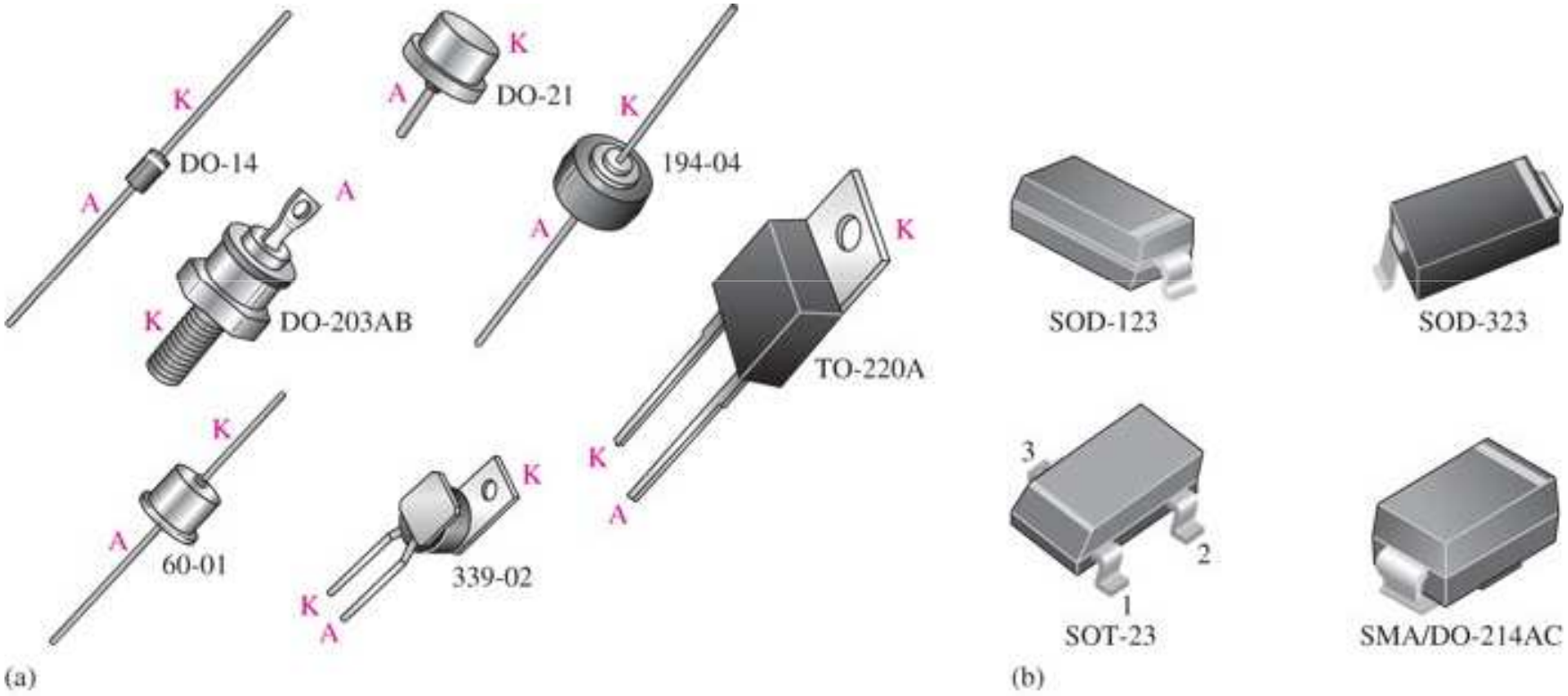
# Semiconductor Diodes

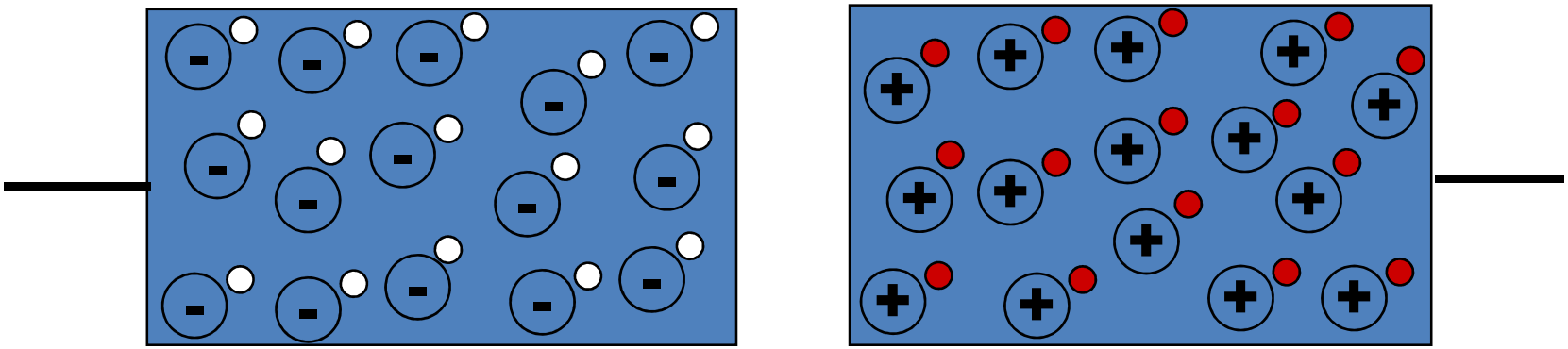


# Semiconductor Diodes

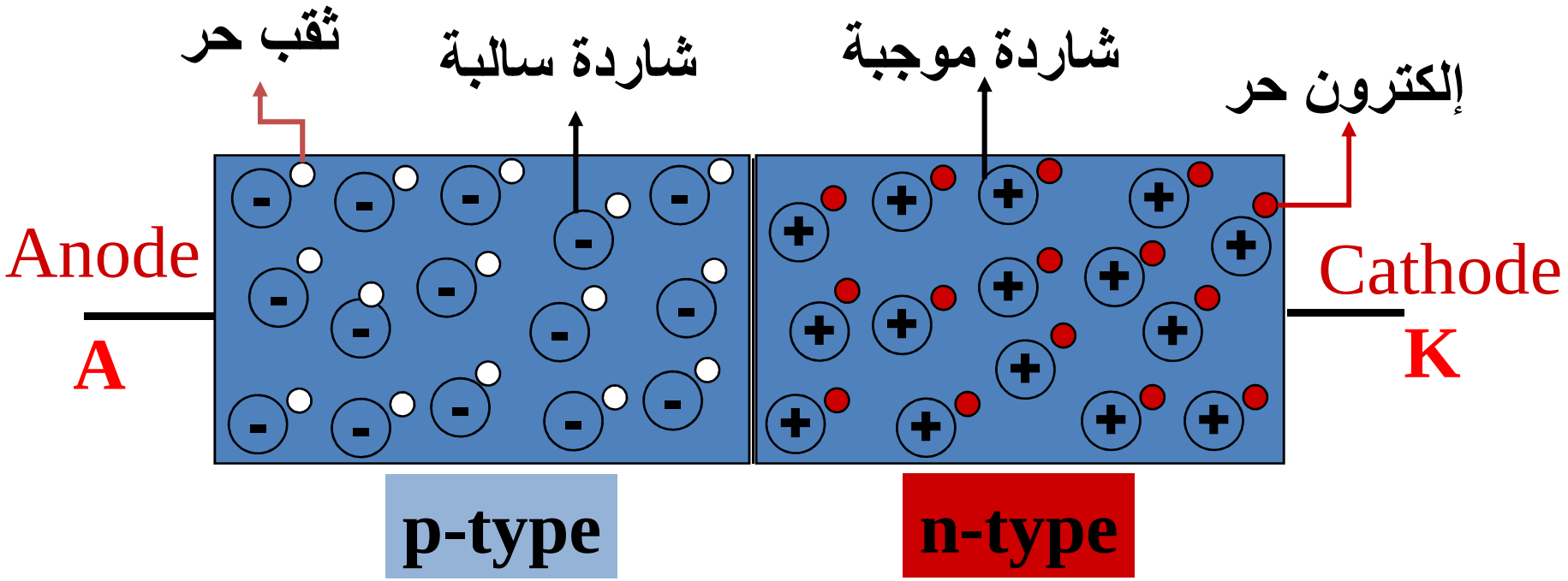
## 1. مقدمـة:

الغاية من هذا الفصل التعرف على الثنائي نصف الناقل من حيث بنيته الداخلية، استخداماته، ودارته المكافئة

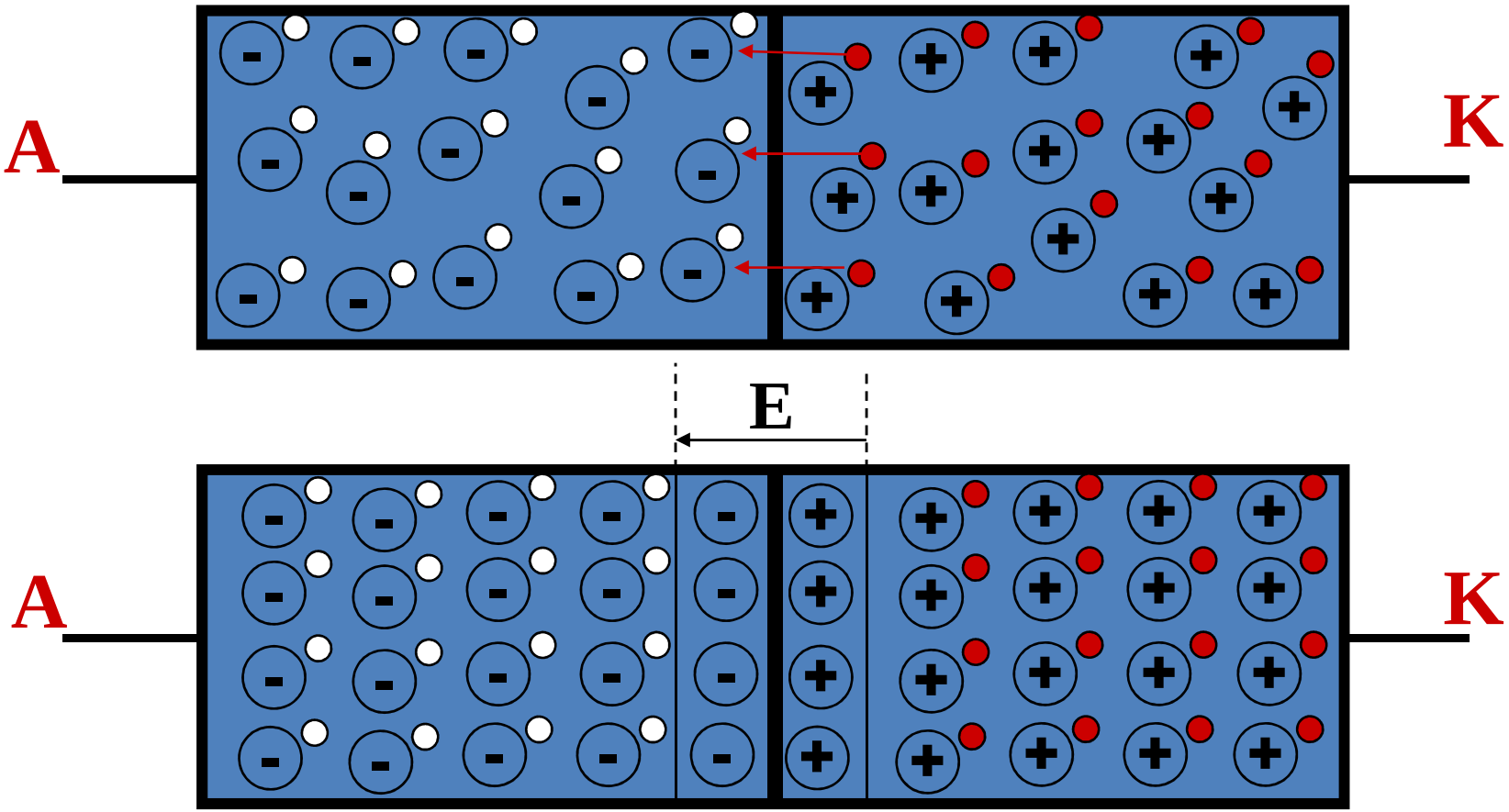
## 2. النظرية النوعية لوصلة P-N:



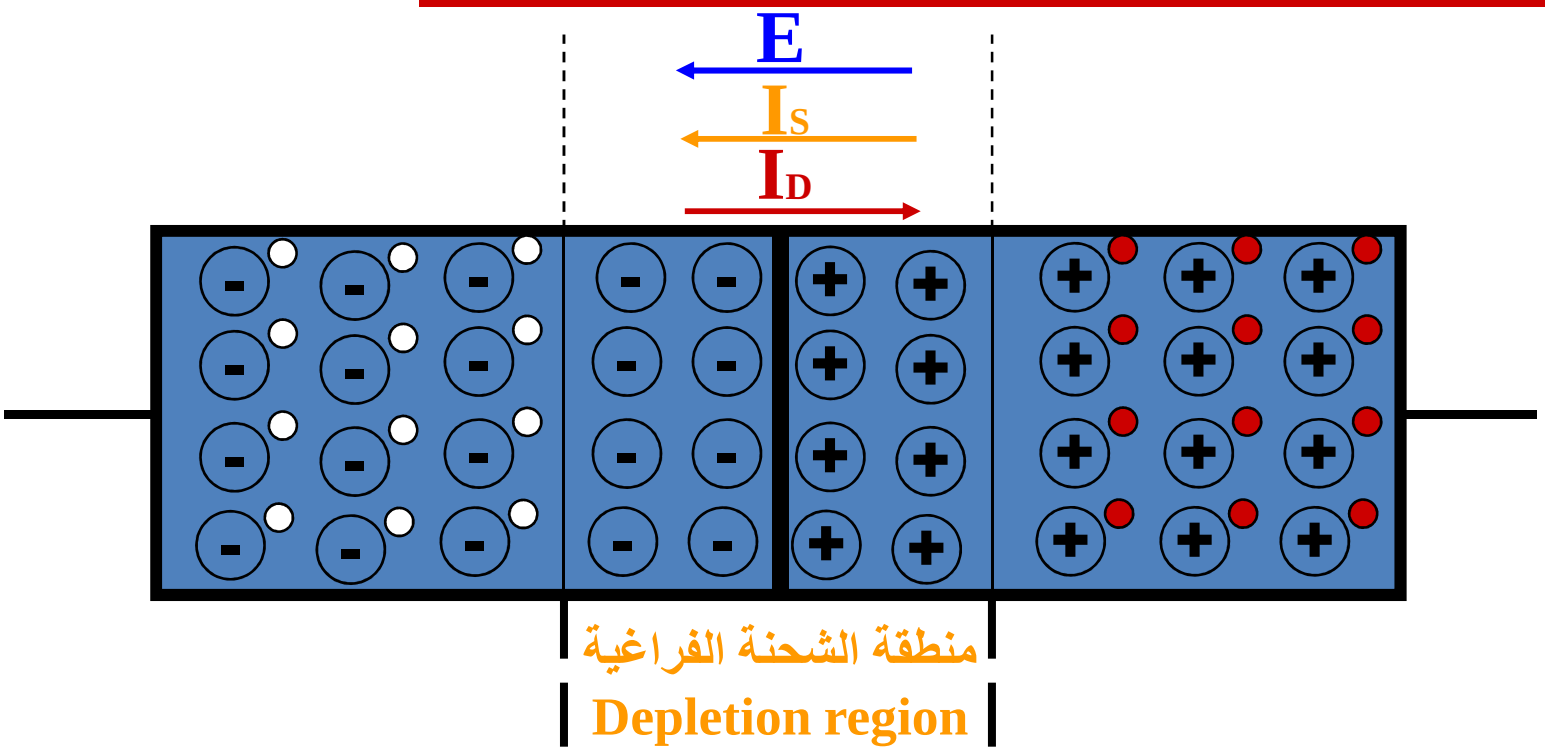
# Semiconductor Diodes



# Semiconductor Diodes



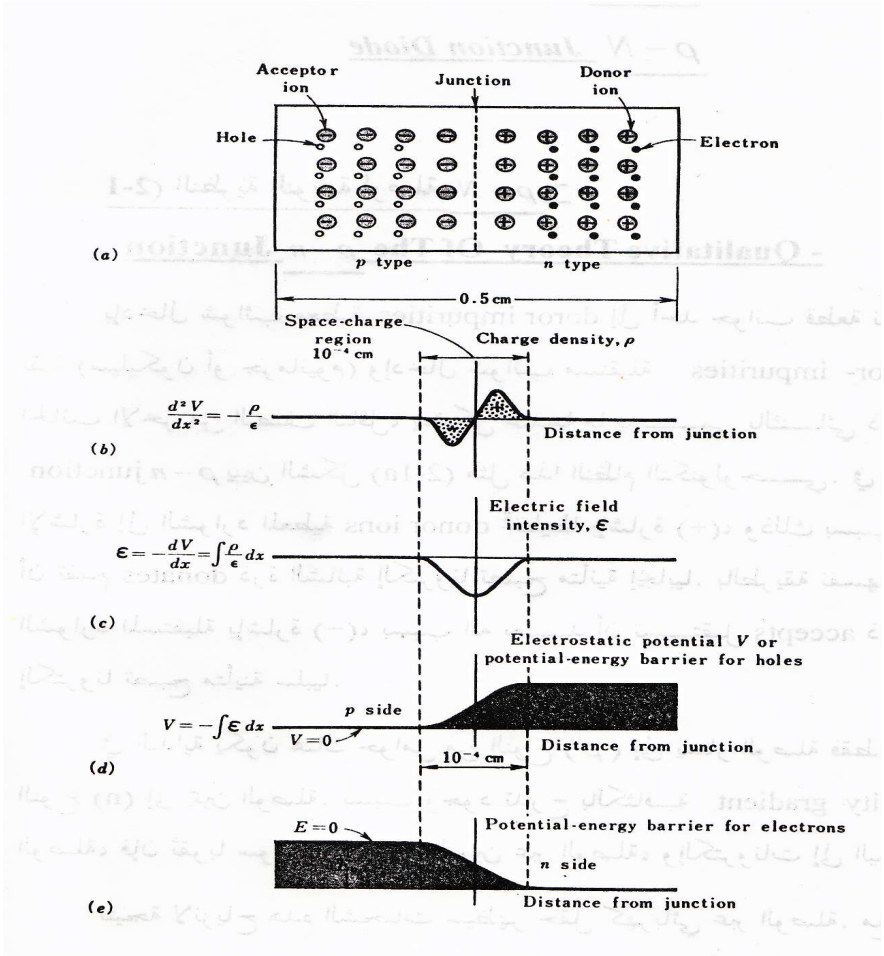
# Semiconductor Diodes




**$I_D$: تيار الانتشار أو تيار حوامل الأكثرية في كلا الجانبين**

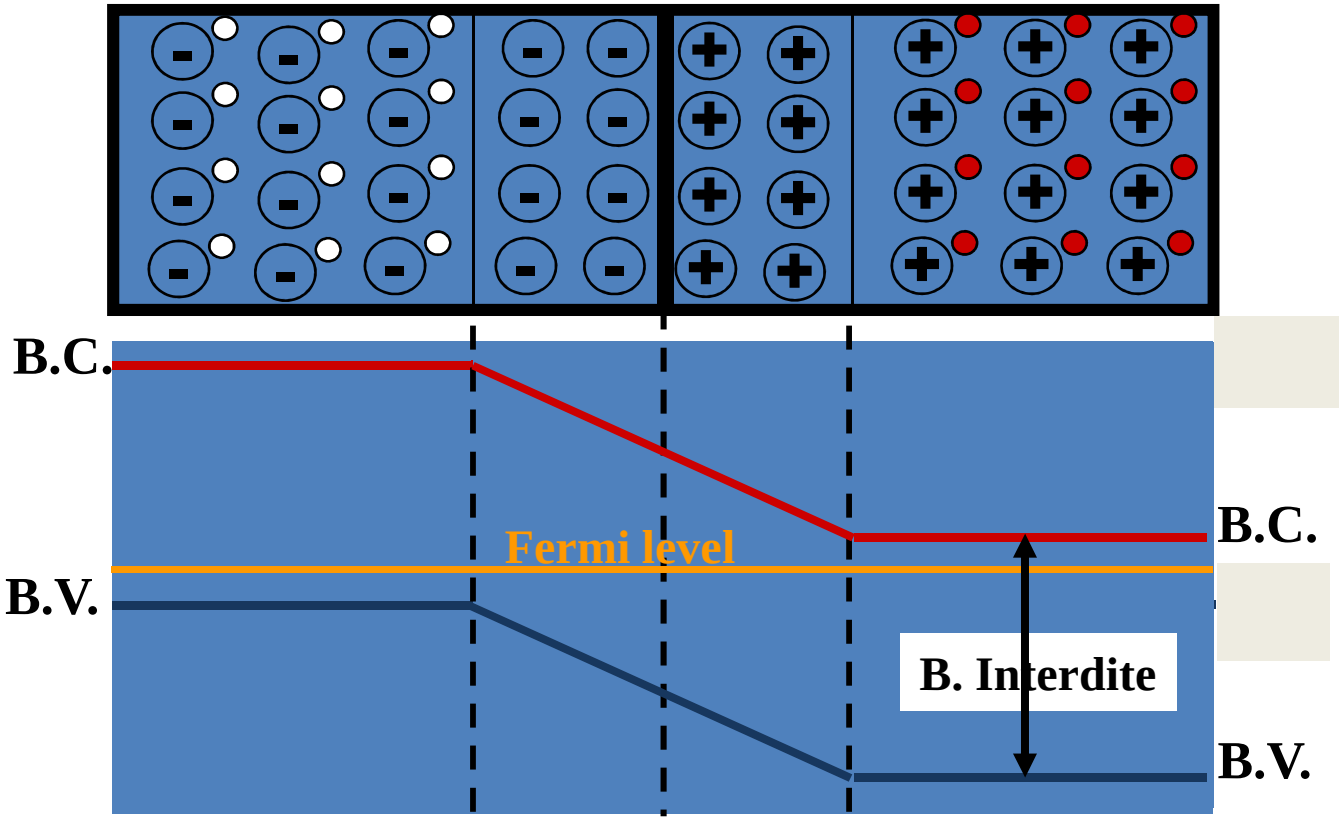
**$I_S$: تيار الإشباع أو تيار حوامل الأقلية في كلا الجانبين**

# Semiconductor Diodes

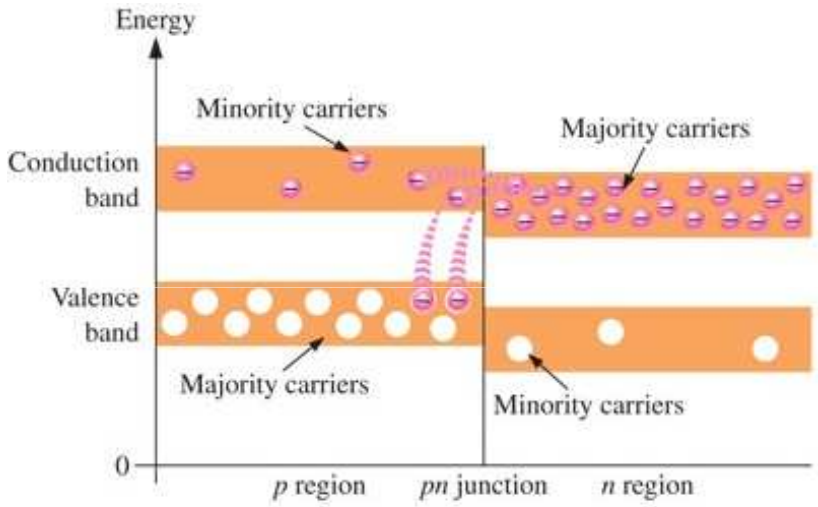


# Semiconductor Diodes

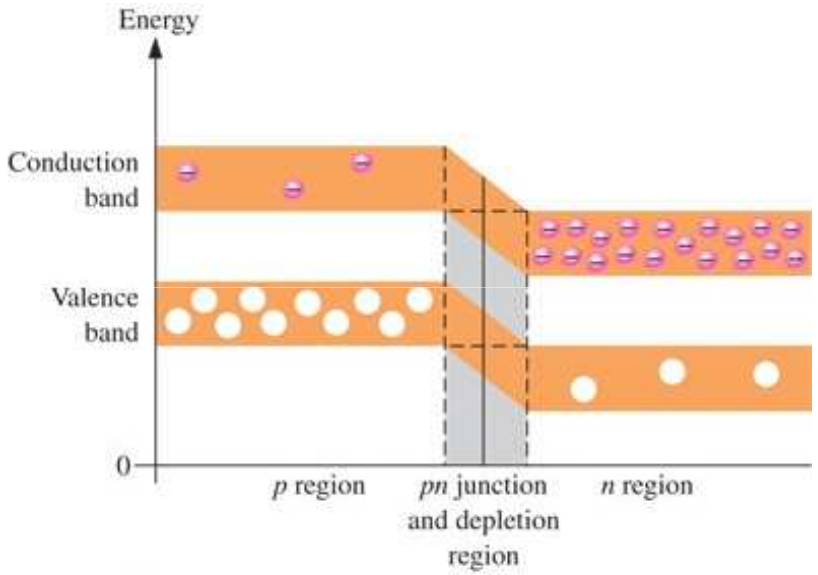
## 3. بنية الحزم الطاقية لوصلة P-N بدارة مفتوحة



# Semiconductor Diodes



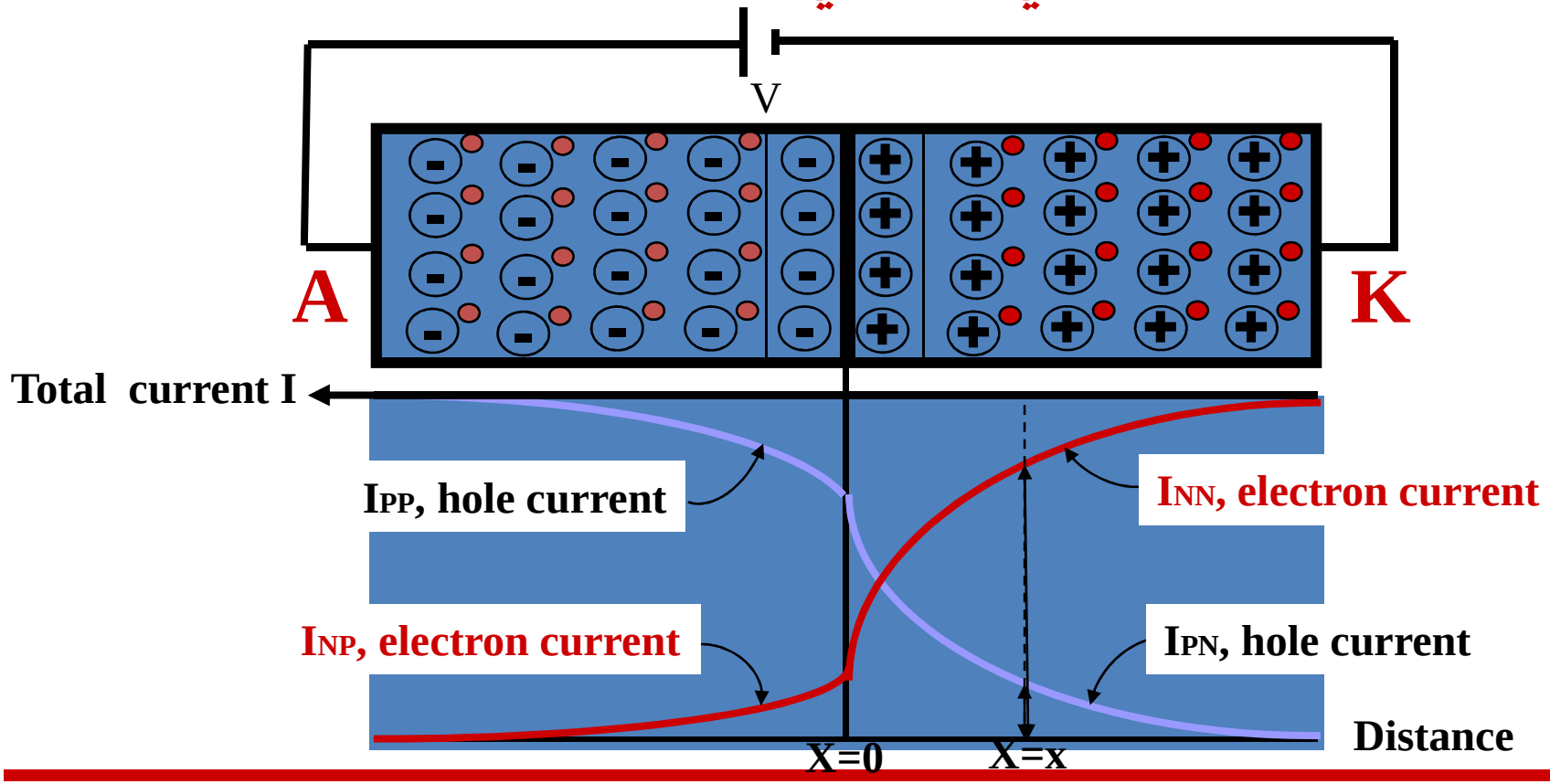

(a) At the instant of junction formation




(b) At equilibrium

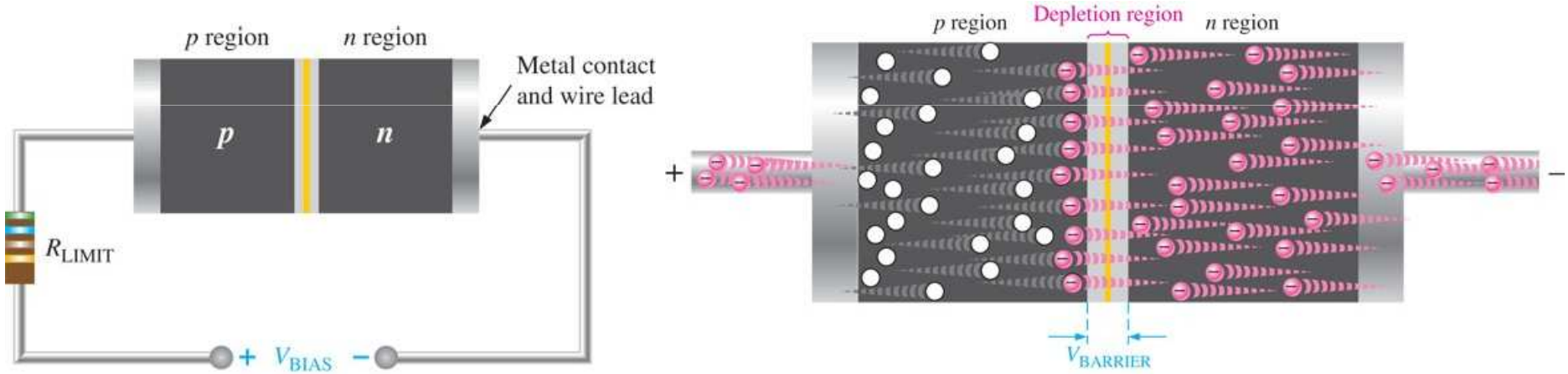
# Semiconductor Diodes

## 4. مركبات التيار في الثنائي:

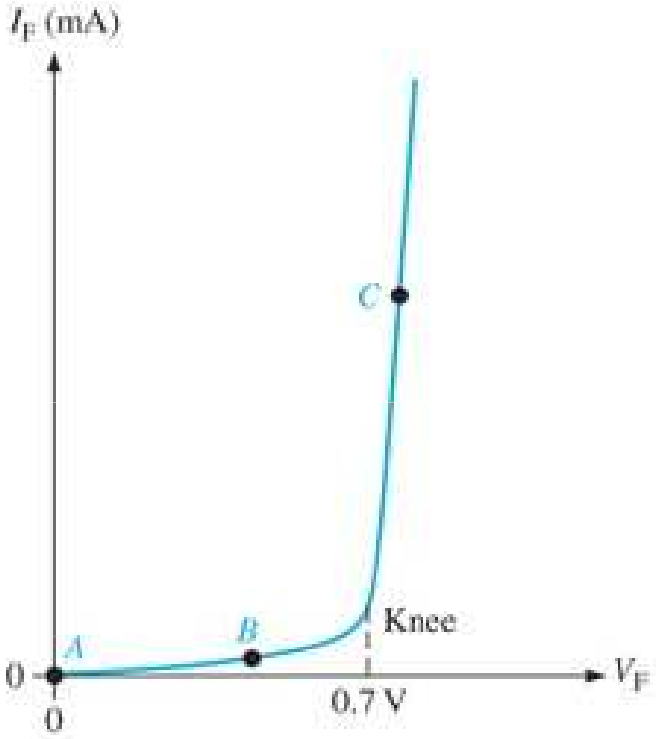


# Semiconductor Diodes

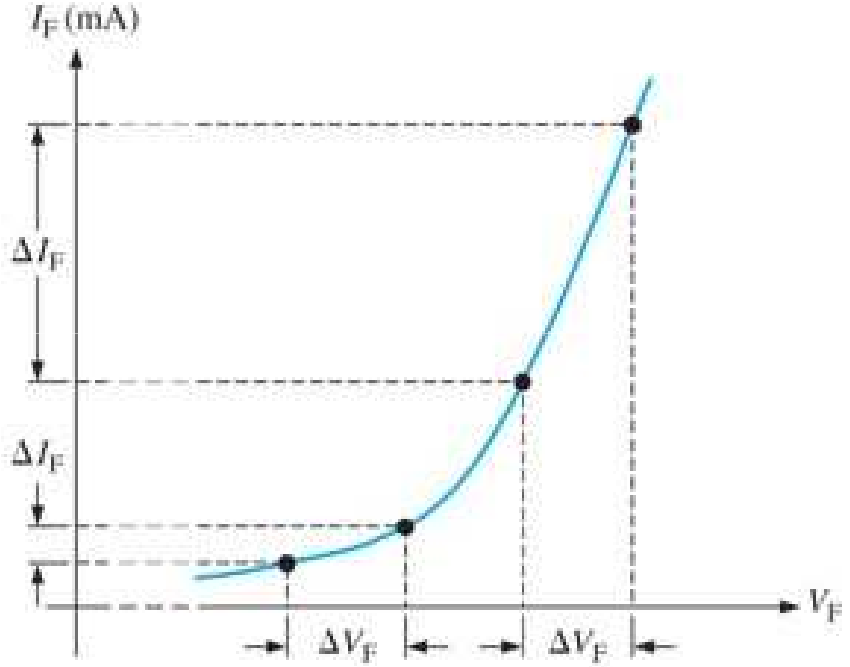
## 5. الوصلة P-N في حالة الانحياز الأمامي



# Semiconductor Diodes



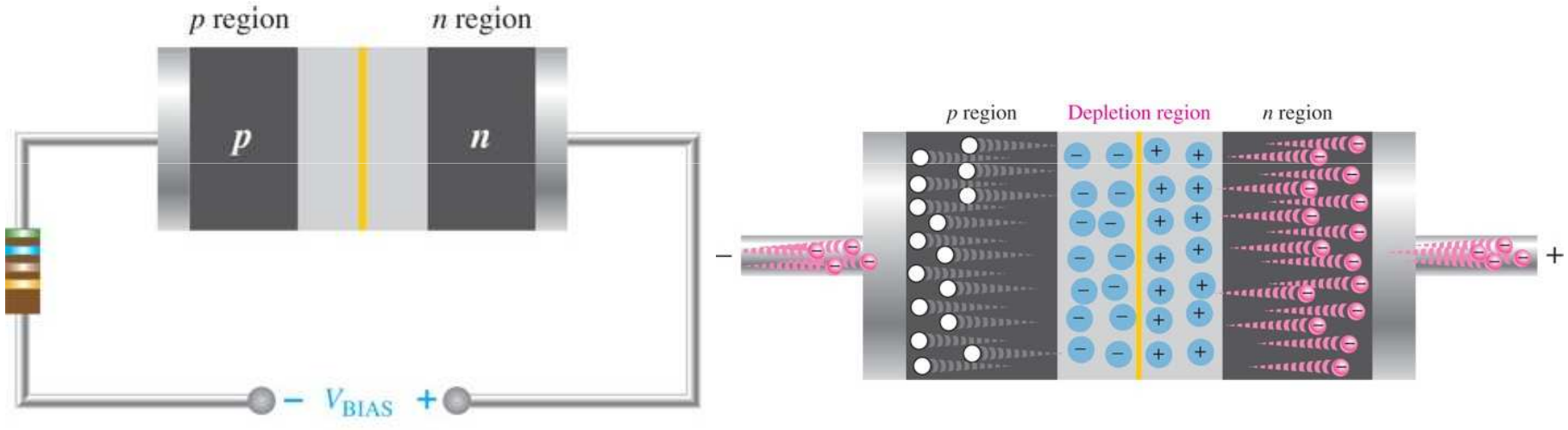

(a) *V-I* characteristic curve for forward bias.



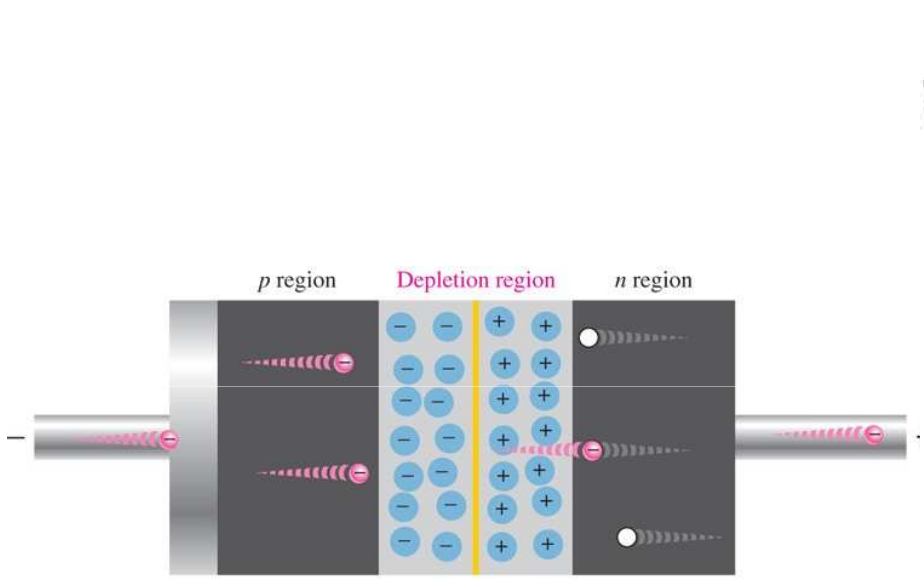

(b) Expanded view of a portion of the curve in part (a). The dynamic resistance $r'_d$ decreases as you move up the curve, as indicated by the decrease in the value of $\Delta V_F / \Delta I_F$.

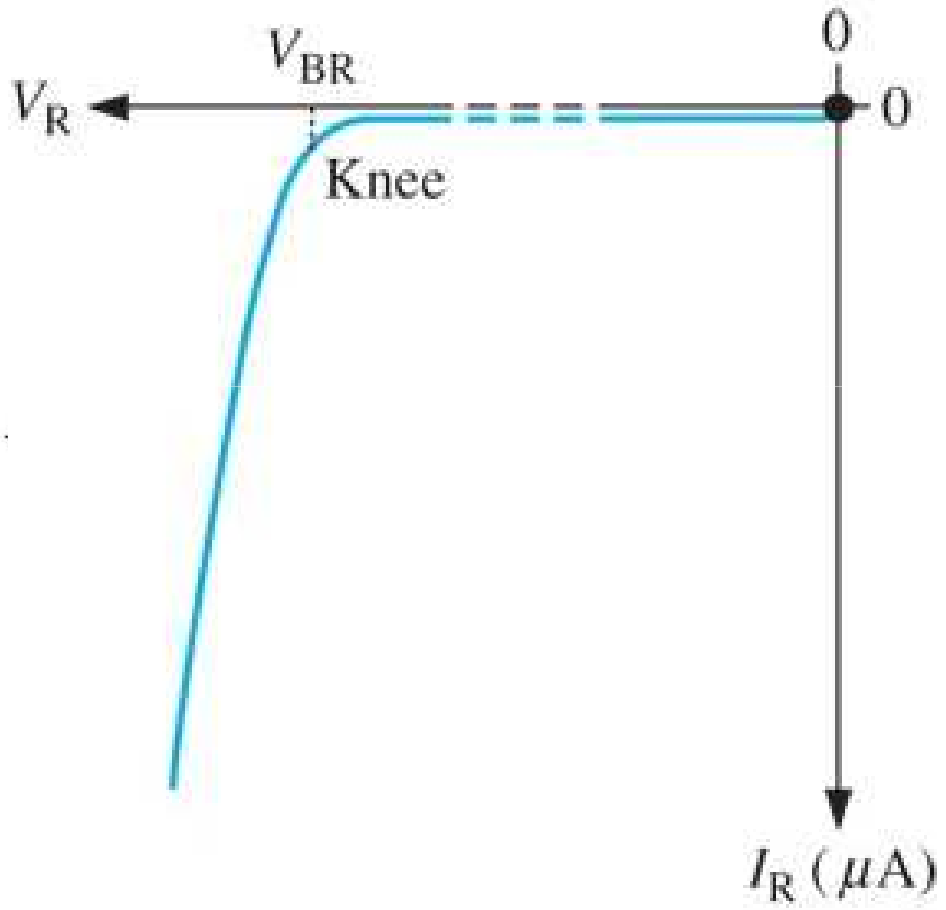
# Semiconductor Diodes

## 6. الوصلة P-N في حالة الانحياز العكسي



# Semiconductor Diodes



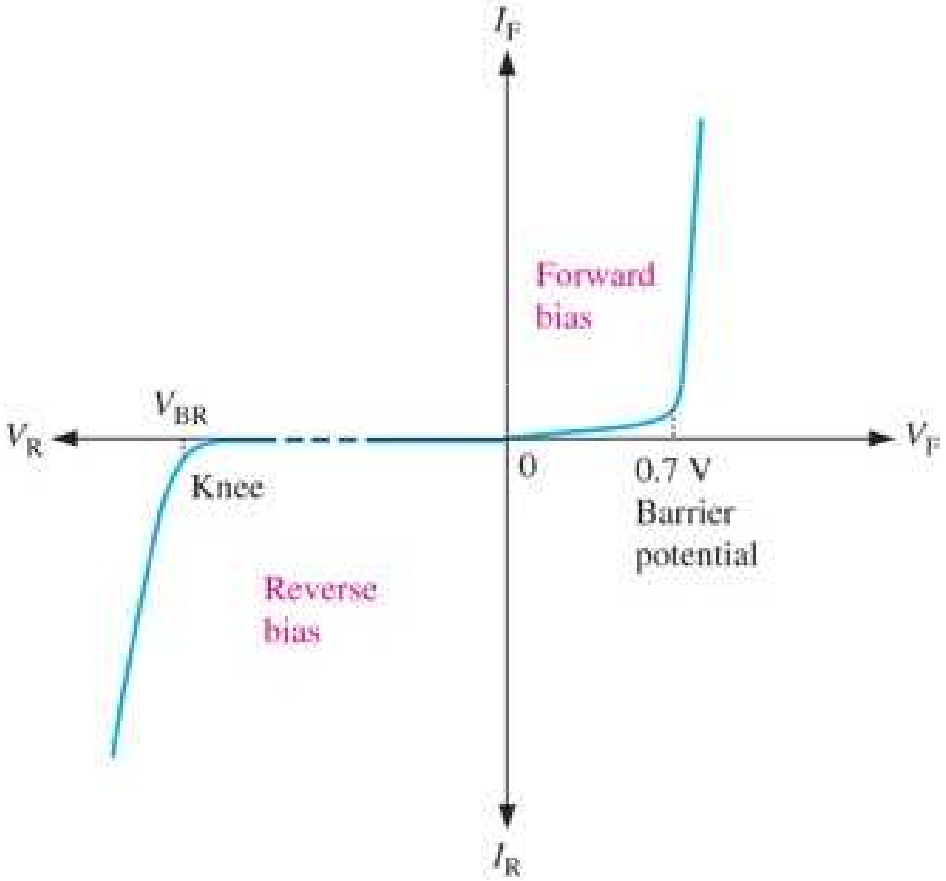



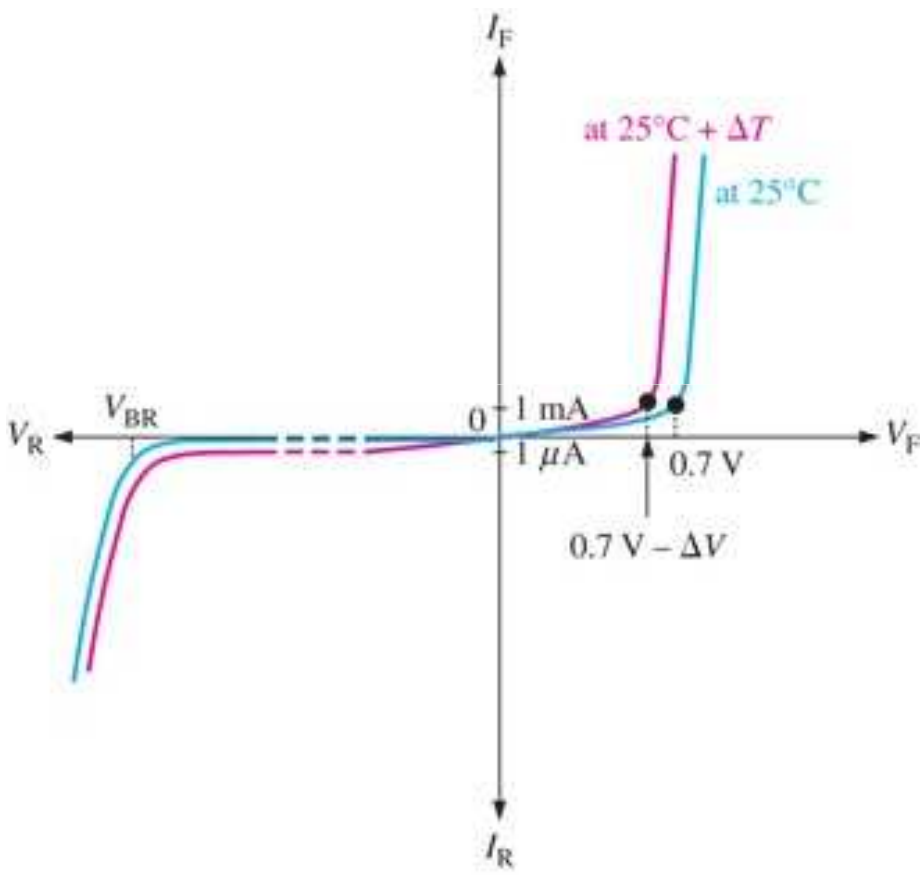
# Semiconductor Diodes

## 7. الانـهيار

1) انـهيار زينر: الانـهيار الناتج عن ازدياد شدة الحقل الكهربائي في المنطقة المحرمة والذي يقدم طاقة كافية لكسر بعض الرباطات الذرية ويعتبر هذا الانـهيار غير تخريبي.
2) انـهيار أفالانش: يحدث في المناطق المحرمة الأعرض حيث لا تكون شدة الحقل الكهربائي كافية لتوليد انـهيار زينر. تحت تأثير هذا الحقل تتسارع الإلكترونات في المنطقة المحرمة ضاربة رباطات التكافؤ التي تتكسر مولدةً أزواج من الثقوب والإلكترونات التي تتسارع نتيجة الحقل الكهربائي لتصدم روابط تكافؤ أخرى وهكذا تتراكم العملية بسرعة مولدة زيادة حادة بالتيار والذي يؤدي إلى تخريب الوصلة

# Semiconductor Diodes

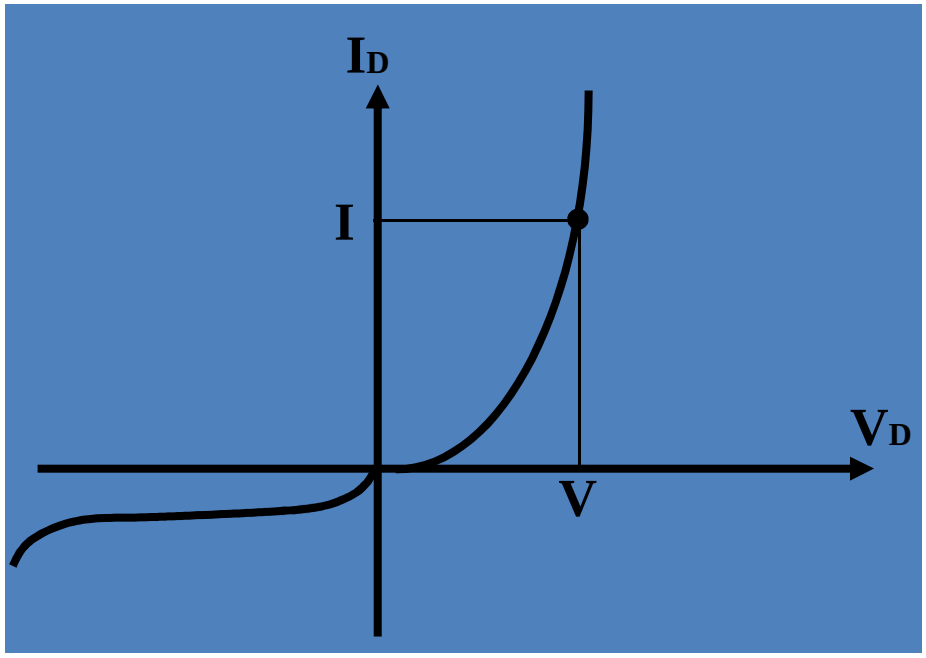


# Semiconductor Diodes

## 8. مقاومة الثنائي:

نميز ثلاث أنواع للمقاومة وذلك تبعاً للجهد والإشارة المطبقة:




### 1) المقاومة الساكنة أو المستمرة:

**هي المقاومة التي يبديها الثنائي عندما نطبق على طرفيه جهد مستمر، وهي لا تتغير بمرور الزمن**

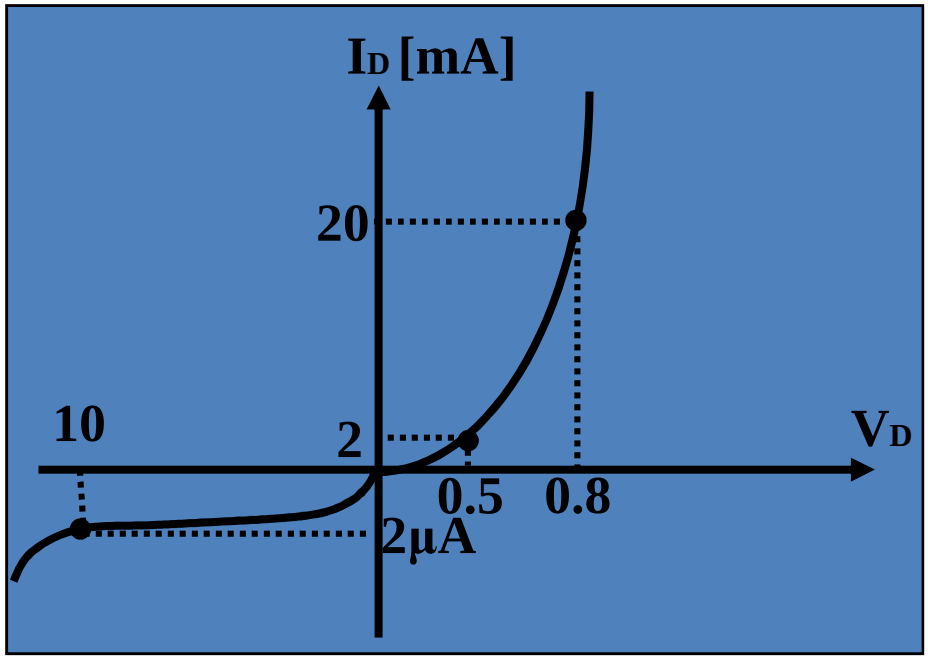
$$R_{dc} = \frac{V_D}{I_D}$$

# Semiconductor Diodes

**مثال: حدد المقاومة المستمر للثنائي في الحالات التالية:**

**$I_D$ = 2 mA, $I_D$ = 20 mA, $V_D$ = -10 V**

$$R_{dc} = \frac{V_D}{I_D}$$




$I_D = 2$ mA $\rightarrow$ $V_D = 0.5$ V

$R_D = 250\ \Omega$

$I_D = 20$ mA $\rightarrow$ $V_D = 0.8$ V

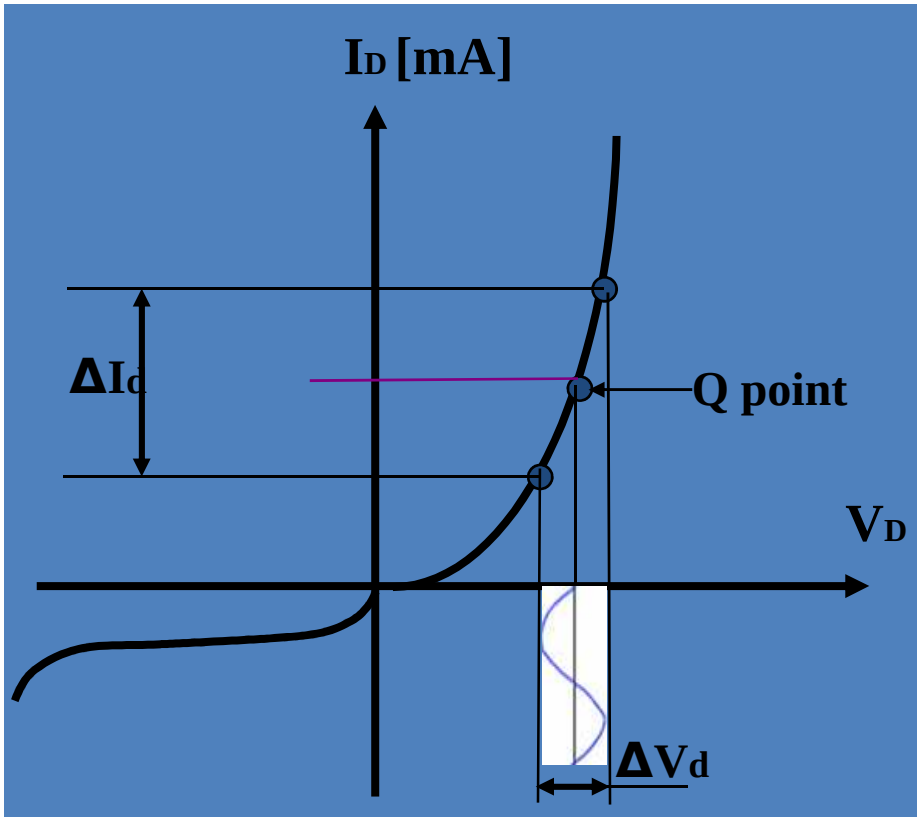
$R_D = 40\ \Omega$

$V_D = -10$ V $\rightarrow$ $I_D = -2\ \mu$A

$R_D = 10\ M\Omega$

# Semiconductor Diodes

## 2) المقاومة المتناوبة أو الديناميكية:

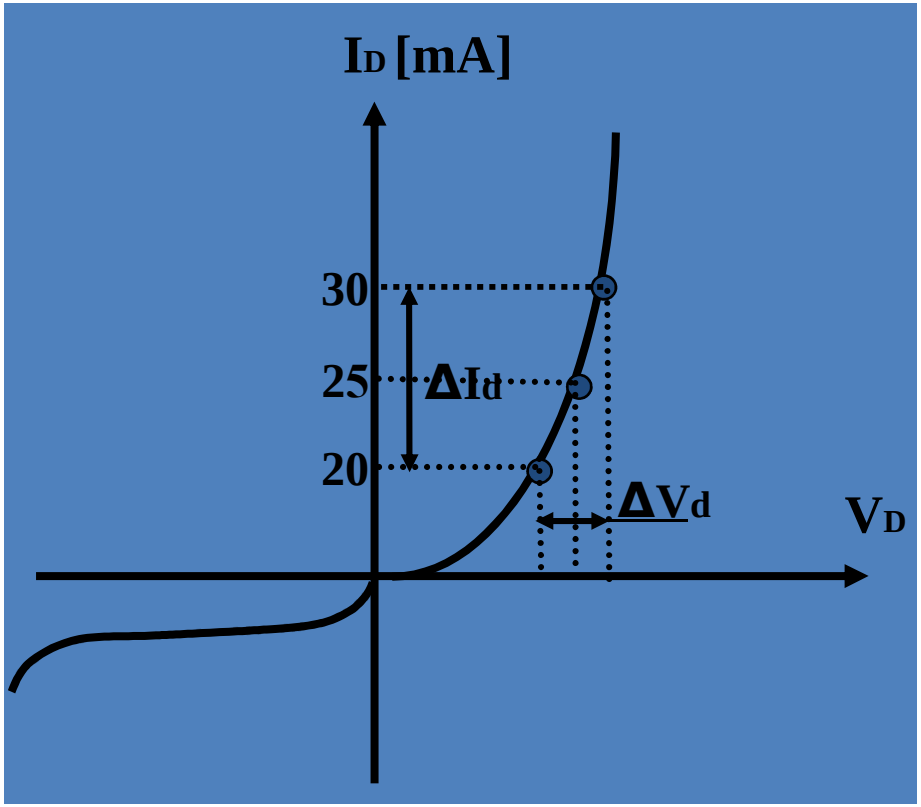



هي المقاومة التي يبديها الثنائي عندما نطبق على طرفيه جهد متناوب.

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$$

# Semiconductor Diodes

مثال: حدد المقاومة المتناوبة للثنائي عند القيمة $I_D$ =25mA




**نأخذ تغيراً في التيار مقداره 5 mA حول هذه القيمة نجد أن:**

$$I_D = 30mA \Rightarrow V_D = 0.8V$$

$$I_D = 20mA \Rightarrow V_D = 0.78V$$

$$\Delta I_d = 30mA - 20mA = 10mA$$

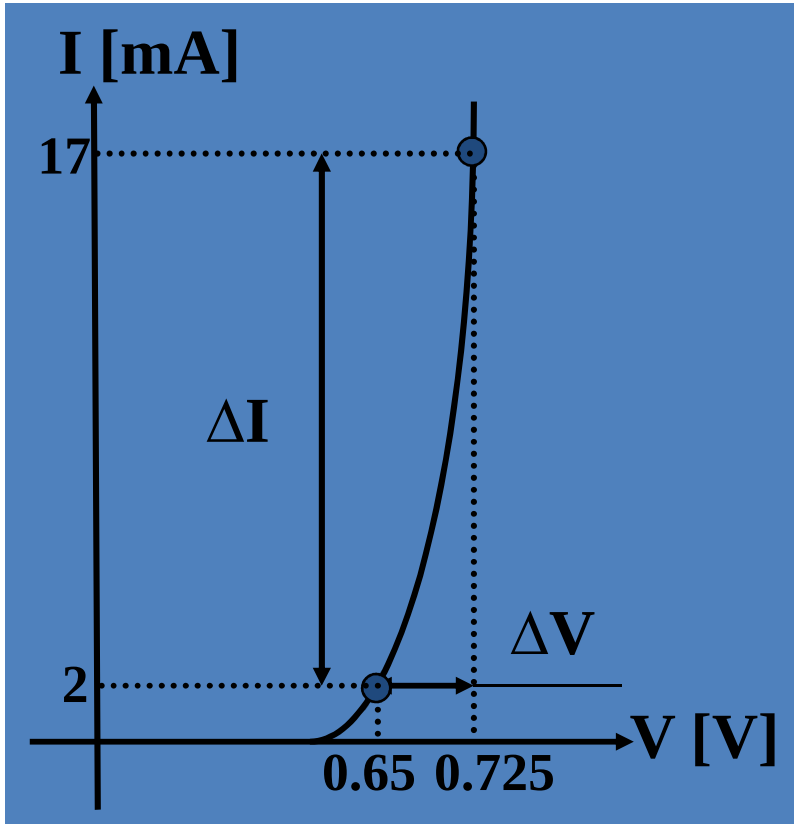
$$\Delta V_d = 0.8V - 0.78V = 0.02V$$

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} = \frac{0.02}{10mA} = 2\Omega$$

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0.79}{25mA} = 31.62\Omega$$

# Semiconductor Diodes

## 3) المقاومة المتناوبة المتوسطة:




عندما نطبق على الثنائي جهد متناوب ذو مطال كبير نسبياً فإن المقاومة المشتركة للثنائي في هذه المنطقة تدعى بالمقاومة المتناوبة المتوسطة

$$r_{av} = \left.\frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}\right|_{Pt.toPt}$$

# Semiconductor Diodes

## 9. مكثفات الوصلة

يظهر الأثر السعوي للوصلة p-n عندما نطبق عليها جهد انحياز ما.
ترتبط مقاومة المكثفة التردد العامل وذلك وفقاً للعلاقة التالية:

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

عند الترددات المنخفضة تكون قيمة XC عالية جداً وبالتالي يمكن اهمالها

عند الترددات العالية تكون قيمة XC صغيرة وبالتالي لا يمكن اهمالها

في الثنائي p-n وتبعاً لنوع الانحياز المطبق نميز نوعين من المكثفات:

- مكثفة العبور أو مكثفة المنطقة الناضبة CT
- مكثفة الانتشار أو مكثفة التخزين CD

# Semiconductor Diodes

## 1) مكثفة العبور (مكثفة الشحنة الناضبة) $C_T$

هي المكثفة الناتجة على طرفي الوصلة p-n عندما نطبق على هذه الوصلة جهد انحياز عكسي و تعطى قيمتها بالعلاقة التالية:

$$C_T = \left|\frac{dQ}{dV}\right|$$

dQ: التغير في قيمة الشحنة الناتجة عن تغير الجهد dV.

إن التغير في الجهد dV خلال الزمن dt يُنتج تياراً قيمته: $i = \frac{dQ}{dt}$

$$i = C_T \frac{dV}{dt}$$

# Semiconductor Diodes

## 2) مكثفة الانتشار (مكثفة التخزين) $C_D$

هي المكثفة الناتجة على طرفي الوصلة p-n عند تطبيق جهد انحياز أمامي عليها. في هذه الحالة تتحرك الثقوب من الجانب p على الجانب n أمّا الإلكترونات من الجانب n إلى الجانب p

لمكثفة الانتشار قيمة أكبر بكثير من قيمة مكثفة العبور و تلعب دوراً هاماً جداً في تطبيقات السرعة العالية.

# Semiconductor Diodes

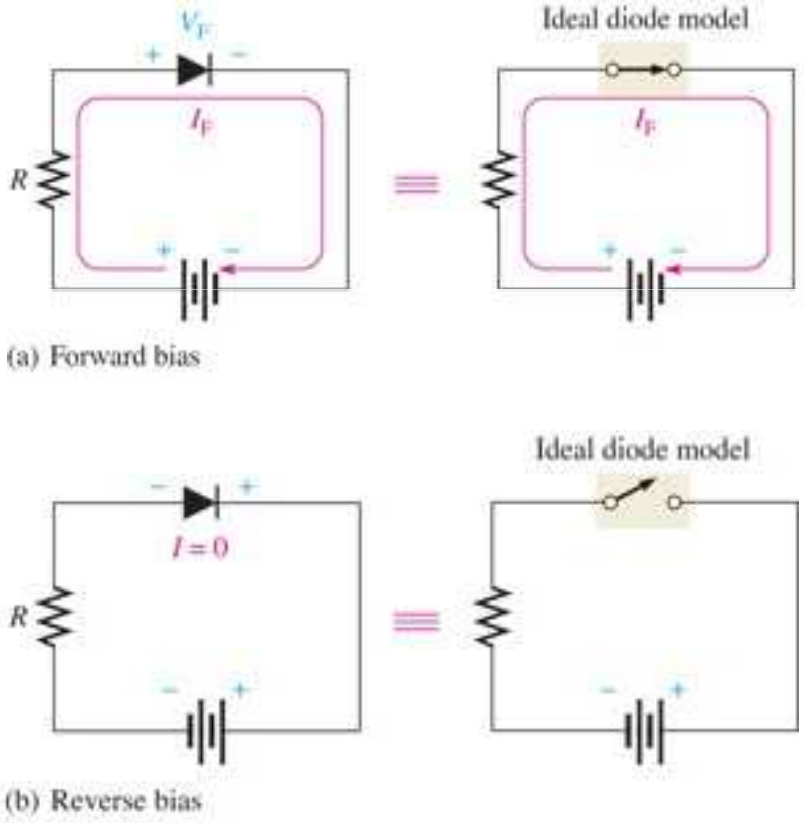
## 10. الدارة المكافئة للثنائي

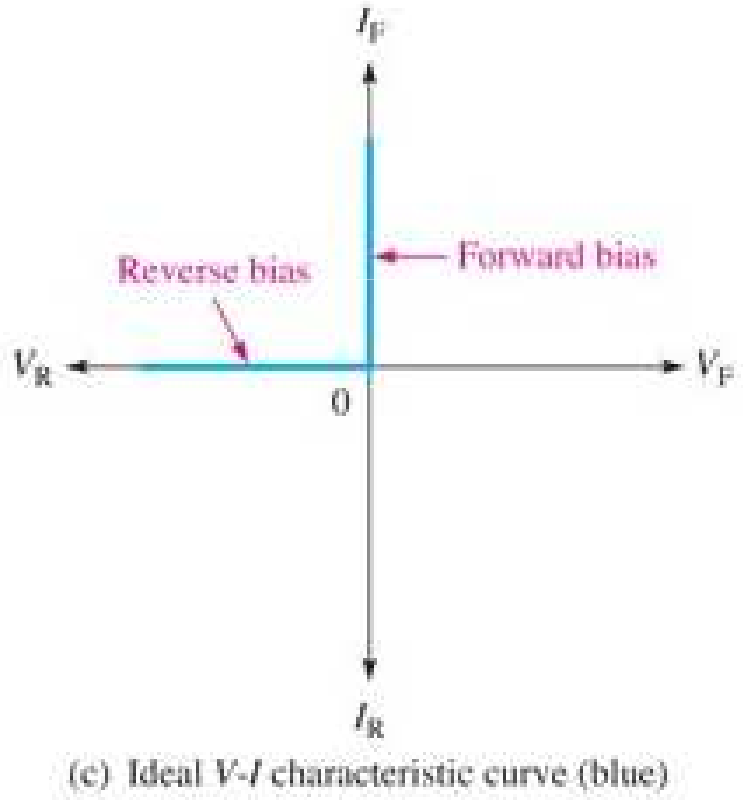
دارة تحتوي على مجموعة من العناصر ذي السلوك المحدد و التي تمثل الخواص الفعلية للعنصر المكافئ.

يُستبدل العنصر بدارته المكافئة في دارة إلكترونية ما بغية جعلها قابلة و سهلة التحليل باستخدام تقنيات تحليل الدارة التقليدية

# Semiconductor Diodes

## 1) النموذج المثالى:

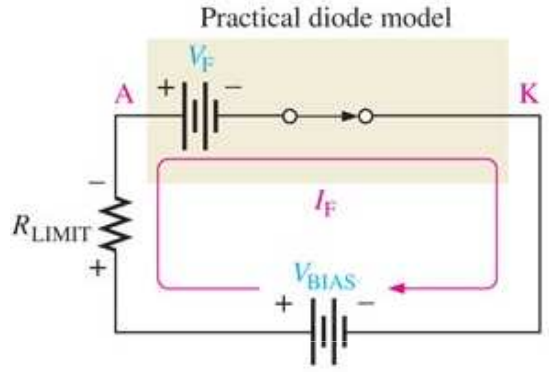


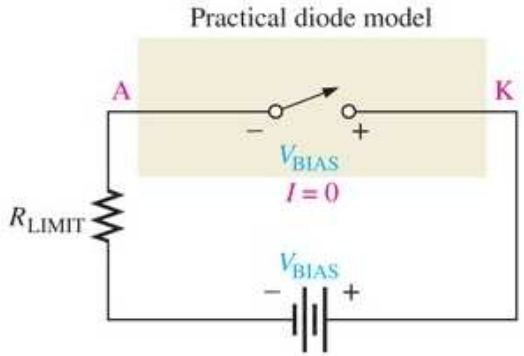
(c) Ideal *V-I* characteristic curve (blue)

# Semiconductor Diodes

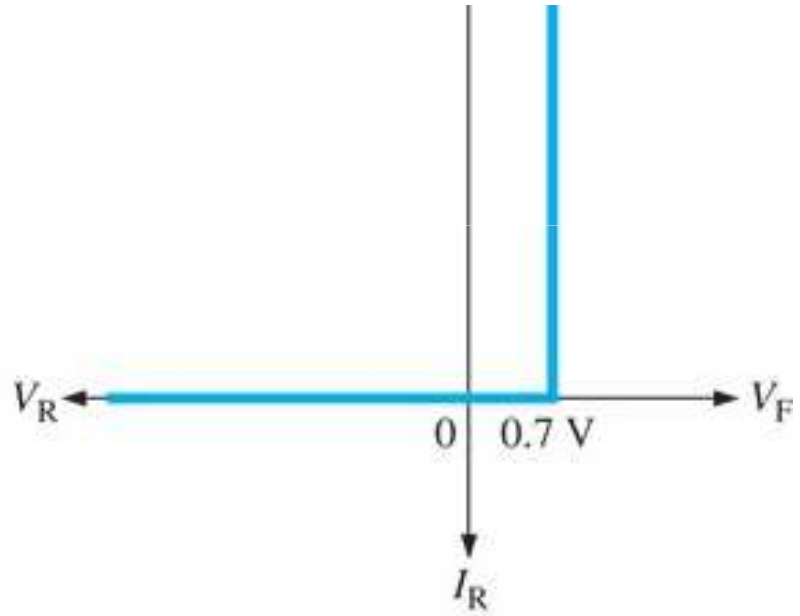
## 1) النموذج العملي:




(a) Forward bias



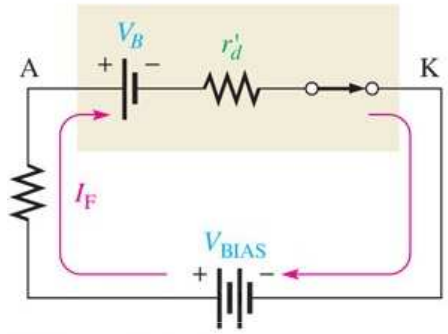

(b) Reverse bias



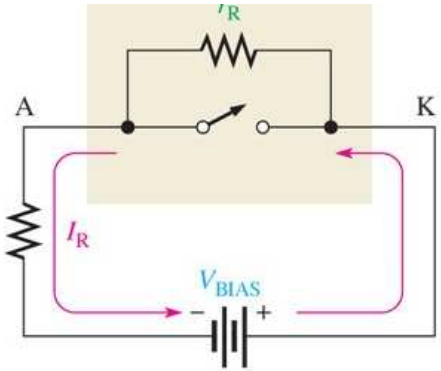

(c) Characteristic curve (silicon)

# Semiconductor Diodes

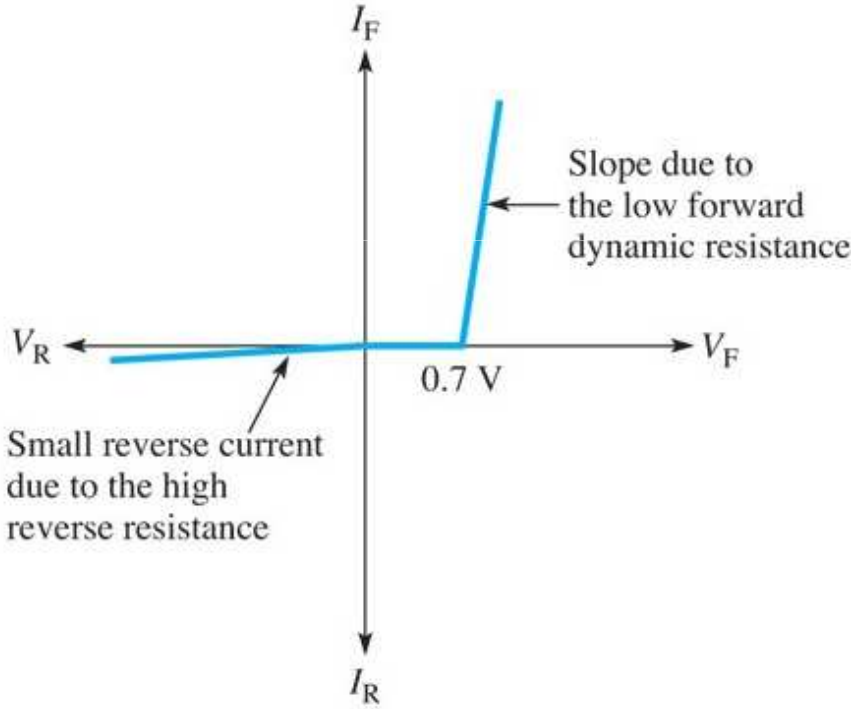
## 1) النموذج الكامل:




(a) Forward bias



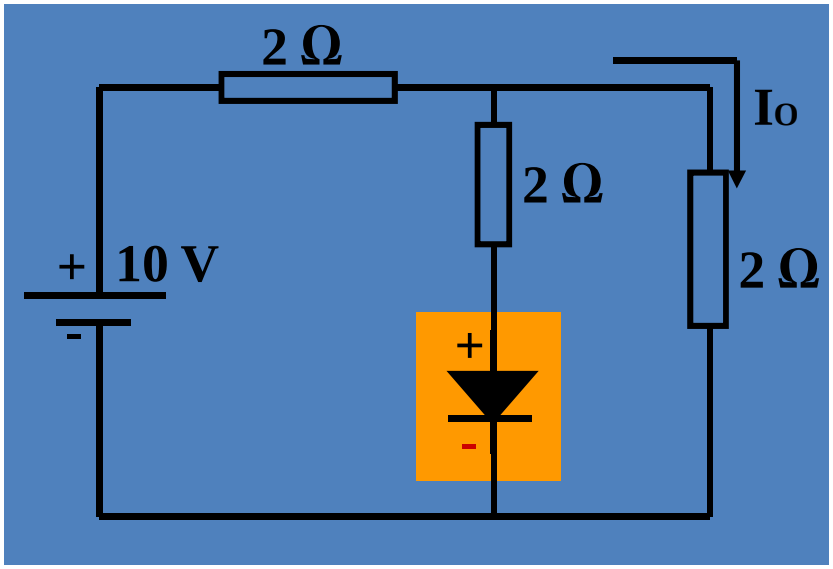

(b) Reverse bias

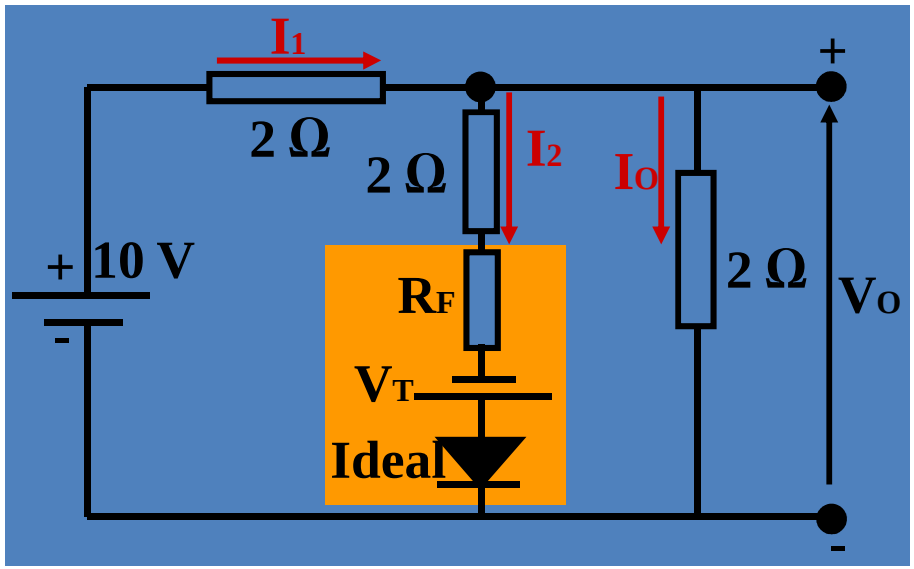



(c) *V-I* characteristic curve

# Semiconductor Diodes

مثال: أوجد تيار الخرج للدارة التالية علماً أن: $R_F = 0.2\ \Omega,\ V_T = 0.7\ V$



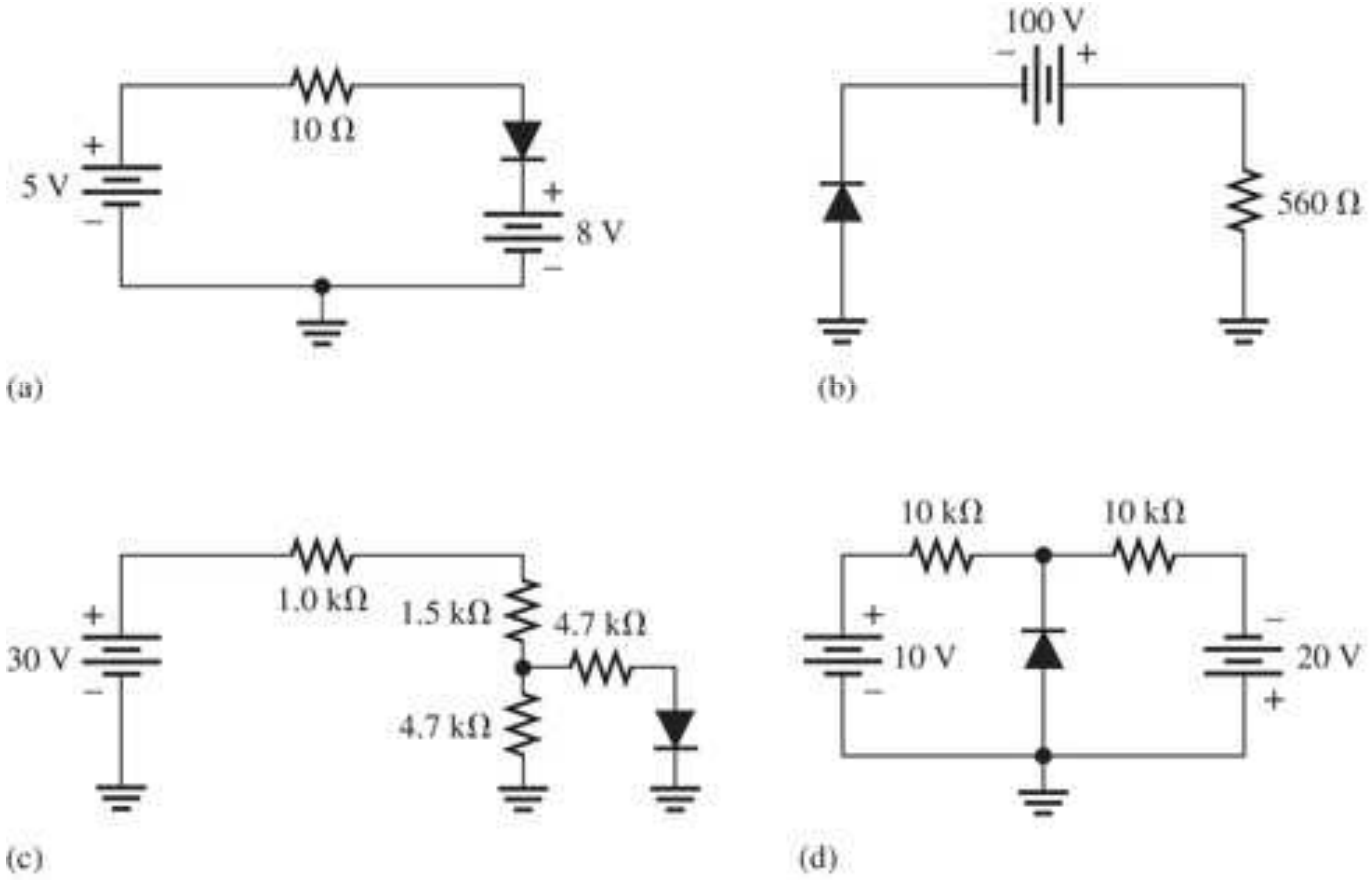

$$I_1 = I_2 + I_O$$

$$\frac{10 - V_O}{2} = \frac{V_O - V_T}{R_F + 2} + \frac{V_O}{2}$$

$$V_O = \frac{10 - V_T + 5R_F}{3 + R_F}$$

$$V_O = 3.656\ V$$

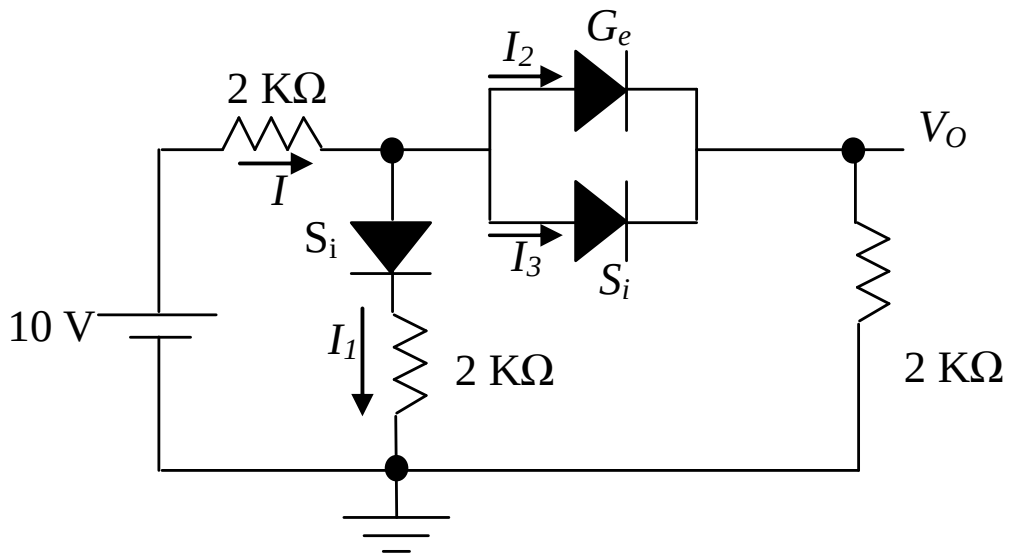
# Semiconductor Diodes



# Semiconductor Diodes

**السؤال الثاني: /8/ درجات (تكميلية 2016)**

في الدارة المبينة أدناه، احسب $V_O, I, I_1, I_2, I_3$. استخدم النموذج العملي للديود.



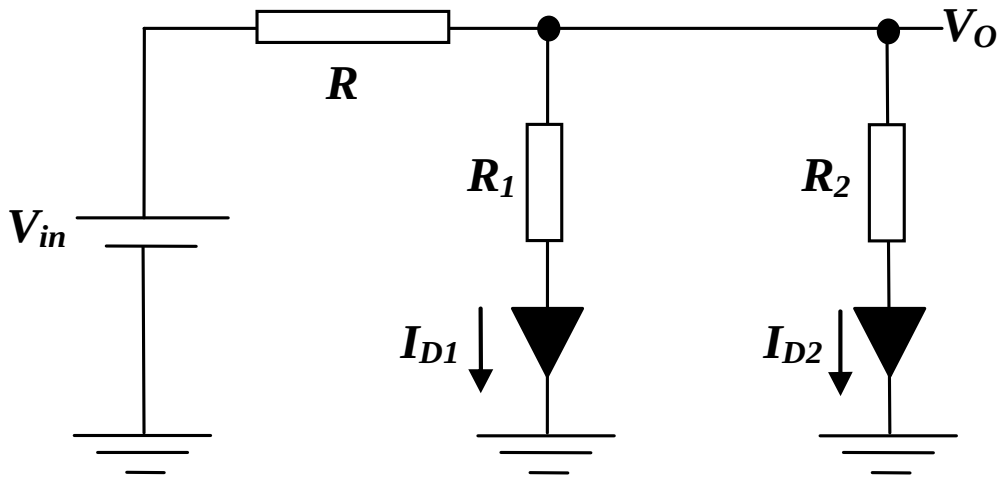
# Semiconductor Diodes

# Semiconductor Diodes

**السؤال الثاني: /6/ درجات (2015/2016 فصل ثاني)**

في الدارة المبينة بالشكل جانباً، المطلوب حساب التيارات $I_{D1}$, $I_{D2}$، علماً أنَّ:

$V_D = 0.7\ V, R_F = 100\ \Omega, R = 50\ \Omega, R_1 = 100\ \Omega, R_2 = 200\ \Omega, V_{in} = 10\ V$



# Semiconductor Diodes

# Semiconductor Diodes

## 11. أزمنة التبديل للثنائي P-N

هي الأزمنة الفاصلة بين انتقال الثنائي من حالة مستقرة أُولى إلى حالة مستقرة ثانية.

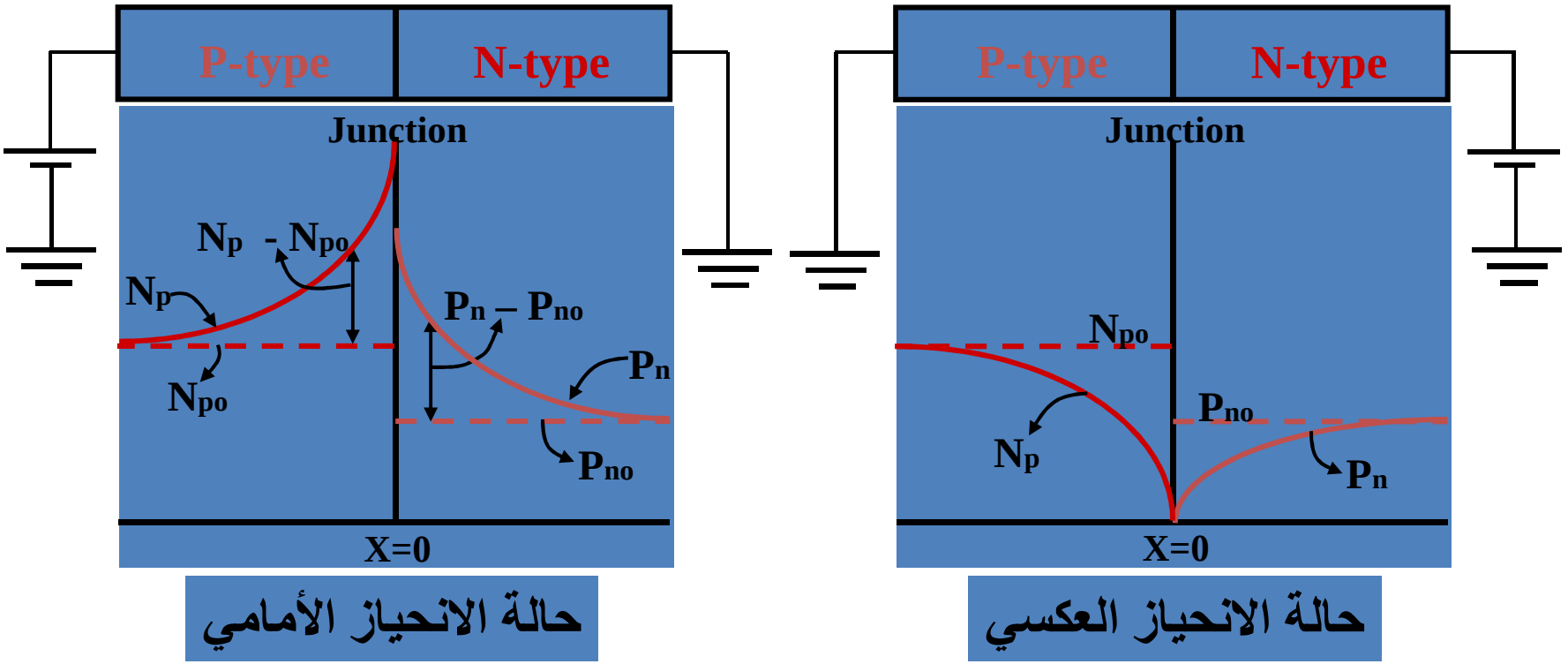
تنتج أزمنة التأخير هذه عن وجود حوامل الأقلية في المادة نصف الناقلة المشابة

نميز نوعين من أزمنة التبديل:

1) زمن الاستعادة الأمامي: وهو الزمن افاصل بين انتقال الثنائي من حالة الانحياز العكسي كحالة مستقرة أُولى إلى حالة الانحياز الأمامي كحالة مستقرة ثانية.
2) زمن الاستعادة العكسي: وهو الزمن افاصل بين انتقال الثنائي من حالة الانحياز الأمامي كحالة مستقرة أُولى إلى حالة الانحياز العكسي كحالة مستقرة ثانية وهو الأكثر أهمية لحساب التأخير الزمني للثنائي.

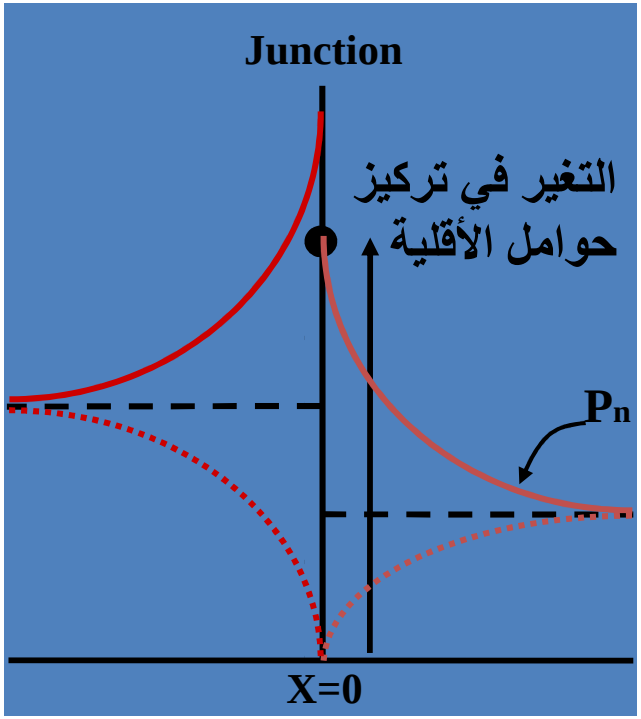
# Semiconductor Diodes

تركيز حوامل الأقلية في حالتي الانحياز

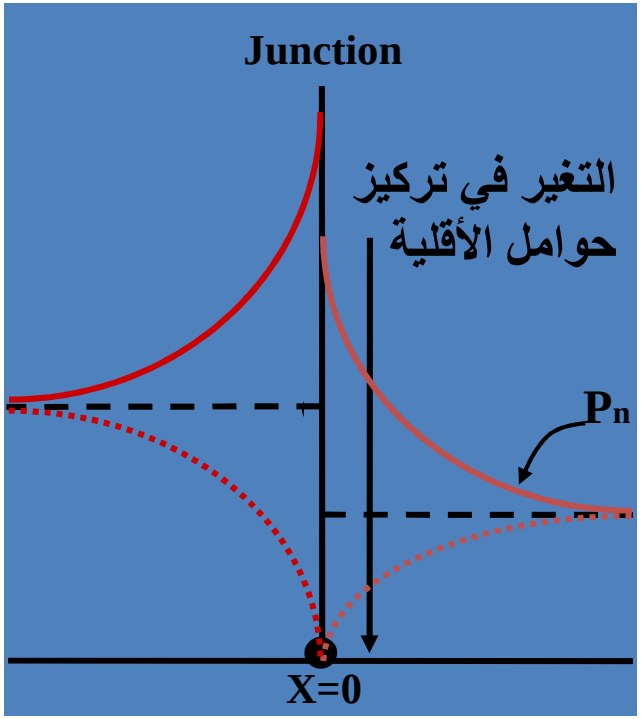


# Semiconductor Diodes

## تغير تركيز حوامل الأقلية خلال أزمنة التبديل



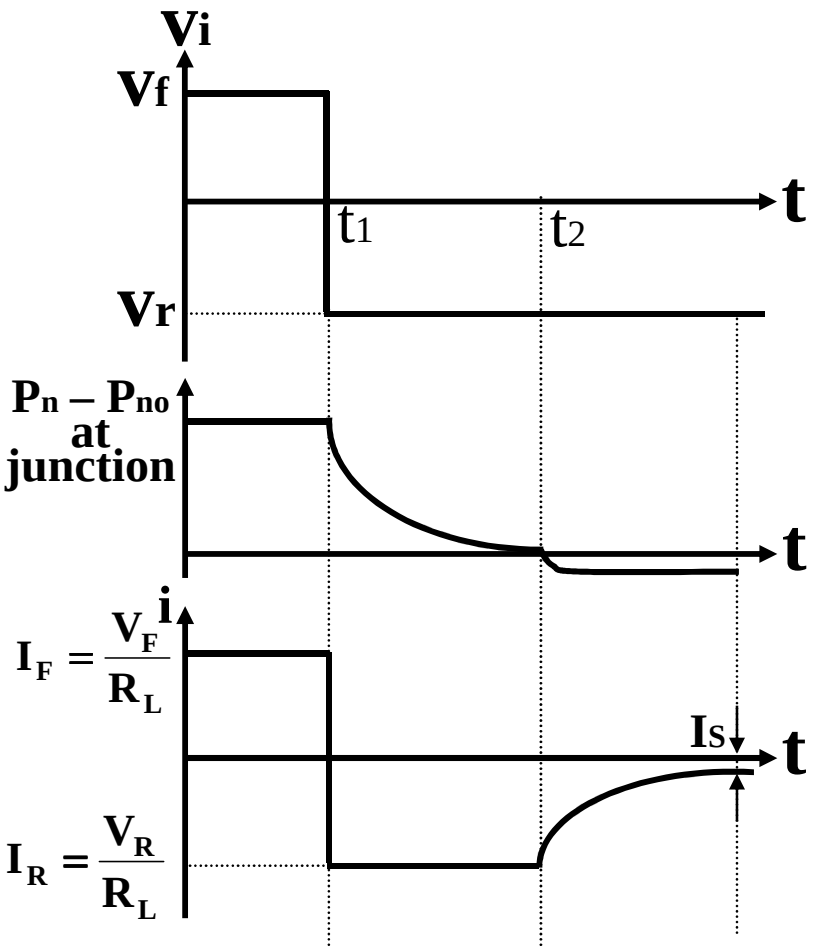

زمن الاستعادة الأمامي

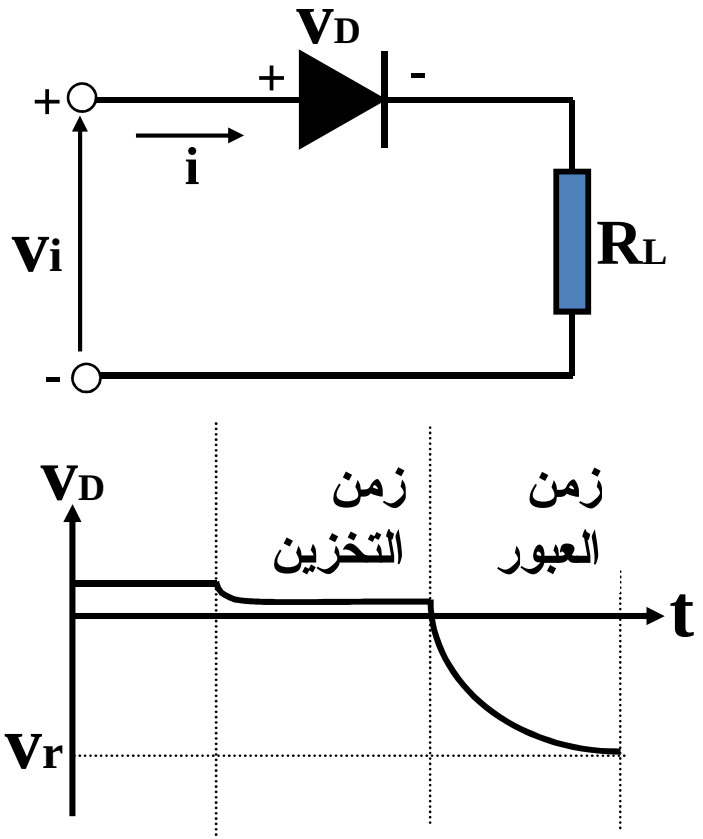



زمن الاستعادة العكسي

# Semiconductor Diodes

## أزمنة العبور و التخزين

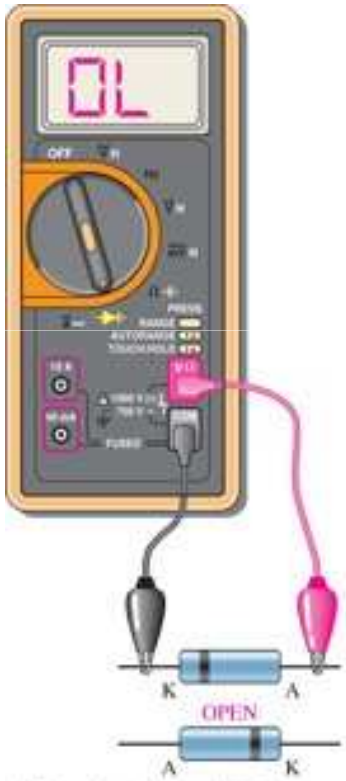


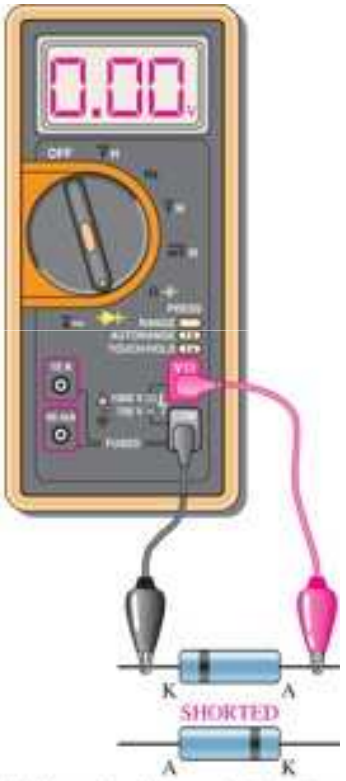
# Semiconductor Diodes

(a) Forward-bias test

(b) Reverse-bias test




(a) Forward- and reverse-bias tests for an open diode give the same indication.




(b) Forward- and reverse-bias tests for a shorted diode give the same 0 V reading.

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: Semiconductor

STACK:

(3)
/Title
()
/Subject
(D:20171003184134+03’00’)
/ModDate
()
/Keywords
(PDFCreator Version 0.9.5)
/Creator
(D:20171003184134+03’00’)
/CreationDate
(Nawar)
/Author
-mark-