (3a)، ماهو تأثير r_{ds} على كسب الفولتية؟ استعمل g_m مقدارها ($3100 \mu S$).

الحل

المقاومة r_{ds} هي مقلوب y_{GS} .

$$r_{ds} = \frac{1}{y_{GS}} = \frac{1}{10(10^{-6})} = 100 \text{ k}\Omega$$

باستعمال معادلة الكسب:

$$A = g_m (r_D \parallel r_{ds}) = 0.0031(5000 \parallel 100.000) = 14.8$$

مثال

D MOSFET في الشكل (3b) يمتلك g_m مقدارها ($5000 \mu S$) عند نقطة Q. كم هو كسب الفولتية المثالي للمرحلة؟

الحل

$$r_D = 10.000 \parallel 40.000 = 8 \text{ k}\Omega$$

تصور الدائرة المكافئة المتناوبة فتستطيع ان ترى :

$$r_s = 400 \text{ W}$$

باستعمال معادلة الكسب :

$$A = \frac{g_m r_D}{1 + g_m r_s} = \frac{0.005 (8000)}{1 + 0.005 (400)} = 13.3$$

مكبر المصرف المشترك

في الشكل (2c)، يمكن ان تساوي r_D صفرا كما يمكن اخذ اشارة الاخراج من طرف المنبع. في هذه الحالة، يكون لدينا تابع المنبع الذي يناظر تابع الباعث. كسب الفولتية لتابع المنبع يعطى بـ

$$A = \frac{g_m r_s}{1 + g_m r_s}$$

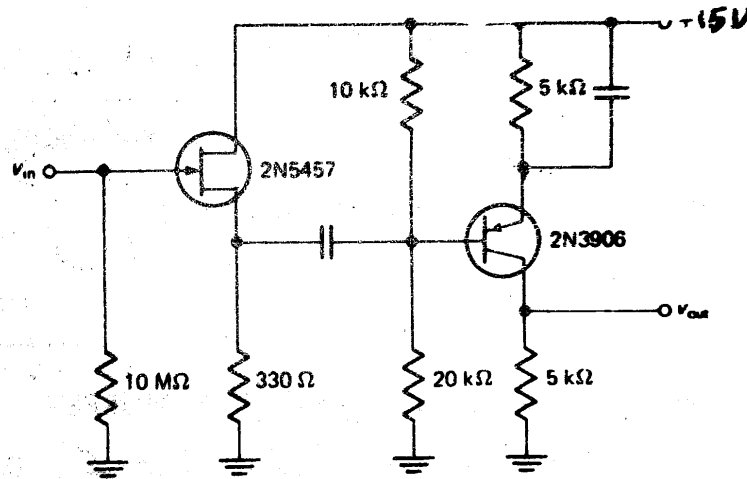
اذا كانت $g_m r_s$ اكبر بكثير من الواحد، تتقلص هذه المعادلة الى:

$$A @ 1$$

تابع المنبع (يسمى ايضا بمكبر المصرف المشترك) يعمل مثل تابع الباعث، كسبه للفولتية اقل من واحد. لتابع المنبع مقاومة ادخال عالية جدا لذا فهو غالبا مايستخدم في بداية مراحل اجهزة القياس مثل الفولتميتيرات ومرسمات الذبذبات.

مثال :

2N5457 في الشكل (4) له ($g_m = 3000 \mu\text{S}$) و 2N3906 له ($\beta = 200$) كم هو كسب الفولتية للمرحلتين؟



الشكل (4) تابع المنبع يسوق مكبر CE

الحل :

كسب الفولتية الكلي هو حاصل ضرب الكسبين:

$$A = A_1 A_2$$

للمرحلة الثانية تيار باعث يساوي (1 mA) تقريبا، لذلك تكون r'_e في غضون (25Ω). مقاومة ادخال المرحلة الثانية هي:

$$\begin{aligned} z_{in(stage)} &= R_1 \parallel R_2 \parallel b_r' \\ &= 20.000 \parallel 10.000 \parallel 200(25) = 2.86 \text{ W} \end{aligned}$$

منبع المرحلة الاولى يرى مقاومة حمل متناوبة مقدارها (330Ω) على التوازي مع (2.86Ω) للمرحلة الثانية، لذا:

$$r_s = R_S \parallel z_{in(stage)} = 330 \parallel 2860 = 296 \Omega$$

باستعمال معادلة الكسب للمكبر، يكون كسب الفولتية للمرحلة الاولى :

$$A_1 = \frac{g_m r_s}{1 + g_m r_s} = \frac{0.003(296)}{1 + 0.003(296)} = 0.47$$

كسب الفولتية للمرحلة الثانية هو:

$$A_2 = \frac{r_c}{r_e} = \frac{5000}{25} = 200$$

الكسب الكلي هو :

$$A = A_1 A_2 = 0.47 (200) = 94$$

مكبر البوابة المشتركة:

الشكل (5) يمثل الدائرة المكافئة المتناوبة لمكبر بوابة مشتركة .
فولتية الاخراج هي :

$$v_{out} = i_d r_D = g_m v_{gs} r_D$$

فولتية الادخال هي :

$$v_{in} = v_{gs}$$

تقسيم v_{out} على v_{in} :

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{g_m v_{gs} r_D}{v_{gs}}$$

او

$$A = g_m r_D$$

ممانعة الادخال :

لمكبرات المنبع المشترك مقاومة ادخال عالية جدا. تقترب من مالانهاية. مكبر البوابة المشتركة يختلف عن ذلك. فمقاومة ادخاله واطئة. فيما يلي السبب: في الشكل (5) ،

$$i_{in} = i_d = g_m v_{gs}$$

لذلك

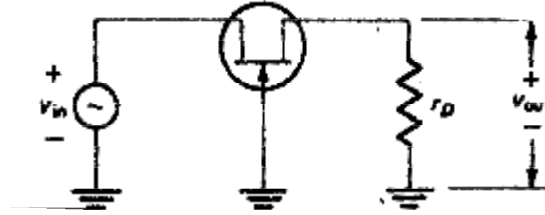
$$z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{v_{gs}}{g_m v_{gs}}$$

أو

$$z_{in} = \frac{1}{g_m}$$

فإذا ($g_m = 500 \mu S$) ، فإن ($z_{in} = 200 \Omega$).

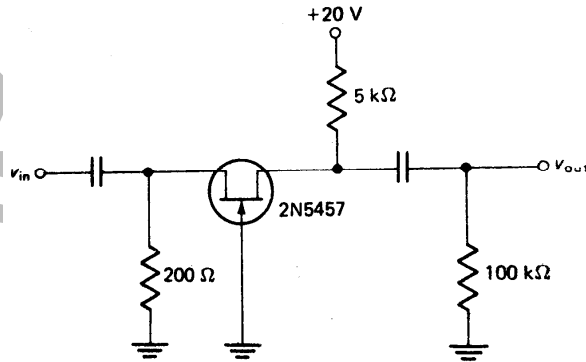
بالرغم من مقاومة ادخاله الواطئة، فقد وجد مكبر البوابة المشتركة بعض التطبيقات القليلة، التطبيق الرئيس هو المكبر الكاسكودي.



الشكل (5) المكافئ المتناوب لمكبر البوابة المشتركة

مثال

كم هو كسب الفولتية في الشكل (6) إذا كان 2N5457 يمتلك g_m مقدارها (3000 μS) ؟ وكم هي ممانعة الادخال؟



الشكل (6)

الحل :

مقاومة الحمل المتناوبة التي تشاهد من قبل المصرف هي:

$$r_D = 5000 \parallel 100.000 = 4760 \Omega$$

كسب الفولتية هو:

$$A = g_m r_D = 0.003(4760) = 14.3$$

ممانعة الادخال هي:

$$z_{in} = \frac{1}{g_m} = \frac{1}{0.003} = 333 \Omega$$

لاحظ ظهور مقاوم المنبع (200Ω) في الدائرة المكافئة المتناوبة على التوازي مع مكبر البوابة المشتركة. لذلك، تكون ممانعة ادخال المرحلة:

$$z_{in(stage)} = 333 \parallel 200 = 125 \Omega$$

المقررة	المقاوم المعتمد على الضوء - الثنائي الباعث للضوء - الثنائي الضوئي - باعث الاشعة تحت الحمراء - الترانزستور الضوئي - لوحة القطع السبع .
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

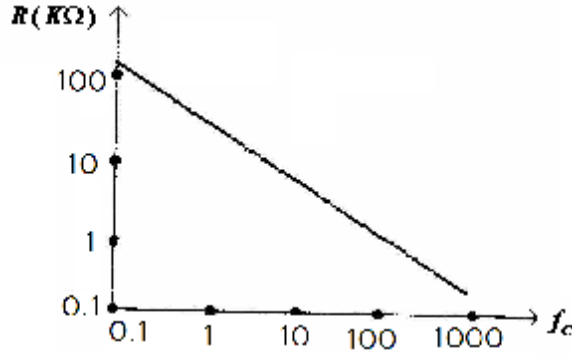
1- يتعرف و يستخدم المكونات الضوئية (مقاومة، ثنائي، ترانزستور ، لوحة القطع السبع)

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- المقاوم المعتمد على الضوء 2- الثنائي الباعث للضوء 3- الثنائي الضوئي 4- امثلة لكل نوع	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- باعث الاشعة تحت الحمراء 2- الترانزستور الضوئي 3- لوحة القطع السبع 4- امثلة لكل نوع	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء النم مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

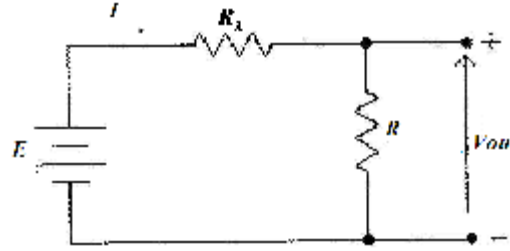
المقاوم المعتمد على الضوء او خلايا التوصل الضوئي (Photoconductive Cells)

وتسمى أيضاً (photo-resistive devices)، أي أن هذا العنصر يشبه مقاومة مادية تتغير قيمتها بتغير شدة الإضاءة الواقعة عليها. وهي تصنع عادة من مركبات عنصر الكاديوم مثل (cadmium sulfide) أو الـ (cadmium selenide). ويعود سبب نقصان المقاومة

الكهربائية بين طرفي هذا ائعنصر، عند زيادة شدة الإضاءة الساقطة عليه، الى زيادة طاقة الكترونات التكافؤ (valence electrons) وانتقالها لتصبح الكترونات حرة (free electrons). والعلاقة بين شدة الإضاءة الساقطة على هذا العنصر ومقاومته الكهربائية خطية تقريبا، كما هو مبين بالشكل التالي :



لاحظ في هذا الشكل أن الوحدات المستخدمة بالمحورين الأفقي والعمودي هي باللوغاريتمات العشرية (log scale). وتستخدم خلايا التوصيل الضوئي لقياس شدة الإضاءة وفي الكثير من التطبيقات الأخرى. الشكل التالي يبين دائرة لقياس شدة الإضاءة باستخدام خلية توصيل ضوئي.



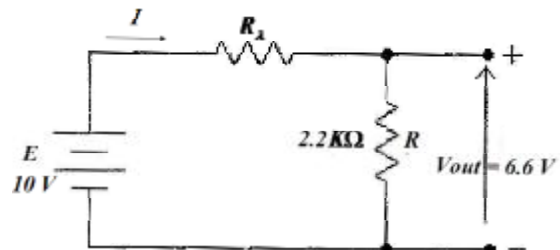
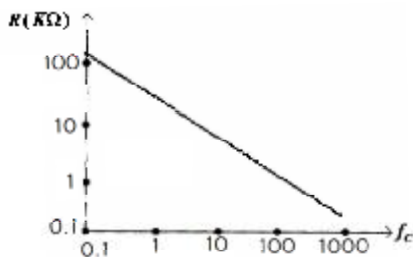
$$V_{out} = \frac{E \cdot R}{R + R_1}$$

في هذه الدائرة :

يلاحظ من هذه المعادلة أن قيمة الفولطية R_1 V_{out} تعتمد على قيمة مقاومة خلية التوصيل الضوئي وبالتالي على شدة الإضاءة الساقطة على هذا العنصر.

ومما يجب ذكره أن خلايا التوصيل الضوئي بطيئة بإستجابتها لتغير شدة الإضاءة الساقطة عليها حيث أن زمن الإستجابة (response time) لها هو (10 to 100) ms ، أي أنها بطيئة إذا ما قورنت بالديودات المرئية (photodiodes) أو الترانزستورات الضوئية (photo transistors)

مثال: للدائرة التالية ولخاصية خلية التوصيل الضوئي (photoconductive cell) المبينة، أوجد مقدار شدة الإضاءة الساقطة على هذه الخلية.



$$I = \frac{V_{out}}{R} = \frac{6.6}{2.2 \times 10^3} = 3 \times 10^{-3} A = 3mA$$

في هذه الدائرة

$$E = I(R_L + R)$$

وكذلك

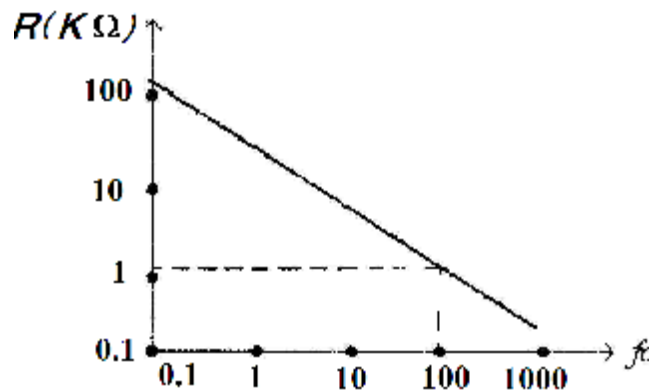
$$R = \frac{E}{I} = \frac{10}{3 \times 10^{-3}} = 3.3 \times 10^3 \Omega = 3.33 k\Omega$$

ومنها

$$R_L = 3.33 - 2.2 = 1.1 k\Omega$$

اي ان

ومن خاصية خلية التوصيل الضوئي (photoconductive cell) المبينة نجد أن شدة الاضاءة حوالي $100 fc$ ، أنظر الشكل أدناه.

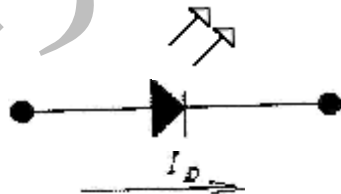


دايود الانبعاث الضوئي (Light-emitting Diode)

وهي نوع خاص من الدايودات التي ينبعث منها ضوء مرئي عند مرور التيار الكهربائي فيها وكثيراً ما يطلق عليها اختصاراً LEDs

من المعروف أنه وعندما تكون أي وصلة p-n (p-n Junction) في حالة إنحياز أمامي، ونتيجة اندماج الالكترونات والفجوات (holes)، وخاصة في منطقة الإستنزاف، تنبعث طاقة نتيجة هذا الاندماج التي تكون، بمعظمها، في الدايودات المصنوعة من السيليكون أو الجرمانيوم بشكل طاقة حرارية. ولكن وفي الدايودات المصنوعة بلوراتها من بعض المواد شبه الموصلية (gallium arsenide phosphide (GaAsP) أو gallium phosphide (GaP) فإن الجزء الكبير من الطاقة الناتجة عن الاندماج تكون بشكل فوتونات ضوئية تسبب ضوءاً مرئياً

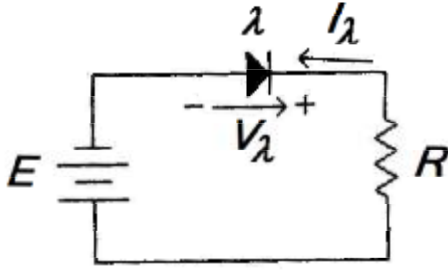
الشكل التالي يبين رمز دايود الإنبعاث الضوئي وإتجاه مرور التيار فيه.



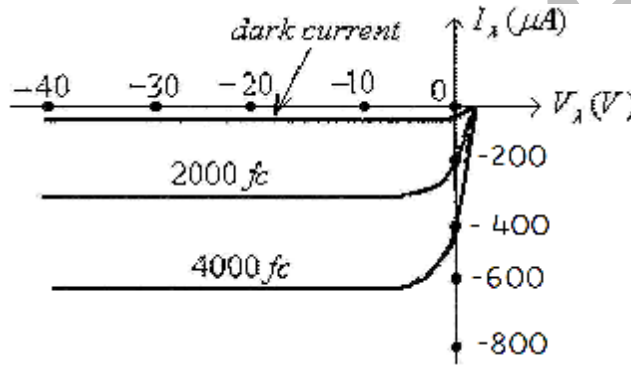
والعلاقة بين فرق الجهد بين طرفي الـ LED والتيار المار فيه شبيهة بتلك التي للدايود العادي ولكن القيمة التي يبدأ عندها التيار بالمرور V_T دايود الإنبعاث الضوئي () هي بحدود $1.5V$ مقارنة مع تلك التي للدايود السيليكوني العادي والتي هي $0.7V$. وتتناسب شدة الأضاءة لهذه الدايودات مع شدة التيار المار فيها، ولمعظم الأنواع المتوفرة بشكل تجاري فإن تيار بمقدار $10mA$ يعطي ضوءاً مناسباً، وهذه الشدة من التيار تسبب جهد انحياز بين $1.7V$ و $3.3V$. وتوجد أنواع عديدة من دايودات الـ LEDs بألوان مختلفة للضوء المنبعث منها مثل الأحمر، الأخضر، الأصفر، البرتقالي والأبيض.

الدايودات الضوئية (Photo Diodes)

الدايودات الضوئية هي نوع من الدايودات المصنوعة من السيليكون أو الجرمانيوم والتي يزداد فيها تيار التسرب العكسي بزيادة شدة الاضاءة، ويعود سبب تلك لزيادة الطاقة الحركية لناقلات تيار الأقلية (minority carriers) ، التي تشكل تيار التسرب العكسي، نتيجة إكتسبها طاقة من الموجات الضوئية الساقطة عليها.
الدائرة التالية تبين رمز الدايود الضوئي وكيفية توصيله.

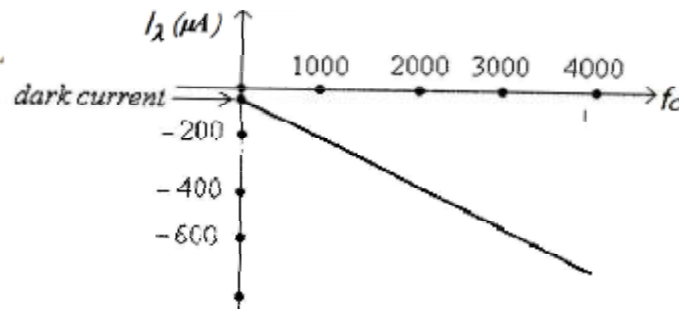


والعلاقة بين التيار المار في دايود الضوئي (I_λ) وشدة الإضاءة (Light intensity) الواقعة عليه مبينة في الشكل التالي:



مما سبق يستنتج مايلي:

- يوصل الدايود الضوئي ليعمل بحالة إنحياز عكسي.
- عندما تكون شدة الاضاءة الساقطة على الدايود الضوئي تساوي صفرا يمر بهذا الدايود تيارا قليل يسمى الـ dark current أي تيار الظلام.
- كلما زادت شدة الاضاءة (light intensity) الواقعة على الدايود الضوئي كلما زاد التيار المار فيه، وهذه العلاقة خطية تقريبا عند فولتية ثابتة بين طرفي الديود، وكما هو مبين بالشكل التالي :



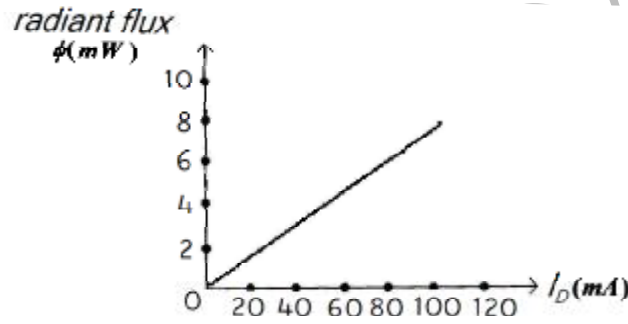
ملاحظة: وحدة شدة الإضاءة هي fc وهي إختصارا لـ (foot-candle).

ومما يجب ذكره أن المادة المصنوع منها الد يود الضوئي تحدد تردد الضوء (الطيف الضوئي) الذي يتأثر به الدا يود. فالدايودات المصنوعة من الجرمانيوم تتأثر بطيف ضوئي أوسع من الديودات المصنوعة من السيليكون.

ومما يجب ذكره أيضاً أن في بعض الديودات الضوئية يوجد هناك عدسة لزيادة تركيز الضوء الساقط على الد يود. للديودات الضوئية استخدامات عديدة في أجهزة التحكم عن بعد (remote control) وأجهزة الإنذار (alarm systems) المختلفة.

باعث الاشعة تحت الحمراء (Infrared Emitters).

وهي نوع خاص من الديودات المصنوعة من الـ (gallium arsenide) والتي تصدر شعاعاً من الأشعة تحت الحمراء (infrared beam) عندما تكون في حالة إنحياز أمامي. فعندما يكون هذا النوع من الديودات في حالة إنحياز أمامي فإن الإلكترونات الموجودة في بلورة المادة السالبة (n-type material) ستندمج مع الفجوات الموجودة في بلورة المادة الموجبة (p-type material)، وينتج عن هذا الاندماج طاقة من الأشعة تحت الحمراء تنطلق من الد يود على شكل فوتونات. والعلاقة بين شدة التيار المار بهذا الد يود وقوة الاشعاع الصادر منه خطية تقريباً، كما هو مبين، مثلاً بالشكل التالي:



ويستخدم هذا النوع من الديودات في أجهزة التحكم عن بعد (remote control) وبعض التطبيقات المختلفة الأخرى. الشكل التالي يبين رمز هذا النوع من الديودات.

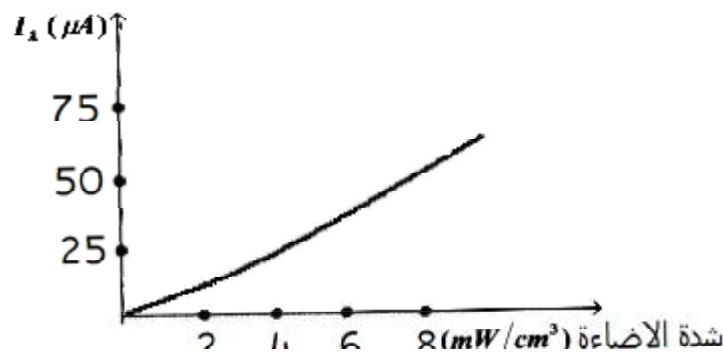


الترانزستورات الضوئية (Phototransistors).

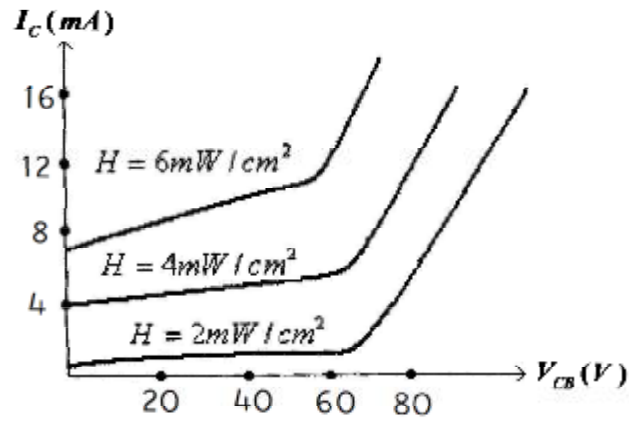
في الترانزستورات الضوئية تكون وصلة الـ p-n بين المجمع (collector) والقاعدة (base) حساسة للضوء، وسقوط الفوتونات الضوئية على هذه الوصلة سيولد تياراً، كتيار القاعدة لترانزستور ثنائي القطبية انعادي، يرمز له عادة بالرمز I_I ويسمى (photo-induced base current). وكما في حالة الترانزستورات ثنائية القطبية انعادية، فإن التيار I_I سيسبب تياراً في مجمع الترانزستور قيمته:

$$I_C = h_{fe} \cdot I_I$$

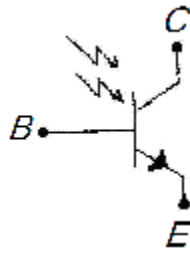
العلاقة بين شدة الإضاءة الساقطة على الترانزستور والتيار I_I علاقة شبه خطية كما هو مبين باتشكن التالي :



والعلاقة بين تيار المجمع I_C وفرق الجهد بين المجمع والباعث (V_{CE}) عند قيم مختلفة لشدة الاضاءة الساقطة على الترانزيستور مبينة في الشكل التالي :



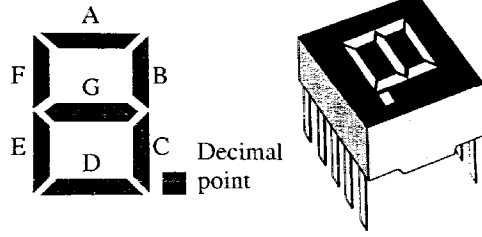
ورمز هذا الترانزيستور مبين بالشكل التالي :



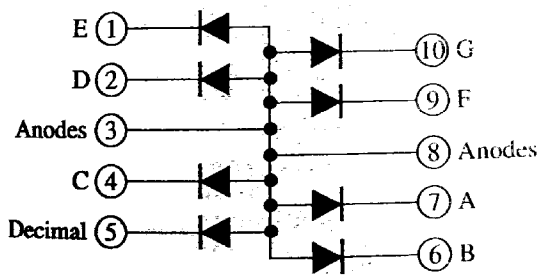
لهذا الترانزيستور تطبيقات عديدة وخاصة لنقل الإشارة بين دائرتين معزولتين كهربائياً مثل دوائر قذح الثايرستورات (سيتم شرحه في المحاضرة اللاحقة).

عارضه القطع السبع (7- segment LED display)

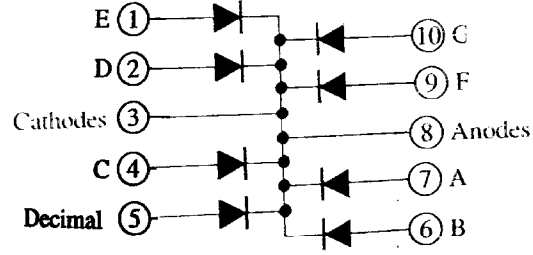
الثنائي الباعث للضوء تستخدم كمصابيح تبيان (indicator lamps) وعارضات قراءة (readout displays) وفي كثير من الاجهزة تتناوب من التطبيقات الاجهزة المنزلية والبسيطة الى الاجهزة العلمية. النوع الشائع من اجهزة العرض تستخدم ثنائي باعث للضوء هي عارضة القطع السبع. استخدام مختلف القطع للعارضه يشكل الارقام العشرية كما مبين في الشكل. كل قطعة تمثل ثنائي باعث للضوء. جعل مجموعة معينة من هذه القطع بانحياز امامي يمكن عرض الشكل المطلوب للرقم العشري. هناك نوعين من العارضات ذات القطع السبع هما الانود المشترك ونوع الكاثود المشترك كما مبين.



(a) LED segment arrangement and typical device



(b) Common anode

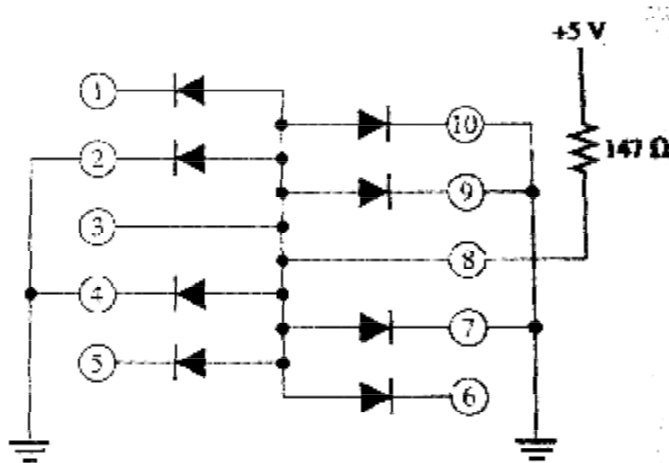


(c) Common Cathode

مثال :

لعارضة القطع السبع نوع الانود المشترك ، بين كيف يتم ربط العارضة لعرض الرقم العشري " 5 " . اقصى تيار امامي يتحمله الثنائي 30 mA ومصدر الجهد المستخدم + 5 V dc .

الحل :



المقررة	الموحدات السليكونية ذات التحكم بالتيار (الثايرستور) – التركيب - الخواص- نظرية العمل، تطبيقات الثايرستور.
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :
1- يتعرف على مبدا عمل الثايرستور ورمزه وخواصه ونظرية العمل.
2- يستخدم الثايرستور في تطبيقات مختلفة.

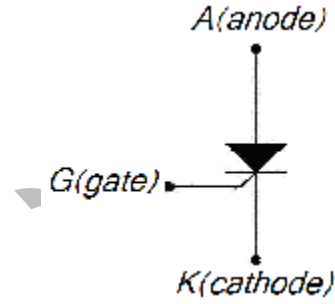
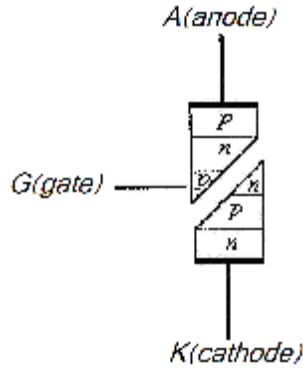
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- مدخل 2- الثايرستور ، الرمز والتركيب الشريحي 3- اشتغاله والخواص	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : - تطبيقات الثايرستور: 1- مقوم نصف موجة محكوم 2- مقوم موجة كاملة محكوم 3- منظم جهد للتيار المتناوب	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الثايرستورات

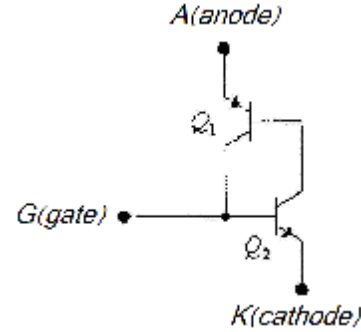
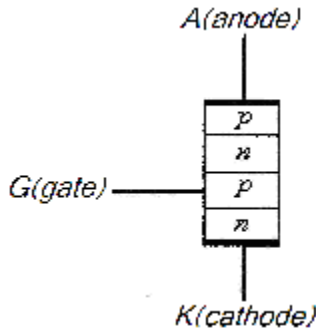
في الوحدات السابقة تناولنا مختلف أنواع الديودات والترانزيستورات من حيث تركيبها ومبدأ عملها وخواصها. في هذه الوحدة سنتناول مجموعة أخرى من العناصر الالكترونية ، تستخدم كثيراً في دوائر القدرات العالية ودوائر التحكم، مثل الثايرستور، انترياك، ا_ (، Gate turn-off thyristor GTO)ء الدياك، ديود Shockley (

الثايرستور (Thyristor)

يستخدم الثايرستور أو الـ (silicon controlled rectifier, SCR) كثيراً في الدوائر ألالكترونية ذات القدرات العالية، مثل المقومات (rectifiers) العواكس (inverters)، منظمات الجهد (voltage regulators) وغيرها. وعلى عكس باقي العناصر الالكترونية التي تمت دراستها سابقا ، يتكون الثايرستور من أربع طبقات (layers)، والشكل التالي يبين رمز وتركيب هذا العنصر



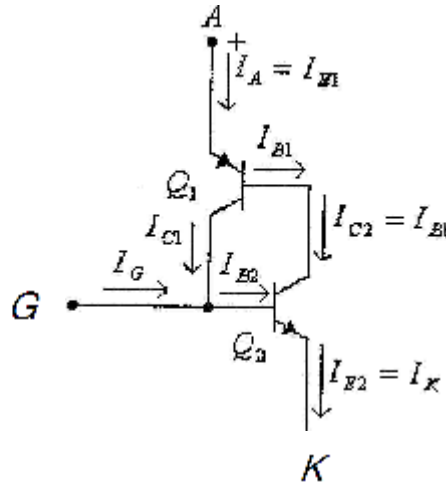
يلاحظ من هذا الشكل أن للثايرستور ثلاثة أطراف هي: المصعد (anode) والمهبط (cathode) والبوابة (gate). ولفهم مبدأ عمل الثايرستور فإنه يمكن تخيله مركباً من ترانزيستورين أحدهما من النوع npn والآخر من النوع npn، وذلك كما هو مبين في الشكل التالي.



وكما في حالة الديود، يكون الثايرستور في وضع إنحياز أمامي (forward bias) عندما يكون جهد المصعد (anode) أعلى من جهد المهبط (cathode). ولكن كون الثايرستور في وضع إنحياز أمامي ليس كافياً لمرور التيار خلاله لأنه وبالرغم من أن الوصلة بين باعث (emitter) وقاعدة (base) للترانزيستور Q_1 (والتي تشبه الديود) في وضع إنحياز أمامي إلا أن الترانزيستور Q_2 في وضع off.

وعند تغذية البوابة G، والتي هي بنفس الوقت قاعدة للترانزيستور Q_2 بالتيار I_G يصبح هذا الترانزيستور بوضع on مما يسمح لتيار القاعدة للترانزيستور Q_1 (والذي هو بنفس الوقت تيار المجمع للترانزيستور Q_2) بالمرور ويصبح الترانزيستور Q_1 بوضع on. ولكون الترانزيستور Q_1 أصبح بوضع on فإن تيار القاعدة للترانزيستور Q_2 سيزداد مما يؤدي الى زيادة تيار المجمع له (أي زيادة تيار القاعدة للترانزيستور Q_1) والذي بدوره يزيد تيار المجمع للترانزيستور Q_1 ، وهكذا حتى يصل الترانزيستوران Q_1 و Q_2 الى حالة الإشباع» ويصبح الثايرستور في وضع on.

(أنظر الشكل التالي).



ويجب الملاحظة أنه حتى وعندما يصبح تيار البوابة I_G مساوياً للصفر فإن الثايرستور سيبقى بوضع on لأن الترانزيستورين Q_1 و Q_2 سيبقيان بحالة إشباع، وذلك لأن كون الترانزيستور Q_1 في وضع on سيؤمن مرور تيار القاعدة للترانزيستور Q_2 وكون الترانزيستور Q_2 في وضع on سيؤمن مرور تيار القاعدة للترانزيستور Q_1 .

مما سبق نستنتج أن الشروط اللازمة لجعل الثايرستور في وضع on هي:

- أن يكون الثايرستور في حالة إنحياز أمامي، أي أن جهد المصعد (anode) أعلى من جهد المهبط (cathode).

- إعطاء نبضة (pulse) للبوابة وذلك لتأمين مرور تيار البوابة I_G .

- أن تكون النبضة التي تعطى للقاعدة بعرض كافي وذلك ليتمكن الثايرستور من البقاء بوضع on حتى عندما يصبح تيار البوابة يساوي الصفر. وتسمى أقل قيمة لتيار المصعد I_A الذي يستطيع الثايرستور عنده ألبقاء بوضع on حتى بعد زوال نبضة البوابة بـ latching current.

يستنتج مما سبق أن الثايرستور سيبقى في وضع on حتى بعد زوال تيار البوابة I_G ، وحتى يصبح الثايرستور في وضع off فلا بد من:

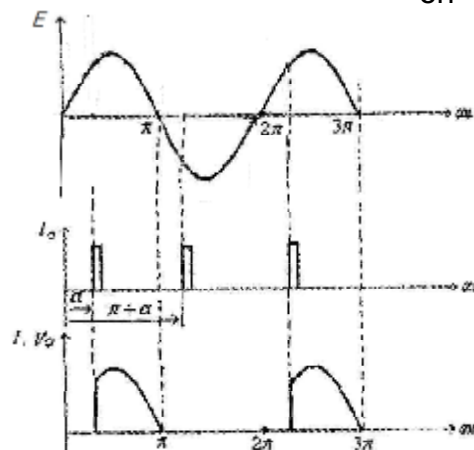
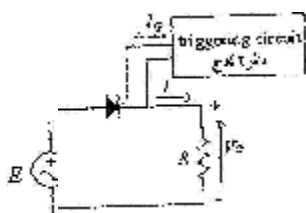
- جعل التيار المار خلاله أقل من قيمة معينة تسمى holding current.

- أو أن يصبح الثايرستور بوضع إنحياز عكسي.

في دوائر التيار المتناوب، ولكون التيار في الدائرة يمر بالصفر بشكل طبيعي كل نصف موجة، فإن الثايرستور سيبقى بوضع off عند ذلك. وتسمى طريقة إطفاء الثايرستور بهذه الطريقة (natural commutation).

في دوائر التيار المستمر، ولكون التيار في هذه الدوائر لا يمر بالصفر بشكل طبيعي فلا بد من جعل تيار الثايرستور أقل من الـ holding current، أو جعل إنحيازه سالباً وبشكل إجباري، وتسمى طريقة إطفاء الثايرستور بهذه الطريقة (forced commutation).

ففي دائرة التيار المتناوب التالية والتي يستخدم فيها الثايرستور لتقويم التيار فإن قيمة التيار المار في الثايرستور تصبح صفراً عند $wt = p$ والثايرستور سيبقى في وضع off في هذه اللحظة، ولا بد من نبضة أخرى عندما يكون الثايرستور بحالة إنحياز أمامي لجعله بوضع on مرة أخرى.



في هذا الشكل لاحظ مايلي:

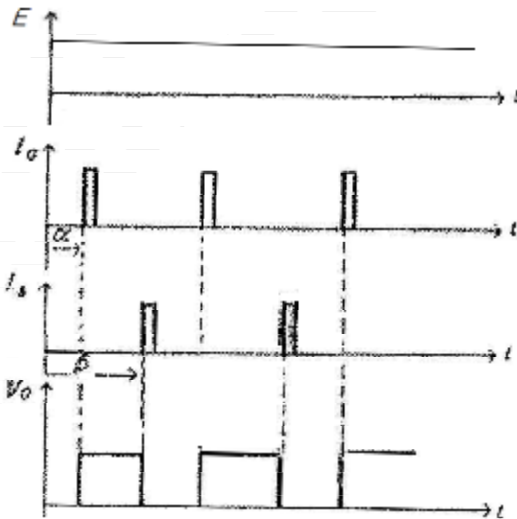
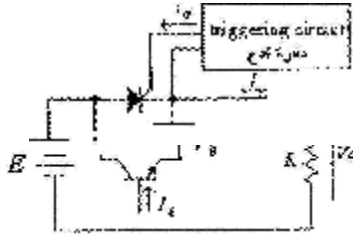
في الفترة $wt = p$ من $wt = a$ الى فبالرغم من أن الثايرستور في حالة إنحياز أمامي إلا أنه يبقى في وضع off,

وذلك لعدم ظهور نبضة لقدحه حتى هذه اللحظة.

عند $wt = a$ تعطى نبضة القدح للثايرستور، ولكونه في حالة إنحياز أمامي، لذا يصبح الثايرستور في وضع on ويستمر هكذا $wt = p$ حتى بالرغم من إنتهاء نبضة القدح. عند $wt = p$ يصبح الثايرستور في وضع off لأن التيار المار خلاله يصبح صفراً .

بالرغم من إعطاء الثايرستور نبضة قدح $wt = p + a$ عند إلا أن الثايرستور لا يصبح بوضع on لأنه بحالة إنحياز عكسي.

الزاوية والتي تعطى عندها نبضة قدح للثايرستور تسمى زاوية القدح (firing angle) $wt = a$ في دائرة التيار المستمر التالية ولكون التيار لا يمر بالصفر بشكل طبيعي فلا بد من إطفاء الثايرستور بشكل إجباري (forced commutation).



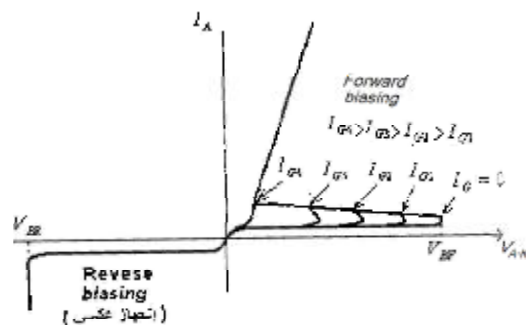
في هذا الشكل، لاحظ أنه:

في الفترة من $t = 0$ الى $t = \alpha$ ، فبالرغم من أن الثايرستور في حالة إنحياز أمامي إلا أنه يبقى في وضع off ، وذلك لعدم ظهور نبضه القدح حتى هذه اللحظة.

- عند $t = \alpha$ تعطى نبضه القدح للثايرستور، ولكون الثايرستور في حالة إنحياز أمامي ، لذا يصبح في وضع on.

- عند $t = \beta$ يعطى تيار القاعدة I_B ، للترانزستور ويصبح هذا الترانزستور في وضع on وتقع بين طرفي الثايرستور فولتية المصدر V_B ، لذا ولأن الثايرستور يصبح في حالة إنحياز عكسي، فهو يتحول الى وضع off ويستمر بهذا الوضع حتى ظهور نبضة قدح جديدة.

خواص الثايرستور :



العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي الثايرستور V_{AK} والتيار المار فيه I_A ، عند قيم مختلفة لتيار البوابة I_G مبينة في الشكل التالي.

يلاحظ من هذا الشكل أنه:

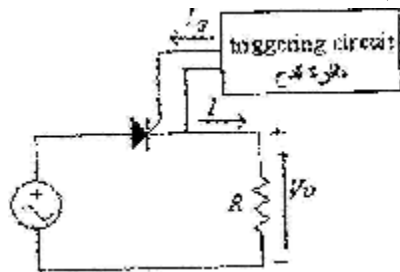
- عندما يكون الثايرستور في وضع إنحياز أمامي وتيار البوابة يساوى الصفر، يكون الثايرستور في وضع off ويمر به تيار قليل جداً هو تيار التسرب الأمامي (forward leakage current)، كل هذا مادام فرق الجهد بين طرفي الثايرستور أقل من قيمة V_{BF} والتي تسمى (forward breakdown voltage) أي جهد الانهيار الأمامي.
- عند بلوغ فرق الجهد بين طرفي الثايرستور قيمة V_{BF} يصبح الثايرستور في وضع on بالرغم من كون تيار البوابة I_G يساوي الصفر.
- عند إعطاء تيار لبوابة الثايرستور بقيمة معينة، مثل I_{G1} ، فإن الثايرستور يصبح بوضع on عند قيم لفرق الجهد بين طرفيه أقل من القيمة V_{BF} .
- كلما زادت قيمة تيار البوابة I_G ، كلما قلت قيمة فرق الجهد الذي يصبح عنده الثايرستور بوضع on.
- عند قيمة معينة لتيار البوابة، مثل I_{G4} ، فإن الثايرستور يصبح بوضع on حتى عند قيم قليلة لفولتية الإنحياز الأمامي (وتصبح خاصية الثايرستور شبيهة بتلك التي للديود).
- عندما يكون الثايرستور في وضع إنحياز عكسي يكون الثايرستور في وضع off ويمر به تيار قليل جداً هو تيار التسرب العكسي (reverse leakage current).
- عند بلوغ فرق الجهد العكسي بين طرفي الثايرستور قيمة V_{BR} (breakdown voltage reverse) ينهار الثايرستور ويزداد فيه التيار بشكل كبير.
- ومما يجب ذكره أنه وعند عمل الثايرستور في دائرة معينة يجب مراعاة عدم بلوغ فرق الجهد بين طرفي الثايرستور أي من القيمتين V_{BF} و V_{BR} وذلك ليتم التحكم به عن طريق تيار البوابة فقط.

تطبيقات الثايرستور :

يستخدم الثايرستور كثيراً في الدوائر الالكترونية وخاصة تلك ذات القدرات العالية ،وفيما يلي بعض الأمثلة على إستخدامات الثايرستور.

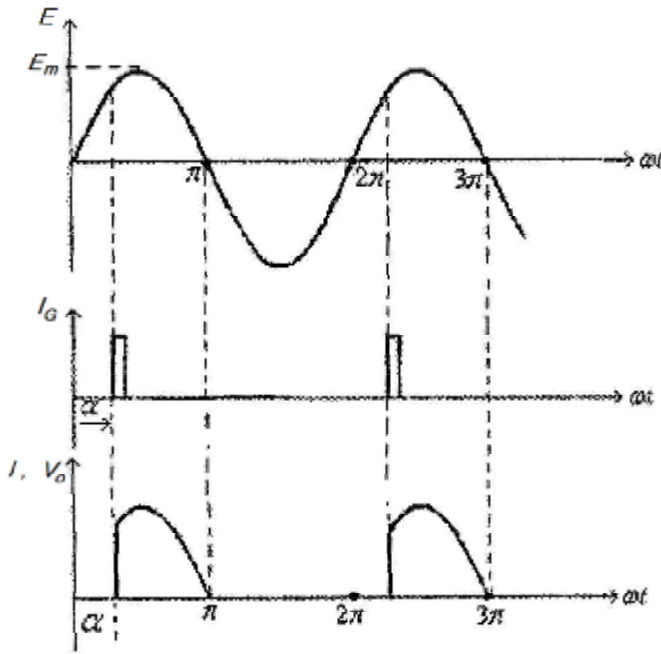
- مقوم نصف موجة محكوم (half-wave controlled rectifier)

الشكل التالي يبين دائرة هذا المقوم



لاحظ أن هذه الدائرة شبيهة بدائرة مقوم نصف الموجة غير المحكوم (half wave uncontrolled rectifier) والتي يستخدم فيها الديود بدلاً من الثايرستور .

الشكل التالي يبين موجات الفولتية المدخلة ، تيار البوابة والتيار والفولتية المخرجة.



لاحظ من هذا الشكل أن القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{2\pi} E(\omega t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} E_m \sin(\omega t) d\omega t = \frac{E_m}{2\pi} [1 - \cos(\alpha)]$$

لاحظ من هذه المعادلة أنه:

- يمكن تغيير القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة بتغيير زاوية القرح للثايرستور (α).
- عند $\alpha = 0$ تكون القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{E_m}{2\pi} [1 + \cos(0)] = \frac{E_m}{\pi} = 0.318 E_m$$

أي شبيهة بتلك القيمة

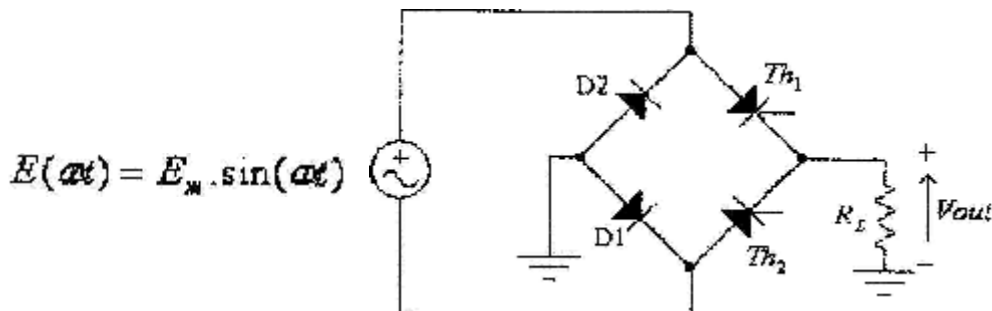
التي تم ايجادها للمقوم الذي يستخدم الد يود.

- عند $\alpha = \pi$ تكون القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{E_m}{2\pi} [1 + \cos(\pi)] = 0V$$

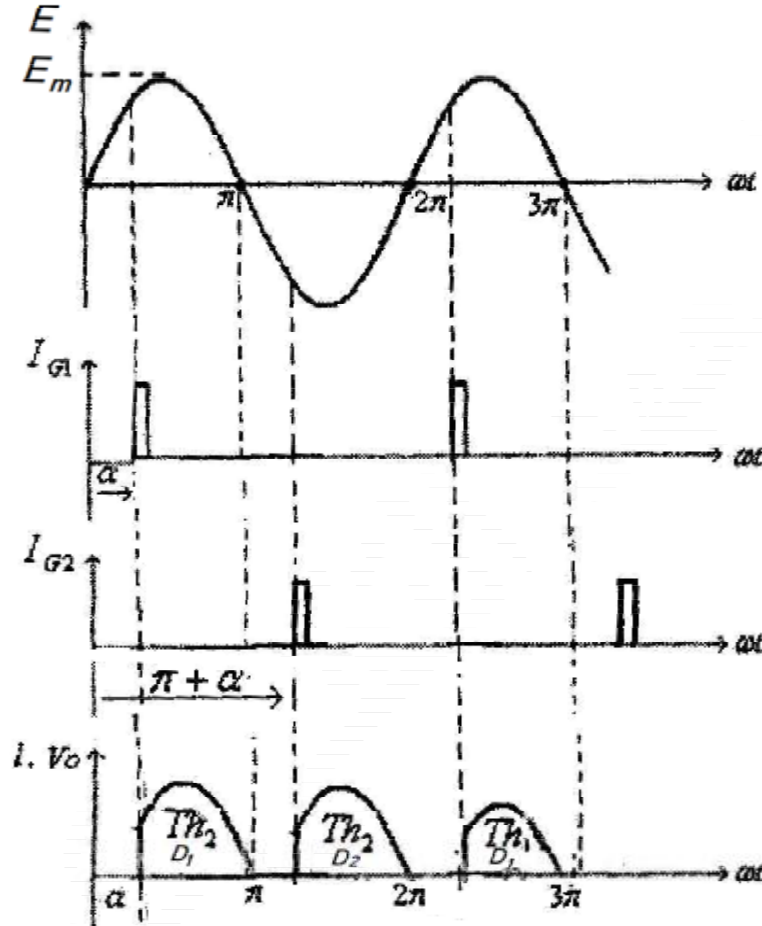
مقوم موجة كاملة محكوم (full-wave controlled rectifier).

الشكل التالي يبين دائرة هذا المقوم:



لاحظ أن هذه الدائرة شبيهة بدائرة مقوم الموجة الكاملة غير المحكوم (full-wave uncontrolled rectifier) بعد أن تم إستبدال إثنين من ديوداتها بثايرستورين.

في الجزء الموجب لموجة الفولتية المدخلية، وعند قدح الثايرستور Th_1 ، عند زاوية α ، يمر التيار من خلال الثايرستور Th_1 والديود D_1 ، وفي الجزء السالب لموجة الفولتية المدخلية، وعند قدح الثايرستور Th_2 ، عند زاوية $\pi + \alpha$ ، يمر التيار من خلال الثايرستور Th_2 والديود D_2 . الشكل التالي يبين موجات الفولتية المدخلية، تيار البوابة لكل من الثايرستورين والتيار والفولتية المخرجة.



لاحظ من هذا الشكل أن القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} E(\omega t) d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} E_m \cdot \sin(\omega t) d\omega t = \frac{E_m}{\pi} [1 + \cos(\alpha)]$$

- لاحظ من هذه المعادلة انه :
- يمكن تغيير القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة بتغيير زاوية القدح للثايرستور (α).
- عند $\alpha = 0$ تكون القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{E_m}{\pi} [1 + \cos(0)] = \frac{E_m}{\pi} = 0.636 E_m$$

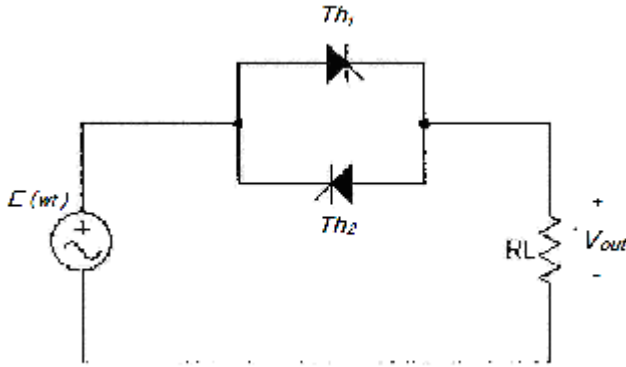
- وعند $\alpha = \pi$ تكون القيمة المتوسطة للفولتية المخرجة هي:

$$V_{av} = \frac{E_m}{2\pi} [1 + \cos(\pi)] = 0V$$

- منظم جهد للتيار المتناوب (AC voltage regulator)

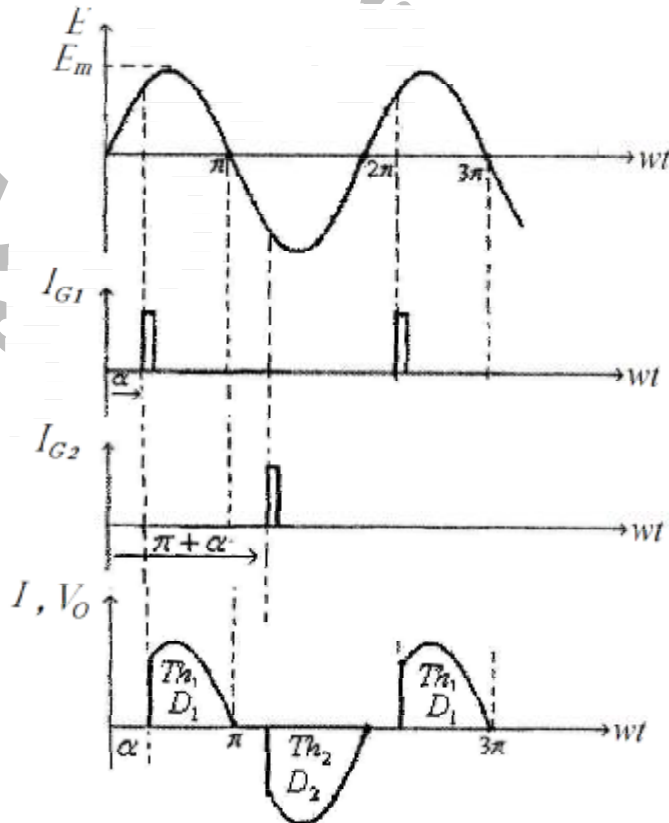
وكما تم استخدام الثايرستور للتحكم بالقيمة المتوسطة للفولتية المخرجة للمقوم، يمكن استخدام الثايرستور أيضاً للتحكم بالقيمة الفعالة للفولتية المخرجة لمنظم جهد.

- الشكل التالي يبين دائرة منظم جهد للتيار المتناوب



في هذه الدائرة، وفي الجزء الموجب لموجة الفولتية المدخلة، وعند قذح الثايرستور Th_1 عند زاوية α ، يمر تيار الحمل من خلاله. أما في الجزء السالب لموجة الفولتية المدخلة، وعند قذح الثايرستور Th_2 عند زاوية $\pi + \alpha$ ، فيمر التيار من خلاله.

الشكل التالي يبين موجات الفولتية المدخلة، تيار البوابة لكل من الثايرستورين والتيار والفولتية المخرجة.



لاحظ من هذا الشكل أنه يمكن التحكم بالقيمة الفعالة للفولتية المخرجة بالتحكم بزاوية القذح (α).

المقررة	التايرستور المتحكم به ضونيا-الترايك - الداياك- ديود شوكلبي ، رمزهم- خواصهم- نظرية عملهم.
المضافة	

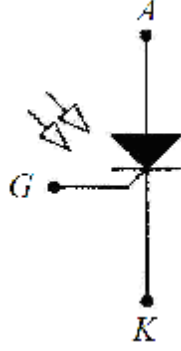
اهداف المحاضرة العامة :

<p>عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :</p> <p>1- يتعلم عمل التايرستور الضوني</p> <p>2- يتعلم مبدا عمل الترايك ورسمه وخواصه ونظرية العمل.</p> <p>3- يتعلم مبدا عمل الداياك ورسمه وخواصه ونظرية العمل.</p>

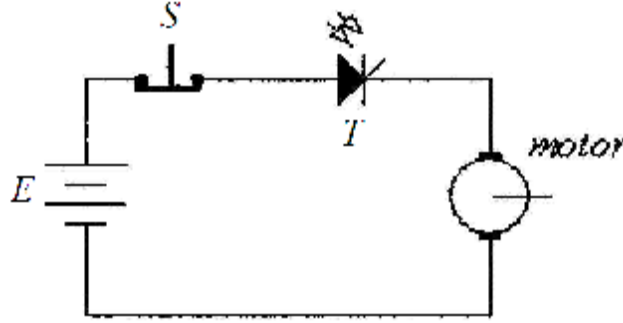
الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- التايرستور القابل للقدح ضونيا 2- الترايك ، الرمز والخواص 3- المفتاح السليكوني المحكوم	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- المفتاح السليكوني المحكوم(تكملة) 2- ديود شوكلبي، الرمز والخواص 3- الداياك ، الرمز والخواص	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

الثايرستور القابل للقدح ضوئياً (Light Activated SCR, LASER)

وهذا العنصر، وكما يشير اليه الاسم، شبيه بتركيبه وخصائصه للثايرستور العادي إلا أنه يمكن قدحه عن طريق شعاع ضوئي ساقط عليه. وفي الكثير من أشكال هذا العنصر هناك أيضاً بوابة ليتم قدحه بواسطتها كما يتم قدح الثايرستور العادي. ويستخدم الرمز التالي للدلالة على هذا العنصر.

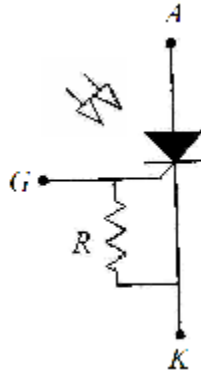


يمكن أن يستخدم هذا الثايرستور لبناء دوائر الكترونية لأغراض مختلفة، مثل دوائر التحكم بالإضاءة ودوائر التحكم بالموتورات الكهربائية. الدائرة التالية تمثل دائرة تشغيل محرك كهربائي عند سقوط ضوء على الثايرستور.



في هذه الدائرة وعند سقوط ضوء على الثايرستور فإنه يصبح بوضع on وتتم تغذية المحرك. لاحظ في هذه الدائرة أنه وعندما يصبح الثايرستور بوضع on، فإنه سيبقى كذلك ما لم يفتح المفتاح (S).

ومما يجب ذكره أن توصيل مقاومة بين البوابة (G) والمهبط (K) لهذا النوع من الثايرستورات، كما هو مبين في الشكل التالي، يقلل من حساسية الثايرستور للضوء الساقط عليه، وكلما قلت قيمة هذه المقاومة أصبح الثايرستور أقل حساسية للضوء الساقط عليه.



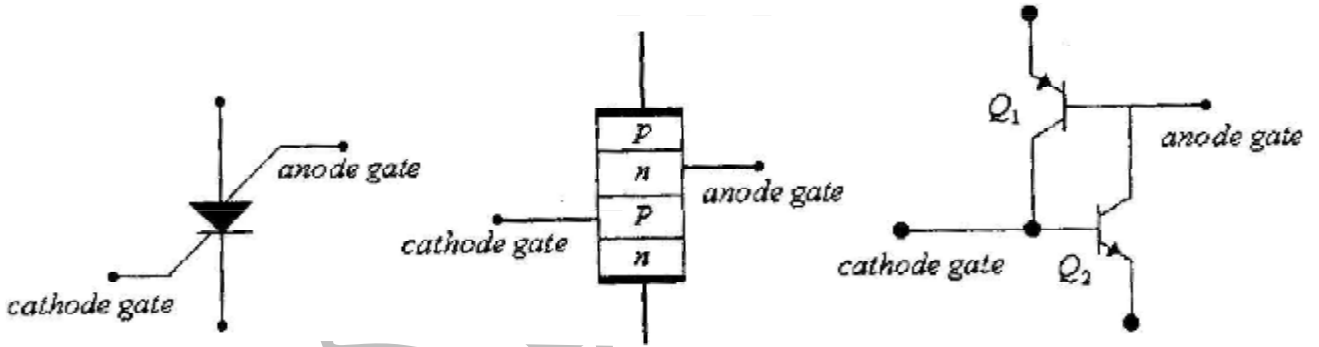
المفتاح السيليكوني المحكوم (Silicon Controlled Switch, SCS)

هذا العنصر يشبه بتركيبه الثايرستور العادي (SCR) مع فارق بسيط هو وجود بوابتين له هما بوابة المصعد (*anode gate*) وبوابه المهبط (*cathode gate*). الشكل التالي يبين الرمز والتركيب والدائرة المكافئة لهذا العنصر.

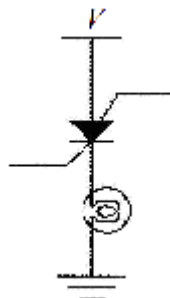
وكما في حالة الثايرستور العادي يمكن جعل هذا الثايرستور بوضع on بإعطاء نبضة الى بوابة المهبط (*cathode gate*)، أما عن طريق بوابة المصعد (*anode gate*) فيمكن جعله بوضع on أو بوضع off. فعند إعطاء نبضة سالبة الى بوابة المصعد (*anode gate*) يصبح هذا الثايرستور بوضع on وعند إعطاء نبضة موجبة الى هذه البوابة يصبح هذا الثايرستور بوضع off.

ولتفسير كيفية التحكم بوضع هذا الثايرستور بواسطة بوابة المصعد (*anode gate*) يمكنك الرجوع إلى الدائرة المكافئة لهذا الثايرستور في الشكل السابق ، لتلاحظ أنه وعند إعطاء نبضة سالبة لهذه البوابة يصبح الترانزيستور Q_1 بوضع on مزوداً تيار القاعدة للترانزيستور Q_2 والذي بدوره سيصبح بوضع on ليزيد تيار القاعدة للترانزيستور Q_1 والذي بدوره يزيد تيار القاعدة للترانزيستور Q_2 وهكذا حتى يصبح الترانزيستورين بحالة إشباع. ولو كان هذا الثايرستور بوضع on (الترانزيستورين بحالة إشباع) فإن إعطاء نبضة موجبة لبوابة المصعد (*anode gate*) سيجعل الترانزيستور Q_1 في وضع off ويصبح تيار القاعدة للترانزيستور Q_2 مساوياً للصفر ليصبح هذا الترانزيستور بدوره بوضع off أيضاً.

يمكن استخدام هذا النوع من الثايرستورات بتطبيقات عديدة والشكل التالي يمثل استخدام هذا الثايرستور للتحكم بإنارة وإطفاء لمبة إشارة مثلاً.

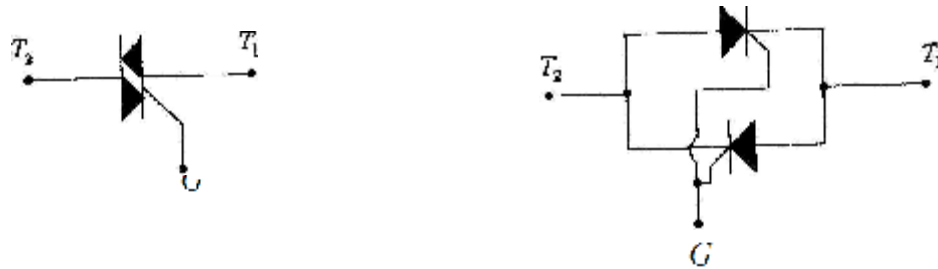


لاحظ في هذا الشكل، أن إعطاء نبضة موجبة على بوابة المهبط (*cathode gate*) سيجعل هذا الثايرستور بوضع on وتتم تغذية لمبة الإشارة ، أما إعطاء نبضة موجبة على بوابة المصعد (*anode gate*) سيجعل هذا الثايرستور بوضع off ويتم إطفاء لمبة الإشارة.



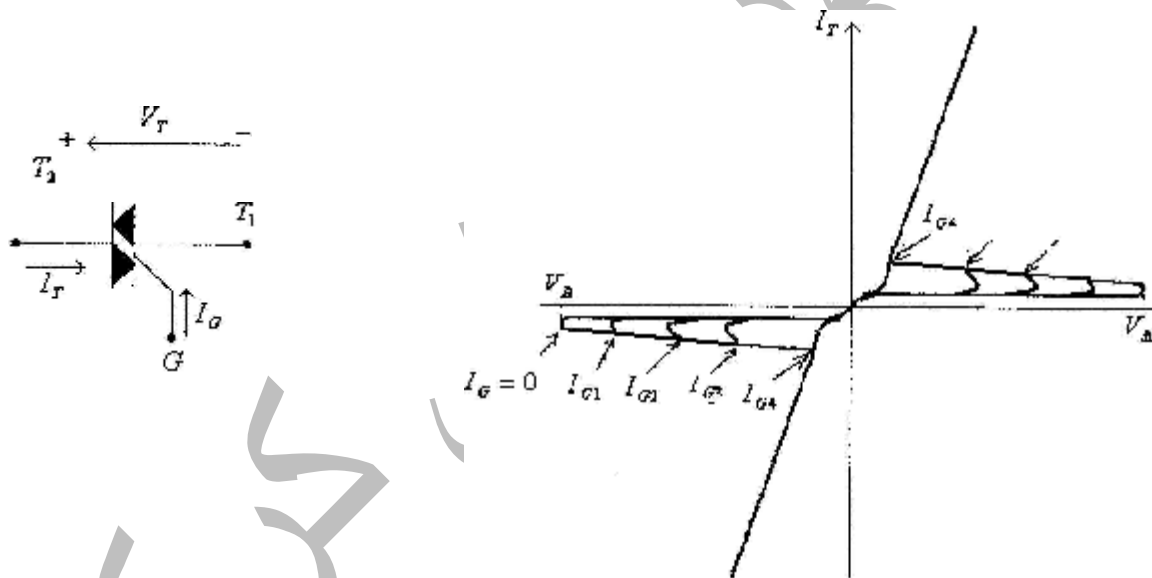
الترياك (Triac) :

الترياك عنصر إلكتروني يكافئ بعمله ثايرستورين مربوطين على التوازي ومتعاكسين. الشكل التالي. يبين رمز الترياك ومكافئه من الثايرستورات.

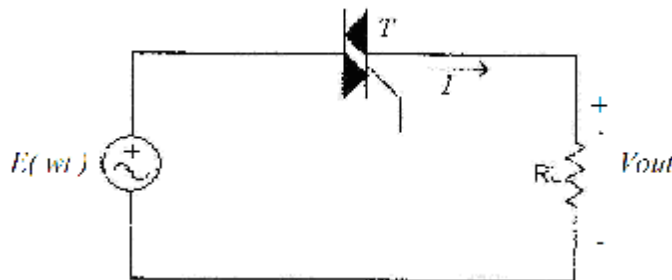


يلاحظ من هذا الشكل أن للترياك ثلاثة أطراف هي. الطرف الأول (T_1) والطرف الثاني (T_2) والبوابة ($gate$).

العلاقة بين فرق الجهد بين طرفي الترياك V_T والتيار المار فيه I_T عند قيم مختلفة لتيار البوابة I_G مبينة في الشكل التالي.

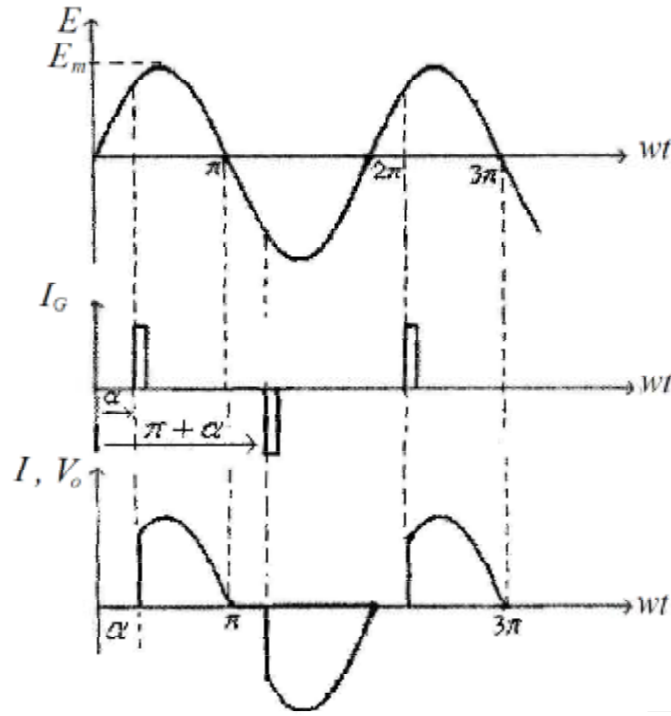


يلاحظ من هذا الشكل أن الترياك، وعلى عكس الثايرستور، يسمح للتيار بالمرور خلاله وبالاتجاهين. لذا فهو كثيراً ما يستخدم بدوائر منظمات جهد التيار المتناوب، كما في الشكل التالي :



في هذه الدائرة، وفي الجزء الموجب لموجة الفولتية المدخلية، وعند قدح الترياك عند زاوية α يمر التيار من خلاله وبالاتجاه الموجب. أما في الجزء السالب لموجة الفولتية المدخلية، وعند قدح الترياك عند زاوية $\pi + \alpha$ ، فيمر التيار من خلاله وبالاتجاه السالب.

الشكل التالي يبين موجات الفولتية المدخلية، تيار البوابة للترياك والتيار والفولتية المخرجة.

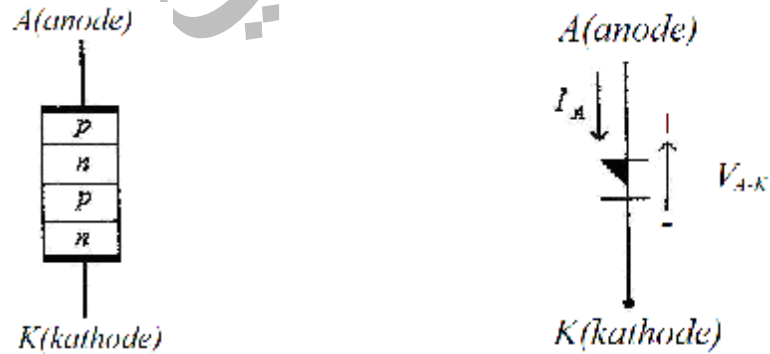


لاحظ من هذا الشكل أنه يمكن التحكم بالقيمة الفعالة للفلوتية المخرجة بالتحكم بزاوية القدح (α).

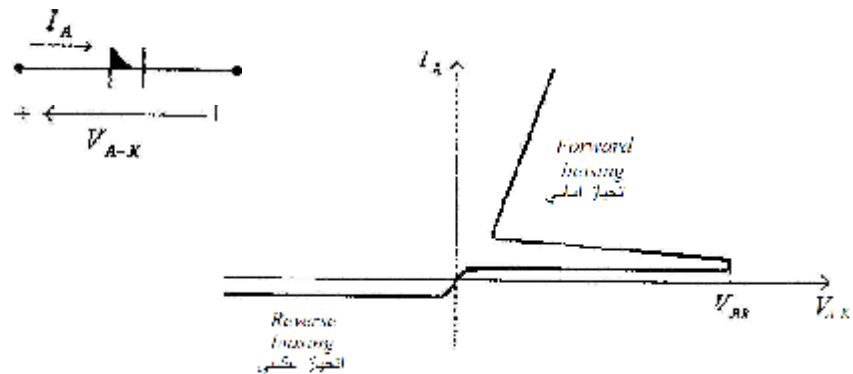
ومما تجب ملاحظته أن تيار البوابة المعطى للترياك عند اللحظة $\omega t = \pi + \alpha$ سالبا ، اذ ان الترياك في هذه الحالة يمكن قدحه بقيمة أقل لتيار البوابة من تلك القيمة لو كان تيار البوابة موجبا.

ديود Shockley

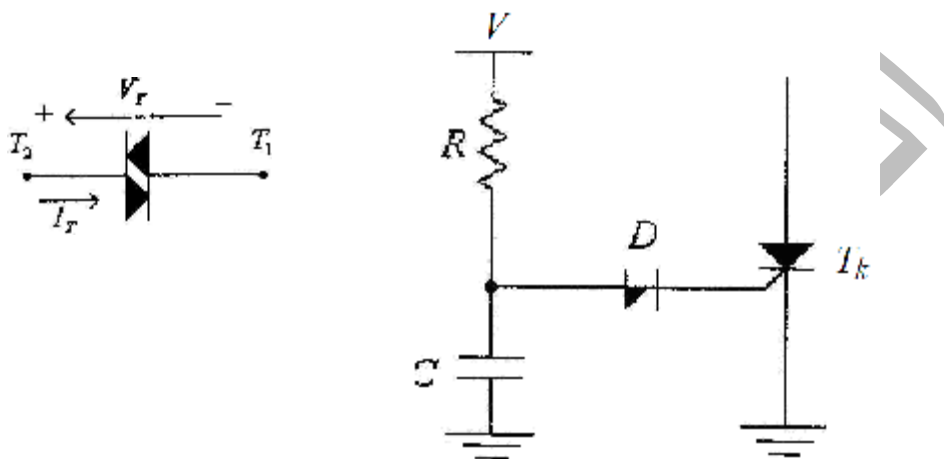
يشبه هذا العنصر بتركيبه الثايرستور ولكن بدون الطرف الخاص بالبوابة. الشكل التالي يبين رمز وتركيب هذا العنصر.



ولإنعدام البوابة بهذا العنصر فإن خاصيته تشبه خاصية الثايرستور عندما يكون تيار البوابة يساوي الصفر، وذلك كما هو مبين بالشكل التالي.



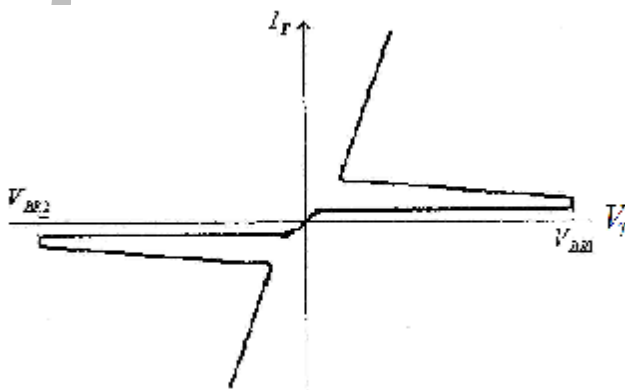
الدائرة التالية تبين أحد استخدامات هذا العنصر في دائرة لتغذية نبضة القرح لثايرستور.



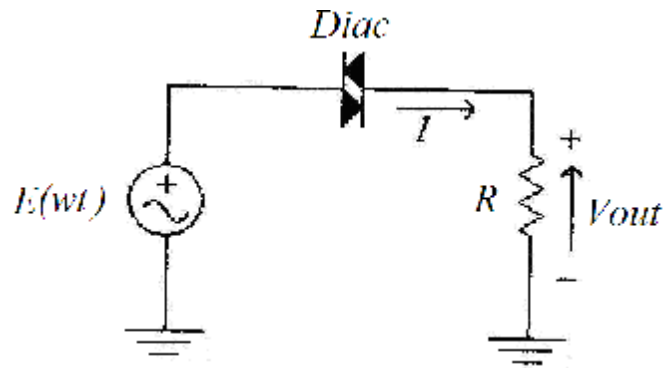
في هذه الدائرة ، وعند تطبيق جهد التغذية V يبدأ شحن المكثف C من خلال المقاومة R ويبدأ جهد المكثف بالارتفاع. وعند وصول جهد المكثف الى جهد الإنهيار لديود Shockley يصبح هذا الديود بوضع on ويسمح لتيار بوابة الثايرستور بالمرور وبالتالي يصبح الثايرستور بوضع on .

الدياك (Diac) :

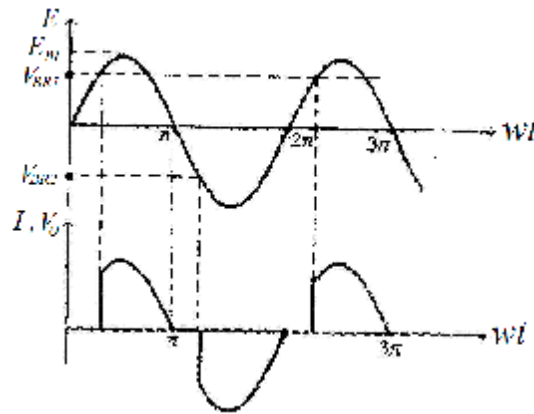
الشكل التالي يبين رمز هذا العنصر وخاصيته.



يلاحظ من خاصية هذا العنصر أن هذا العنصر يكافئ بعمله الترياك عندما يكون تيار البوابة يساوي صفراً. ومما يجب ذكره أن جهدي الانهيار متقاربتين بقيمتيهما. للدياك تطبيقات عديدة مثل دوائر التحكم ودوائر التوقيت ودوائر قذح الثايرستورات وغيرها. ولبيان كيفية عمل الدياك ، ففي الدائرة التالية تكون موجة الفولتية المخرجة جزء من الفولتية المدخلة المتناوبة .



الشكل التالي يبين موجة الفولتية المدخلية وموجتى الفولتية المخرجة والتيار المخرجى للدائرة.



المقررة	الدوائر المتكاملة- معناها- مزاياها ومساوئها- مقارنة بينها وبين المكونات المنفصلة- فكرة عن تصنيعها - مكبر العمليات 741 - رمزه- أطراف توصيله- استخداماته
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويخلص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- 2- 3- 4- 5-	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة ب-(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- 2- 3- 4- 5-	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	

المقررة	تطبيقات مكبر العمليات : تكبير الإشارة الصغيرة- جمع الاشارات- طرح الاشارات – مفاضل –مقارن- مكامل-قالب ---الخ
المضافة	

اهداف المحاضرة العامة :

عند نهاية المحاضرة، يستطيع الطالب ان :

- 1-
- 2-
- 3-
- 4-

الوقت بالدقائق	تفاصيل المفردة (الفعالية)	فعاليات المدرس	فعاليات الطالب	الوسيلة التعليمية	فعاليات مستجدة اثناء المحاضرة
(5)	تسجيل الحضور للساعة الاولى	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(10)	ربط الموضوع الحالي بالموضوع السابق مع مراجعة مختصرة على شكل اسئلة واجوبة شفوية.	يسال ويلخص ويراجع الموضوع السابق	ينتبه ويجيب على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- 2- 3- 4- 5-	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(5)	تلخيص الموضوع	شرح توضيحي ملخص	الانتباه فقط	—	
(10)	استراحة				
(5)	تسجيل الحضور للساعة الثانية	قراءة اسماء الطلبة	الاجابة بـ(نعم)	—	
(5)	مراجعة سريعة لمحاضرة الساعة الاولى مع اسئلة شفوية قصيرة	اسئلة قصيرة	الاجابة على الاسئلة	اسئلة شفوية مع وضع تقييم للطالب	
(30)	عرض الموضوع على شكل نقاط محددة وهي : 1- 2- 3- 4- 5-	شرح الموضوع تفصيلي على شكل نقاط على السبورة مع الرسوم اللازمة	الانتباه المباشر لشرح المدرس + كتابة الموضوع + تحديد النقاط المهمة في الموضوع باستعمال القلم الملون	السبورة	
(10)	مراجعة سريعة وتلخيص اهم النقاط المهمة في الموضوع + تقويم نهائي للمحاضرة	شرح توضيحي ملخص + اسئلة قصيرة	الانتباه والاصغاء التام مع الرد على الاسئلة	الاوراق	