اسس الهندسة الالكترونية

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

المحاضرة الثانية

الفصل الدراسي الأول

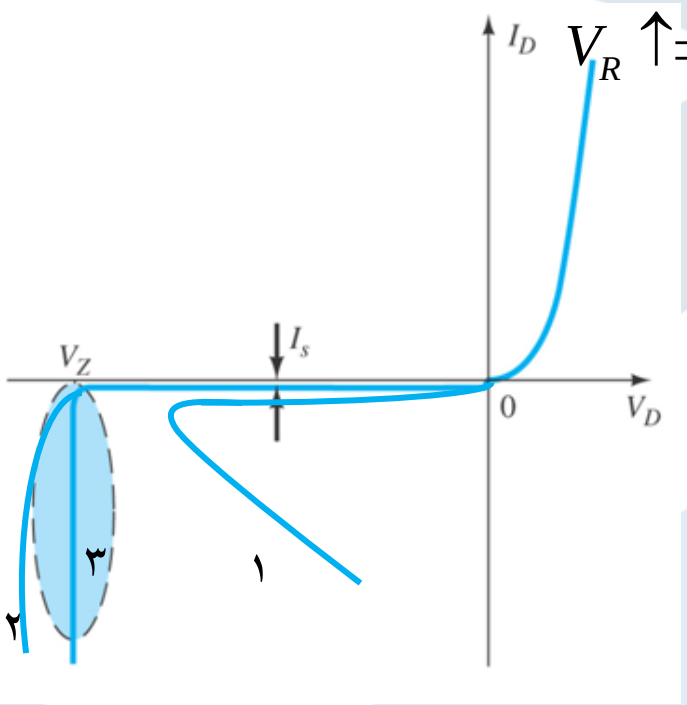
انهيار المتصل P-N Diode Avalanche

تعريف: الانهيار هو الزيادة المفاجئة في التيار في الاتجاه العكسي للمميزة وله نوعان:

١- انهيار حراري: نتيجة زيادة درجة الحرارة للمتصل وهذا الانهيار مخرب للبنية الذرية للمادة و غير قابل للعودة ويحصل في الحالة الامامية والعكسية.

٢- انهيار حقلي (زينر): نتيجة زيادة الجهد العكسي وبالتالي شدة الحقل الكهربائي في المنطقة المجردة، غير مخرب للمادة ،قابل للعودة وله نوعان:

١- الانهيار التكاثري (Avalanche Breakdown). ٢- الانهيار النفقي (Tunnel Breakdown).



١-الانهيار الحراري: $V_R \uparrow \Rightarrow P = V_R I_R \uparrow \Rightarrow T \uparrow \Rightarrow Break\,bonding \Rightarrow e\,\&\,h\ free \Rightarrow I_R \uparrow$

٢-الانهيار التكاثري: يحصل عند الجهود العكسية العالية في المواد ذات لإشابة العادية ويستخدم كمثبت جهد (زينر) عند الجهود العالية.

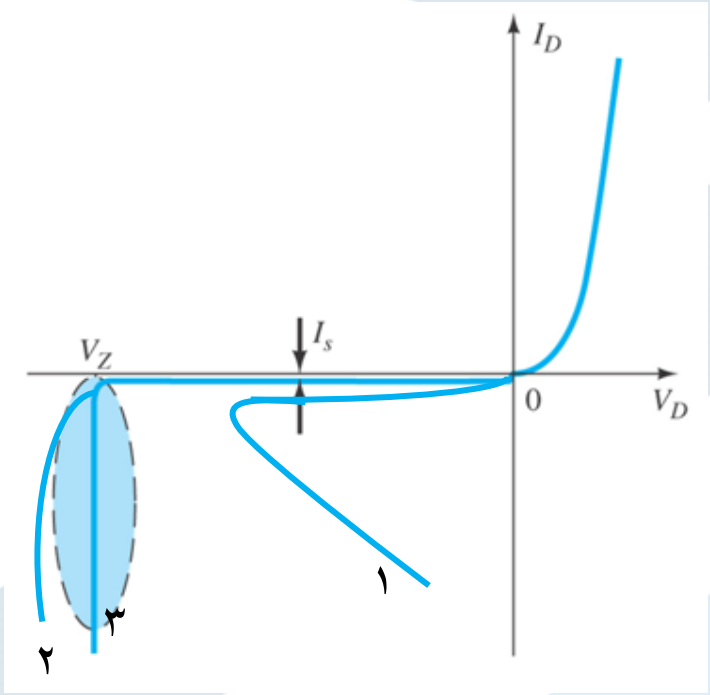
$$V_R \uparrow \Rightarrow E_J \uparrow \Rightarrow Energy\,e\,\&\,h \uparrow \Rightarrow Break\,bonding$$
$$\Rightarrow e\,\&\,h\ free \Rightarrow I_D \uparrow\uparrow$$

انهيار المتصل P-N Diode Avalanche

١-الانهيار الحراري: نتيجة زيادة درجة الحرارة للمتصل وهذا الانهيار مخرب للبنية الذرية للمادة و غير قابل للعودة.

٢- الانهيار التكاثري: يحصل عند الجهود العكسية العالية في المواد ذات الإشابة العادية ويستخدم كمثبت جهد (زينر) عند الجهود العالية.

٣-الانهيار النفقي: يحصل عند الجهود العكسية المنخفضة في المواد ذات الإشابة العالية بالتالي عرض منطقة الحزمة الممنوعة قليل، يستخدم كمثبت جهد (زينر) عند الجهود المنخفضة.



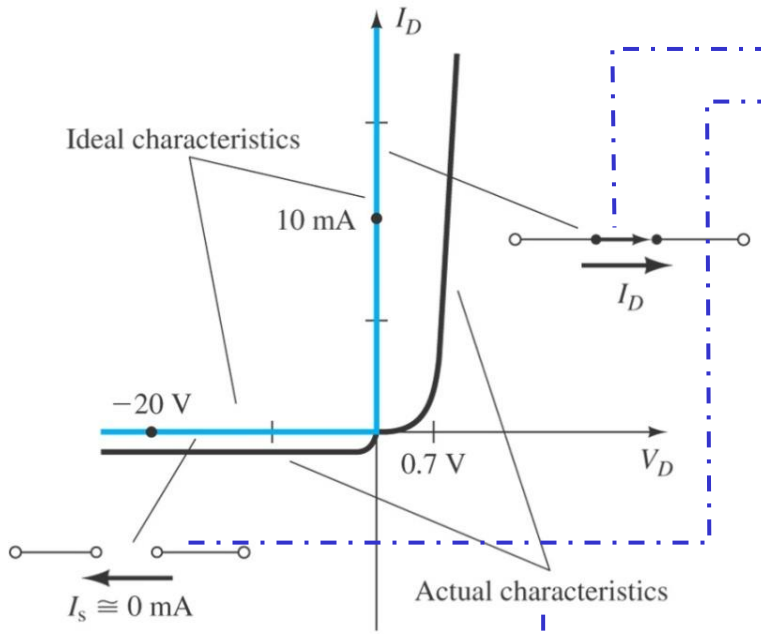
الجهد العكسي يزداد => المسافة الفاصلة بين حزمة التكافؤ والنقل يصغر=>
يتحرر إلكترون تحت طاقة اقل وينتقل بسرعة إلى حزمة النقل عبر نفق الحزمة الممنوعة.

-- المنطقة المظللة هي منطقة زينر أي المنطقة التي يعمل بها الديود كمثبت للجهد و عندها يسمى بجهد زينر (تقريبا ثابت) أما التيار فيمثل تيار زينر.

-- يجب أن لا تتجاوز استطاعة الديود العظمى حد معين، حتى لا ينهار الديود حراريا و تعطى بـ: $P_{D\,max} = V_D I_D$.

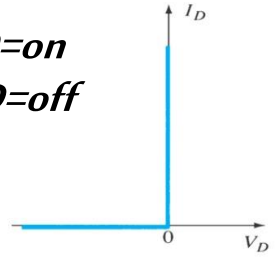
الدارة المكافئة للثنائي P-N Equivalant circuits

١- التقريب الأول: عبارة عن ديود مثالي مقاومته الأمامية = صفر و العكسية = لانهاية أي يسلك سلوك مفتاح on,

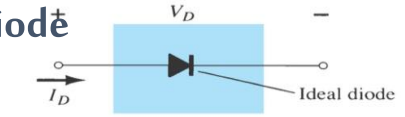


سلك ,$R_D=0$ $D=on$

فتح ,$R_D=\infty$ $D=off$

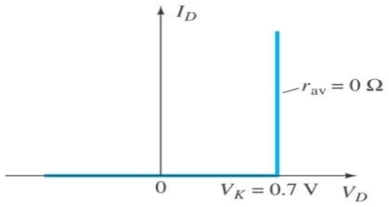


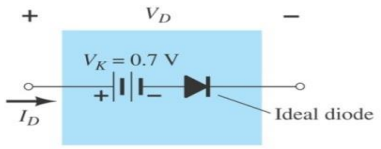
Ideal diode



٢- التقريب الثاني: عبارة عن ديود مثالي مع منبع تغذية مستمر يمثل جهد العتبة يختلف حسب نوع المادة نصف الناقلة Si=0.7, Ge=0.3.

Simplified Circuit for Si.

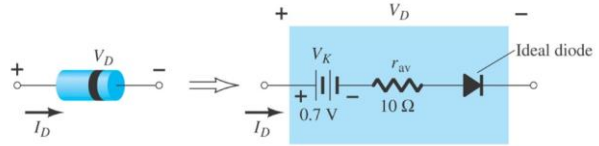




٣- التقريب الثالث: عبارة عن ديود حقيقي مع منبع تغذية مستمر يمثل جهد العتبة يختلف حسب نوع المادة نصف الناقلة Si=0.7, Ge=0.3. و مقاومة امامية او عكسية حسب الوصلة.

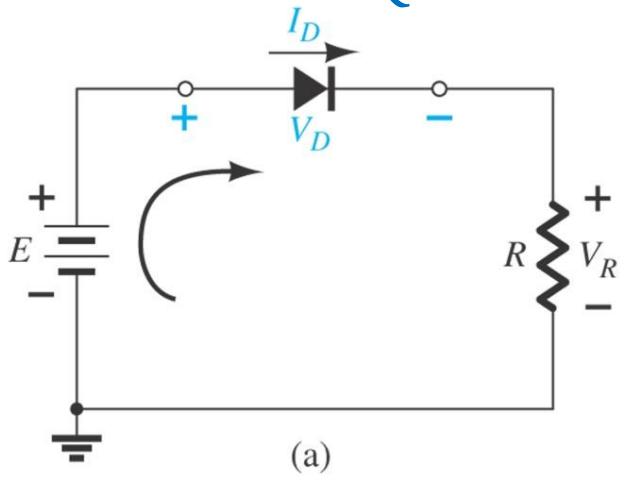
Ideal versus actual semiconductor characteristics.

Real diode



DC load Line & Q-Pointe

خط الحمل الساكن و نقطة العمل للثنائي P-N



١- وصلة الديود المثالي على التسلسل و التي تحقق الانحياز الأمامي $D = on$:

Constants

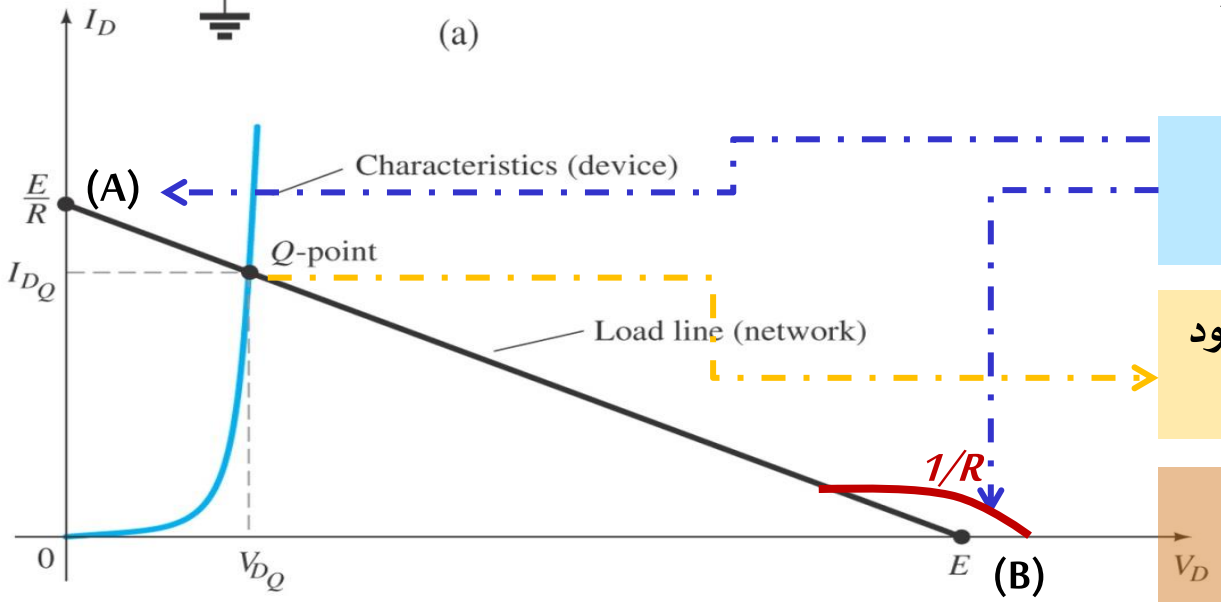
Silicon Diode: V_D =0.7V ,Germanium Diode: V_D =0.3V

Analysis, $R_F = 0$, 1- V_D= 0.7V (or V_D = E if E < 0.7V)

2- V_R= E – V_D=> E=V_D+I_DR

Analysis: 1- V_D= 0V => I_D= E/R => Point A (0, E/R)

2- I_D=0 A => V_D=E => Point B (E, 0)



-- بوصل النقطتين A & B نحصل على خط الحمل الساكن الذي يتقاطع مع المميزة الأمامية للديود في نقطة $Q\,(V_{DQ},I_{DQ})$ وتسمى نقطة العمل.

-- إحداثيات نقطة العمل $Q\,(V_{DQ},I_{DQ})$ هي القيم الحقيقية التي يعمل بها الديود في الحالة الأمامية ويمكن حساب المقاومة الأمامية كما يلي: $R_F=V_Q/I_Q$.

-- خط الحمل الساكن يحدد عادة بمقدار الميل الذي يصنعه مع محور الجهد وقدر الميل بـ: $Slope=1/R$

DC load Line

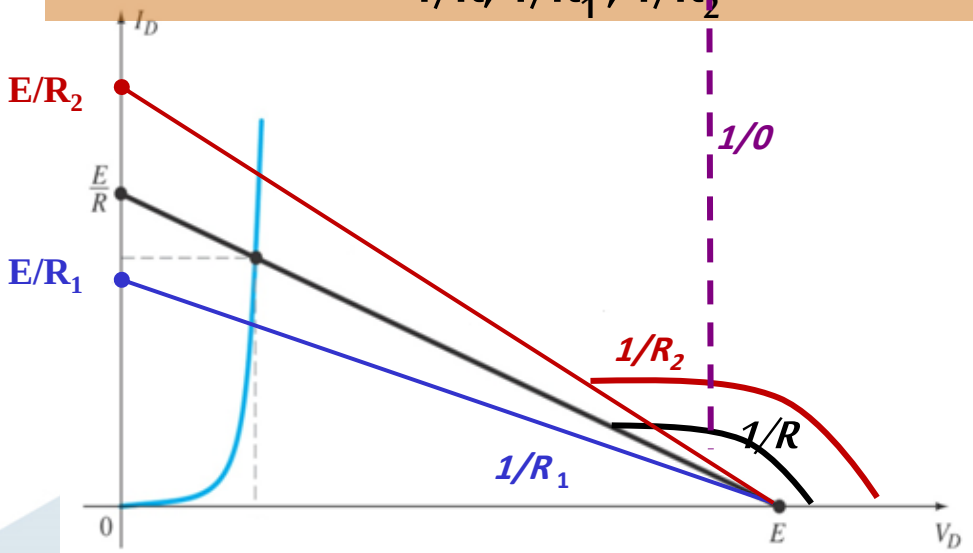
تحليل معادلة خط الحمل الساكن للثنائي P-N

$E=V_D+I_DR$

١- معادلة الوصلة للانحياز الأمامي للديود تعطى بـ:

1- When E = ct => The slope is varied [π, π/2]

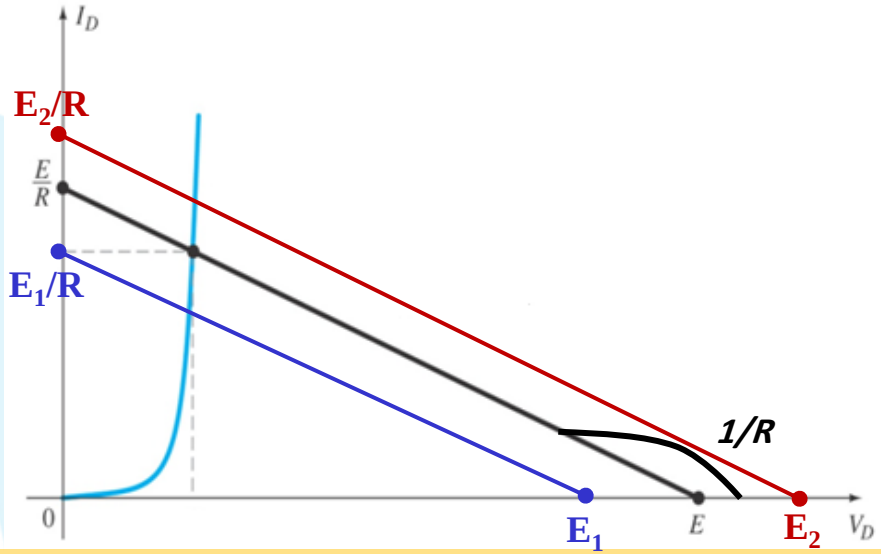
1/R, $1/R_1$, $1/R_2$



-- خطوط الحمل الساكن تحدد بقيمة المقاومة *R* وتشترك بنقطة واحدة B

2- When R = ct => The slope is the same 1/R,

But the currant is varied



-- خطوط الحمل الساكن تحدد بقيمة الجهد E وهي عبارة عن خطوط متوازية لها نفس الميل 1/*R*

DC load Line & Q-Pointe

خط الحمل الساكن و نقطة العمل للثنائي P-N

١- وصلة الديود على التسلسل و التي تحقق الانحياز العكسي

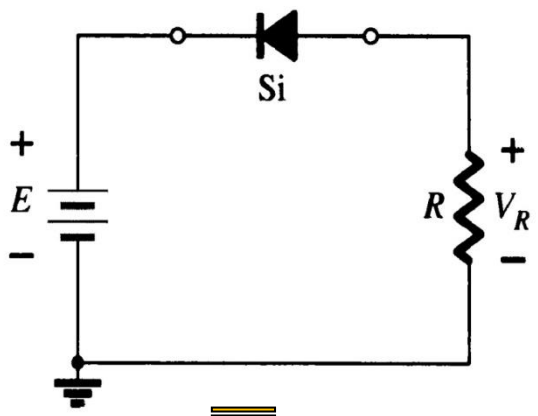
Analysis :

ة مع مقاومة عكسية كبيرة إذا كان الديود حقيقي

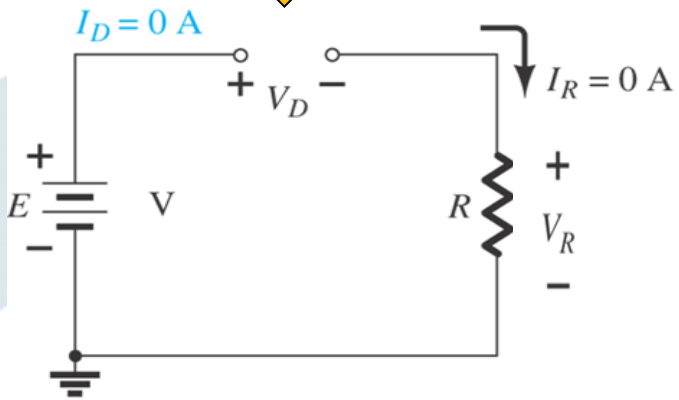
Equation — $E=V_R+I_RR$ =>

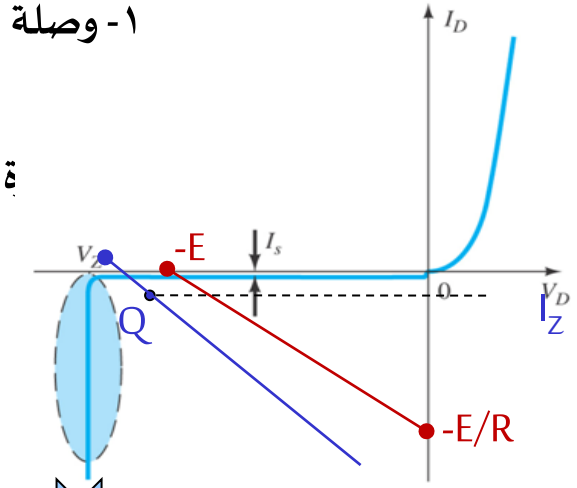
1- $V_R= 0V$ => $I_R= -E/R$ => Point A (0, -E/R)

2- $I_R=0$ A => $V_R=-E$ => Point B (-E, 0)



Ideal Diode => D=off





-- في هذه الحالة و بتحديد كل من E و R يمكن للديود أن يعمل في منطقة زينر كمثبت للجهد و بالتالي إحداثيات نقطة العمل هي $Q(V_Z, I_Z)$

Analysis D=offدارة مفتوحة اذا كان الديود مثالي

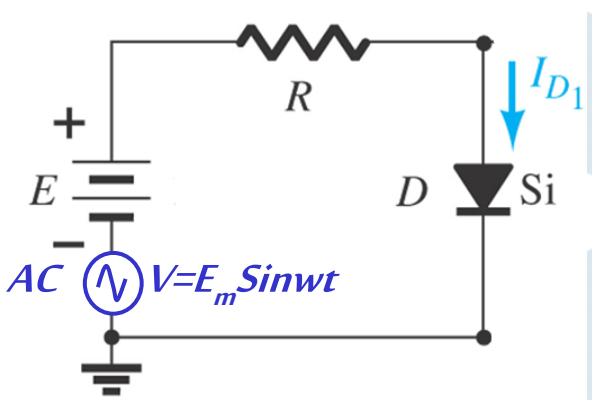
=> $V_D = E$; $V_R = 0$ V , $I_D = 0$ A

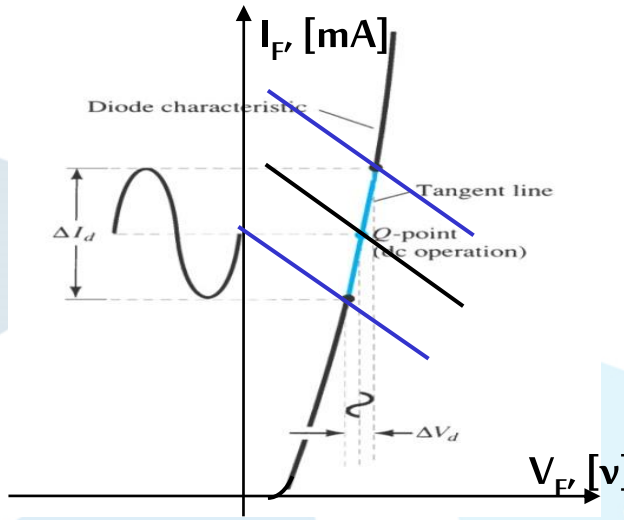
سلوك الثنائي P-N الحقيقي بالنسبة للإشارة المتناوبة

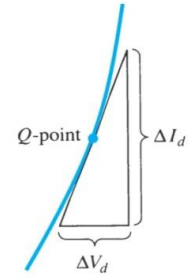
١- نحدد نقطة العمل للديود بواسطة جهد التغذية المستمر.

٢- نحدد المجال الديناميكي لتغيرات نقطة العمل الناتجة عن وضع منبع للجهد المتناوب.

-- ملاحظات





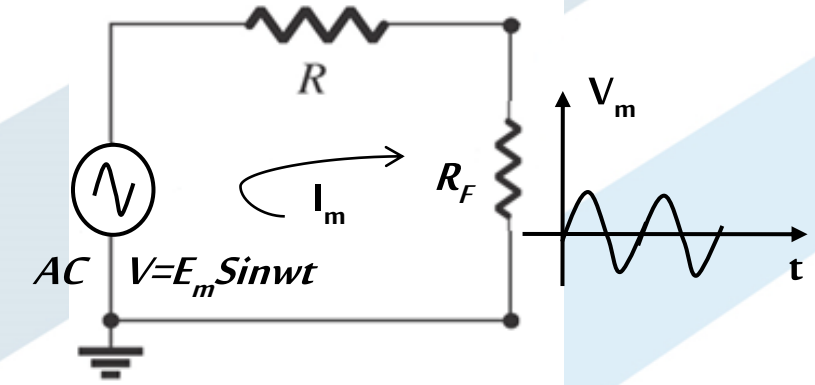


المقاومة الديناميكية:

$$R_d=\Delta V_d/\Delta I_d$$

٣- نحسب المقاومة الديناميكية للديود.

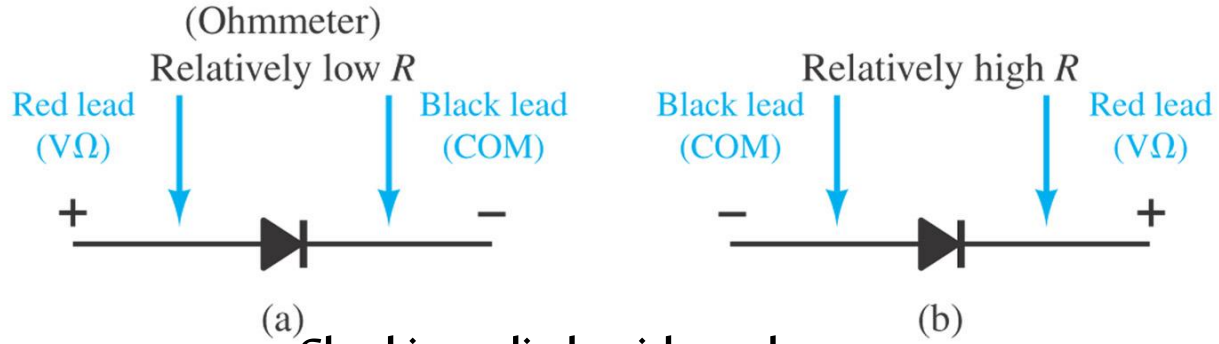
٤- نرسم الدارة المكافئة المتناوبة و نحسب كل من التيار و الجهد



التيار الأعظمي المار في الدارة يعطى بالعلاقة التالية: $I_{mmax}=E_m/(R+R_F)$

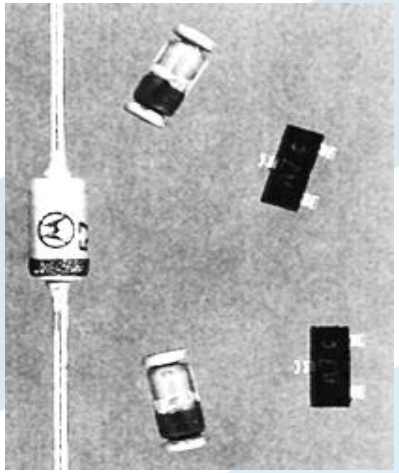
الجهد الأعظمي للديود في الدارة المكافئة يعطى بالعلاقة التالية: $V_{mmax}=R.E_m/(R+R_F)$

-- يتم قياس الديود بواسطة الافومتركما هو موضح بالشكل ويجب ان يقاس خارج الدارة ؟؟، تكون المقاومة الأمامية منخفضة جدا
آما العكسية فمرتفعة

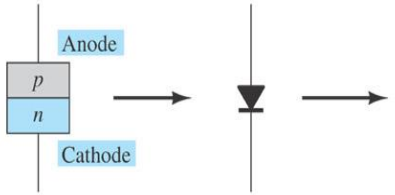


Checking a diode with an ohmmeter.

-- رمز الديود من الناحية العملية.



Various types of junction diodes.



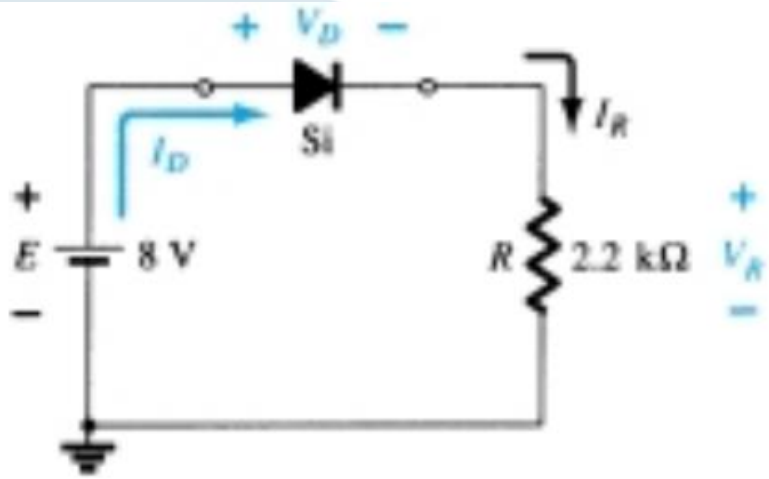
Semiconductor diode notation.

تمارين

١- حدد قيم كل من I_D, V_R, V_D وذلك لكل من التقريبين الاول والثاني

التقريب الاول: ؟؟؟؟ $V_D=0$, $I_D=V/R$ = ؟

التقريب الثاني:



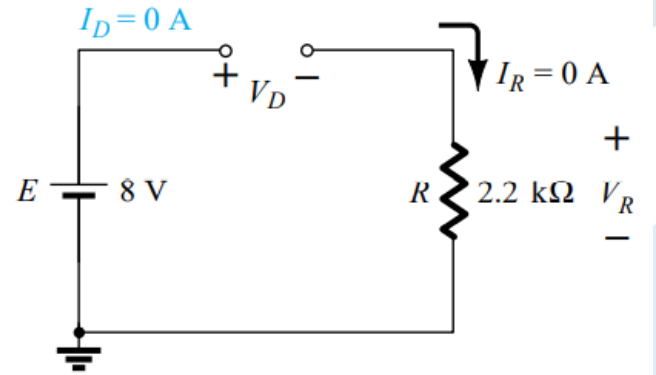
$$V_D = \mathbf{0.7\ V}$$

$$V_R = E - V_D = 8\ \text{V} - 0.7\ \text{V} = \mathbf{7.3\ V}$$

أو ممكن حساب التيار اولا:

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{7.3\ \text{V}}{2.2\ \text{k}\Omega} \cong \mathbf{3.32\ mA}$$

٢- حدد قيم كل من I_D, V_R, V_D وذلك لكل من التقريبين الاول والثاني في حالة الانحياز العكسي



$$E - V_D - V_R = 0$$

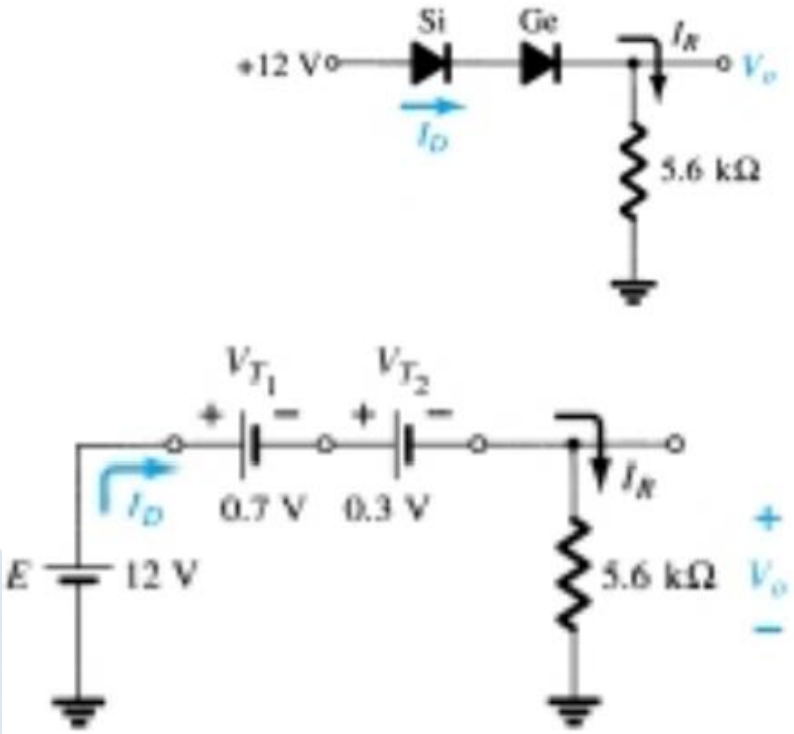
$$V_D = E - V_R = E - 0 = E = \mathbf{8\ V}$$

I_D =0 mA

تمرين

١- حدد قيم كل من V_D, V_o, I_D وذلك باعتبار الديود يتبع التقريب الثاني

Determine V_o and I_D for the series circuit

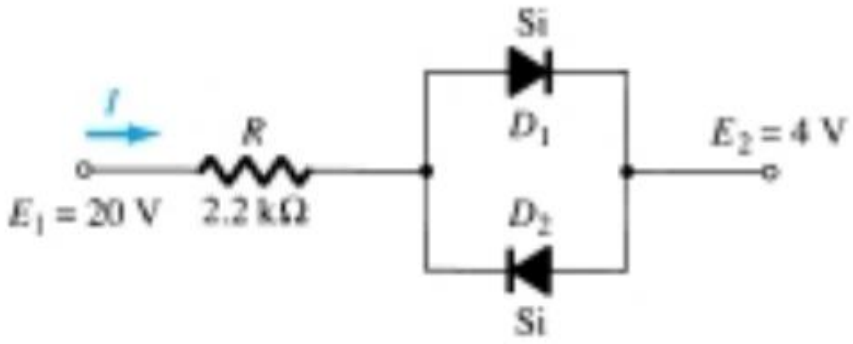


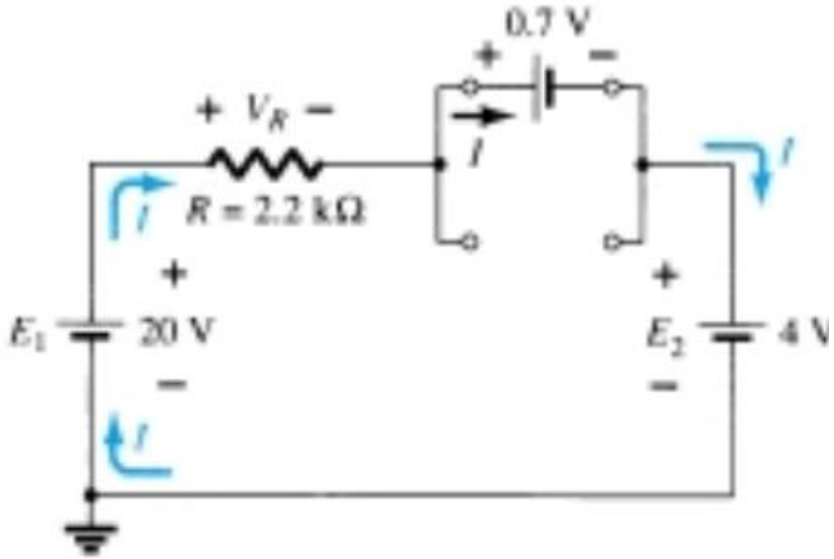
$$V_o = E - V_{T_1} - V_{T_2} = 12\ \text{V} - 0.7\ \text{V} - 0.3\ \text{V} = \mathbf{11\ V}$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R} = \frac{11\ \text{V}}{5.6\ \text{k}\Omega} \cong \mathbf{1.96\ mA}$$

تمرين

Determine the current *I* for the network





$$I = \frac{E_1 - E_2 - V_D}{R} = \frac{20\text{ V} - 4\text{ V} - 0.7\text{ V}}{2.2\text{ k}\Omega} \cong \mathbf{6.95\text{ mA}}$$

Diode Applications

تطبيقات الثنائي P-N

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 و كعنصر استقرار.

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.

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.

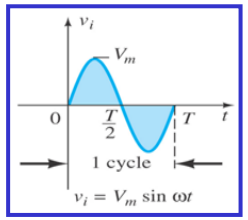
ثنائيات القص والتحديد Clippers Diodes

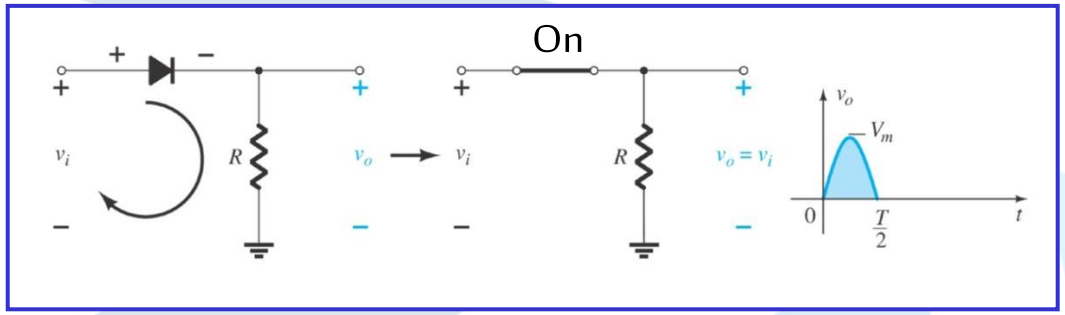
١- تحديد نصف موجة Half-Wave Clippers

-- تهدف عملية التحديد إلى قص جزء من إشارة دخل ما وذلك للحصول على إشارة خرج محددة لتطبيق ما أي $V_O=f(t)$.

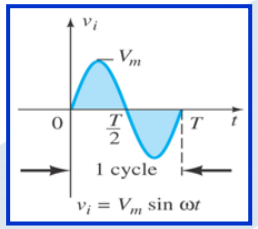
-- يمرر الديود فقط عند الانحياز الأمامي و بالتالي تمر نصف موجة التيار التي تحقق الوصلة الأمامية للثنائي هنا تعتبر الثنائيات تتبع التقريب الأول أو تعتبر مثالية، أما في الوصلة العكسية فلا يمرر.

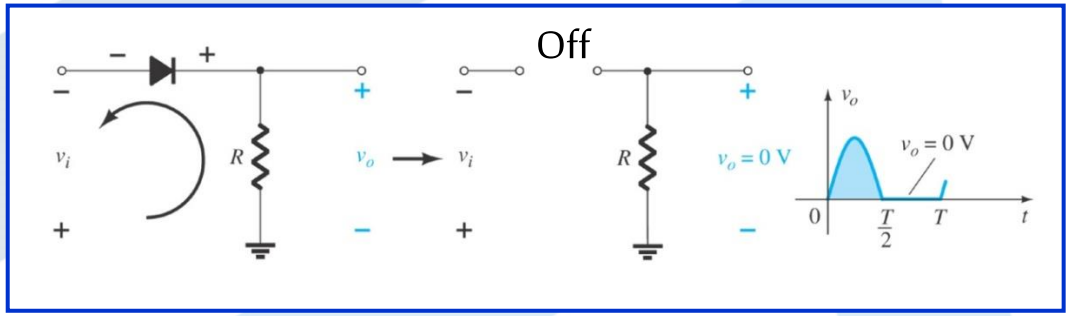
-- إيجاد العلاقة: $V_O=f(t)$ رسم شكل اشارة الخرج بعد تطبيق دخل متغير جيبي على الدارة في كل من النبضتين الموجبة والسالبة.





١- حالة النبضة الموجبة:

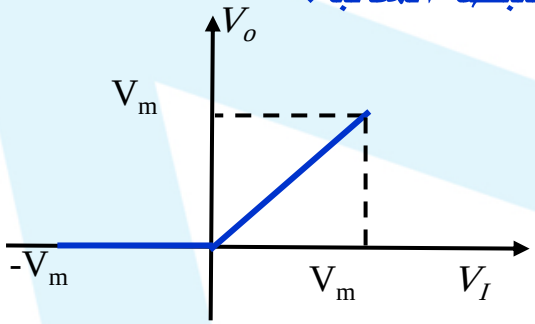




٢- حالة النبضة السالبة:

رسم مميزة الدارة أو ما يسمى استجابة الدارة وهي علاقة:

$V_O=f(V_i)$



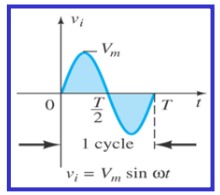
-- يمكن تطبيق هذه الدارة للحصول على التيار المستمر من دخل متناوب وتسمى الدارة في هذه الحالة بدارة التقويم وسندرسها لاحقاً.

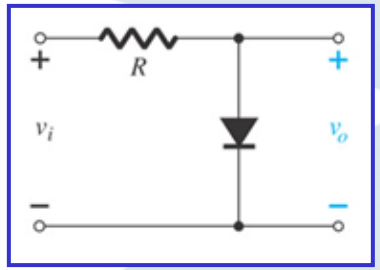
ثنائيات القص والتحديد Clippers Diodes

-- يصبح الثنائي مفتوح أو مغلق حسب قطبية إشارة الدخل وبالتالي نستعيض عنه بالعنصر المناسب وذلك حسب التقريب المطلوب إما مقاومة مع منبع جهد للحقيقي أو منبع جهد فقط للمبسط أو سلك للمثالي هنا نعتبرها مثالية.

-- يمرر الديود عند الانحياز الأمامي نستعيض عنه بسلك هذا يؤدي إلى أن الخرج يصبح معدوما، أما في الوصلة العكسية فلا يمرر الثنائي ونستعيض عنه بقاطع مفتوح إذا الخرج يصبح مساويا للدخل.

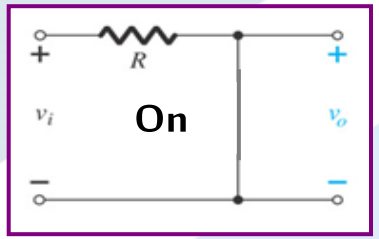
ثنائيات التحديد: ١- قص نصف الموجة الموجب.





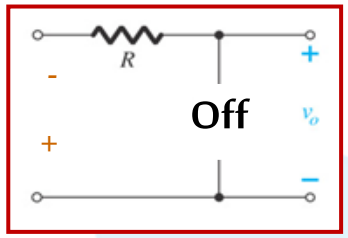
١- حالة النبضة الموجبة:

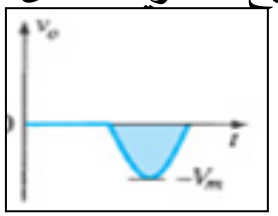
$D=on \Rightarrow V_o=0$



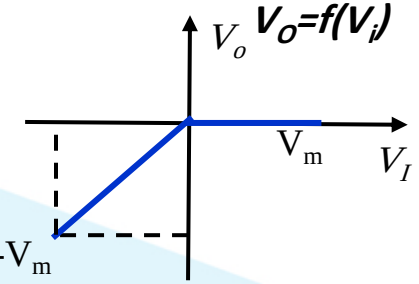
٢- حالة النبضة السالبة:

$D=off \Rightarrow V_o=V_i$

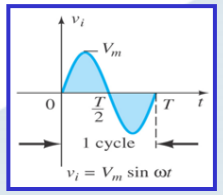


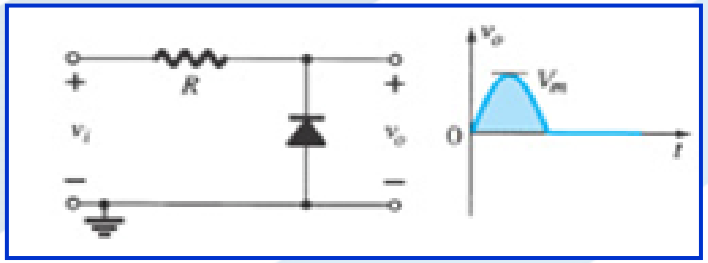


مميزة الدارة أو ما يسمى استجابة الدارة



ثنائيات التحديد: ٢- قص نصف الموجة السالب.





١- حالة النبضة الموجبة:

$D=off \Rightarrow V_o=V_i$

٢- حالة النبضة السالبة:

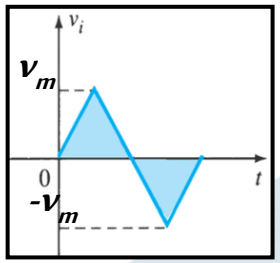
$D=on \Rightarrow V_o=0$

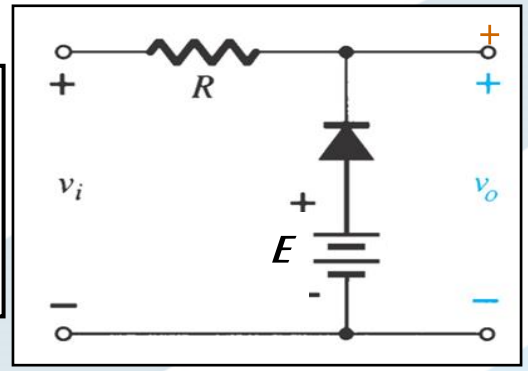
ملاحظة: في حال كان الديود حقيقي يستبدل بمقاومة و منبع جهد ويحسب جهد الخرج أما إذا استبدل بمنبع جهد فقط (المبسط) فالخرج في الحالة الأمامية يصبح مساويا للجهد العتبة الأمامي $V_o=V_\gamma$.

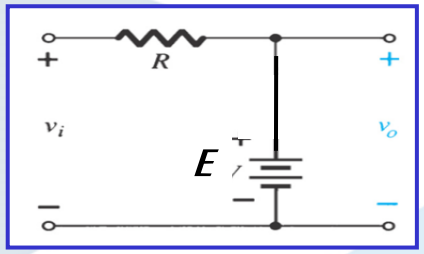
١- قص جزء من النبضة الموجبة والسالبة.

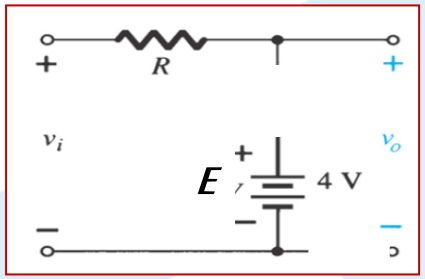
-- في الانحياز الأمامي و حتى يتم قص جزء من القسم الموجب أو السالب نضع منبع جهد مستمر E على التسلسل مع الديود وبالتالي عندما يكون الثنائي (المثالي) في حالة on نستعيض عنه بسلك ويصبح الخرج في هذه الحالة مساويا للجهد المستمر $V_o=E$ أو $V_o=E+V_\gamma$ إذا أخذنا التقريب الثاني للثنائي.

-- في الانحياز العكسي لا يمرر الديود يصبح off وبالتالي دارة مفتوحة إذا جهد الخرج يساوي جهد الدخل $V_o=V_i$.









١- حالة النبضة الموجبة:

نميز حالتين:

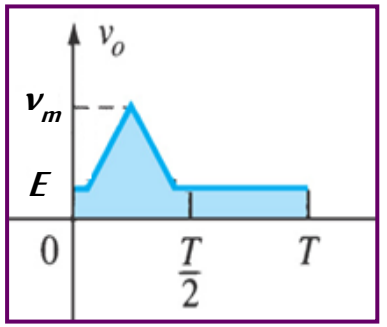
1- $V_i < E \Rightarrow D=on \Rightarrow V_o = E$

2- $V_i > E \Rightarrow D=off \Rightarrow V_o = V_i$

٢- حالة النبضة السالبة:

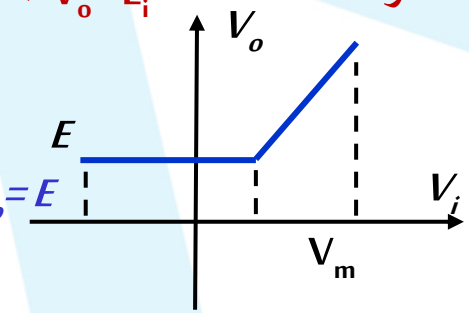
حالة واحدة:

1- $\Rightarrow D=on \Rightarrow V_o = E_i$



مميزة الدارة أو ما يسمى استجابة الدارة

$V_O=f(V_i)$

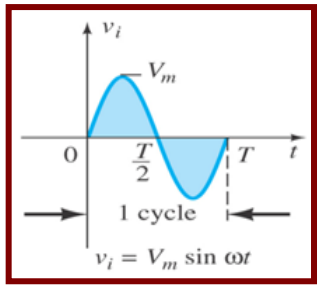


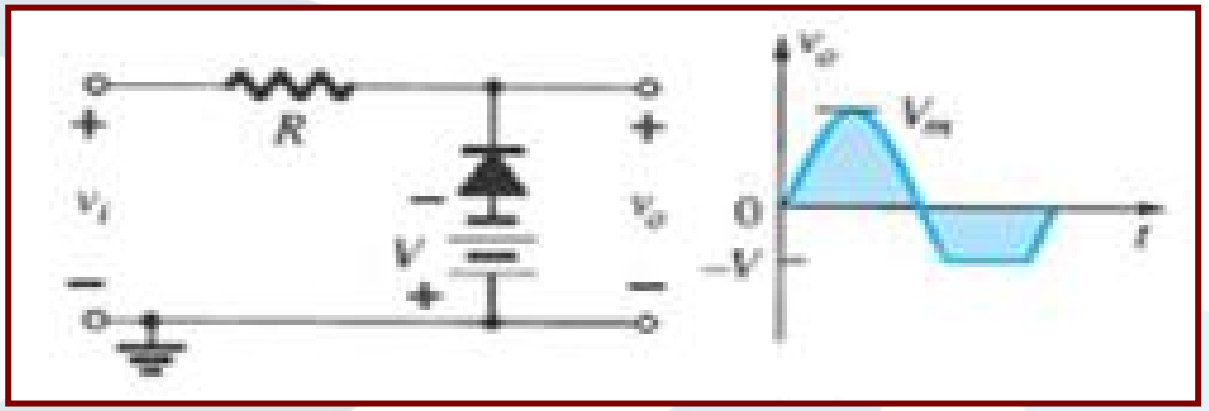
$V_o = V_i$ معادلة مستقيم تمثل منصف الربع الأول والثالث

$V_o = E$ معادلة مستقيم قيمة ثابتة، موازي لمحور الـ V_i.

١- قص جزء من النبضة الموجبة والسالبة.

٢- قص جزء من النبضة السالبة: يتم ذلك بعكس قطبية المنبع المستمر في الدارة.





-- القسم الموجب يجعل D=off دائما و بالتالي $V_o=V_i$

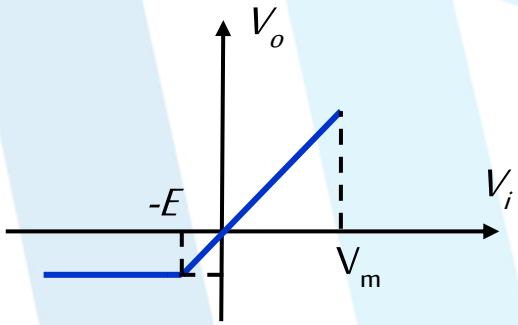
-- القسم السالب نميز حالتين:

1- $|V_i| < |V| \Rightarrow$ D=off $\Rightarrow V_o = V_i$

2- $|V_i| > |V| \Rightarrow$ D=on $\Rightarrow V_o = -V$

استنتاج مميزة الدارة أو استجابة الدارة

$V_O = f(V_i)$



$V_o = V_i$ معادلة مستقيم تمثل منصف الربع الأول والثالث

$V_o = -E$ معادلة مستقيم قيمة ثابتة، موازي لمحور الـ V_i.

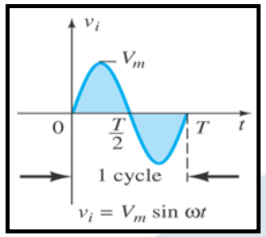
ثنائيات التحديد Clippers Diodes

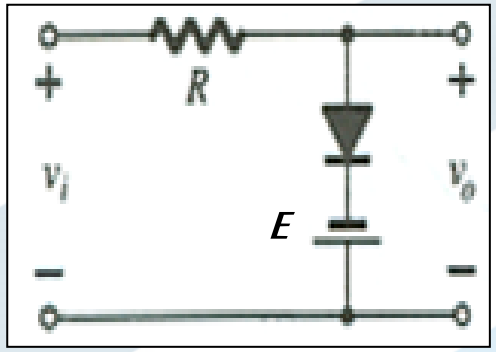
٣- قص جزء من النبضة السالبة وكامل النبضة الموجبة.

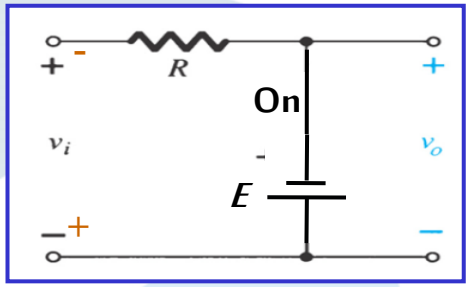
-- في هذه الحالة يتم عكس قطبية الثنائي ونناقش حالتي قطبية الجهد المستمر E.

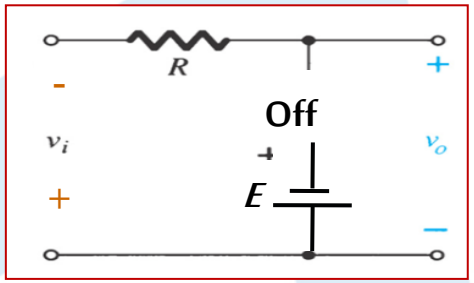
-- الانحياز الأمامي يكون الثنائي (المثالي) في حالة on نستعيض عنه بسلك ويصبح الخرج في هذه الحالة مساويا للجهد المستمر $V_o=E$ أو $V_o=E+V_\gamma$ إذا أخذنا التقريب الثاني للثنائي.

-- في الانحياز العكسي لا يمرر الديود يصبح off وبالتالي دارة مفتوحة إذا جهد الخرج يساوي جهد الدخل $V_o=V_i$.









١- حالة النبضة الموجبة:

حالة واحدة دائمة:

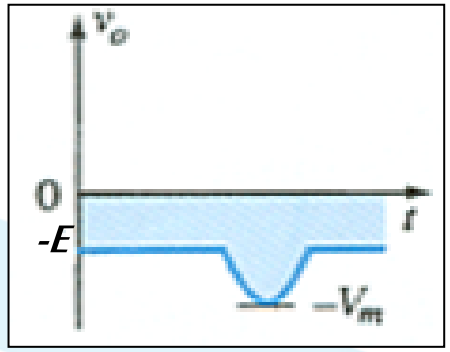
=> D=on => $V_o = E$

٢- حالة النبضة السالبة:

نميز حالتين:

1- $|V_i| < |E|$ => D=on => $V_o = -E$

2- $|V_i| > |E|$ => D=off => $V_o = V_i$



٣- قص جزء من النبضة الموجبة فقط.

٤- قص جزء من النبضة الموجبة يتم ذلك بعكس قطبية المنبع المستمر في الدارة.

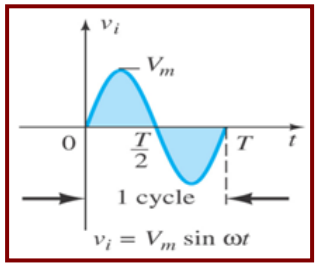
في القسم الموجب نميز حالتين:

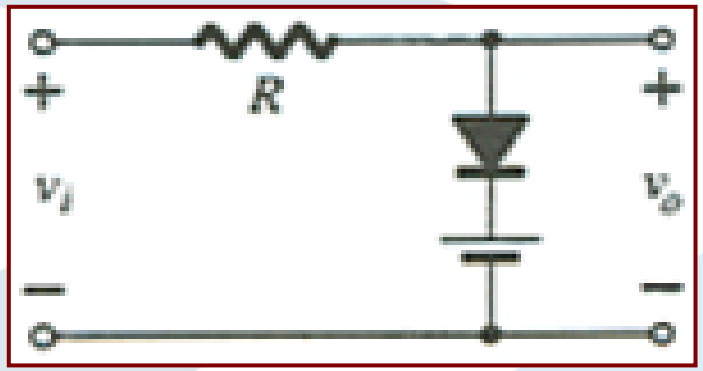
1- $V_i < E \Rightarrow D=off \Rightarrow V_o = V_i$

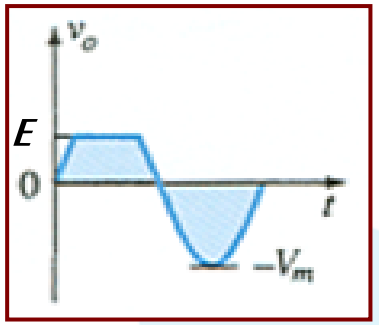
2- $V_i > E \Rightarrow D=on \Rightarrow V_o = E$

-- القسم السالب و E تجعل D=off دائما

وبالتالي $V_o = V_i$



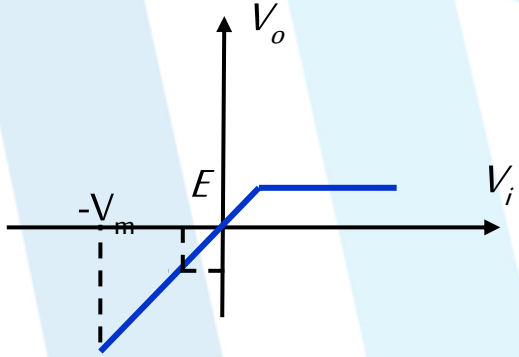




استنتاج مميزة الدارة أو استجابة الدارة

$V_O = f(V_i)$

$|V_o| = |V_i|$ معادلة مستقيم تمثل منصف الربع الأول والثالث

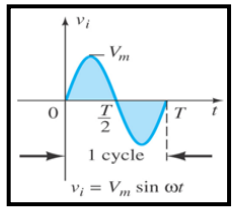


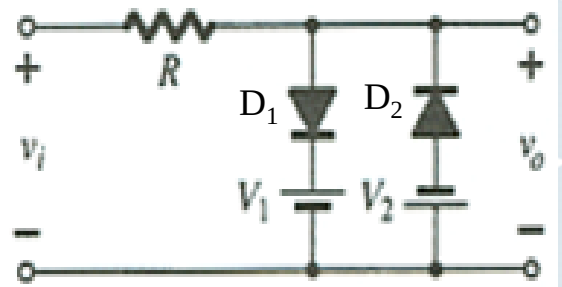
$V_o = E$ معادلة مستقيم قيمة ثابتة، موازي لمحور الـ V_i.

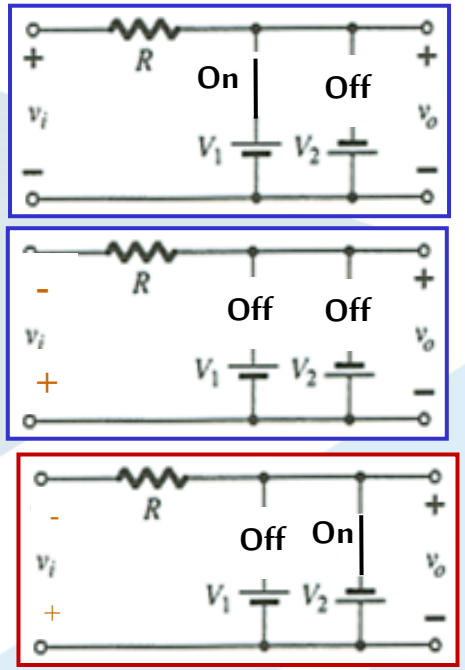
٤- قص جزء من النبضتين الموجبة والسالبة.

-- في هذه الحالة يتم وضع ثنائيين على التفرع ومتعاكسين في القطبية وفي كل فرع يوجد منبع للتيار المستمر بقطبية معينة وبقيمة مختلفة.

-- نناقش في هذه الحالة كل من الثنائيين على حدى.







١- حالة النبضة الموجبة لدينا:

$V_i > 0 \Rightarrow D_2 = off$ دائما

$V_i < V_1 \Rightarrow D_1 = off, D_2 = off \Rightarrow V_o = V_i$

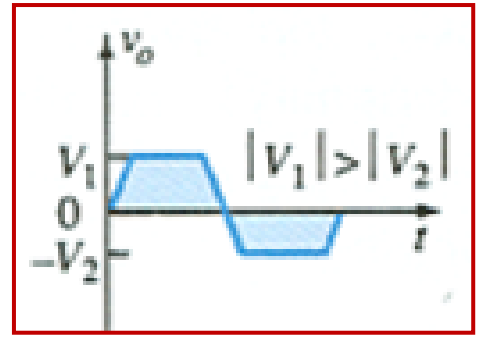
$V_i > V_1 \Rightarrow D_1 = on, D_2 = off \Rightarrow V_o = V_1$

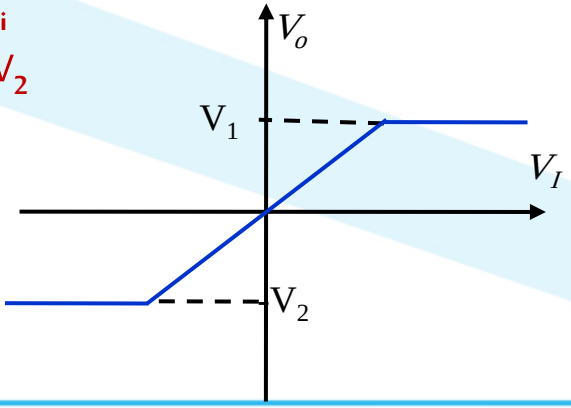
٢- حالة النبضة السالبة لدينا :

$V_i < 0 \Rightarrow D_1 = off$ دائما

$|V_i| < |V_2| \Rightarrow D_1 = off \ \& \ D_2 = off \Rightarrow V_o = V_i$

$|V_i| > |V_2| \Rightarrow D_1 = off \ \& \ D_2 = on \Rightarrow V_o = -V_2$





رسم علاقة جهد الخرج مع جهد الدخل $V_o = F(V_i)$ ويجب رسمها لكل الدارات السابقة.