اسس الهندسة الالكترونية

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

المحاضرة الثالثة

الفصل الدراسي الثاني

تطبيقات الثنائي P-N Diode Applications

ثنائيات التقويم والتحديد
Rectifier& Clippers Diodes

عبارة عن ثنائيات تمرر باتجاه واحد بحيث تمرر التيار في الاتجاه الأمامي ولا تمرره في الاتجاه العكسي لذلك يستخدم كمقوم للتيار المتناوب من اجل الحصول على تيار مستمر.

ثنائيات التثبيت والتنظيم (زينر)
Zener Diodes

عبارة عن ثنائيات تعمل في الاتجاه العكسي وتحديدا في منطقة الانهيار الحقلي (زينر). في الحالة الأمامية يعتبر كديود عادي. يستخدم كمنظم للجهد وكعنصر استقرار.

الثنائيات السعوية
Capacitor Diodes

يعتمد على الأثر السعوي للمتصل وخاصة في الحالة العكسية بحيث تتعلق سعته بالجهد العكسي المطبق وكمية الإشابة.

درس سابقا

الثنائيات النبضية
Pulse Diodes

تمرر النبضة باتجاه واحد وتعمل بالتالي كمفتاح On, off.

يتمتع بخصائص الثنائي المثالي.

الثنائيات النفقية
Tunnel Diodes

تنتمي لعناصر المقاومة السالبة وتستخدم في توليد وتضخيم الإشارات، الثنائي ذو إشابة عالية جدا.

الثنائيات الخلفية
Backward Diodes

تنتمي لعناصر المقاومة السالبة، الثنائي هنا ذو إشابة متوسطة.

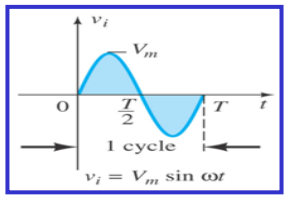
ثنائيات التقويم Rectification Diodes

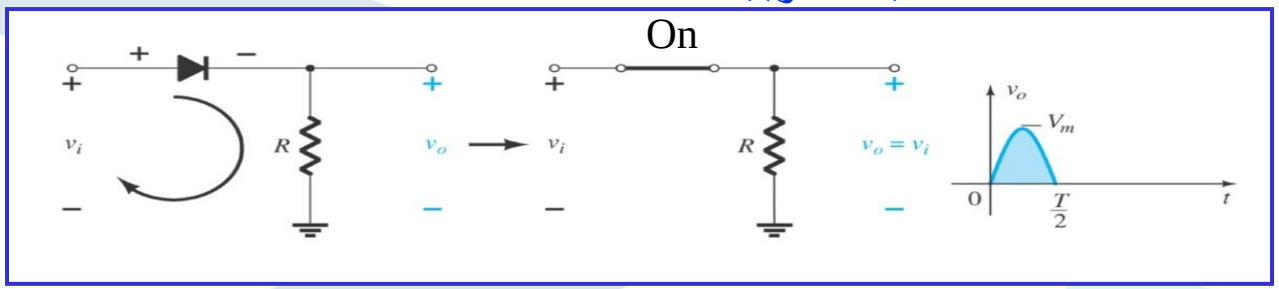
-- تهدف عملية التقويم إلى الحصول على التيار و الجهد المستمرين لجهاز ما أو لدارة ما .

-- يمرر الديود فقط عند الانحياز الأمامي إذا تمر نصف موجة التيار التي تحقق الوصلة الأمامية، تعتبر الثنائيات تتبع التقريب الأول أو مثالية، أما في الوصلة العكسية فلا يمرر.

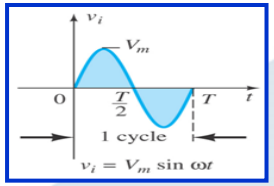
ثنائيات التقويم: ١- تقويم نصف موجة Half-Wave Rectification

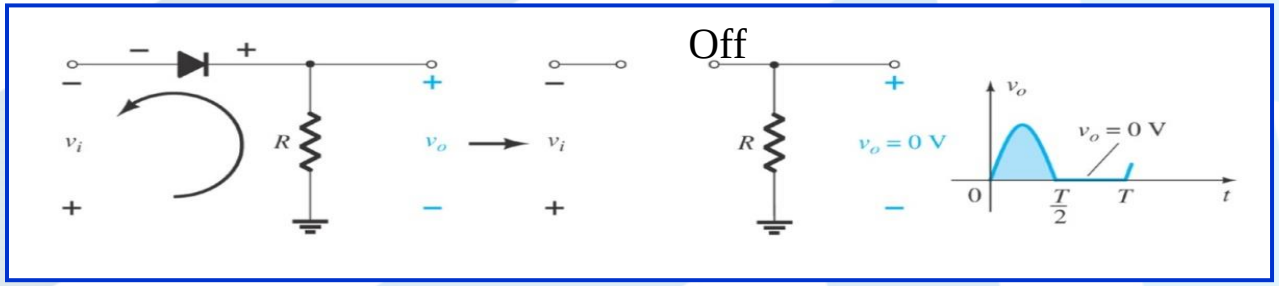
١- حالة النبضة الموجبة:



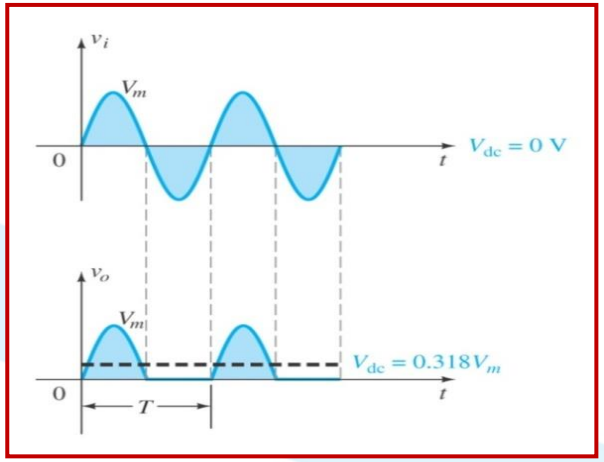


٢- حالة النبضة السالبة:





النتيجة النهائية:



-- الجهد المستمر في الخرج يساوي $V_{out} = 0.318 V_m$ حيث V_m اكبر قيمة لموجة جهد الدخل.

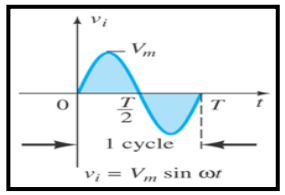
-- نحتاج من اجل الحصول على التيار المستمر بشكل جيد إلى دارة ترشيح (RC) لتنعيم تيار الخرج، إذا توصل هذه الدارة على خرج دارة التقويم. [كيف يتم الحصول على جهد مستمر سالب أي تقويم القسم السالب؟؟]

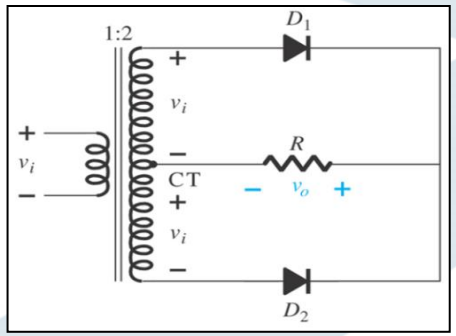
ثنائيات التقويم: ٢- تقويم الموجة الكاملة Full-Wave Rectification

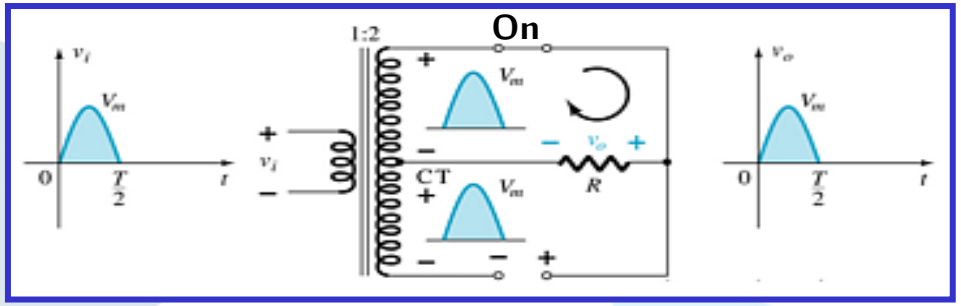
-- تتميز بوجود ثنائيين موصولين إلى محول ذو نقطة المنتصف كما هو واضح بالشكل

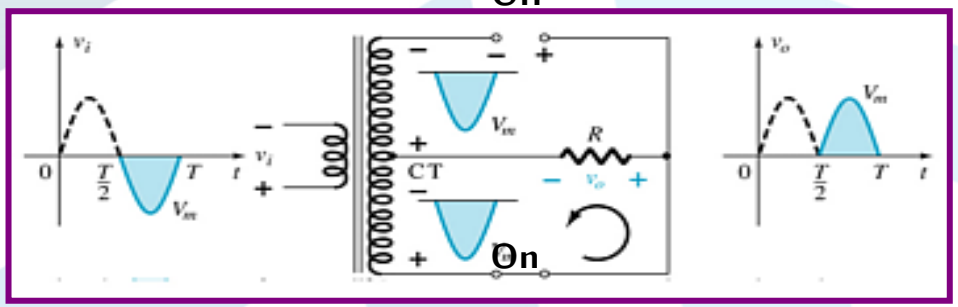
-- تهدف إلى الحصول على التيار و الجهد المستمرين بالاعتماد على نصفي الموجة السالب و الموجب (إي أكثر تنعيما) .

-- يمرر الديود الأول عند الانحياز الامامي النبضة الموجبة الى الخرج والثنائي الثاني يمرر النبضة السالبة من إشارة الدخل، تتبع الثنائيات التقريب الأول أو تعتبر مثالية، أما في الوصلة العكسية فلا يمرر.









١- حالة النبضة الموجبة:

D_1=on, D_2=off

النبضة الموجبة تمرر

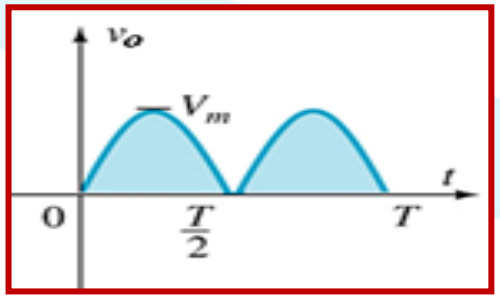
إلى الخرج بنفس الاتجاه

٢- حالة النبضة السالبة:

D_1=on, D_2=off

النبضة السالبة تمرر

إلى الخرج بعكس الاتجاه



النتيجة النهائية:

-- الجهد المستمر في الخرج يساوي $V_{out} = 0.636 V_m$ حيث V_m اكبر قيمة لموجة جهد الدخل.

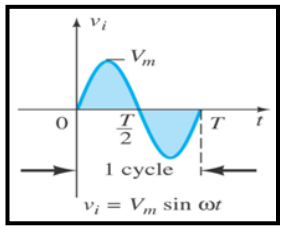
-- نحتاج من اجل الحصول على التيار المستمر بشكل جيد إلى دارة ترشيح (RC) لتنعيم تيار الخرج وتوصل هذه الدارة على خرج دارة التقويم.

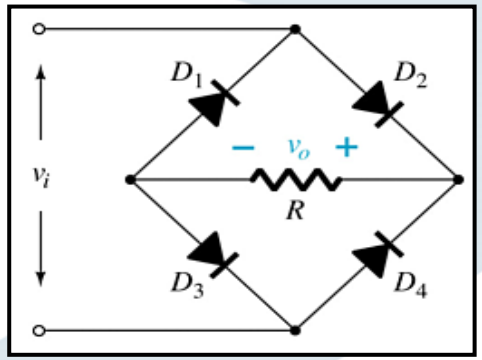
٢- تقويم الموجة الكاملة Full-Wave Rectification دارة التقويم الجسرية

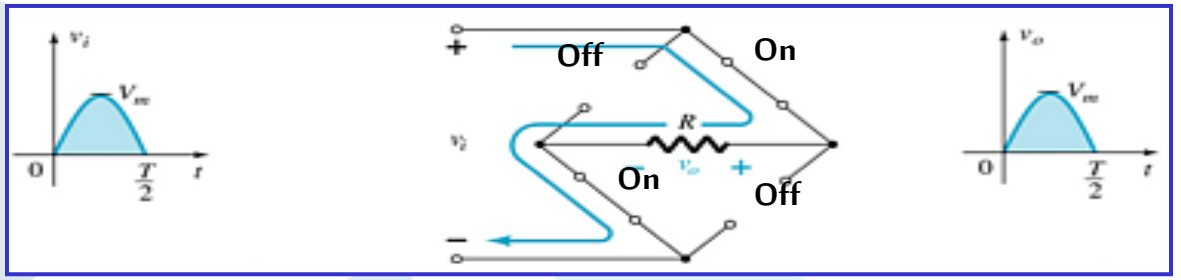
-- تتميز بوجود أربع ثنائيات موصولة بشكل جسري كما هو وواضح بالشكل.

-- يمرر الديود الثاني والثالث إلى الخرج النبضة الموجبة بعد أن ينحازا أماميا والثنائيان الأول والرابع يمررا القسم السالب من إشارة الدخل إلى الخرج. تتبع الثنائيات التقريب الأول أو تعتبر مثالية، أما في الوصلة العكسية فلا يمرر.

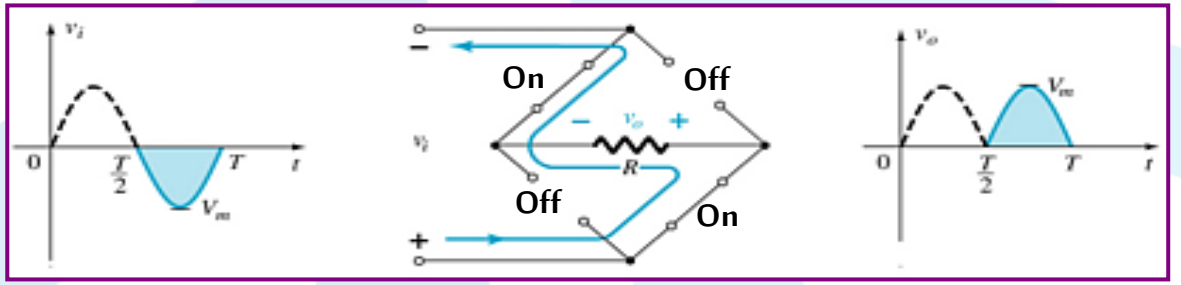
١- حالة النبضة الموجبة: $D_2\&D_3=on,\ D_4\&D_1=off$ النبضة الموجبة تمرر إلى الخرج بالاتجاه المبين.

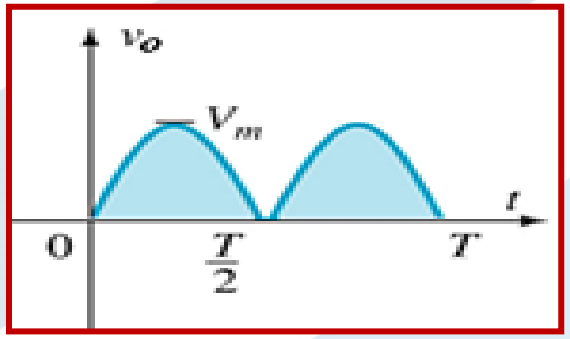






٢- حالة النبضة السالبة: $D_1\&D_4=on,\ D_2\&D_3=off$ النبضة السالبة تمرر باتجاه عكسي.

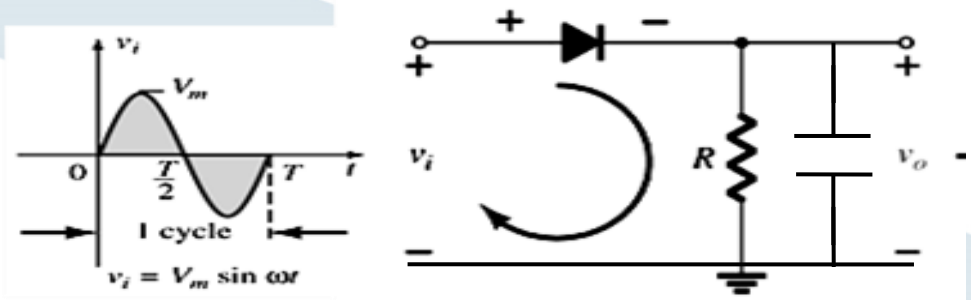


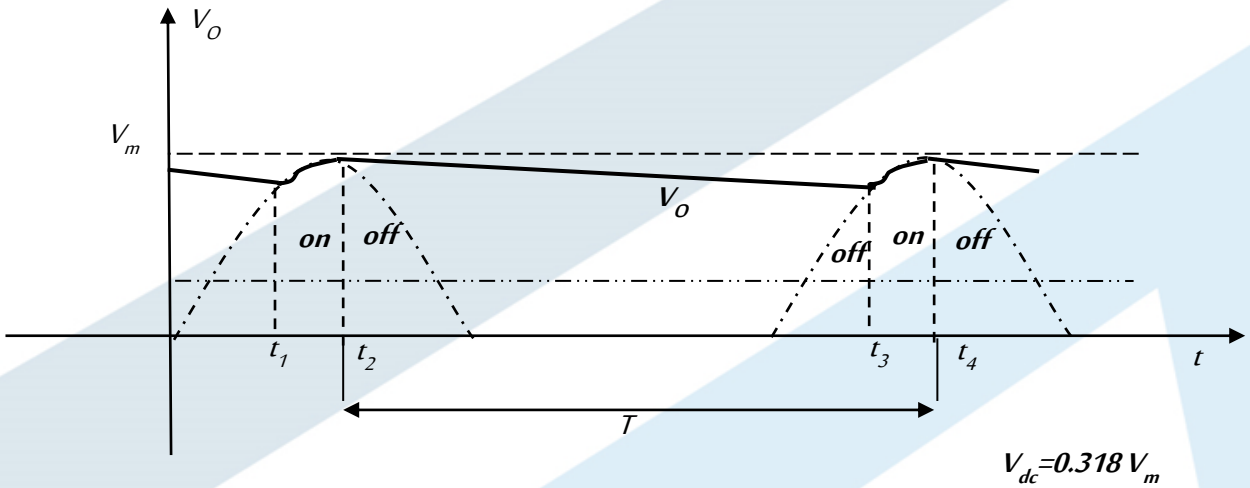


النتيجة النهائية:

-- جهد الخرج المستمر يساوي $V_{out}=0.636V_m$ حيث V_m اكبر قيمة لموجة جهد الدخل.

عملية التنعيم لدارة تقويم نصف الموجة





$V_{dc}=0.318\,V_m$

-- في حال وجود مكثف التنعيم فإنه، وخلال الجزء الأول من النبضة الموجبة، القسم الصاعد، يكون الثنائي في حالة تمرير $D = on$، وهذا يسمح للمكثف بالشحن عبر المقاومة الأمامية للثنائي R_f بثابت شحن $\tau_{ch} = R_f C$ ذي قيمة صغيرة فيزيائياً لأن قيمة R_f صغيرة جداً.

-- يشحن المكثف بشكل سريع جداً (لحظي)، ليصل الجهد بطرفيه إلى قيمة عظمى تصل إلى 95% من نبضة الدخل.

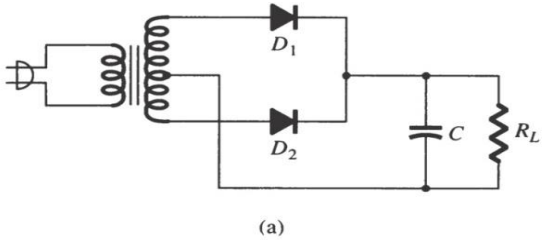
-- في القسم المنخفض من النبضة الموجبة، يصبح جهد المكثف (ذو قطبية مشابهة لجهد الدخل) مسيطراً ويعامل بوصفه منبع جهد مستمر، بالتالي يصبح الثنائي D في حالة انحياز عكسي (لأن موجب جهد المكثف يطبق على سالب الثنائي) وهذا يعني $D= off$، فيقوم المكثف ومن لحظة كون D في حالة قطع، بالتفريغ في المقاومة R. يعطى الثابت الزمني للتفريغ بالعلاقة: $\tau_{desch}= R.C$ وهو ثابت زمني كبير نسبياً، ويتناسب طرداً مع R.

عملية التنعيم لدارة تقويم الموجة الكاملة

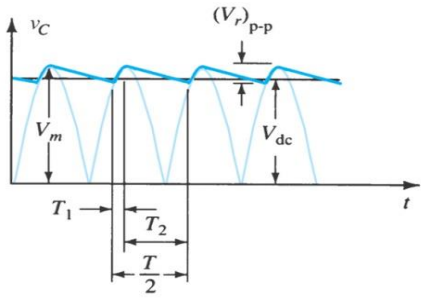
-- في حال وجود مكثف التنعيم فإنه، وخلال الجزء الأول من النبضة الموجبة، القسم الصاعد، يكون الثنائي في حالة تمرير $D = on$، وهذا يسمح للمكثف بالشحن عبر المقاومة الأمامية للثنائي R_f بثابت شحن $\tau_{ch} = R_f C$ ذي قيمة صغيرة فيزيائياً لأن قيمة R_f صغيرة جداً.

-- يشحن المكثف بشكل سريع جداً (لحظي)، ليصل الجهد بطرفيه إلى قيمة عظمى تصل إلى 95% من نبضة الدخل.

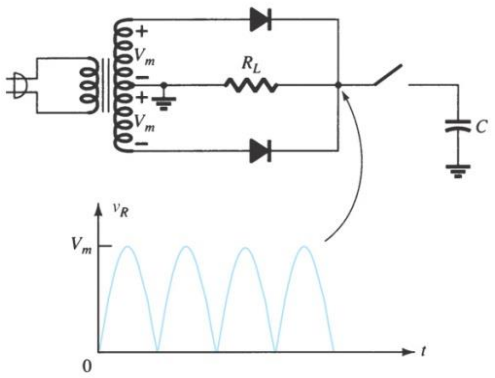
-- في القسم المنخفض من النبضة الموجبة، يصبح جهد المكثف(ذو قطبية مشابهة لجهد الدخل) مسيطراً ويعامل بوصفه منبع جهد مستمر، بالتالي يصبح الثنائي D في حالة انحياز عكسي (لأن موجب جهد المكثف يطبق على سالب الثنائي) وهذا يعني $D = off$، فيقوم المكثف ومن لحظة كون D في حالة قطع، بالتفريغ في المقاومة R. يعطى الثابت الزمني للتفريغ بالعلاقة: $\tau_{desch} = R.C$ وهو ثابت زمني كبير نسبياً، ويتناسب طرداً مع R.



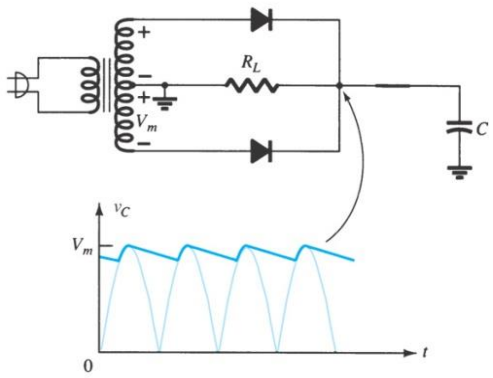
(a)



(b)



(a)



(b)

ثنائيات زينر Zener Diodes

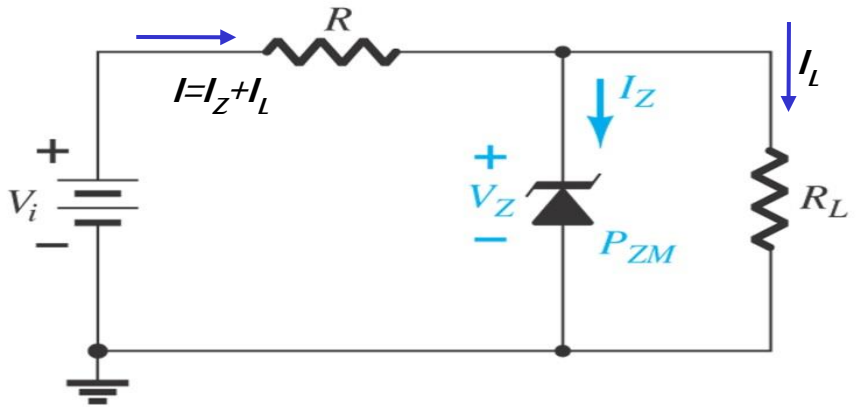
١- تعمل ثنائيات زينر في الاتجاه العكسي وتحديدا في منطقة الانهيار الحقلي (زينر) ويستخدم كمنظم للجهد وكعنصر استقرار.

٢- حسب نوع الانهيار يحدد جهد زينر للتثبيت إما جهود انهيار (تثبيت) منخفض ٢-6 v عند الانهيار النفقي أو جهود انهيار اكبر من 7v عند الانهيار التكاثري، إذا جهد التثبيت يتعلق بدرجة الإشابة ويمكن التحكم به عن طريقها.

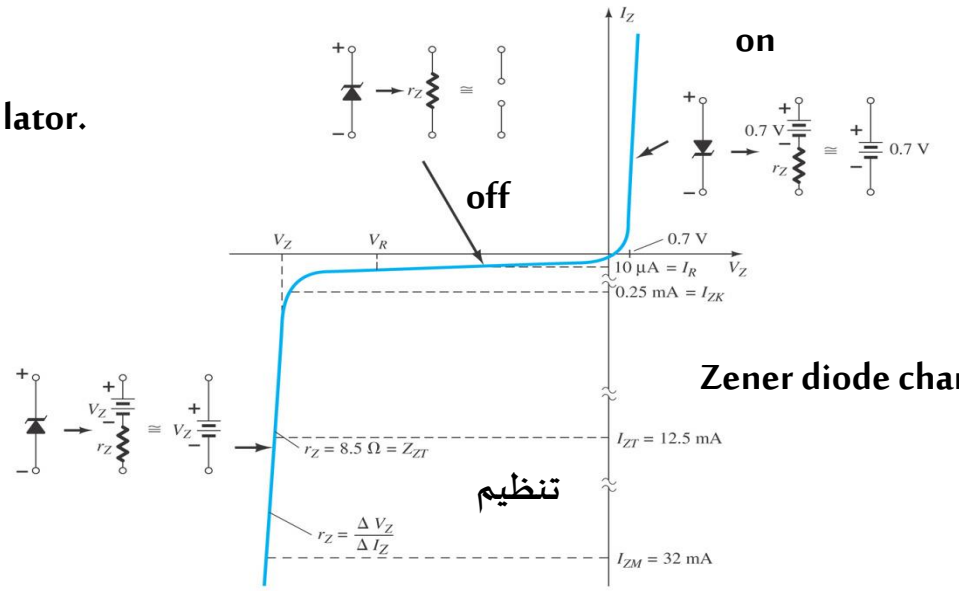
٣- الدارة التالية تمثل ابسط دارة لتنظيم الجهد، الديود موصول عكسيا.

٤- المعامل الحراري لديود زينر موجب لأنه يعمل بالاتجاه العكسي لذلك في دارات التنظيم يجب وجود ديود عادي ذو معامل حراري سالب لتعويض المعامل السابق.

٥- مميزة ديود زينر التالية تبين مناطق عمل الديود كذلك الدارة المكافئة للديود في كل منطقة.



Basic Zener regulator.



Zener diode characteristics

When $|V_i| \geq |V_z|$

The Zener is a regulator تنظيم، تثبيت عكسي

Voltage across the Zener is V_z

Zener current: $I_Z = I - I_L$, The Zener Power: $P_Z = V_Z I_Z$

When $|V_i| < |V_z|$: The Zener is off انحياز عكسي بدون تثبيت

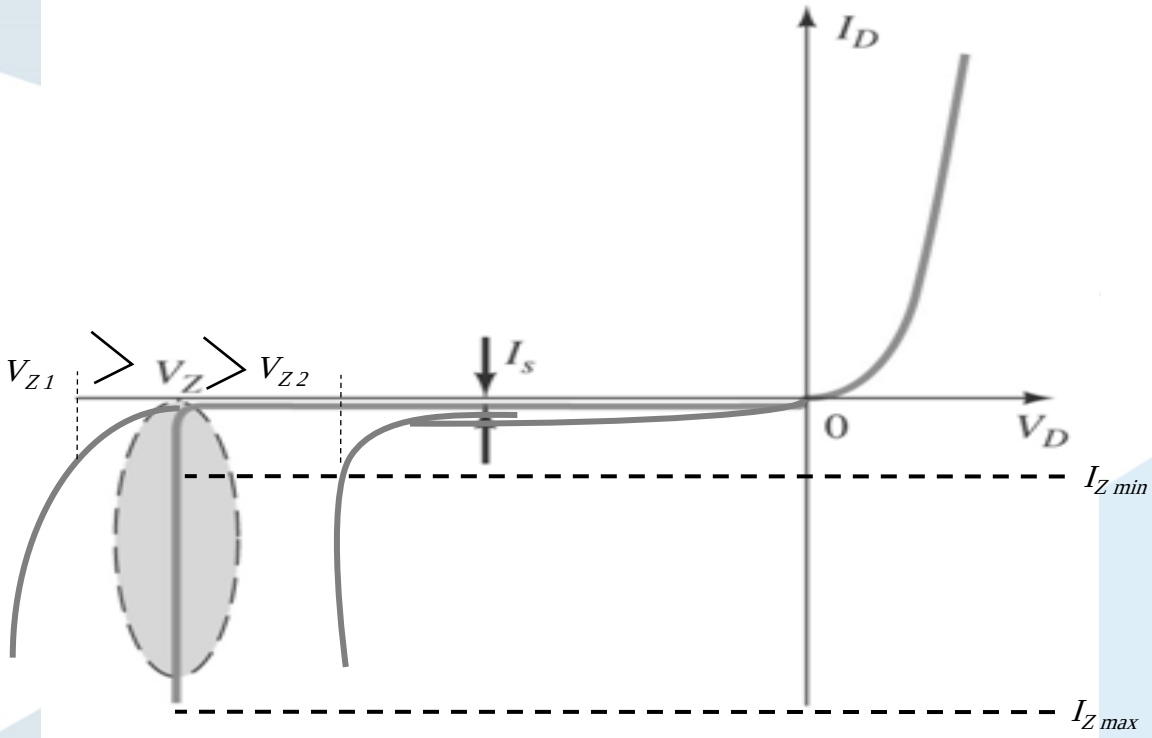
The Zener acts as an open circuit

ثنائيات زينر Zener Diodes

- يتعلق جهد التنظيم بنوع الانهيار ونوع المادة نصف الناقلة ودرجة إشابتها،

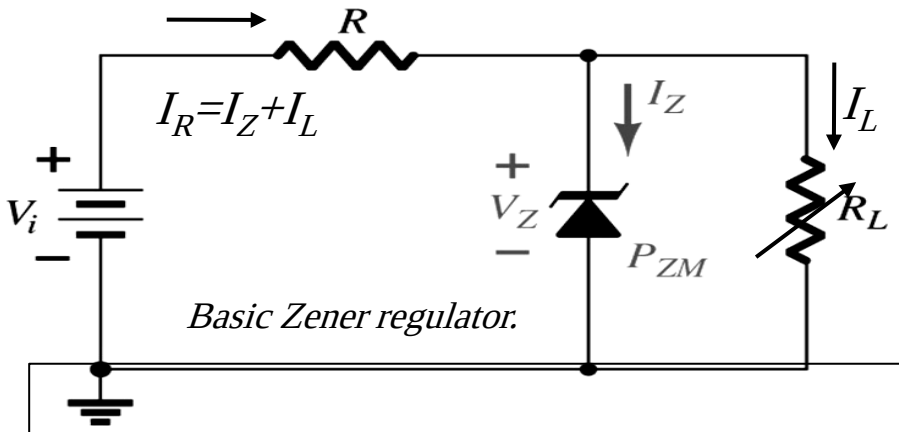
ويتراوح بين $V(200 \rightarrow 1.8)$، فيكون لدينا جهود تثبيت منخفضة $([V]\ 6\text{-}2)$

عند الانهيار النفقي وجهود تثبيت مرتفعة أي أكبر من $7\ V$ عند الانهيار التكاثري.



بين الشكل مميزة الفولت – أمبير لثنائي زينر مع جهود تنظيم مختلفة القيمة.

معاملات ثنائيات التنظيم Zener Diodes Parameters



١- جهد وتيار التنظيم V_Z I_Z أو جهد تثبيت الديود عند تيار تنظيم محدد.

٢- مجال تيار التنظيم المحدد بالقيمتين $[I_{Z\,min}, I_{Z\,max}]$.

٣- الاستطاعة الأعظمية المسوح بها حتى لا ينهار الثنائي حراريا: $P_{D\,max}=V_Z.I_{Z\,max}$.

٤- المعامل الحراري لجهد التنظيم و استقرار جهد التنظيم ويعبر عن مقدار التغيرات الحاصلة في جهد التنظيم الناتجة عن تغيرات جهد الدخل. يعطى بـ: $S_v=\Delta V_Z/\Delta V_i\ \%$

٥- المقاومة الديناميكية للتنظيم R_Z و مقاومة الحمل R_L.

المقاومة R، مهمة للتنظيم في دارات التنظيم لذلك سنناقش قيمها وعلاقتها بالتنظيم:

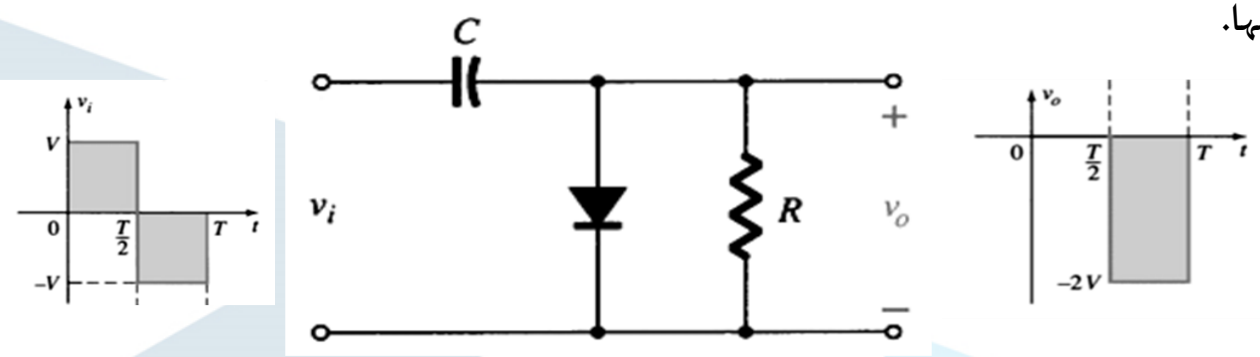
أ- إذا كانت قيمتها كبيرة جدا => ثنائي زينر لا يمرر لان التيار المار بالديود يصبح اقل من التيار الأصغري المسموح $I_{Z\,min}$ والذي يعطى بـ: $I_{Zmin}=I_R-I_{Lmax}$ والتيار الأصغري المار بالحمل يصبح: $I_{Lmin}=I_R-I_{Z\,max}$ وتصبح قيمة المقاومة مساوية إلى: $R_{Lmax}=\frac{V_Z}{I_{Lmin}}$

ب- إذا كانت قيمتها صغيرة جدا => التيار لثنائي زينر سيتجاوز القيمة العظمى $I_{Z\,max}$ ويكون التيار الأعظمي المار بالدارة معطى بـ: $I_{Lmax}=\frac{V_L}{R_L}=\frac{V_Z}{R_{Lmin}}$ حيث القيمة الصغرى لمقاومة الحمل تعطى بـ: $R_{Lmin}=\frac{RV_Z}{V_i-V_Z}$

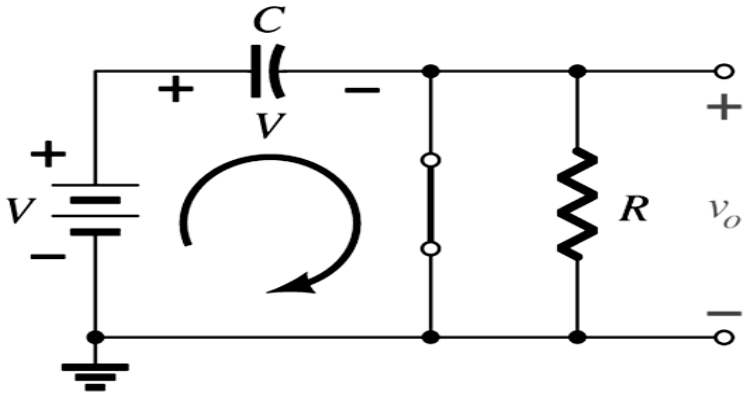
ملاحظة: يمكن دراسة دارة التنظيم (زينر) بثلاث حالات: ١- V_i=ct & R_L=ct ٢- V_i=ct & R_L=variable ٣- V_i=variable & R_L=ct

ثنائيات الإزاحة Clamping Diodes

تعرّف دارة الإزاحة: بأنها دارة مكونة من ثنائي ومقاومة ومكثف، وهي تعمل على إزاحة الإشارة إلى مستوٍ مستمر آخر، بمعنى آخر، إضافة أو طرح قيمة مستمرة إلى هذه الإشارة وذلك دون تغير شكل أو مظهر الإشارة ودون تشويهها.

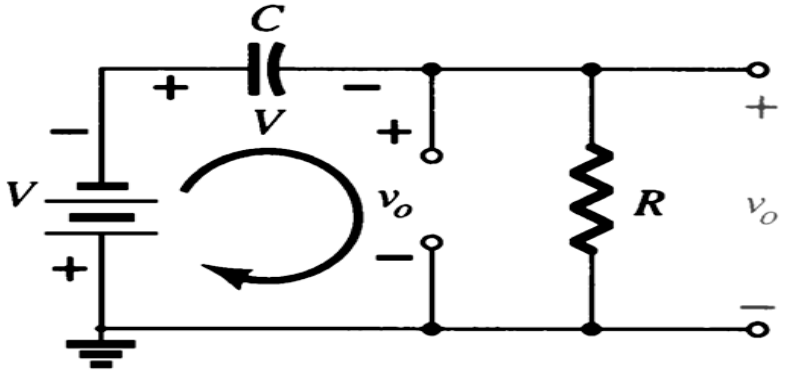


1- $V_i > 0 \Rightarrow$ for the Interval $0 \rightarrow T/2 \Rightarrow D = on$, $\tau_{ch} = R_f C \ll T/2$



عند النبضة الموجبة $V_c = -V_i$, $V_O = 0$.

2- $V_i < 0$ $V_{out} = V_i + V_c \Rightarrow V_{out} = V_i - V_i = 0$; $\tau_{dech} = Rc \gg T/2$

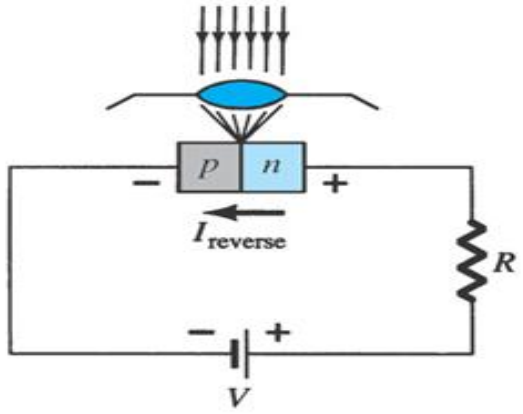


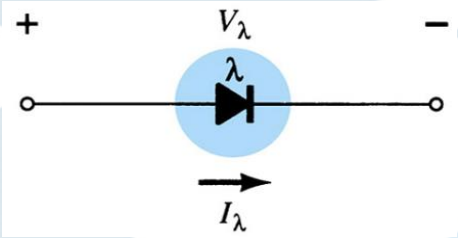
عند النبضة السالبة $V_{out} = -V_i - V_c = -2V_i$.

الثنائيات الضوئية Light Diodes

الثنائيات الضوئية نوعان: ١-١- الثنائي المستقبل للضوء PhotoDiodes : عبارة عن متصل يعمل بالاتجاه العكسي (يمر تيار عكسي صغير) ويعتمد على استقبال الطاقة الضوئية و التي تقوم بتكسير الروابط في الثنائي مما يزيد من الحوامل الأقلية و هذا بدوره يزيد من التيار العكسي و بذلك يكون قد حول الطاقة الضوئية إلى تيار كهربائي.

عدسة لتكثيف الضوء الساقط على المتصل



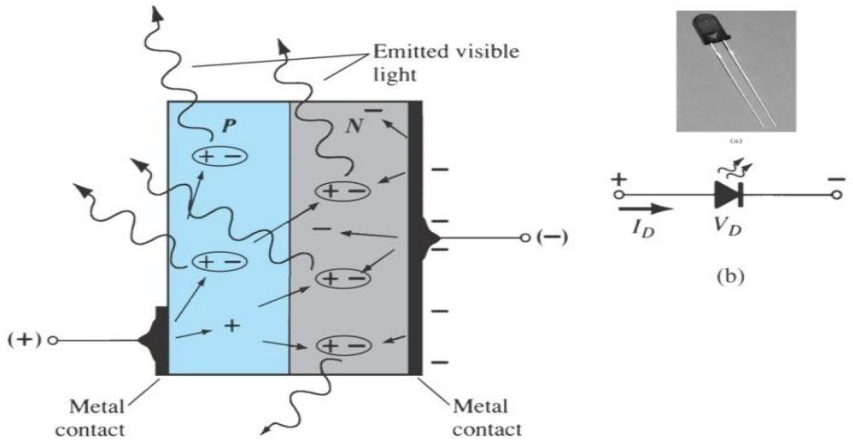


١-٢- ثنائي المقاومة الضوئية Photoconductive Cells (Photoresistive Devices)

عبارة عن نصف ناقل تتغير مقاومته بشكل خطي مع الضوء الوارد، زيادة الضوء => زيادة الالكترونات الحرة في البنية => نقصان المقاومة.

الثنائيات الضوئية Light Diodes

٢-١- الثنائي المرسل للضوء Light Emitting Diodes (LED): عبارة عن متصل يعمل بالاتجاه الأمامي، بتطبيق الجهد نحصل إصدار للضوء المرئي أو إصدار للأشعة غير المرئية *IR*. هذه الآلية تعتمد على الطاقة المبددة في الثنائي نتيجة فك الروابط وتكوين الالكترونات غير المقيدة التي تسعى للاتحاد مع الثقوب. الطاقة المبددة عبارة عن شكل حراري مع اثر بسيط للإصدار الضوئي مثل ثنائيات الـ Si &Ge ، وآخر ضوئي (طاقة فوتونات) مع اثر بسيط حراري مثل الـ GaAs.



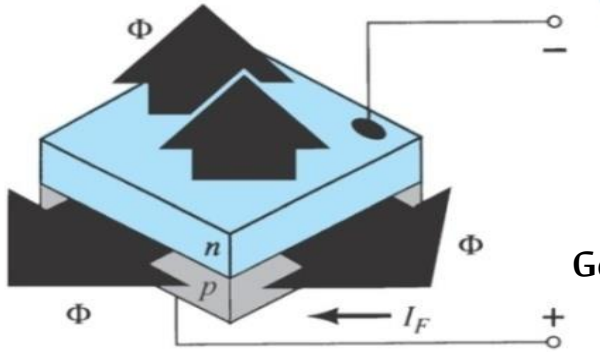
Process of electroluminescence in LED

ملاحظة: يصمم احد أقطاب المتصل المعدنية بحجم نوعا ما صغير بحيث يسمح لأكبر كمية من الضوء بالعبور (لاحظ الشكل الذي يبن مبدأ العمل لـ LED).

٢-٢- الثنائي المرسل للأشعة تحت الحمراء Infra Red Diodes: يعمل بالاتجاه الأمامي بحيث يصدر حزمة من الأشعة (فوتونات) المتعلقة بالتيار الأمامي والناتجة عن طاقة إعادة الاتحاد.

-- نوع المادة نصف الناقلة يحدد نوع الأشعة الصادرة من تحت حمراء حتى فوق بنفسجية حسب العلاقة التالية:

$$\lambda[m]=C/F=300/F[MHz]$$

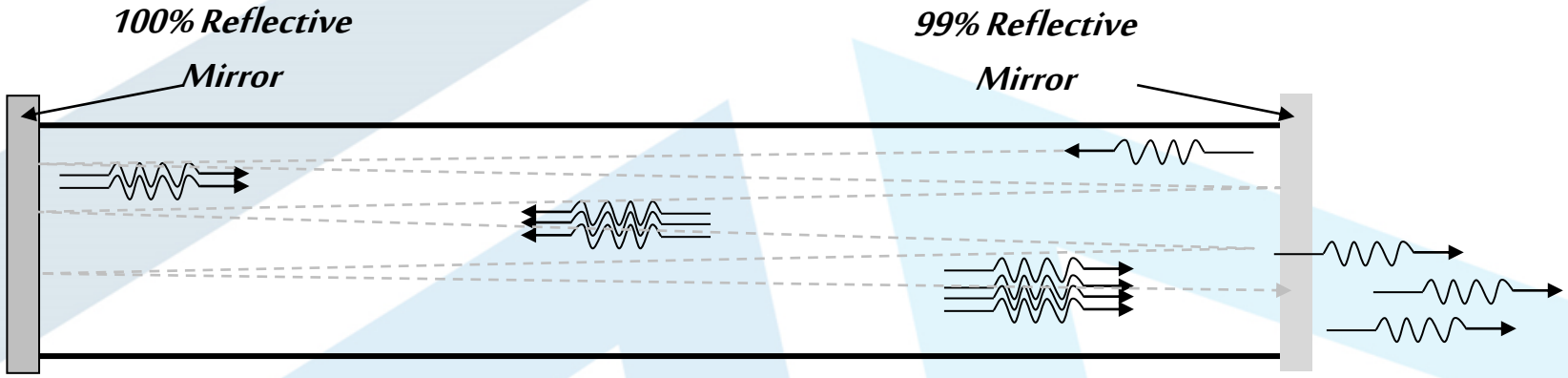


General structure of a semiconductor IR-emitting diode

تطبيقات Application

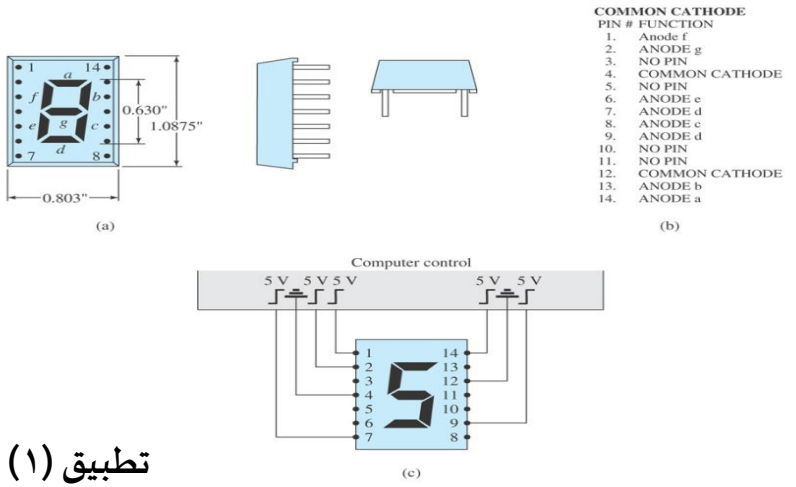
- الثنائي الليزري *Laser Diode*:

عبارة عن ثنائي ضوئي وحيد الموجة يملك آلية إصدار الثنائي الضوئي *LED* نفسها. يعتمد على تضخيم الضوء بالإصدار المنشّط، و يحوّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية مكثفة، باستخدام انعكاسات متعددة ضمن أنبوب يحوي مرآة أولى عاكسة بشكل كامل من جهة، ومن الجهة المقابلة مرآة عاكسة جزئياً.



***LASER** = **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation*

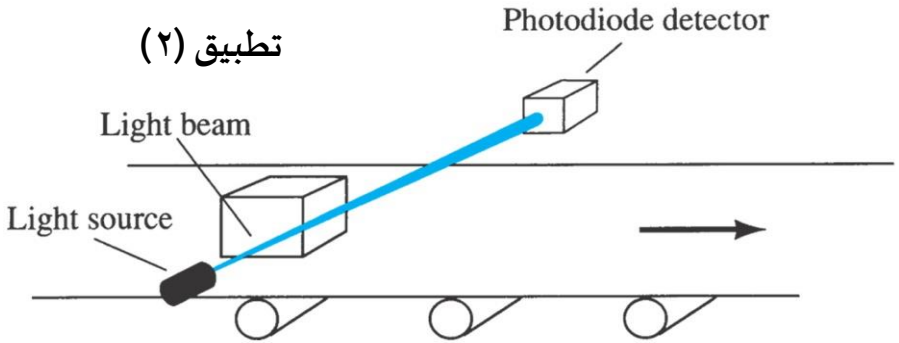
Application تطبيقات

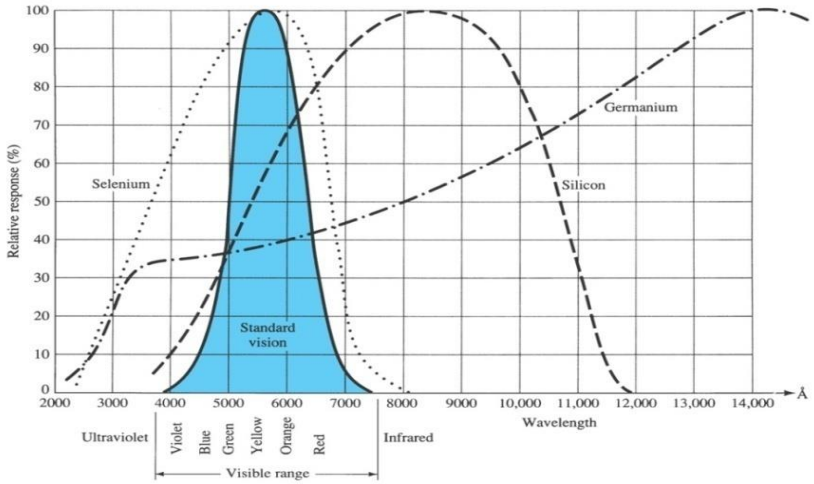


تطبيق (١)

شاشة إظهار سباعية القطاعات مع عرض لرقم خمسة

تطبيق (٢)

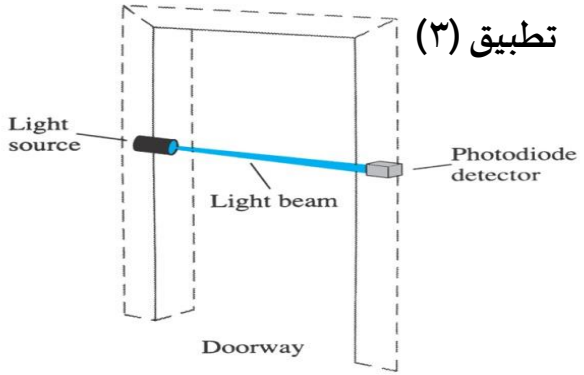




ومقارنتها باستجابة العين البشرية، والتي Si , Ge & Seleniumالاستجابة الطيفية لكل من

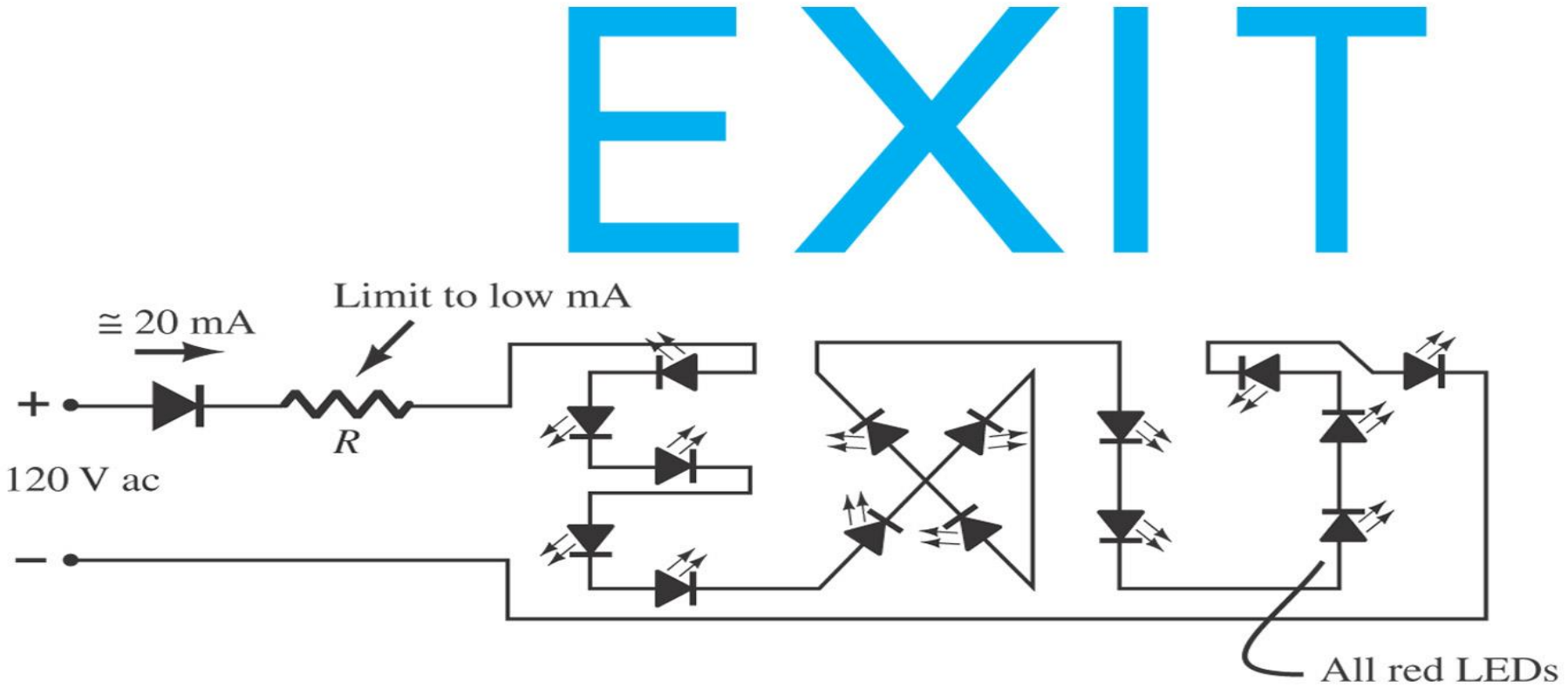
تحدد نوع المادة الواجب استخدامها لصنع احد الانواع السابقة

تطبيق (٣)



تطبيقات Application

تطبيق (٤)



إشارة خروج مكونة من الثنائيات الضوئية

الثنائيات النفقية والخلفية Tunnel & Backward Diodes

الصنع ومبدأ العمل:

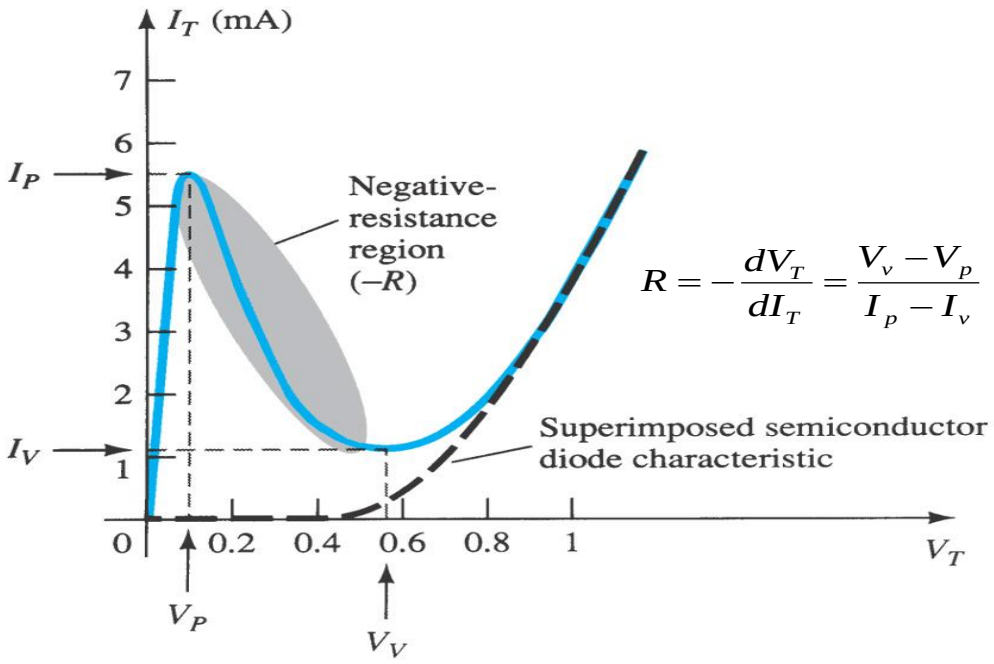
يتم إشابة مادة المتصل P-N بشكل كبير من 100 حتى بضعة ألاف من المرات زيادة عن إشابة المتصل العادي هذه العملية تقلل كثيرا من عرض المنطقة المجردة حتى 1/100 من العرض العادي وهي تشكل قناة لحوامل الشحن.

- بتطبيق تغذية أمامية يزداد التيار بشكل كبير وبسرعة مع الزيادة الطفيفة للجهد نتيجة الإشابة العالية حتى نصل لقيمة عظمى I_p (تيار القمة)، وتكون حوامل الشحن قد توزعت، بعد ذلك وبزيادة الجهد ينخفض التيار (منطقة المقاومة السالبة)، يعاد تنظيم المنطقة المجردة حتى نصل لقيمة صغرى للتيار I_v تيار الوادي، بعد ذلك يسلك الثنائي النفقي سلوك الثنائي العادي.

بتطبيق تحييز عكسي، الوصلة العكسية ونتيجة الإشابة العالية يزداد التيار بشكل كبير مع زيادة طفيفة للجهد العكسي.

يستخدم في الوصلة الأمامية دائما حسب مكان توضع نقطة العمل:

١ - دارات الهزازات وذلك في قسم المقاومة السالبة من المميزة.
٢ - كمفتاح سريع في دارات الحاسب في منطقة التزايد السريع للتيار.
٣- كديود عادي في المنطقة الخطية من المميزة.

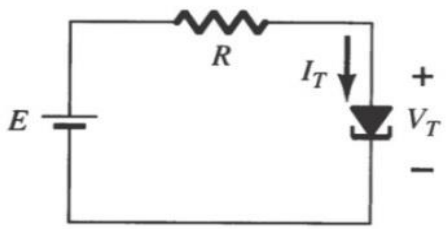


Tunnel diode characteristics.

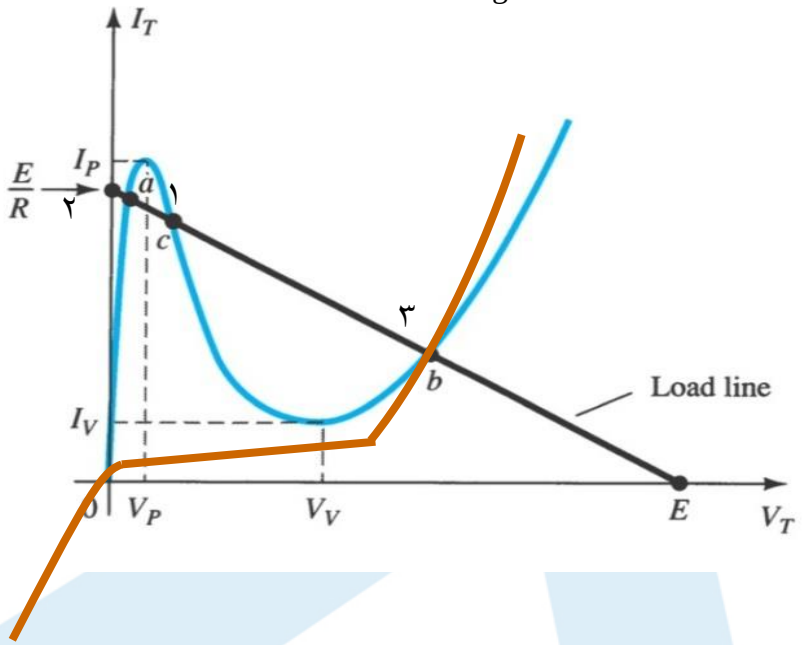
الثنائيات النفقية والخلفية Tunnel & Backward Diodes

الثنائي الخلفي: ثنائي شبيه بالنفقي ولكن يختلف بـ:

١- درجة إلاشابة اقل من النفقي و اكبر من العادي.
٢- عند جهود أمامية صغيرة يمرر تيارا صغيرا جدا.
٣- يمرر تيارا عكسيا كبيرا عند جهود منخفضة من هتا أتى اسمه.



Tunnel diode and resulting load line



الثنائيات السعوية Varactor

مبدأ العمل:

درس الأثر السعوي للثنائي سابقاً بقليل من التفصيل، وقد وجدنا أنه بزيادة الجهد العكسي المطبق على المتصل ينخفض الأثر السعوي، هذه الخاصية التي اعتمدت في تصميم الثنائي السعوي (*Varactor*)، الذي يمثل ثنائي يعمل بالاتجاه العكسي ويعتمد في عمله على الأثر السعوي للمتصل، الناتج عن وجود منطقة مجردة (منطقة عازلة) محاطة بلبوسين من الشحن (الشوارد الموجبة من جهة والسالبة من جهة أخرى).

تتعلق سعة المتصل بالجهد العكسي المطبق وكذلك بدرجة إشابة المادة نصف الناقلة وفق العلاقة التالية:

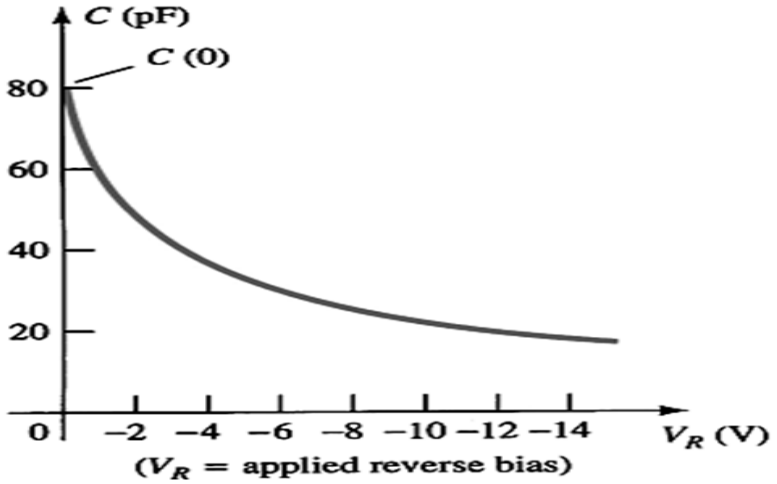
$$C_{T(V_R}) = \frac{C(0)}{(1 + |V_R / V_T|)^n}$$

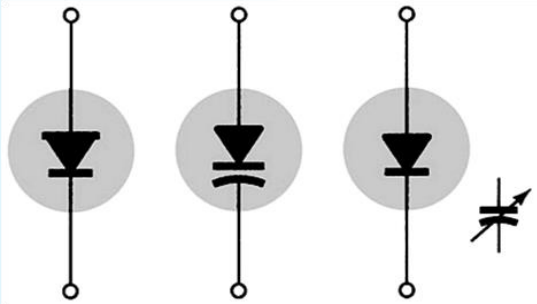
حيث: $C(0)$ السعة الأولية دون تطبيق جهد عكسي.

n ثابت يأخذ قيمة $1/2$ في كل الثنائيات ويأخذ قيمة $1/3$ في ثنائي الانتثار.

V_R الجهد العكسي المطبق بين طرفي الثنائي.

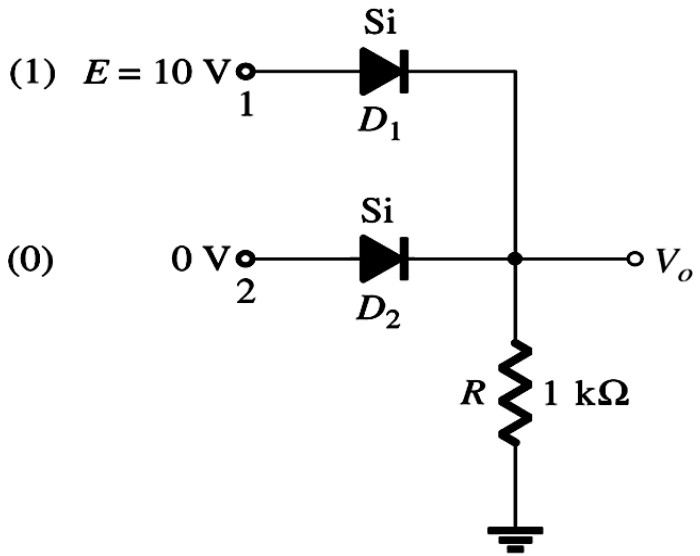
V_T الجهد الحراري المعرف في الفصل الثاني الفقرة ٢-٣.





مميزة الثنائي السعوي، علاقة السعة المتشكلة مع الجهد العكسي مع الرمز.

دارات البوابات المنطقية: في هذه الدارات أن المتصل عبارة عن ثنائي مثالي (يتبع التقريب الأول)، أي إنه عبارة عن مفتاح (قطع– وصل) *(on- off)*.



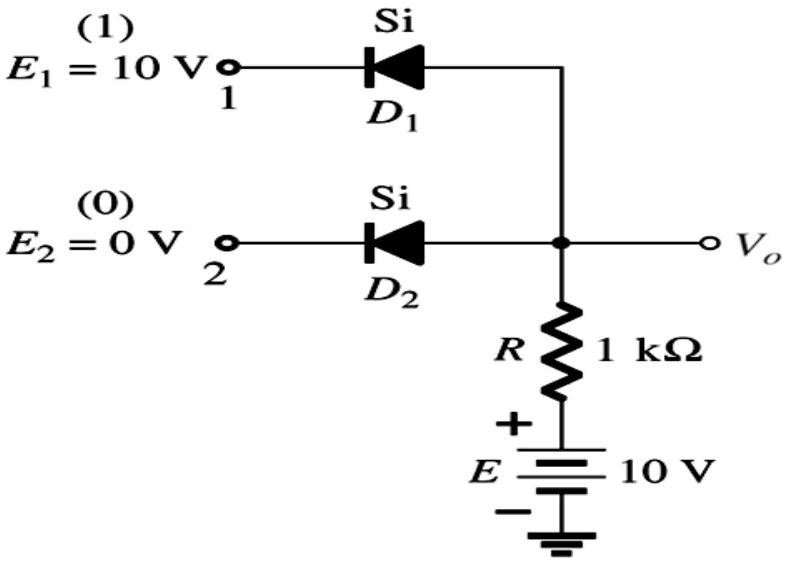
بوابة *OR*

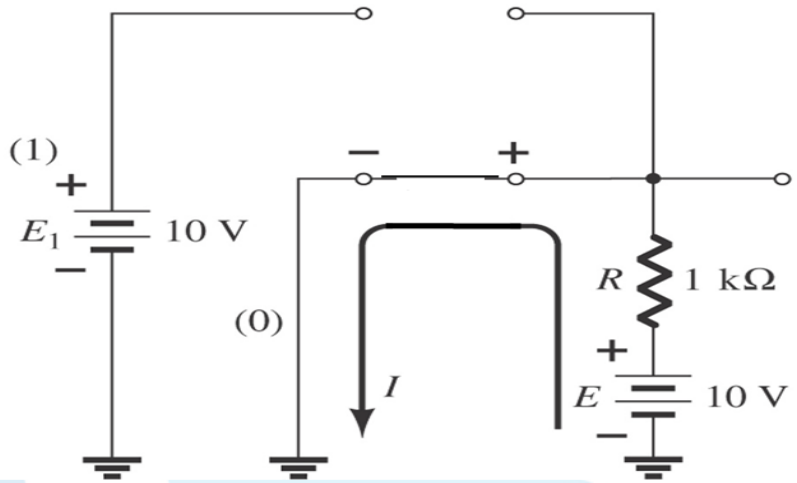
١- بتطبيق *1* منطقي على أحد المداخل إما *A* أو *B* (على الأقل) ⇐ الثنائي المطبق عليه *1* منطقي يصبح في حالة تمرير وبالتالي يمرتيارعبره إلى *R*، وتصبح قيمة جهد الخرج في هذه الحالة $V_0 = I.R$ أي 1 منطقي.

٢- بتطبيق *0* منطقي على كلٍ من الثنائيين، فهذا يعني أن الثنائيين في حالة قطع $D_2 = D_1 = off$، ولا يمرتيارعبر المقاومة ⇐ $R\ V_0 = I.R = 0\ logic$، بناءً عليه يمكن وضع جدول يوضح مبدأ عمل هذه الدارة، التي تمثل دارة *OR*.

Input (A)	*Input (B)*	D_1	D_2	*Output*= V_o
0	*0*	*off*	*off*	$V_o = 0$
0	*1*	*Off*	*on*	$V_0 = 1$
1	*0*	*on*	*Off*	*1*
1	*1*	*on*	*on*	*1*

دارات البوابات المنطقية: في هذه الدارات أن المتصل عبارة عن ثنائي مثالي (يتبع التقريب الأول)،

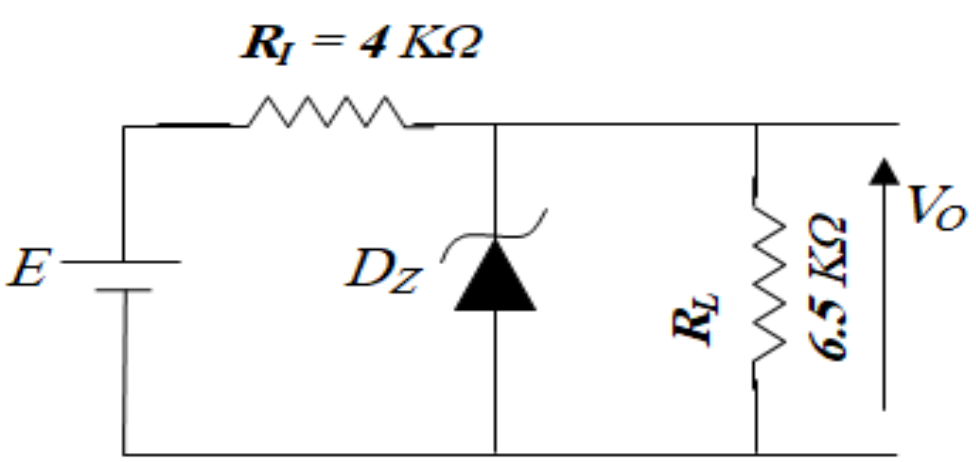




بوابة المنطق الايجابي AND.

(A)	(B)	D_1	D_2	Out V_0
0	0	on	On	0 logic = 0 volt
0	1	on	Off	0
1	0	off	On	0
1	1	off	Off	1logic = 10v

تمرين



مثال١- في الدارة المبينة جانبا يعتبر ديود زينر مثالي و$V_Z = 13\ v$ وقيمة المنبع $E = 33\ v$ المطلوب:

أ- حساب الجهود والتيارات المارة في الدارة: I_Z ، V_O، I_O، I_i.

ب- حدد مجال تنظيم التيار I_Z عندما تتغير مقاومة الحمل الى $R_L = 4.5\ K\Omega$.

ج- تم عكس قطبية ديود زينر والمطلوب حساب الجهود والتيارات في الدارة.