# Lecture 7

# DIODE PRACTICAL APPLICATIONS

DR. BASSAM ATIEH

MANARA UNIVERSITY

# Zener Diodes

# ديودات زينر

MANARA UNIVERSITY

# Zener Diodes

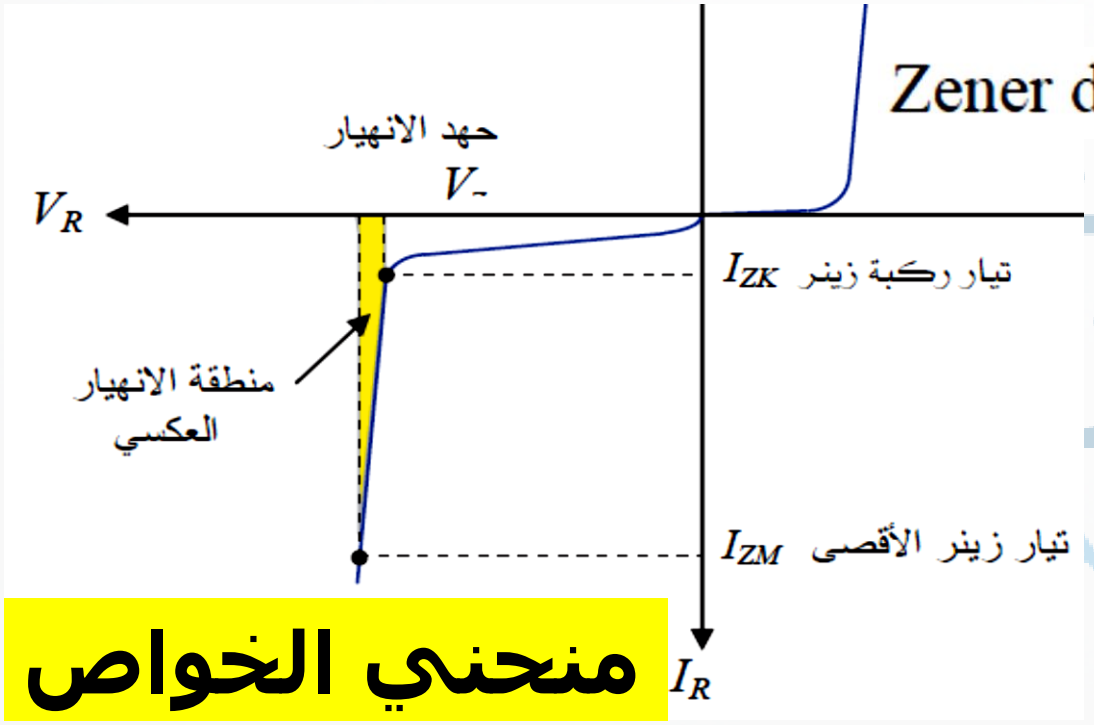
جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

علمنا من خلال دراستنا للثنائي في حالة الانحياز العكسي أن قيمة التيار المار به تكون صغيرة للغاية وذلك لأن مقاومة الثنائي تكون عالية جداً، وهذا التيار العكسي يبقى ثابتا مع زيادة الجهد العكسي إلى قيم كبيرة وعند زيادة الجهد العكسي إلى قيمة معينة (وهذه القيمة تختلف حسب نوع الثنائي)فإن التيار العكسي يزداد فجأة، ويرجع ذلك إلى زيادة شدة المجال الكهربائي في منطقة الاستنزاف بحيث يتم توليد أزواج جديدة من الإلكترونات -الفجوات نتيجة لتأثير هذا المجال، ويطلق على الجهد الذي يحدث عنده انهيار لمقاومة الثنائي وازدياد مفاجئ للتيار بجهد الانهيار (Breakdown Voltage ) وتؤدي حالة الانهيار هذه في الثنائيات العادية إلى تلف الثنائي بسبب ارتفاع درجة الحرارة نتيجة لازدياد شدة التيار المار فيه.

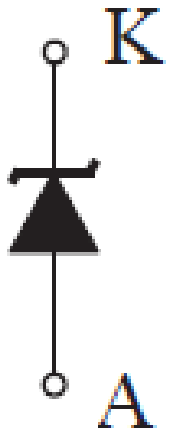
ثنائي زينر هو عبارة عن وصلة p-n مصنعة من السيليكون تختلف عن الثنائي العادي في كونها مصممة للعمل في منطقة الانهيار العكسي بدون حدوث أي مشاكل. ويمكن التحكم في قيمة جهد الانهيار عن طريق التحكم في نسبة الشوائب المضافة إلى السيليكون لتحويله إلى نوع n- أو نوع p- أثناء عملية التصنيع. وثنائي زينر متوفر تجاريا بجهود تتراوح من ١.٨V إلى ٢٠٠V بقدرة تصل إلي ١٠٠W.

**منحنى الخواص لثنائي زينر** Zener diode characteristic curve

كمثبت أو منظم للجهد (Voltage Regulator).



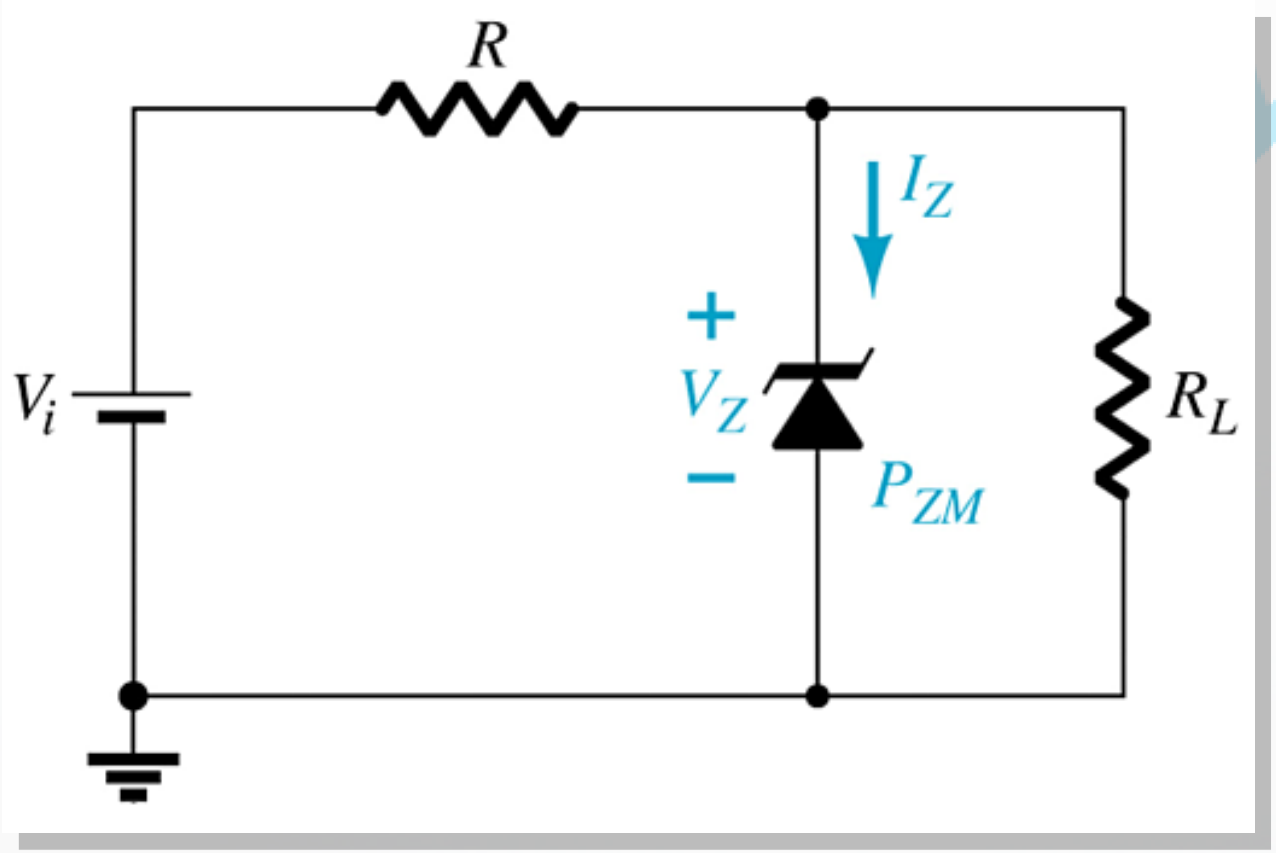

**منحني الخواص**

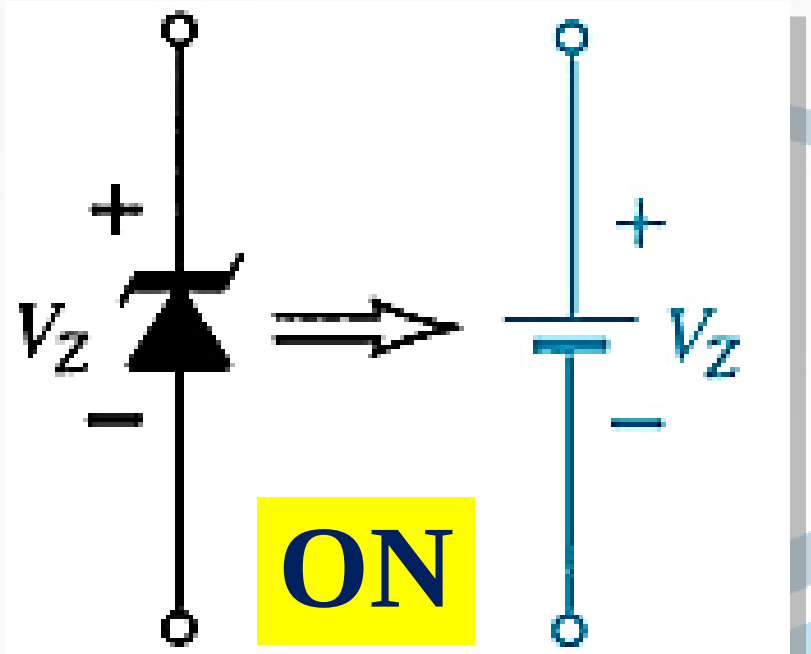


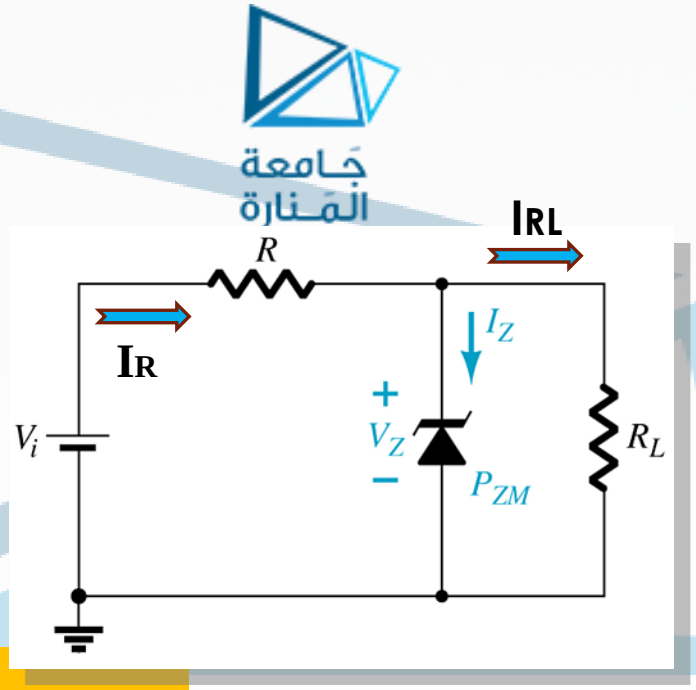

**رمز ثنائي زينر**

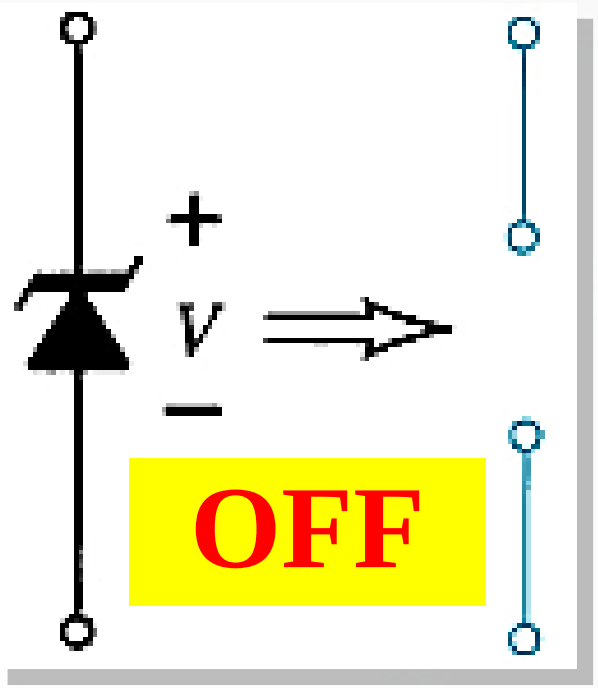
# Zener Diodes

- The Zener is a diode operated in reverse bias at the Zener Voltage ($V_z$).





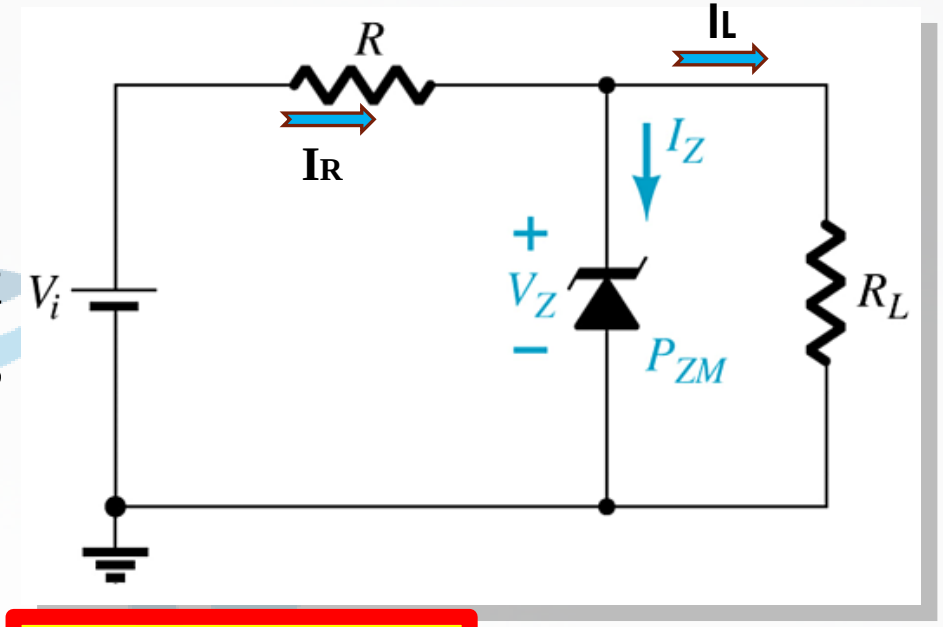

## When $V_i \geq V_Z$

- The Zener is on
- Voltage across the Zener is $V_Z$
- Zener current: $I_Z = I_R - I_{RL}$
- The Zener Power: $P_Z = V_Z * I_Z$

## When Vi < VZ

- The Zener is off
- The Zener acts as an open circuit

# Zener Resistor Values




- **If R is too large**, the Zener diode cannot conduct because the available amount of current is less than **the minimum current rating, $I_{ZK}$.**

The minimum load current is : $$I_{Lmin} = I_R - I_{ZK}$$

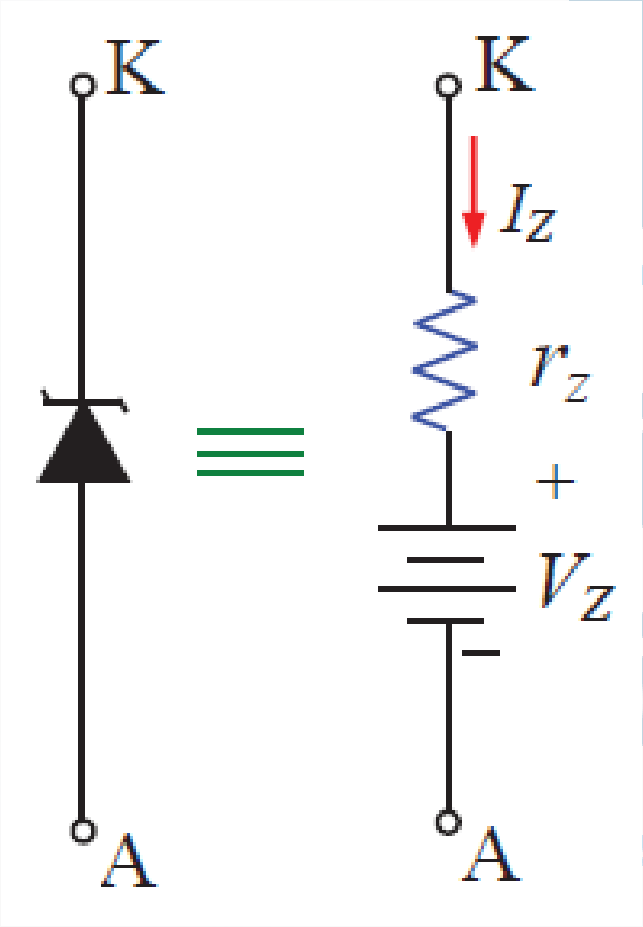
The maximum value of load resistance is: $$R_{Lmax} = \frac{V_Z}{I_{Lmin}}$$

- **If R is too small**, the Zener current exceeds the maximum current rating, $I_{ZM}$ . The maximum current for the circuit is given by: $$I_{Lmax} = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_{Lmin}}$$

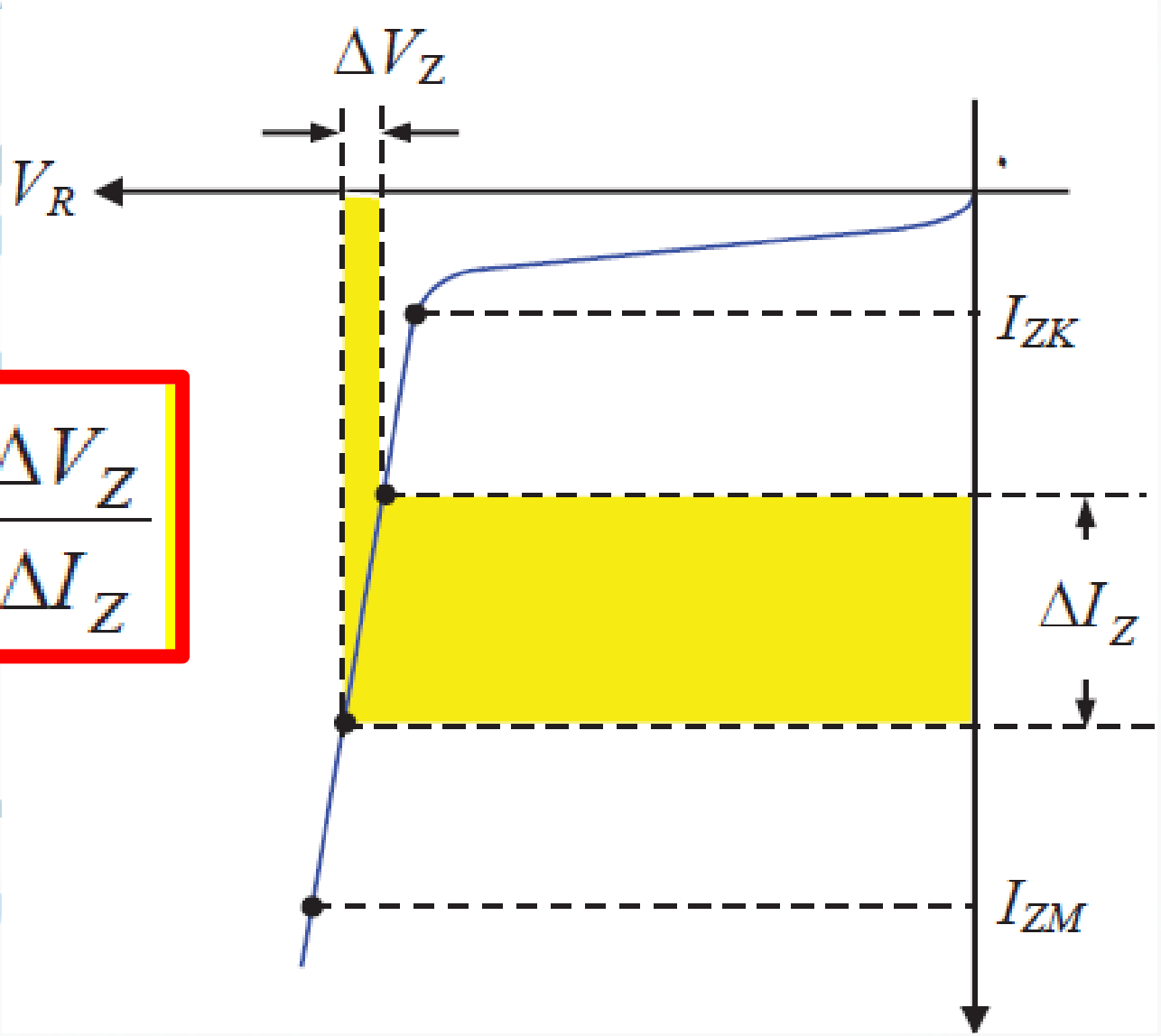
**The minimum value of load resistance is:** $$R_{Lmin} = \frac{RV_Z}{V_i - V_Z}$$

جامعة المنارة MANARA UNIVERSITY

# Zener equivalent circuit

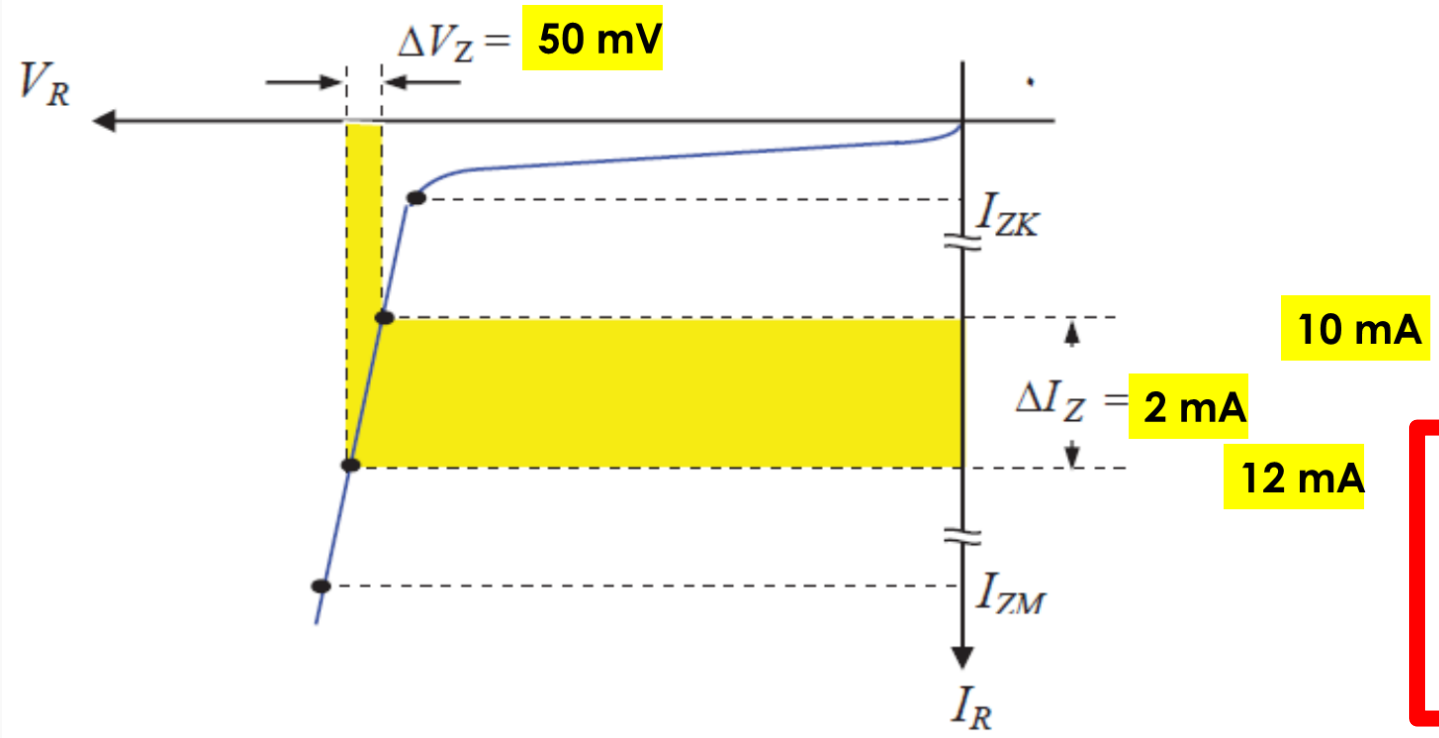



$$r_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$



# EXAMPLE

أوجد المقاومة $r_Z$ لثنائي زينر




$$r_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z} = \frac{50mV}{2mA} = 25\Omega$$

- اذا كانت rz=5 Ω و Vz=6.8 V فما هي قيمة الجهد على طرفي ثنائي زينر $V_{zD}$ عند مرور تيار مقداره 20 mA.

MANARA UNIVERSITY

$V_{zD} = V_z + I_z$ rz = 6.8 V+ 20 mA. 5 Ω=6.9 V

# Zener Power Dissipation

# القدرة المبددة في ثنائي زينر

تحدد قيمة القدرة المبددة في ثنائي زينر $P_Z$ بالعلاقة الآتية:

$$P_Z = V_Z I_Z$$

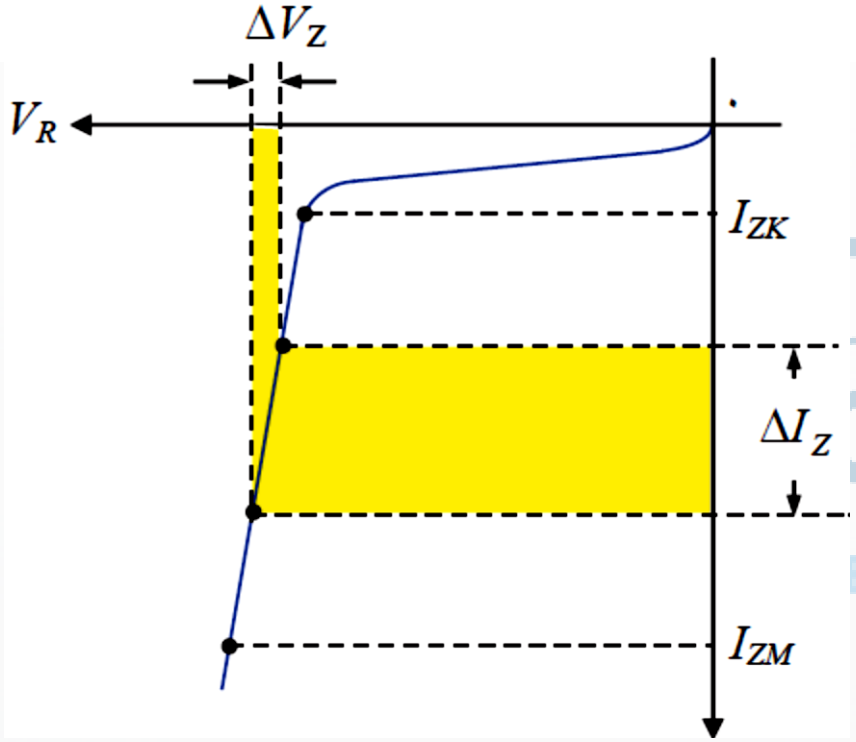
ونظراً لأن قيمة جهد الزينر $V_Z$ تكون ثابتة بالنسبة لثنائي زينر الواحد فإن قيمة القدرة المبددة $P_Z$ تعتمد على قيمة التيار المار في الثنائي $I_Z$. وبالتالي فإن القيمة القصوى للقدرة المبددة في ثنائي زينر $P_{Z(max)}$ (maximum power dissipation of a zener diode) تعطى بالعلاقة الآتية:

$$P_{Z(max)} = V_Z I_{ZM}$$

# Zener Diode as a Voltage Regulator

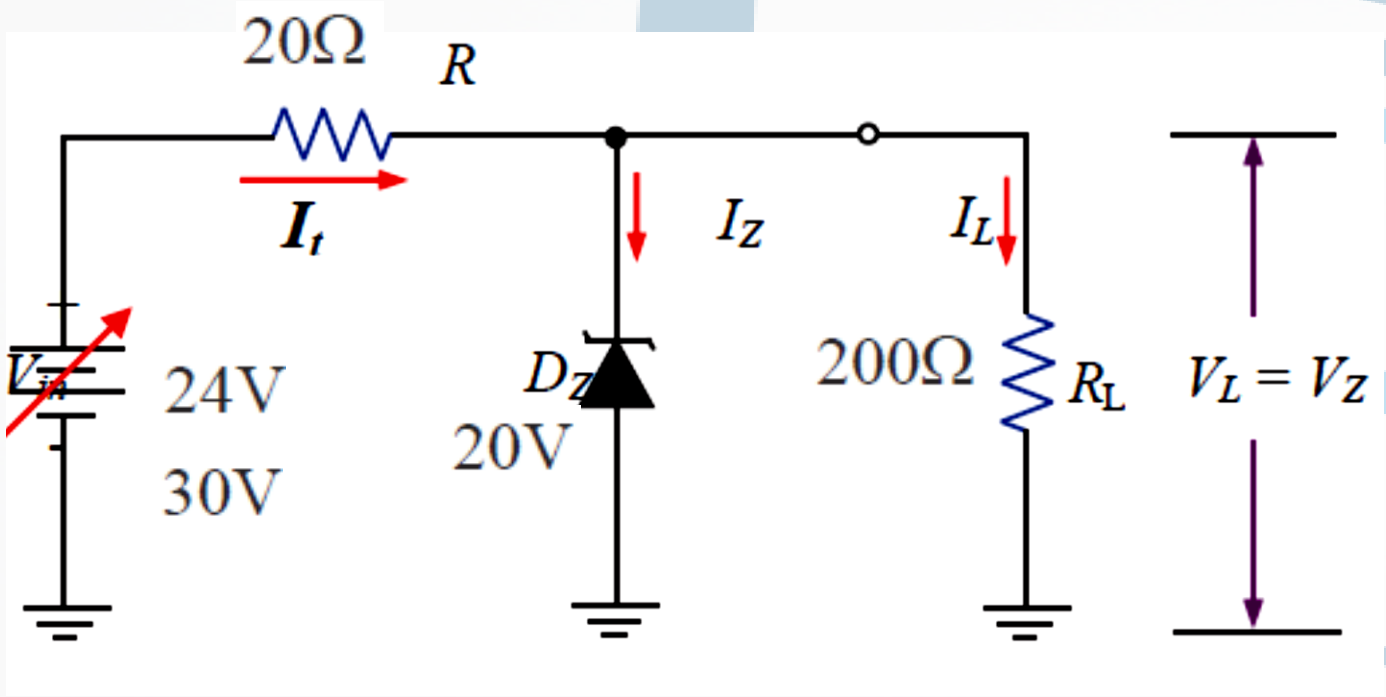
# ثنائي زينر كمثبت ( منظم ) للجهد

يستخدم ثنائي زينر كمثبت (منظم) للجهد في مصادر القدرة ذي التيار المستمر لتثبيت قيمة فرق الجهد على طرفي الحمل مع التغيرات التي يمكن أن تحدث إما في قيمة جهد الدخل المستمر وهو ما يسمى بتنظيم الخط (line regulation)، أو في قيمة مقاومة الحمل وهو ما يطلق عليه تنظيم الحمل (load regulation).



# Zener Regulation with a Varying Input Voltage

# منظم زينر مع تغير جهد الدخل




$$I_{t(\min)} = \frac{24\text{V} - 20\text{V}}{20\Omega} = 0.2\text{A}$$

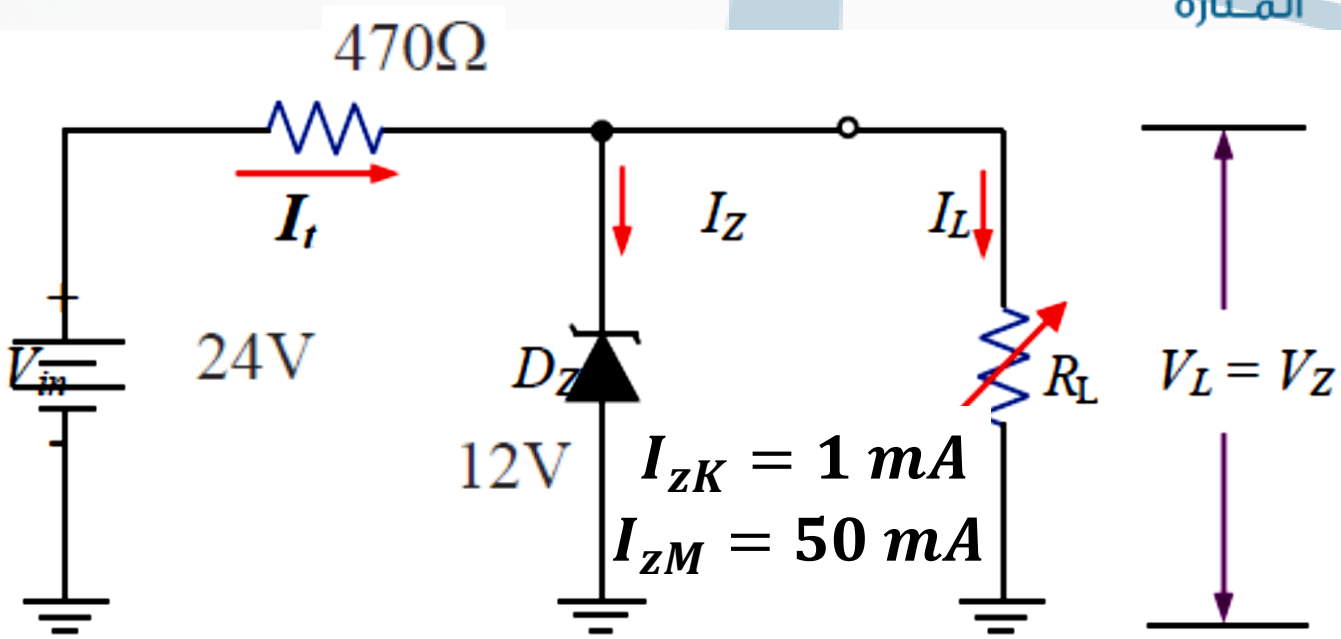
$$I_{t(\max)} = \frac{30\text{V} - 20\text{V}}{20\Omega} = 0.5\text{A}$$

$$I_{Z(\min)} = I_{t(\min)} - I_L = 0.2\text{A} - 0.1\text{A} = 0.1\text{A}$$

$$I_{Z(\max)} = I_{t(\max)} - I_L = 0.5\text{A} - 0.1\text{A} = 0.4\text{A}$$

$$P_{Z(\max)} = V_Z I_{Z(\max)} = 0.4\text{A}\ \ 20\text{V} = 8\text{W}$$

أوجد قيم $I_{L(max)}$ ، $I_{L(min)}$ و $R_{L(min)}$




$$I_R = \frac{24 - 12}{470} = 25.5\ mA$$

$$I_{L(max)} = 25.5 - 1 = 24.5\ mA$$

$$R_{L(min)} = \frac{V_Z}{I_{L(max)}} = \frac{12}{24.5} = 490\ \Omega$$

$$I_{Z(\max)} = I_t = \frac{V_{in} - V_Z}{R} = \frac{24\text{V} - 12\text{V}}{470\Omega} = 25.5\text{mA}$$

$$R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{L\min}}$$

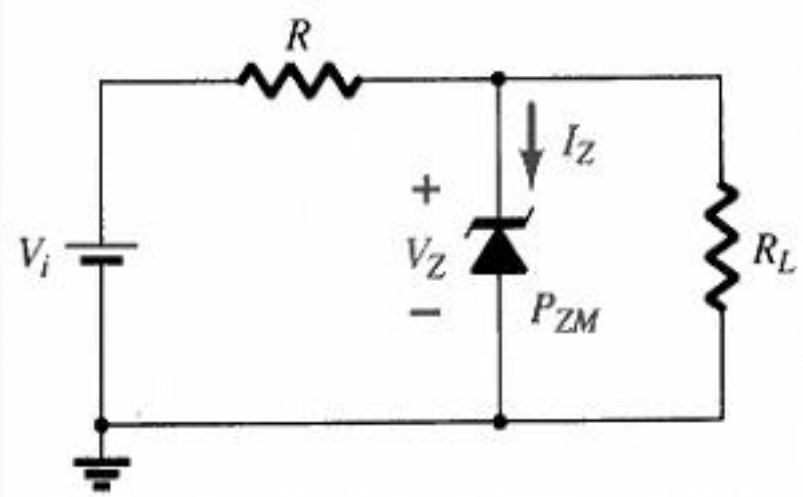
$$R_{L(max)} = \infty$$

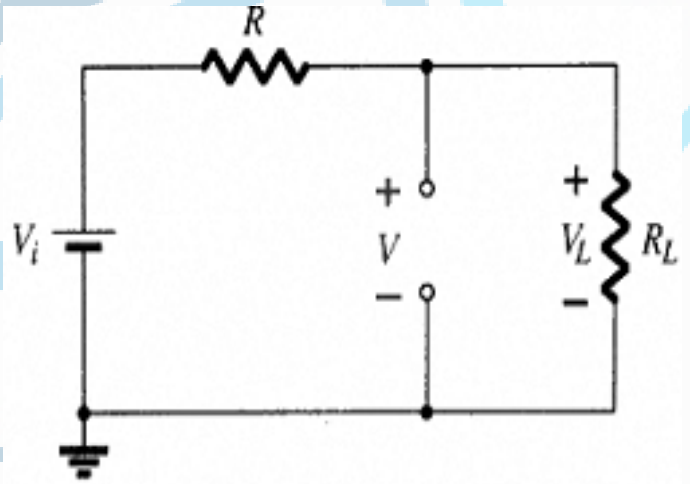
# ديودات الزينر: ( Zener Diodes)

## تحليل دارات الزينر:

a) نزيل الزينر من الدارة ونحسب الجهد على طرفي الزينر

$$V = V_L = \frac{R_L}{R + R_L} V_i$$



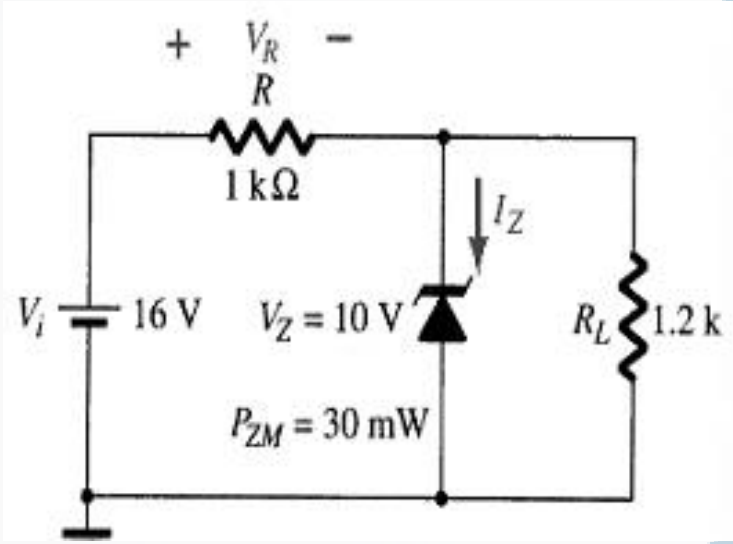



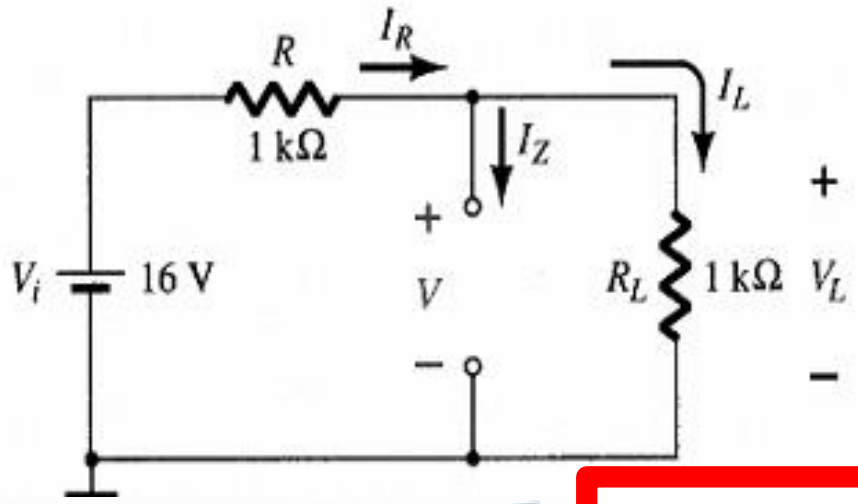

إذا كان $V \geq V_z$ فإن الثنائي ــ زينر سيكون في حالة وصل ( ON) ويمكن الاستعاضة عن ثنائي زينر بجهد زينر $V_z$ ، أما إذا كان $V < V_z$ فإن الزينر يكون في حالــة قطــع ( off )وبالتالي يفتح فرع الدارة الحاوي عليه .

b) نرسم الدارة المكافئة مع وضع حالة الزينر ON أو off ومن ثم نحل الدارة.

# تطبيق

أوجد $V_L$، $V_R$، $I_Z$ و $P_Z$




$$V = \frac{R_L}{R + R_L}\vartheta_i = \frac{1.2 * 16}{2.2} = 8.73 \vartheta olts$$

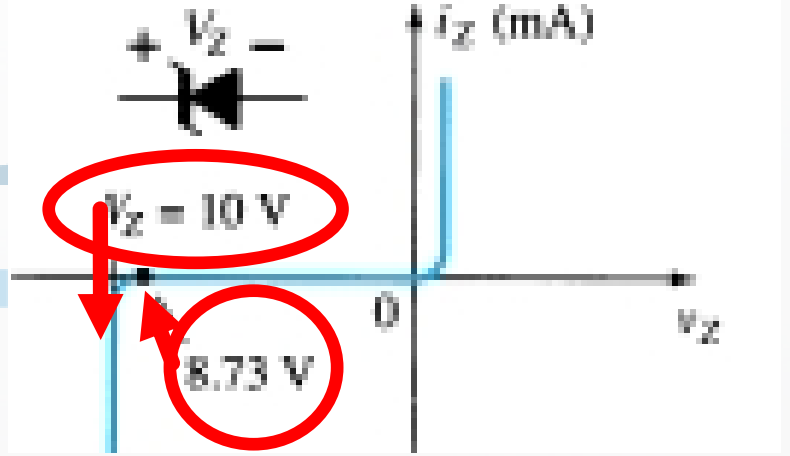
إذا كان $V_Z > V$ فإن الديود في حالة قطع (off)

$$V_L = V = 8.73 \vartheta olts$$

$$V_R = \vartheta_i - V_L = 16 - 8.73 = 7.27 \vartheta olts$$

$$I_z = O\ Ampers$$

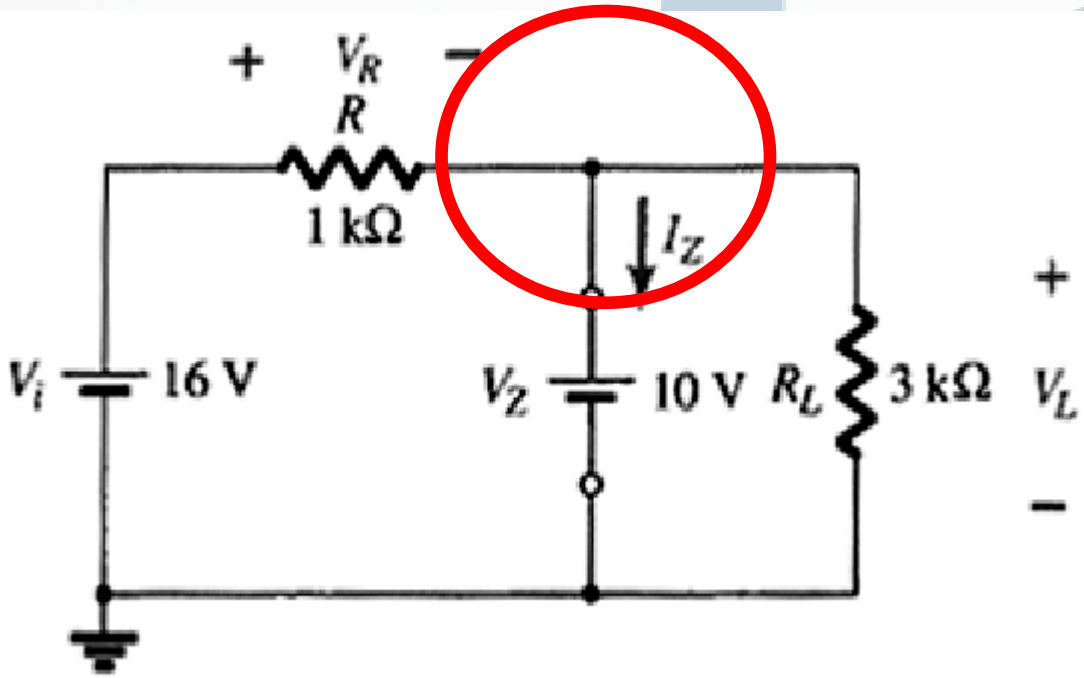
$$P_z = V_z * I_z = 0 watt$$



عند استبدال $R_L$ بمقاومة قيمتها $3K\Omega$ نجد:

$$V = \frac{R_L}{R + R_L} * V_i = \frac{3}{4} * 16 = 12 volts$$

ثنائي الزينر في حالة وصل ( ON )




$$V_L = V_z = 10\ Volts$$

$$V_R = V_i - V_L = 16 - 10 = 6\ Volts$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{10 Volts}{3 * 10^3 \Omega} = 3.33\ mA$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6 Volts}{1 * 10^3 \Omega} = 6\ mA$$

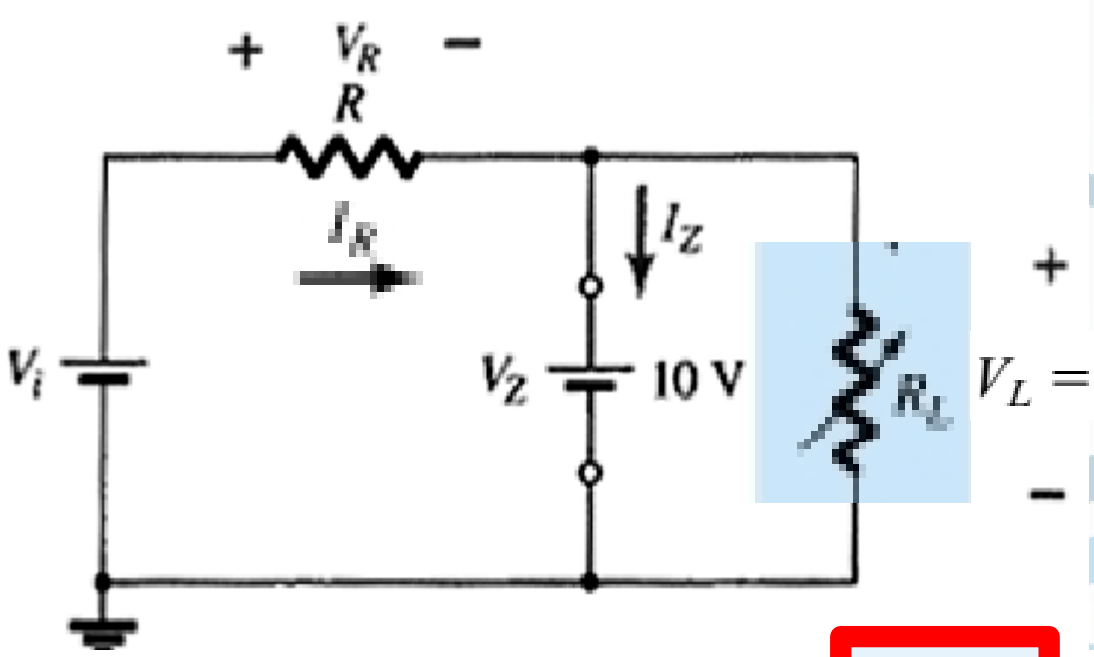
$$I_z = I_R - I_L = 6 - 3.33 = 2.66\ m\ Ampers$$

وتكون الاستطاعة المبددة في ثنائي زينر هي:

$$P_z = V_z * I_z = 10 * 2.66 \cong 26.7 mwatts$$

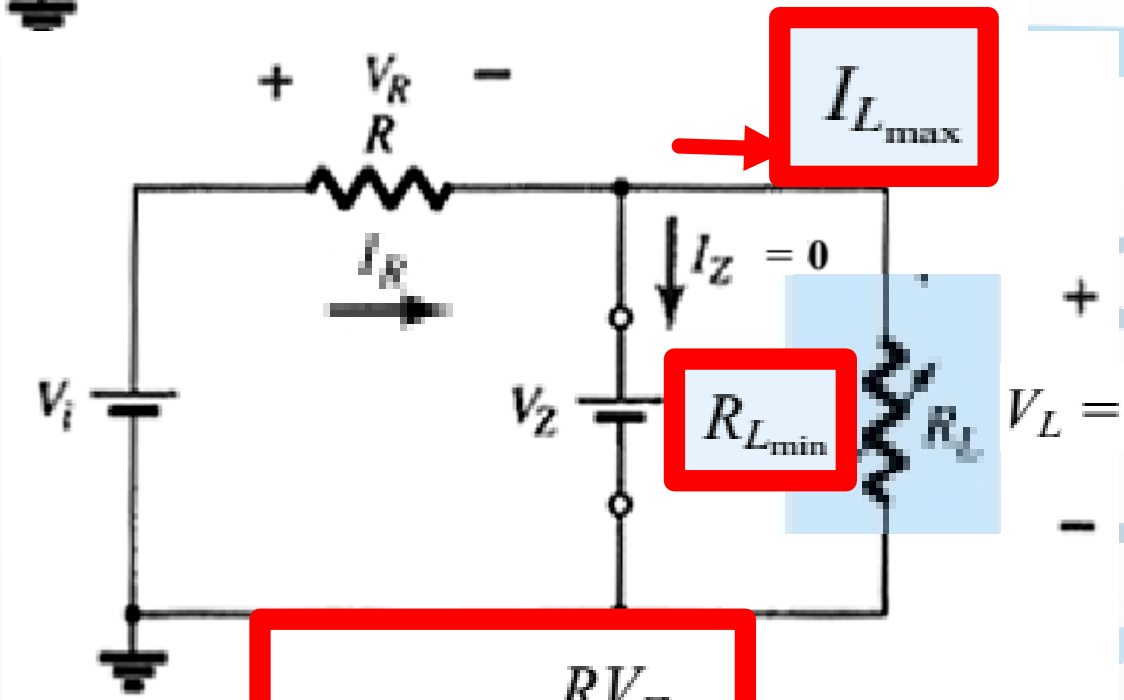
# العمل بمنبع ثابت وحمولة متغيرة

## Fixed $V_i$, Variable $R_L$

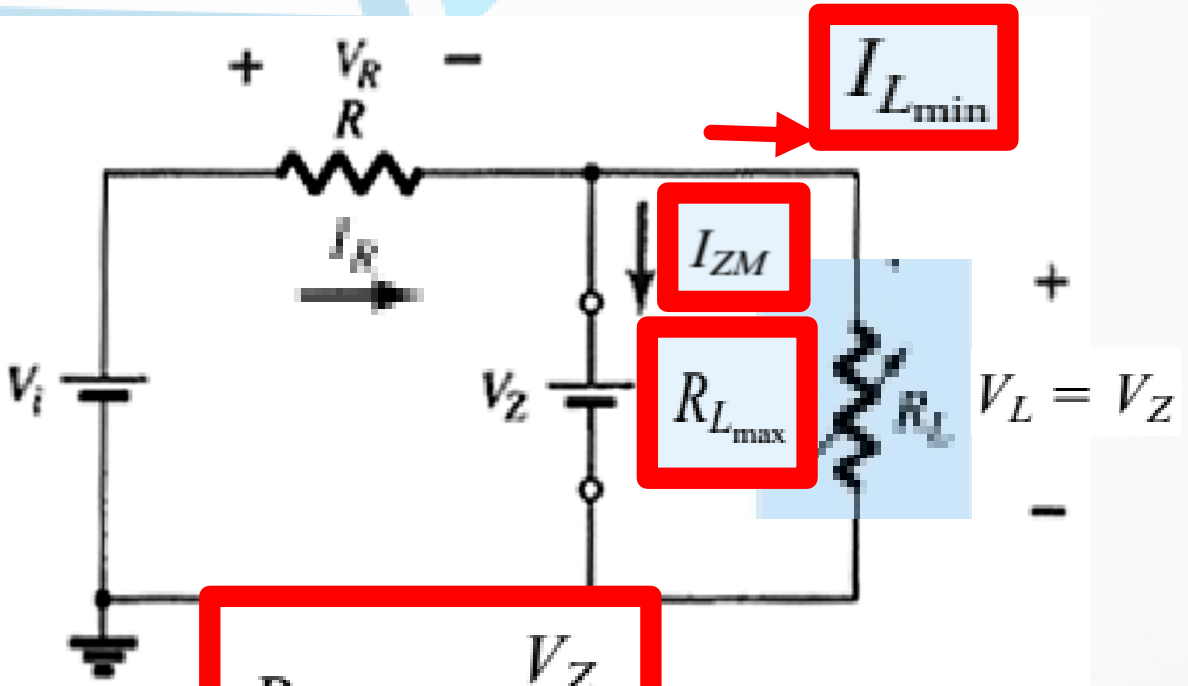



$$V_R = V_i - V_Z$$

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$



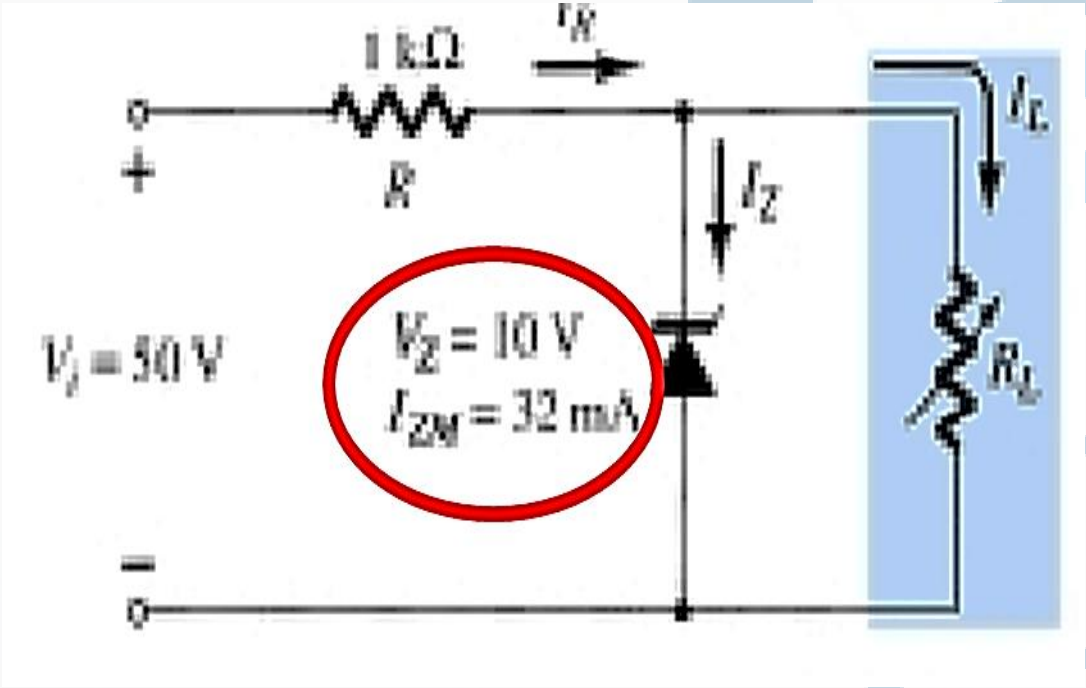

$$R_{L_{min}} = \frac{RV_Z}{V_i - V_Z}$$




$$R_{L_{max}} = \frac{V_Z}{I_{L_{min}}}$$

# تطبيق

## حدد مجال تغير مقاومة الحمل




$$R_{L_{min}} = \frac{RV_Z}{V_i - V_Z} = \frac{(1\ \text{k}\Omega)(10\ \text{V})}{50\ \text{V} - 10\ \text{V}} = \frac{10\ \text{k}\Omega}{40} = \mathbf{250\ \Omega}$$

$$V_R = V_i - V_Z = 50\ \text{V} - 10\ \text{V} = \mathbf{40\ V}$$

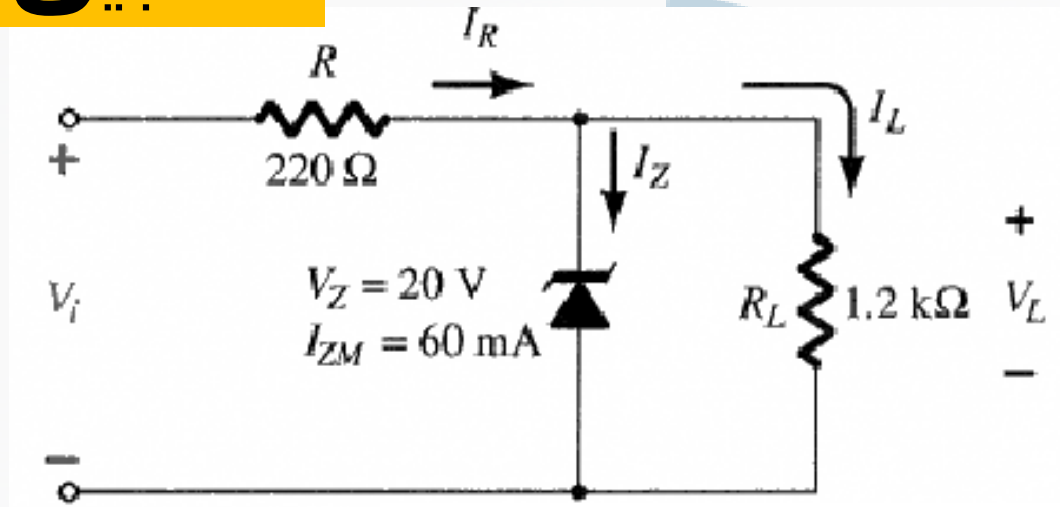
$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{40\ \text{V}}{1\ \text{k}\Omega} = \mathbf{40\ mA}$$

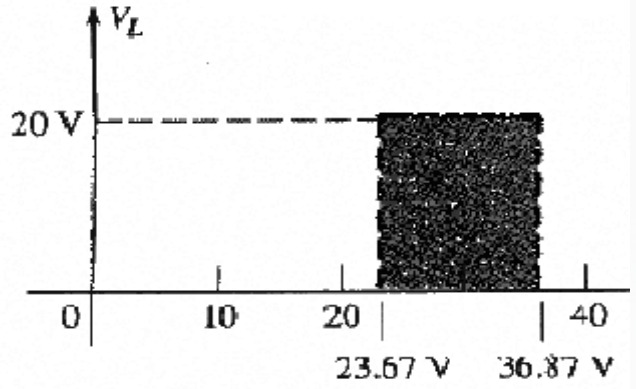
$$I_{L_{min}} = I_R - I_{ZM} = 40\ \text{mA} - 32\ \text{mA} = \mathbf{8\ mA}$$

$$R_{L_{max}} = \frac{V_Z}{I_{L_{min}}} = \frac{10\ \text{V}}{8\ \text{mA}} = \mathbf{1.25\ k\Omega}$$

# تطبيق

# حدد مجال تغير جهد المنبع




$$\vartheta_{i_{min}} = V_z * \frac{R_L + R}{R_L} = \frac{1200 + 220}{1200} * 20 \Rightarrow$$

$$I_Z = 0$$

$$\vartheta_{i_{min}} = 23.67\, volts$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_z}{R_L} = \frac{20\,v}{1.2 * 10^3\,\Omega} = 16.67\, mA$$

$$I_{R_{max}} = I_{z_{max}} + I_L = 60 + 16.67 = 76.67\, mA$$

$$\vartheta_{i_{max}} = I_{R_{max}} * R + V_z = 76.67 * 10^{-3} * 220 + 20 \Rightarrow$$

$$I_Z = I_{ZM}$$

$$\vartheta_{i_{max}} = 36.87\, volts$$

# Practical Applications Diodes

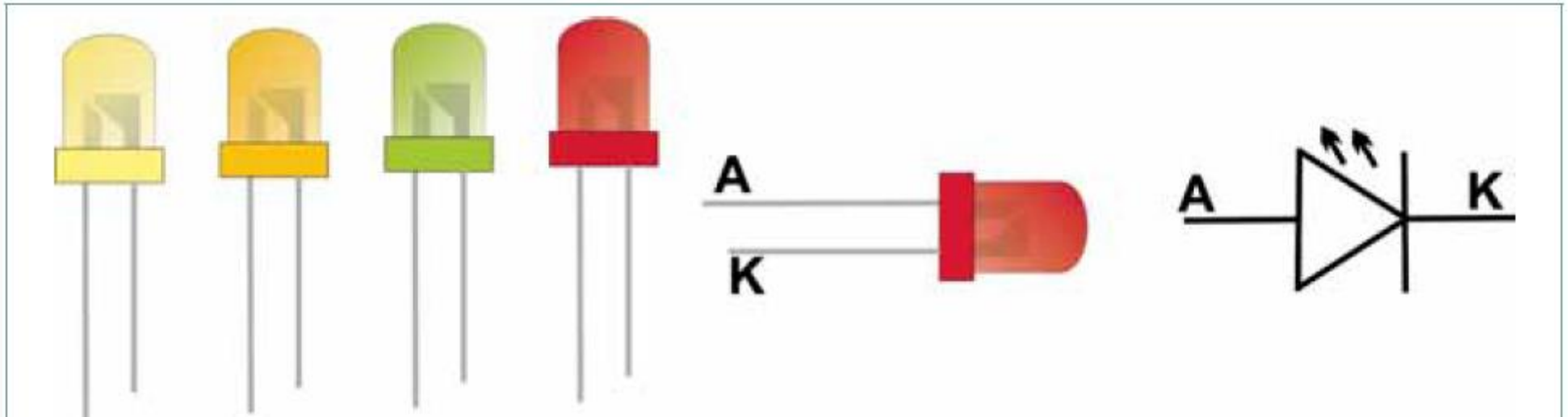
- **Rectifier Circuits**
  - Conversions of AC to DC for DC operated circuits
  - Battery Charging Circuits
- **Simple Diode Circuits**
  - Protective Circuits against
    - Overcurrent
    - Polarity Reversal
    - Currents caused by an inductive kick in a relay circuit
- **Zener Circuits**
  - Overvoltage Protection
  - Setting Reference Voltages

# LIGHT-EMITTING DIODES

# الديودات الباعثة للضوء (LED)

- تستخدم الديودات الباعثة للضوء في أجهزة العرض الرقمية - الآلات الحاسبة والساعات ولوحات العرض وتجهيزات الزينه واجهزة الانارة الموفرة للطاقة.
- في بعض الحالات تستخدم في هذه التجهيزات ديودات من نوع اخر تسمى باجهزة العرض الكريستالية السائلة
  - liquid-crystal display (LCD)

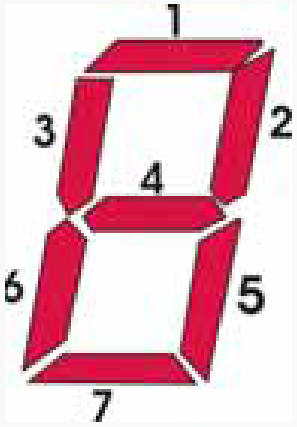
رمز واشكال الديودات الباعثة للضوء

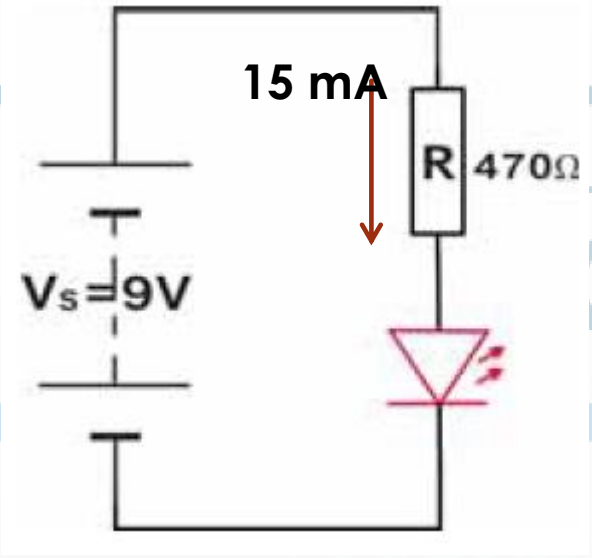


- تعتمد هذه الثنائيات في عملها على مبدا تحويل التيار الكهربائي المار فيها في حالة الانحياز الامامي الى طاقة ضوئية.
- تستخدم عادة كمصابيح للدلالة او الزينة وفي بعض الحالات كمصابيح موفرة للطاقة.
- تمتاز عن المصابيح التقليدية بوثوقيتها وعمرها العاليين وبالاستهلاك القليل للطاقة الكهربائية.
- تصنع من فوسفيد الغليوم وزرنيخ فوسفيد الغاليوم.
- يصل تيارها حسب شدة الانارة الى 5/30 mA.
- يعتمد لون الضوء على نوع المادة المصنعة. تتوفر بألوان مشعة للضوء مثل الاحمر والابيض والاخضر والازرق والاصفر، فعلى سبيل المثال تصنع من فوسفات الغاليوم لإطلاق اللون الاخضر.....

جَامعة المَنارة MANARA UNIVERSITY

- تعمل على جهود مستمرة تعادل 2V تقريباً، لذلك توصل على التسلسل مع منابع التغذية المستمرة بعدد محدد (n) من الديودات الموصل على التسلسل وفق المعادلة ($V_S$=n*2 V).
- تطلق اشعة تحت حمراء (Infra-Red) مشكلة الضوء.
- تستخدم في وحدات التحكم عن بعد .
- تستخدم بشكل شائع في شاشات الاظهار Seven Segment Display .
- يمكن اختبارها بواسطة الافوميتر وفق الدارة المبينة على الشكل.






طريقة اختبارها بواسطة الافوميتر

# PHOTO DIODES

# الديودات الضوئية

يتشكل الضوء من موجات كهرطيسية ناتجة عن حركة الفوتونات. تملك الفوتونات قدرة : $W = h*f$ joules

$h$ : Planck's constant $= 6.624 * 10^{34}$ joule-second

wavelength $\lambda = \frac{v}{f}$ meter

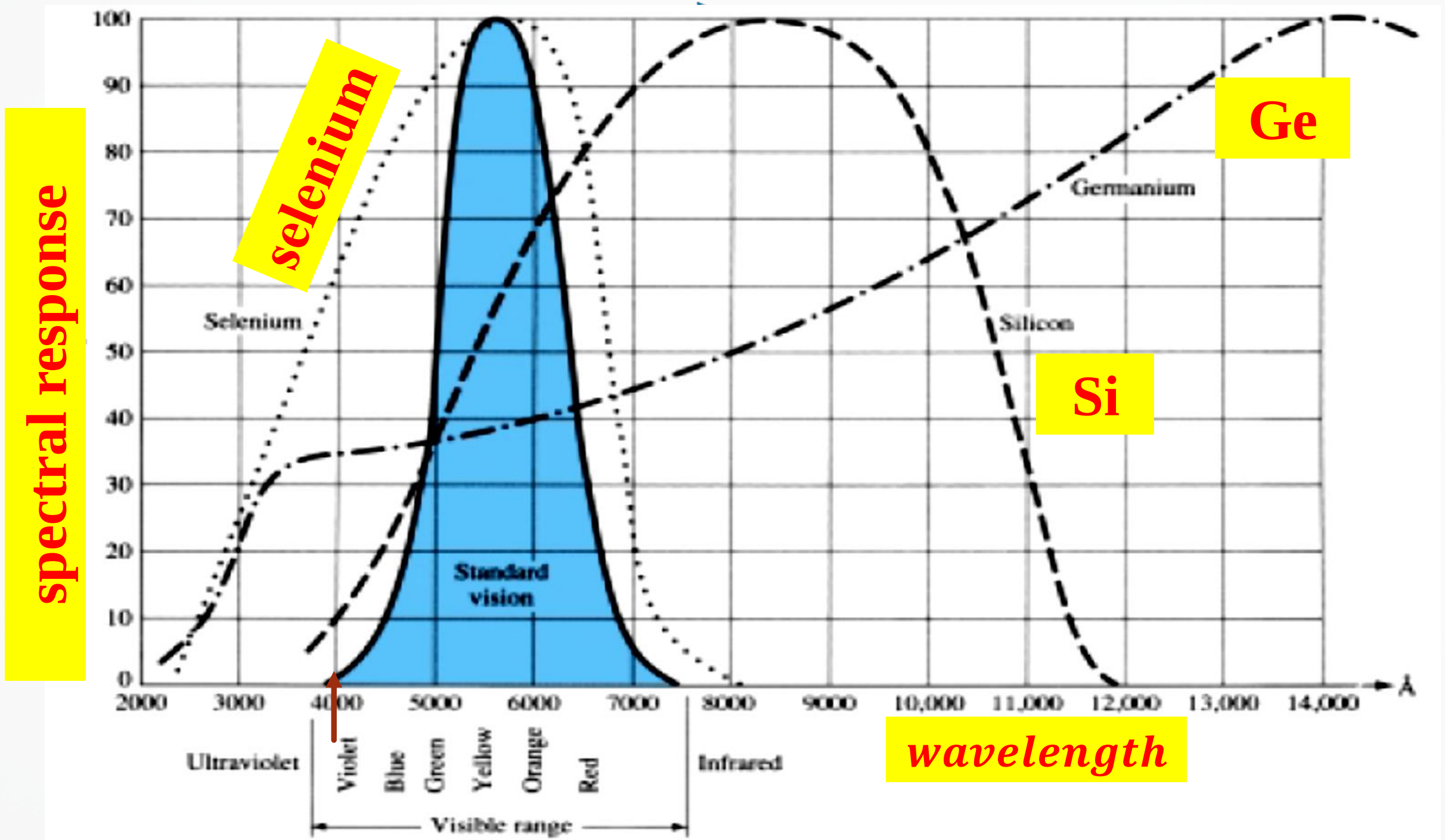
wavelength is usually measured in angstrom units (Å)

$1\,Å = 10^{-10}\,m$

v :velocity of light, $3 * 10^{8}$ m/s

f :frequency of the traveling wave, hertz

MANARA UNIVERSITY


spectral response
selenium
Ge
Si
wavelength
Selenium
Germanium
Silicon
Standard vision
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10,000
11,000
12,000
13,000
14,000
Å
Ultraviolet
Violet
Blue
Green
Yellow
Orange
Red
Infrared
Visible range

- يحدد طول الموجة مادة تصنيع العنصر الضوئي.
- بتزايد كثافة الضوء الساقط يتزايد عدد الالكترونات الحرة.
- تقاس شدة الضوء Light intensity بكمية الفيض الضوئي luminous Flux الساقطة على مساحة معينة.
- يتم قياس الفيض الضوئي عادة باللومن LM أو الواط .

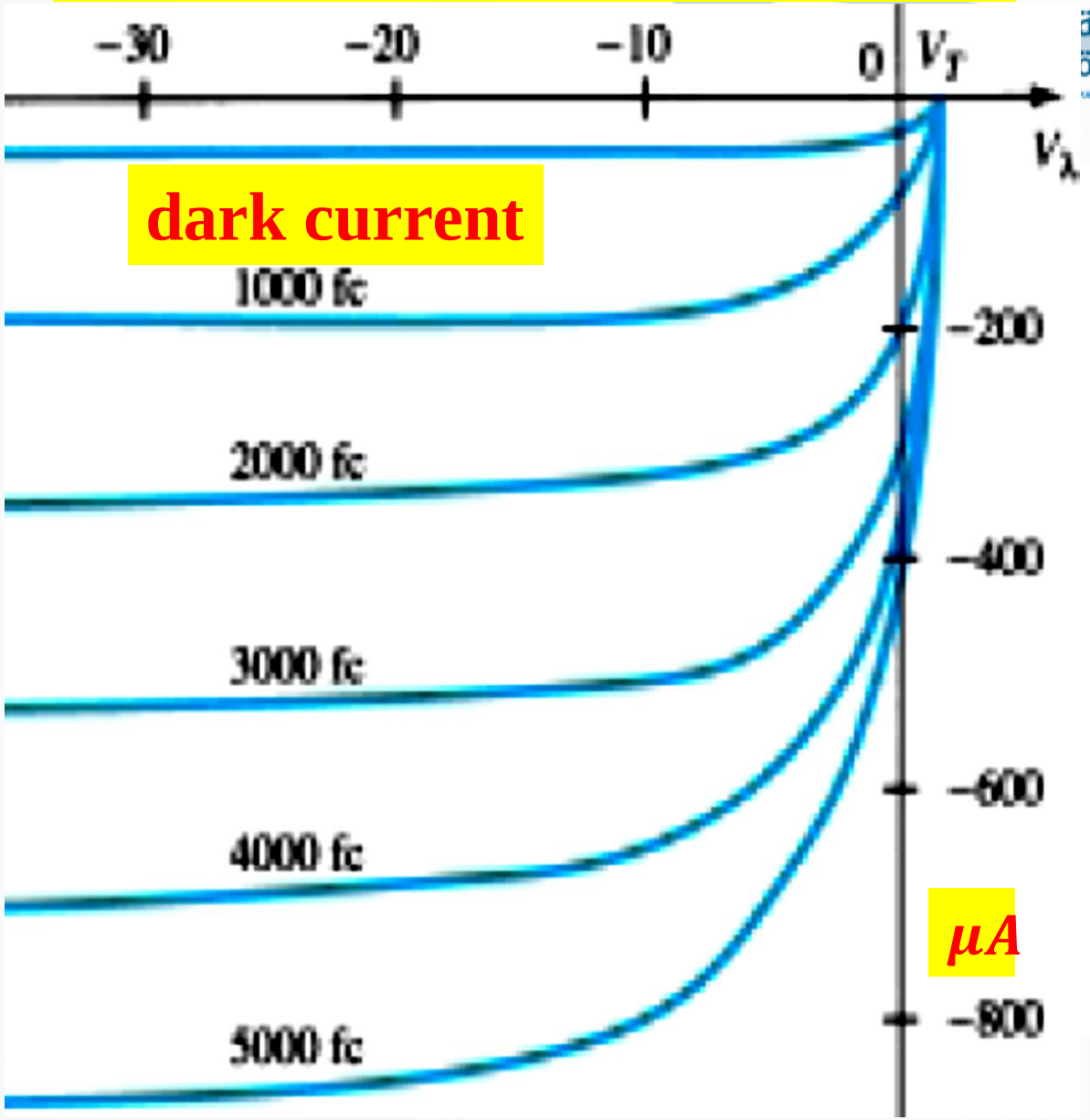
$$1\ \text{lm} = 1.496 \times 10^{-10}\ \text{W}$$

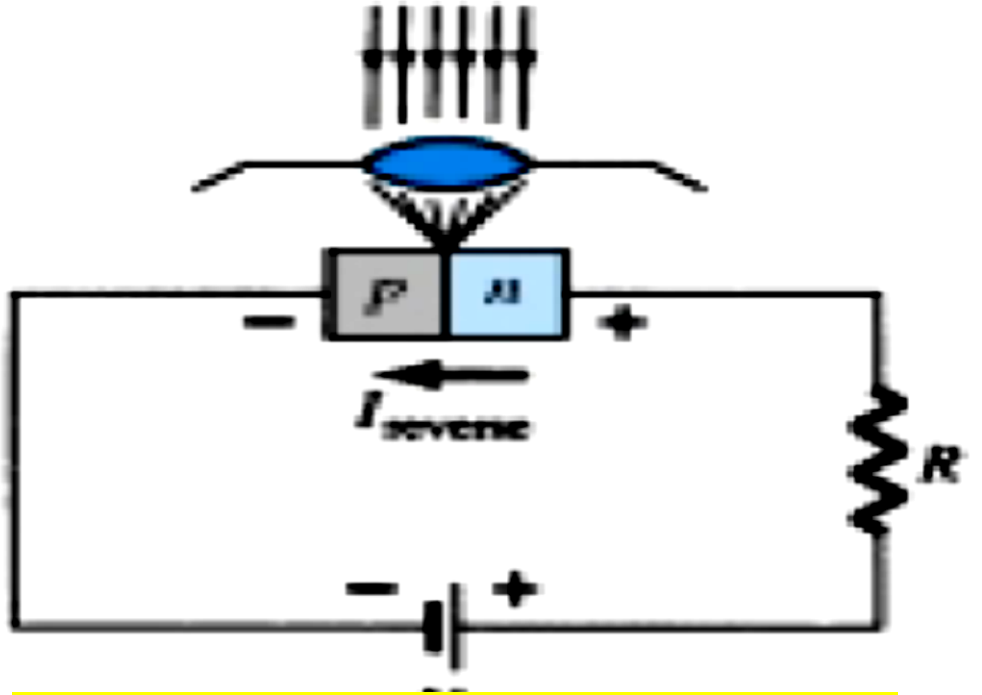
- تقاس شدة الضوء Light intensity:

$$1\ \text{lm/ft}^2 = 1\ \text{fc} = 1.609 \times 10^{-9}\ \text{W/m}^2$$

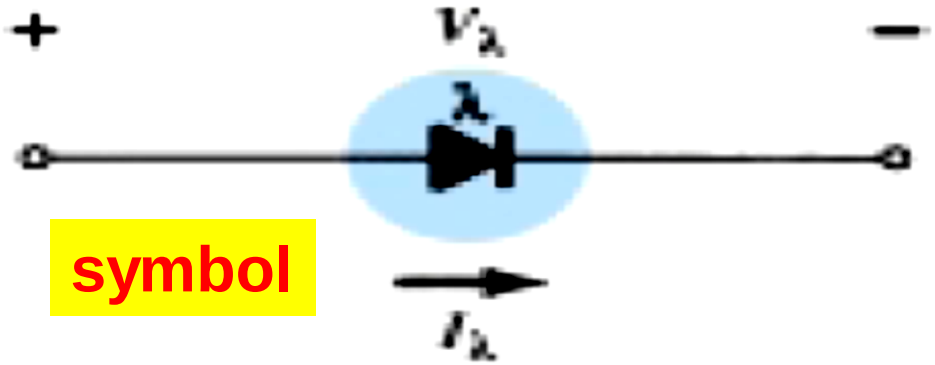
- الديود الضوئي هو ديود يتحدد فيه تياره العكسي بناء على شدة الضوء المسلطة عليه.
- تستخدم عادة عدسة لتجميع الضوء في نقطة الاتصال بين الطبقتين p-n.

# Photodiode characteristics.




basic biasing arrangement

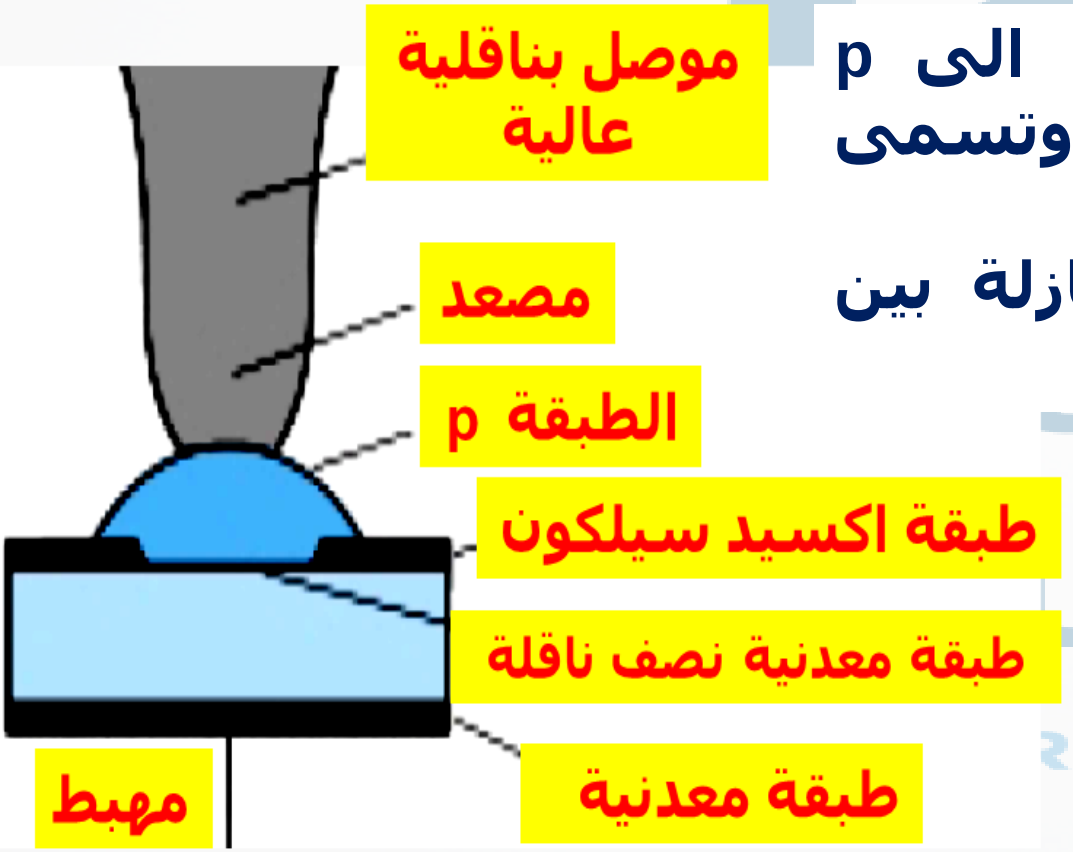



symbol

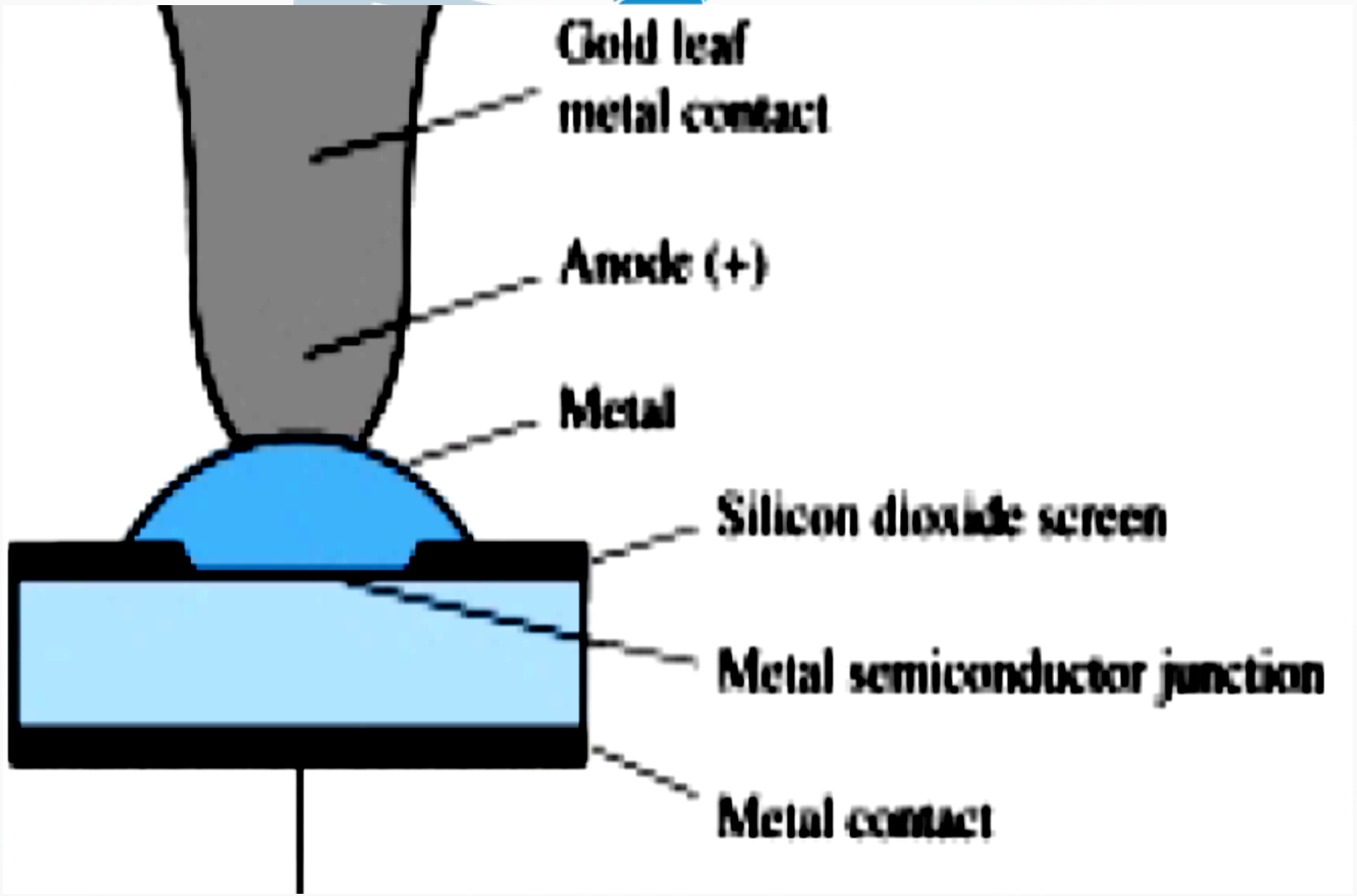
# ديود شوتكي

# schottky diode

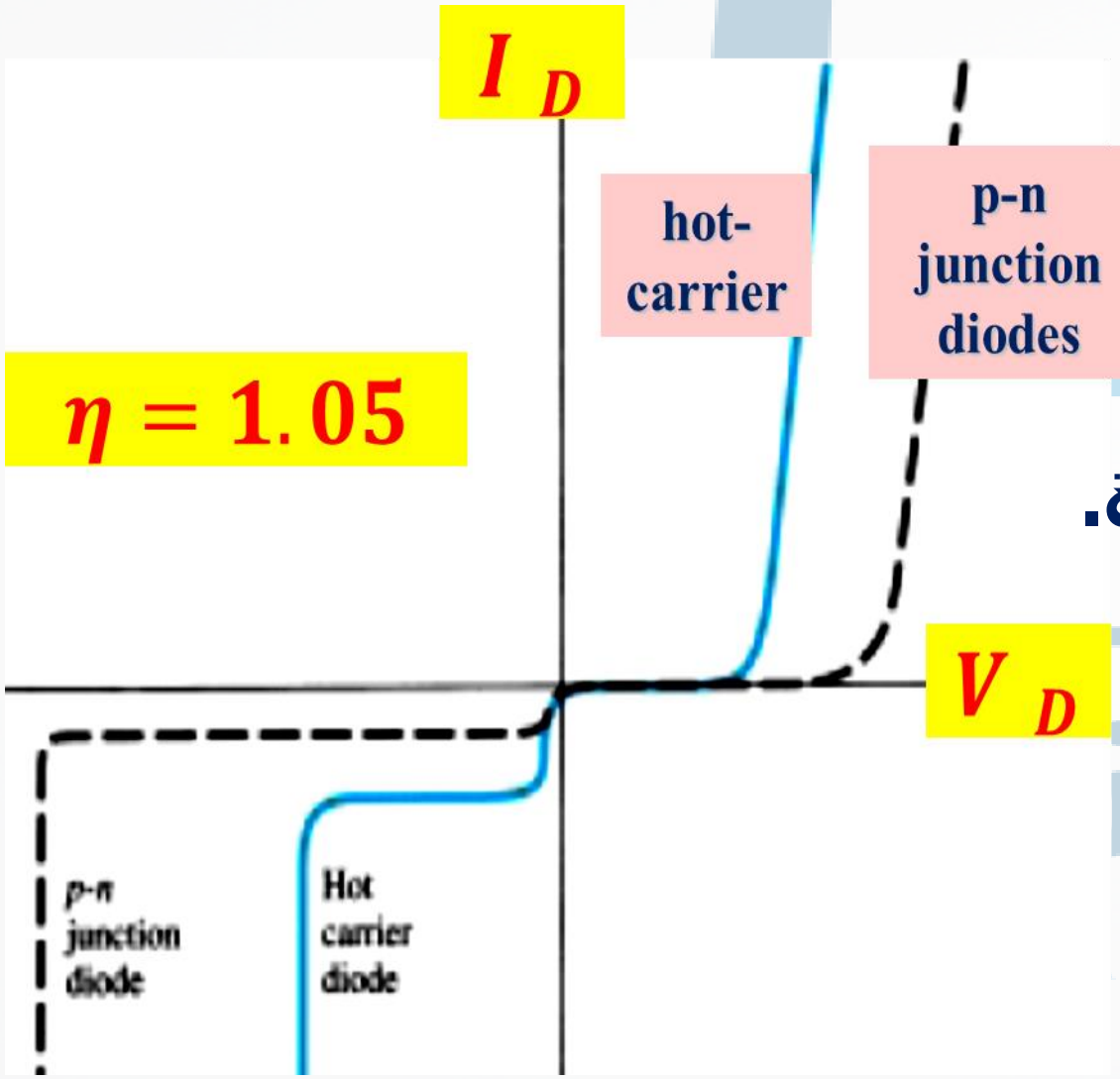
- يستخدم في الانظمة ذات الترددات العالية.
- تشكل الطبقة p من مادة معدنية بلاتين – كروم – تنغستين...
- الالكترونات تمثل حوامل الشحنات الاساسية في الطبقتين.




- عند توصيل المادتين تعبر الالكترونات من n الى p وتمتلك هذه الالكترونات طاقة حركية عالية وتسمى بالحوامل الحارة"hot carriers"
- التدفق العالي للالكترونات يشكل منطقة عازلة بين الطبقتين .
- الحوامل الاضافية في المعدن تحد من عبور الكترونات المادة نصف الناقلة n لتشكل حاجز السطح . عند تطبيق جهد امامي سينخفض الحاجز السالب والسماح بمرور تيار امامي .


Gold leaf
metal contact
Anode (+)
Metal
Silicon dioxide screen
Metal semiconductor junction
Metal contact

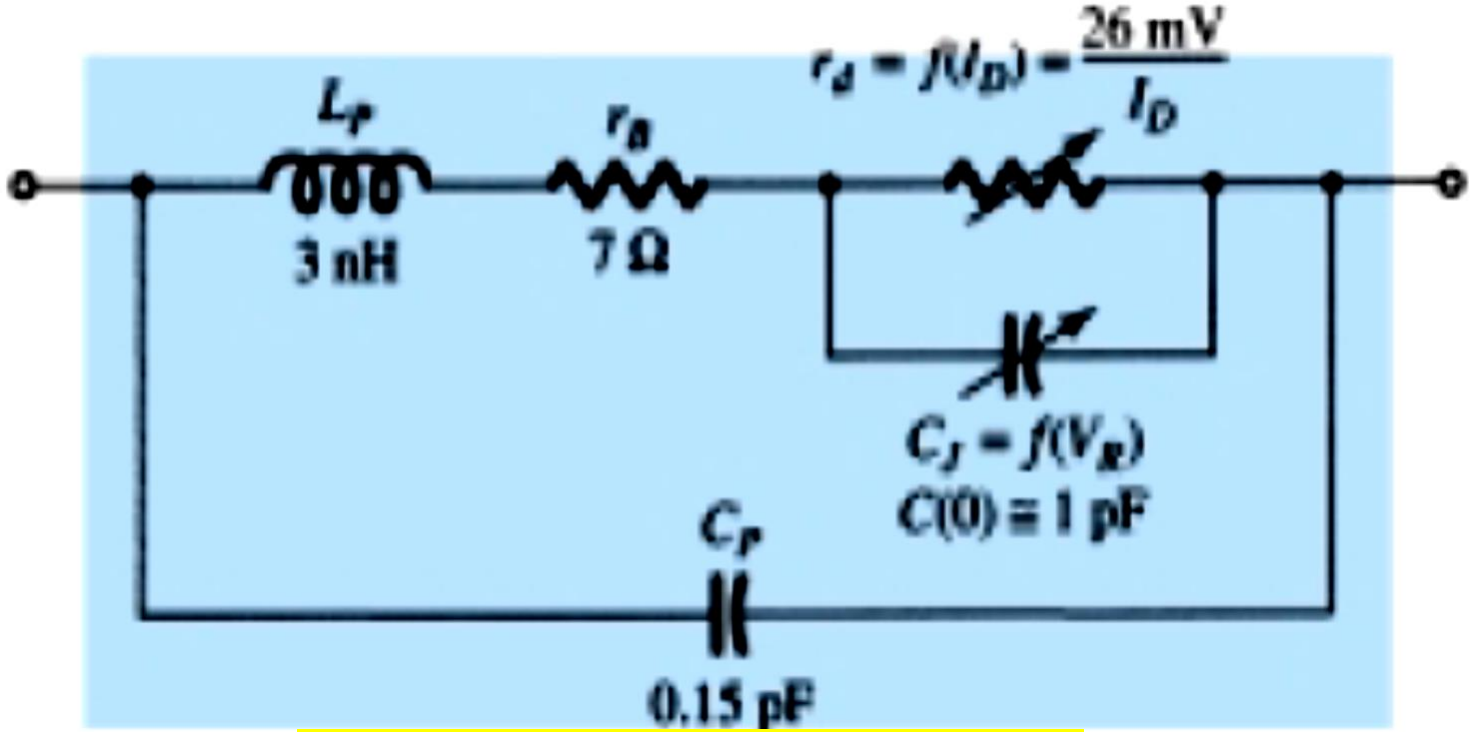
# Comparison of hot-carrier and p-n junction diodes



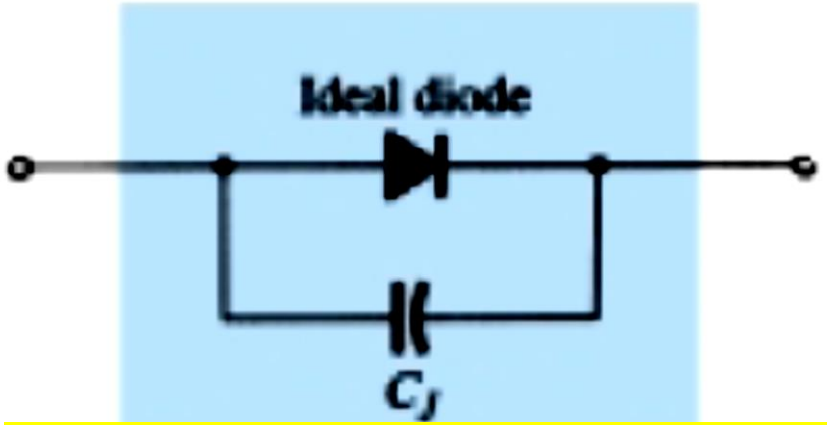

- يمتاز بانخفاض القدرة المبددة.
- تيار تسريب عكسي كبير.
- يتاثر بشكل كبير مع تغير درجة الحرارة.
- جهد انهيار عكسي منخفض.
- جهد عتبة منخفض.

# Schottky (hot-carrier) diode

symbol.




equivalent circuit




Approximate equivalent circuit.

$L_P, C_P$ -تحريض وسعة هيكل الديود

$C_d$ : سعة الثنائي

$r_d$ : المقاومة الديناميكية

$r_B$ : مقاومة الجسم والتماسات