أسس الالكترونيات
Basic-Electronics

مدرس المقرر
د. السموءل صالح

المحاضرة الثانية

الفصل الدراسي الاول

المقاومة في المتصل P-N

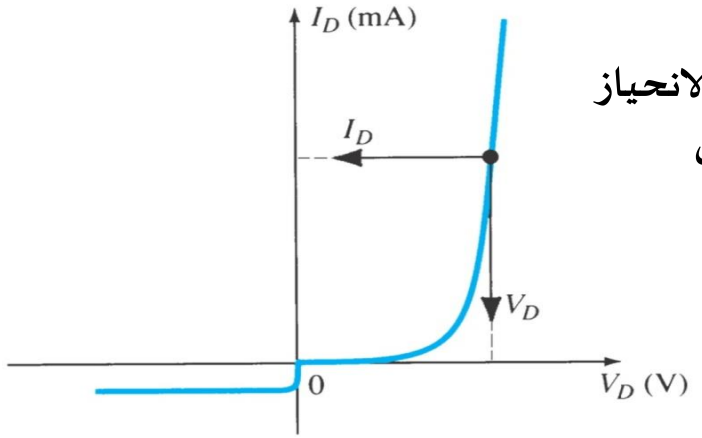
١- المقاومة الستاتكية Dc or Static Resistance

-- من اجل نقطة عمل محددة على المميزة الأمامية للديود، لدينا قيمة معينة لجهد الديود وأخرى للتيار إذا المقاومة تعطى بالعلاقة:

$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$

-- بتغير النقطة تتغير قيمة هذه المقاومة إلا في مجال التغيرات الخطية للمميزة، حيث تبقى ثابتة وهذا يدفعنا لاختيار مجال عمل الديود في المنطقة الخطية.

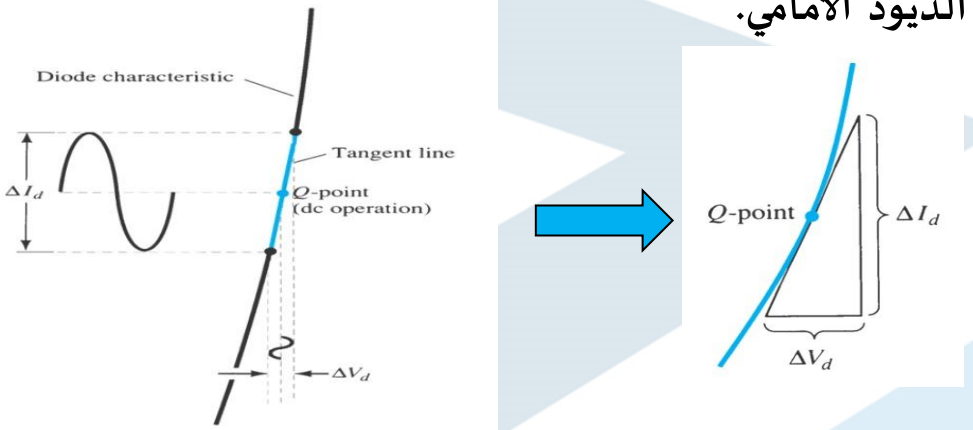
-- تؤخذ المقاومة العكسية عند الانحياز العكسي بنفس الطريقة وتكون ذات قيمة كبيرة جدا.



Diode Resistances

٢- المقاومة الديناميكية Ac or Dynamic Resistance

-- هي المقاومة التي يبديها الديود بالنسبة لتيار متناوب، لدينا تغيرات في التيار المتناوب حول نقطة العمل (في المنطقة الخطية) يقابله تغيرات في جهد الديود الأمامي.



-- تعطى في المميزة الامامية بالعلاقة:

$$r_d = \frac{dV_d}{dI_d} = \frac{26\,[mV]}{I_D} + r_B$$

r_B: تأخذ قيمها بدأ من 0.1Ω من اجل الأجهزة ذات الاستطاعة العالية حتى $2\,\Omega$ من أجل أجهزة الاستطاعة المنخفضة.

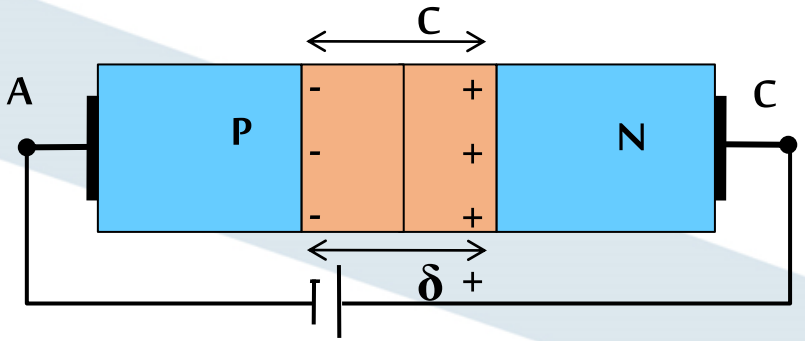
-- في المميزة العكسية تكون ذات قيمة لانهائية $r_d = \infty$ لان $D=off$.

الأثر السعوي للمتصل Diode Capacitance

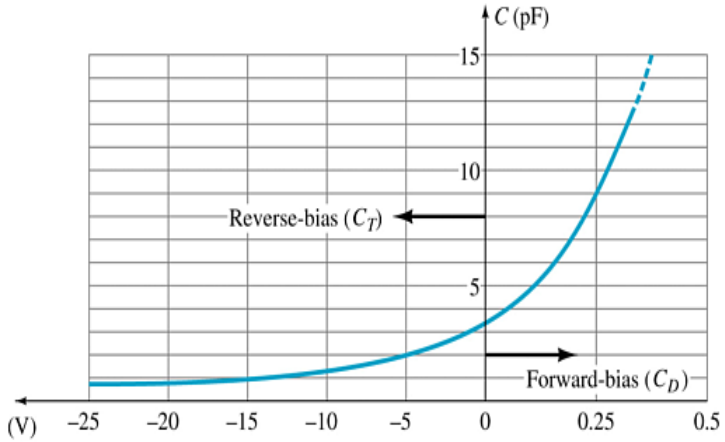
-- في حالة الانحياز العكسية: تعتبر منطقة الشحنة الفراغية (الخالية من الشحن) عبارة عن منطقة عازلة بين لبوسين ناقلين وهذا يؤدي إلى اعتبار أن الديود يسلك سلوك المكثف ويرمز لها C_T وتحسب سعتها بالقوانين المعروفة.

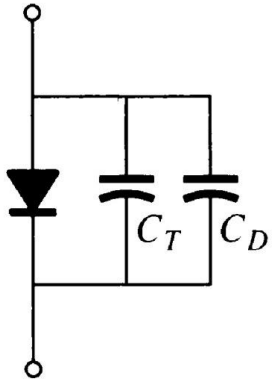
$$C_T = \frac{\varepsilon A}{\delta}$$

-- في الحالة الأمامية: تتكون سعة تسمى بسعة الانتشار ويرمز لها بـ C_D وتزداد بزيادة الجهد الأمامي حتى نصل لجهد العتبة ويفتح الديود.



-- تتعلق قيمة المكثف بنوع المادة العازلة ودرجة الإشابة وبقيمة الجهد العكسي المطبق وبالتالي تحدد هذه السعة من خلال التغيرات الحاصلة في كمية الشحنة المخزنة الناتجة عن تغيرات الجهد العكسي.





$$C_D = \frac{dQ}{dV_R}$$

انهيار المتصل P-N Diode Avalanche

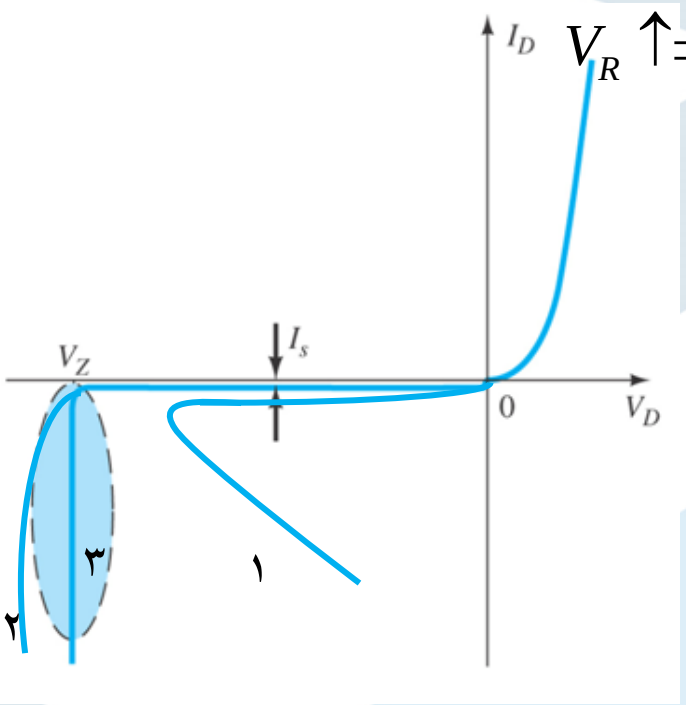
تعريف: الانهيار هو الزيادة المفاجئة في التيار في الاتجاه العكسي للمميزة وله نوعان:

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.

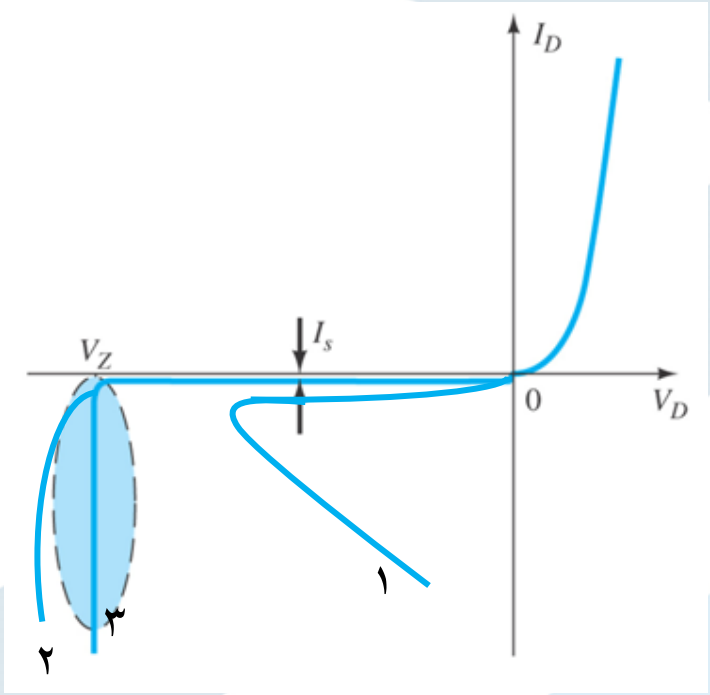
$$V_R \uparrow \Rightarrow E_J \uparrow \Rightarrow Energy\,e\,\&\,h \uparrow \Rightarrow Break\,bonding$$
$$\Rightarrow e\,\&\,h\ free \Rightarrow I_D \uparrow\uparrow$$

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.



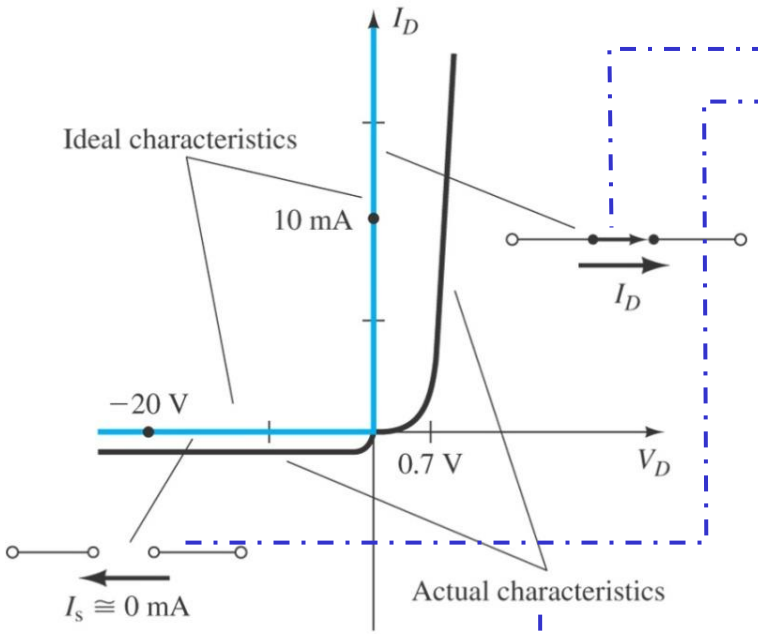
الجهد العكسي يزداد => المسافة الفاصلة بين حزمة التكافؤ والنقل يصغر=>
يتحرر إلكترون تحت طاقة اقل وينتقل بسرعة إلى حزمة النقل عبر نفق الحزمة الممنوعة.

-- 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: $P_{D\,max} = V_D I_D$.

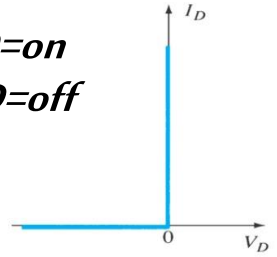
الدارة المكافئة للثنائي P-N Equivalant circuits

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

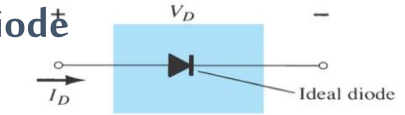


سلك ,R_D=0 D=on

فتح ,R_D= ∞ D=off

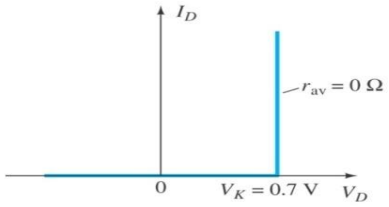


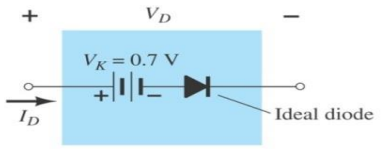
Ideal diode



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.

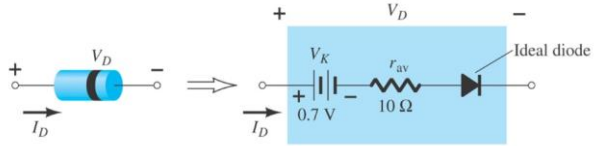




٣- التقريب الثالث: عبارة عن ديود حقيقي مع منبع تغذية مستمر يمثل جهد العتبة يختلف حسب نوع المادة نصف الناقلة Si=0.7, Ge=0.3. و مقاومة امامية او عكسية حسب الوصلة.

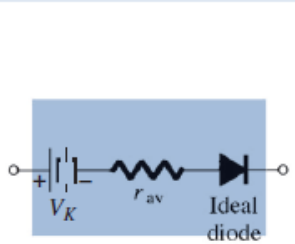
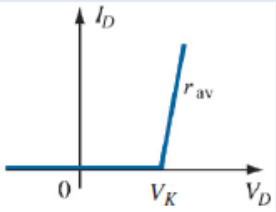
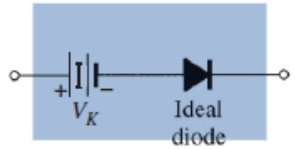
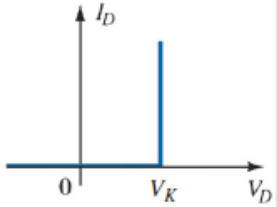
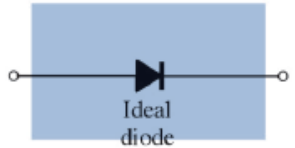
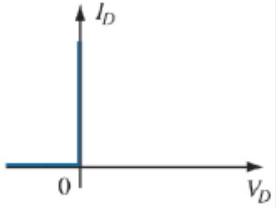
Ideal versus actual semiconductor characteristics.

Real diode



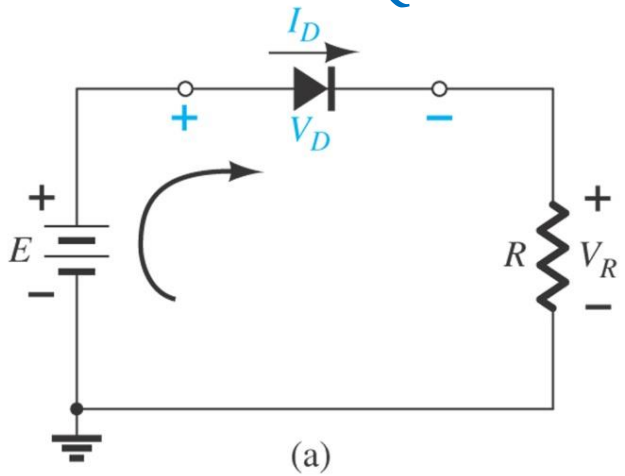
Equivalant circuits الدارة المكافئة للثنائي P-N

Diode Equivalent Circuits (Models)

Type	Conditions	Model	Characteristics
Piecewise-linear model			
Simplified model	$R_{network} \gg r_{av}$		
Ideal device	$R_{network} \gg r_{av}$ $E_{network} \gg V_K$		

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

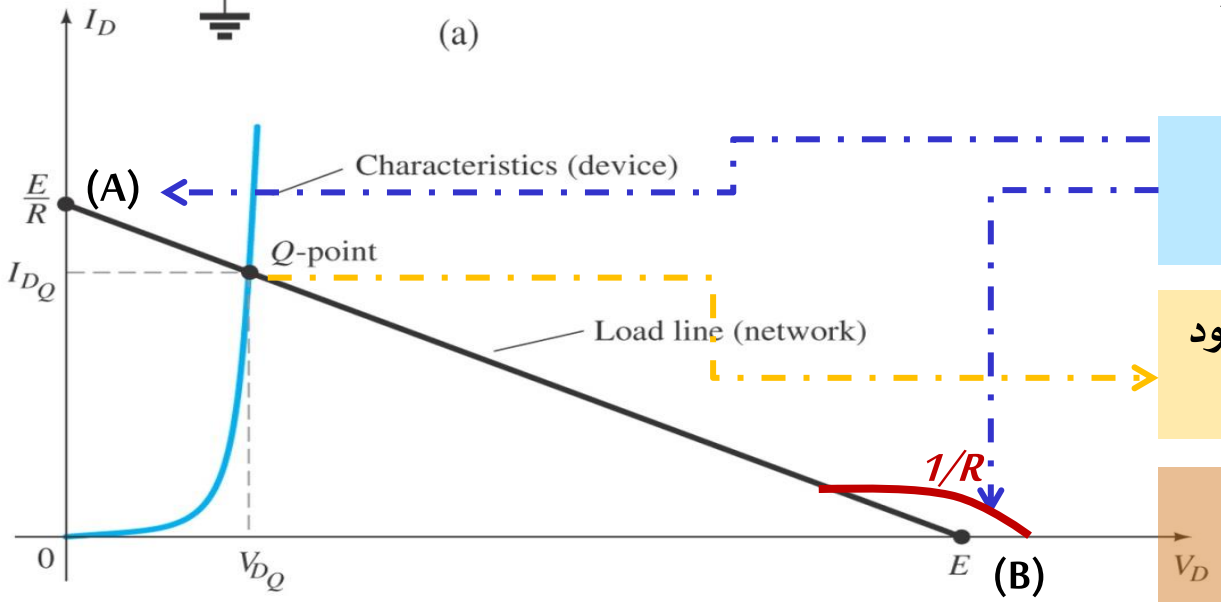
Silicon Diode: V_D =0.7V ,Germanium Diode: V_D =0.3V

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

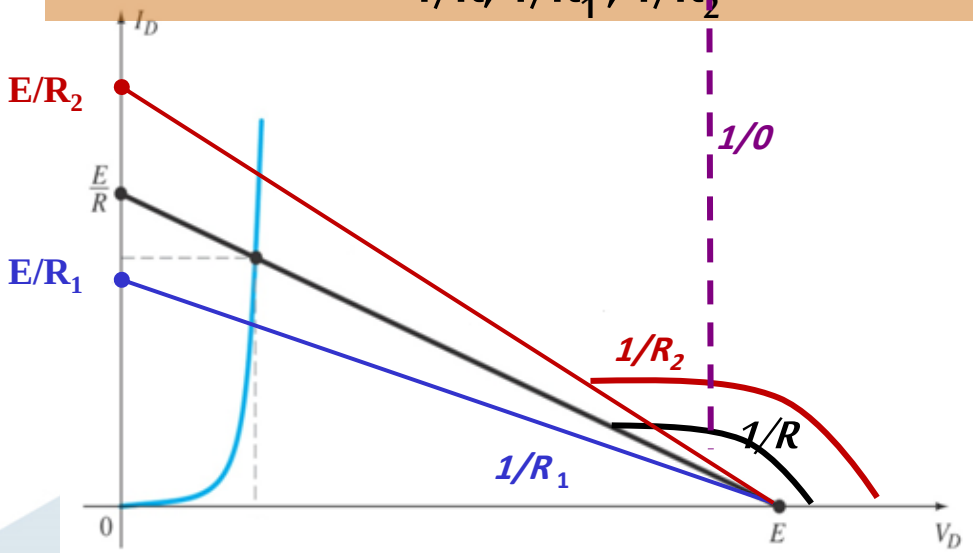
تحليل معادلة خط الحمل الساكن للثنائي P-N

$E=V_D+I_DR$

١- معادلة الوصلة للانحياز الأمامي للديود تعطى بـ:

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

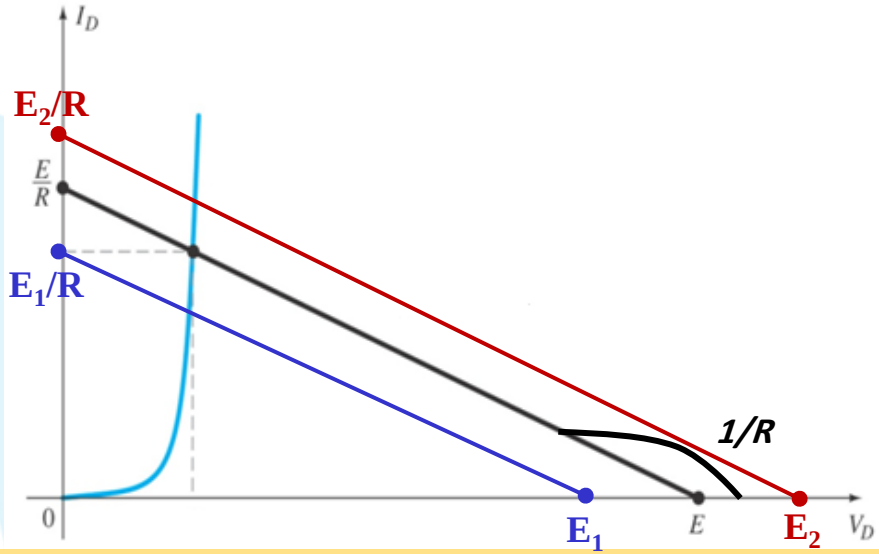
1/R, $1/R_1$, $1/R_2$



-- 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

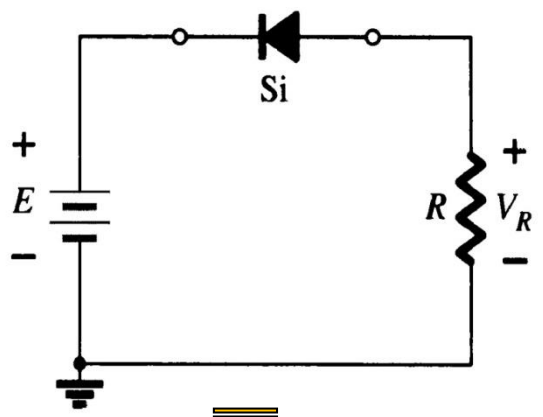
Analysis :

ة مع مقاومة عكسية كبيرة إذا كان الديود حقيقي

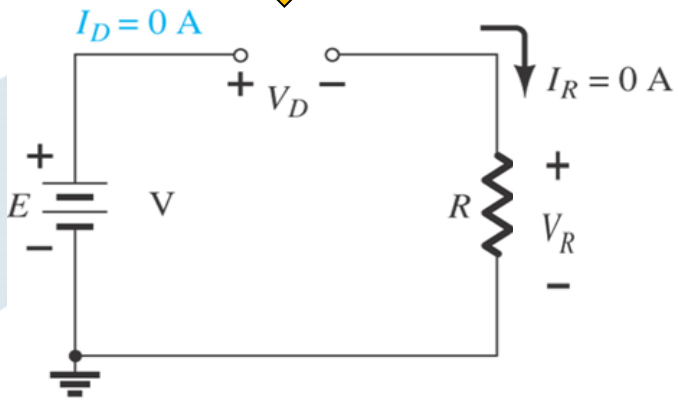
Equation — $E=V_R+I_RR$ =>

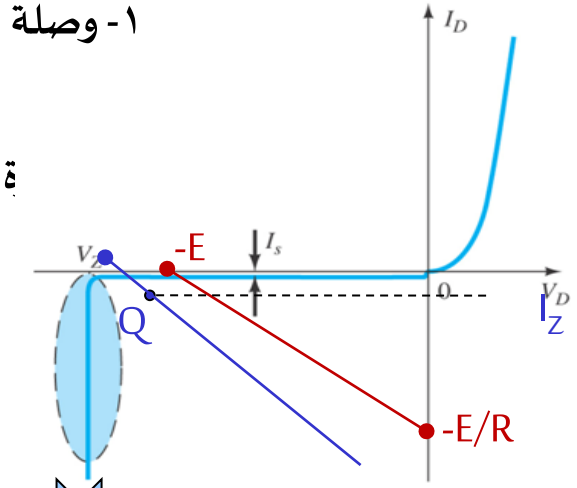
1- $V_R= 0V$ => $I_R= -E/R$ => Point A (0, -E/R)

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

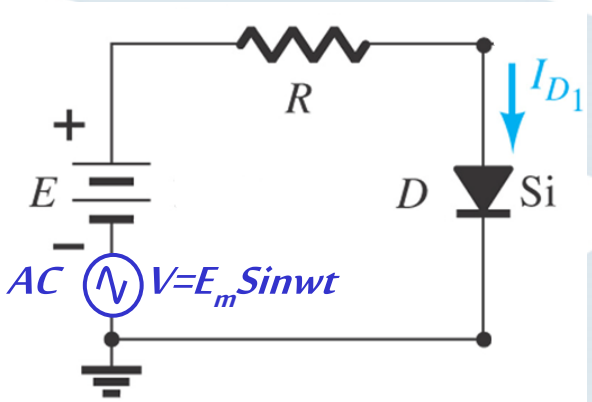
=> $V_D = E$; $V_R = 0$ V , $I_D = 0$ A

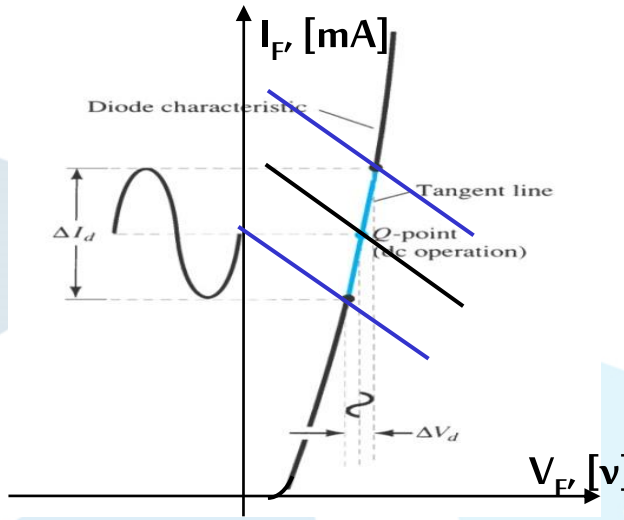
سلوك الثنائي P-N الحقيقي بالنسبة للإشارة المتناوبة

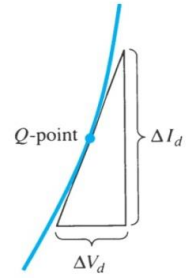
١- نحدد نقطة العمل للديود بواسطة جهد التغذية المستمر.

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

-- ملاحظات







المقاومة الديناميكية:

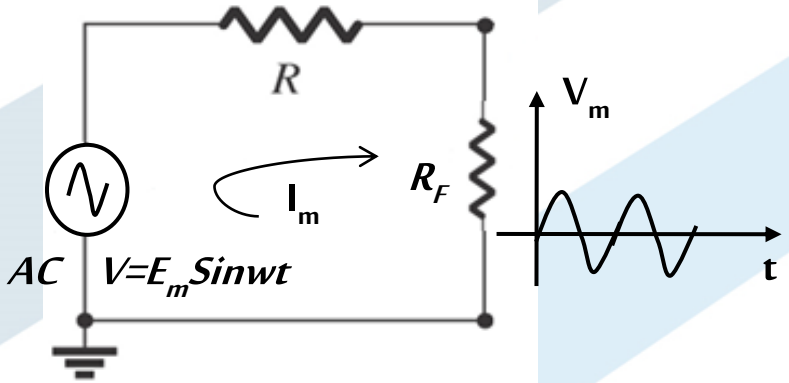
$$R_d=\Delta V_d/\Delta I_d$$

٣- نحسب المقاومة الديناميكية للديود.

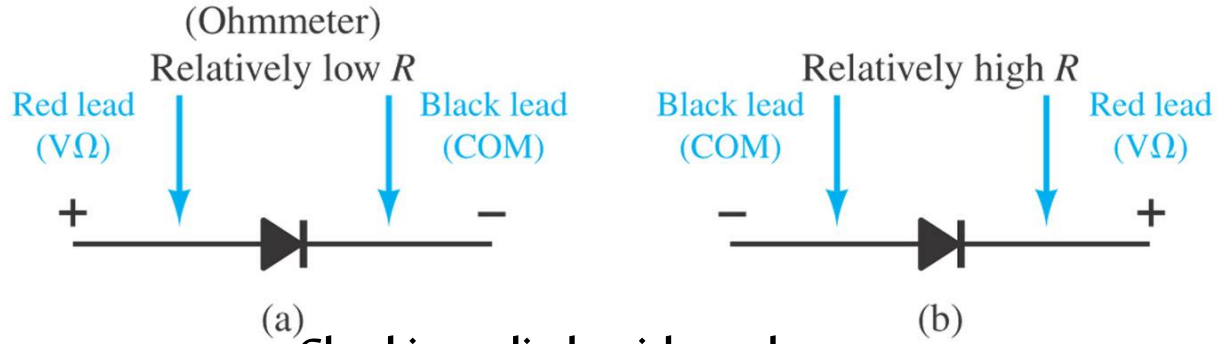
٤- نرسم الدارة المكافئة المتناوبة و نحسب كل من التيار و الجهد

التيارالأعظمي المارفي الدارة يعطى بالعلاقة التالية: $I_{mmax}=E_m/(R+R_F)$

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

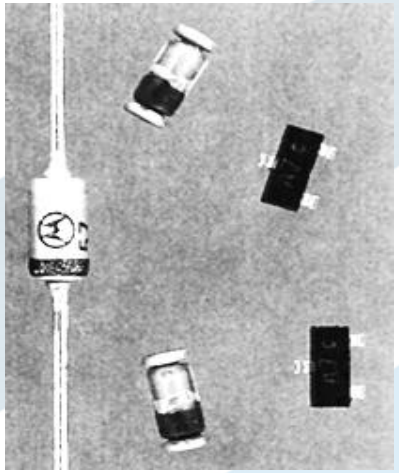


-- يتم قياس الديود بواسطة الافومتركما هو موضح بالشكل ويجب ان يقاس خارج الدارة ؟؟، تكون المقاومة الأمامية منخفضة جدا
آما العكسية فمرتفعة

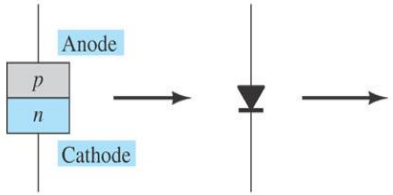


Checking a diode with an ohmmeter.

-- رمز الديود من الناحية العملية.



Various types of junction diodes.



Semiconductor diode notation.

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

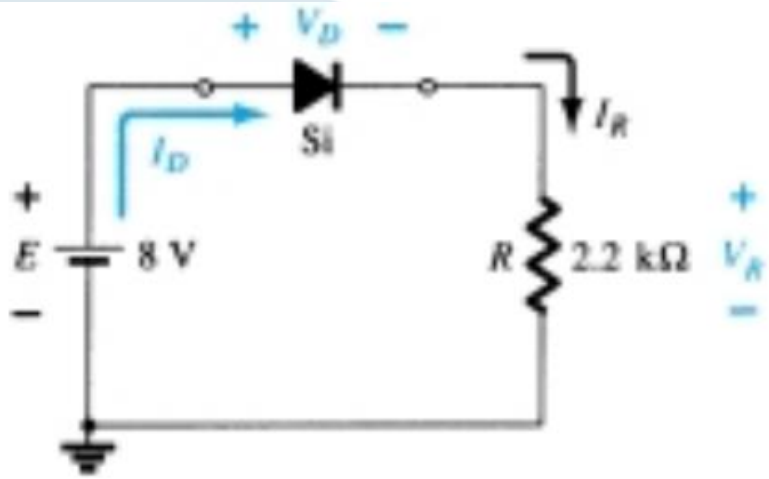
تنتمي لعناصر المقاومة السالبة، الثنائي هنا ذو إشابة متوسطة.

تمرين

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:



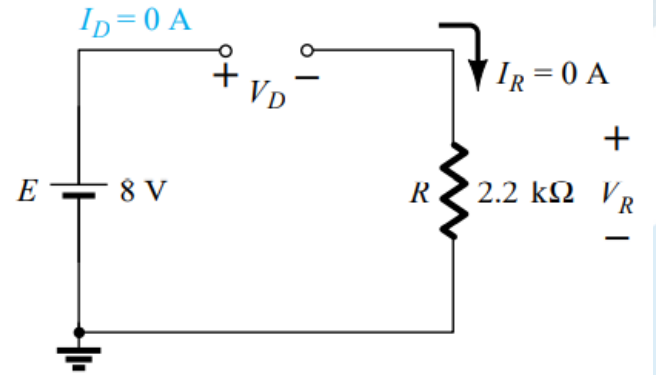
$$V_D = \mathbf{0.7\ V}$$

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

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



$$E - V_D - V_R = 0$$

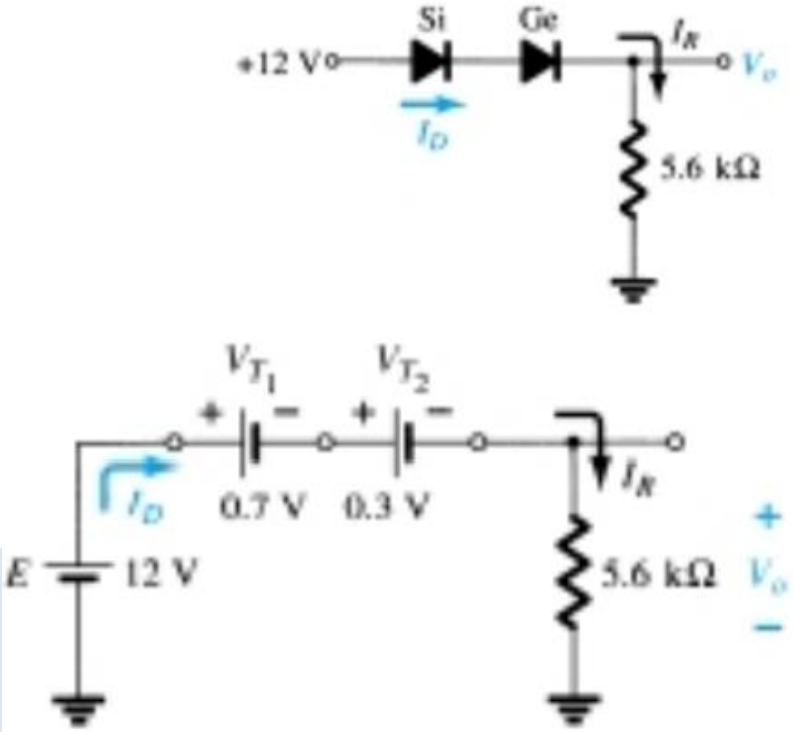
$$V_D = E - V_R = E - 0 = E = \mathbf{8\ V}$$

I_D =0 mA

تمرين

Determine V_o and I_D for the series circuit

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

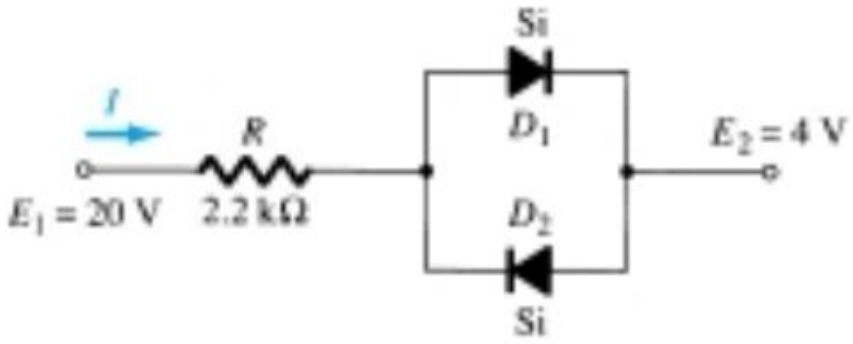


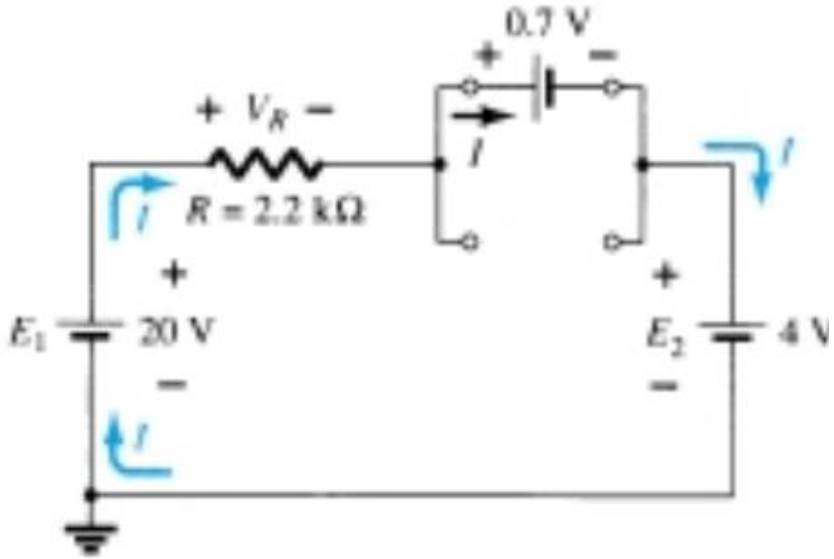
$$V_o = E - V_{T_1} - V_{T_2} = 12\text{ V} - 0.7\text{ V} - 0.3\text{ V} = \mathbf{11\text{ V}}$$

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

تمرين

Determine the current *I* for the network





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