



CHƯƠNG 2.

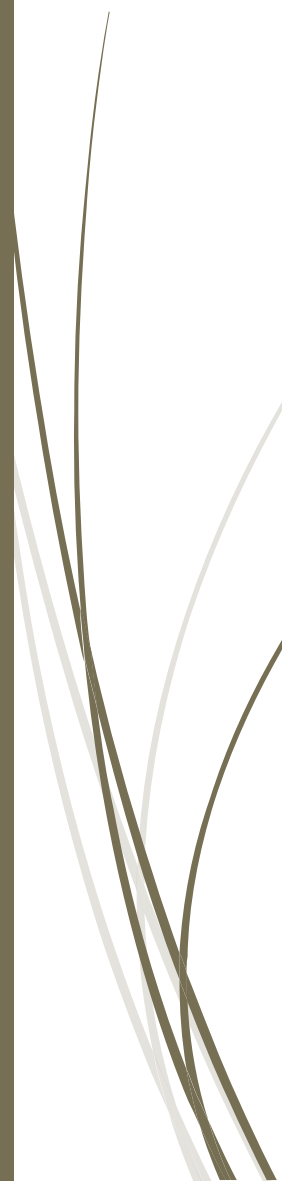
CHUYỂN TIẾP P-N

DIODE BÁN DẪN

Giảng viên: Phan T. Thanh Huyền
Khoa Điện tử - Viễn thông



NỘI DUNG

- ❖ **SƠ LƯỢC CẤU TRÚC CỦA NGUYÊN TỬ**
 - ❖ **CẤU TRÚC VÙNG NĂNG LƯỢNG**
 - ❖ **CHẤT BÁN DẪN**
 - ❖ **CHUYỂN TIẾP P - N**
 - ❖ **DIODE BÁN DẪN**
- 

DIODE BÁN DẪN



Gunn Diode



LED



PIN Diode



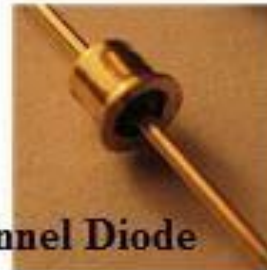
Step Recovery Diode



Laser Diode



Photo Diode



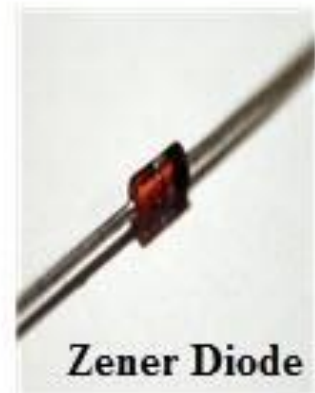
Tunnel Diode



Varactor Diode



Schottky Diode



Zener Diode

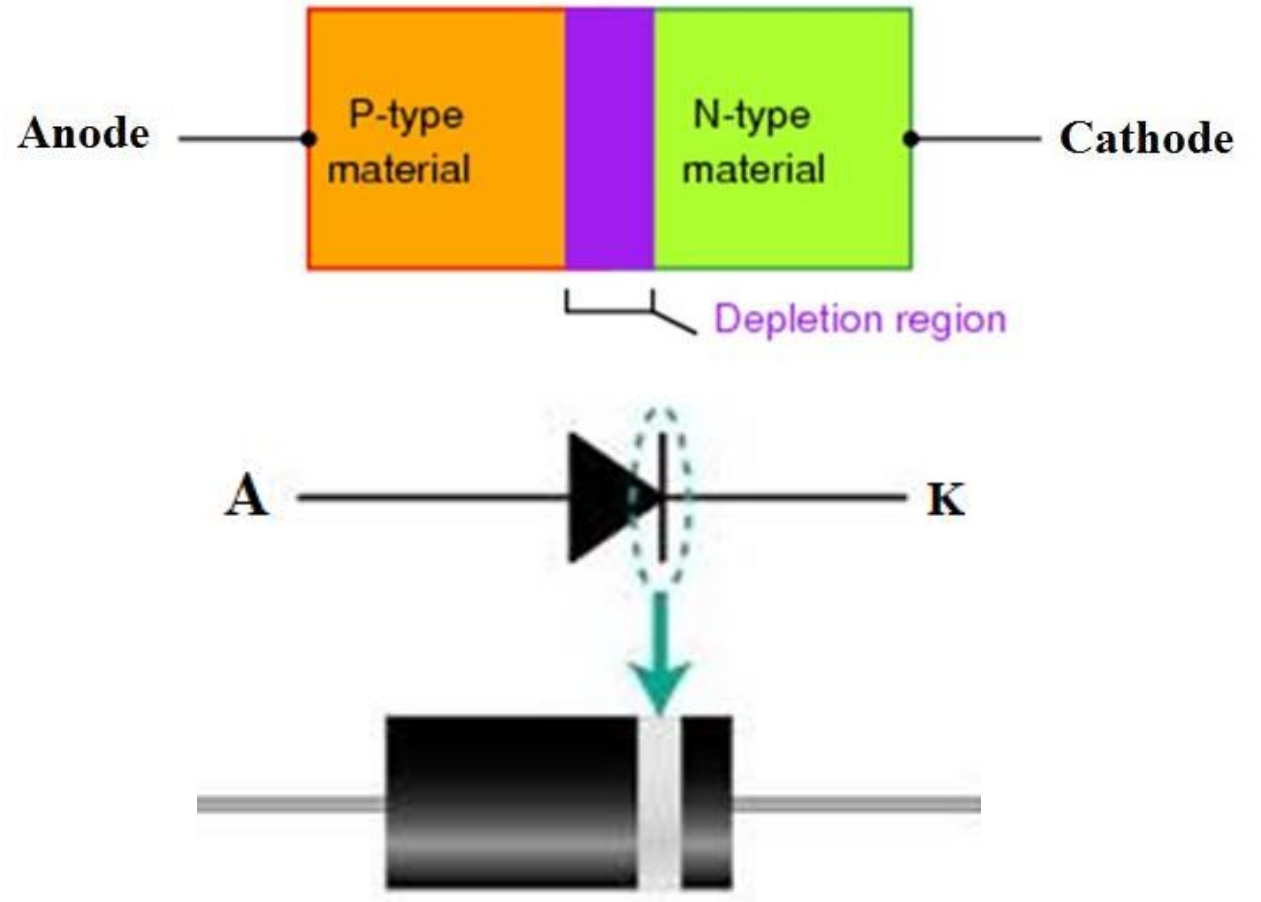
Nội dung chính

- ❖ **Diode chỉnh lưu**
- ❖ **Diode ổn áp Zenner**
- ❖ **Giới thiệu một số diode đặc biệt**

1.1. DIODE CHỈNH LƯU - CẤU TẠO

❖ Cấu tạo cơ bản:

- 1 tiếp giáp p-n
- 2 cực: A và K

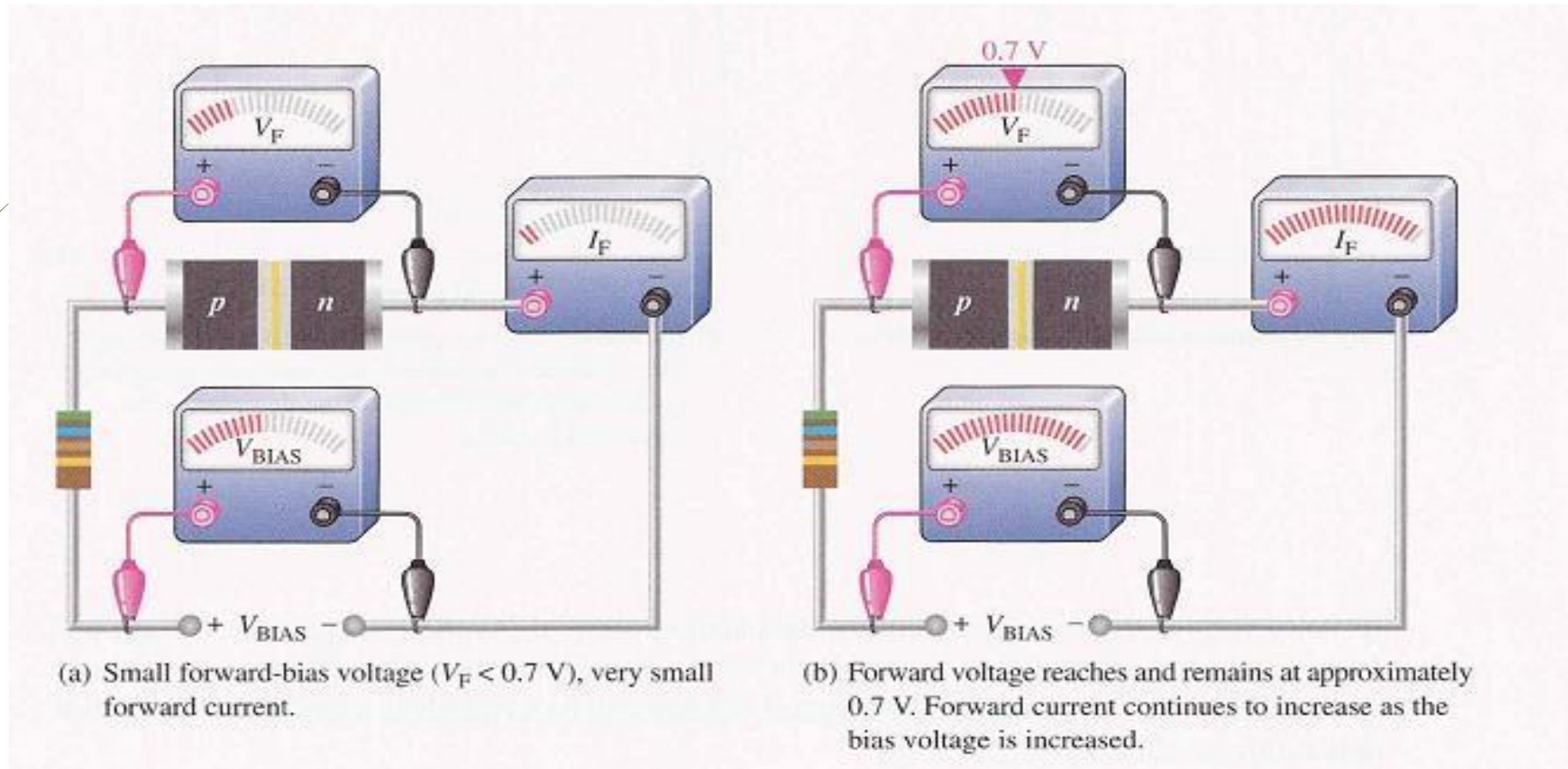


1.2. DIODE CHỈNH LƯU - NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

- ❖ Nguyên lý hoạt động: Dựa trên *tính dẫn điện 1 chiều* của tiếp giáp p-n:
 - Phân cực thuận ($V_{AK} > 0$): Dòng điện thuận I_t qua diode có chiều từ A đến K, cường độ lớn.
 - Phân cực ngược ($V_{AK} < 0$): Dòng điện ngược I_{ng} có chiều từ K đến A, rất nhỏ \rightarrow diode coi như không dẫn điện.

1.3. DIODE CHỈNH LƯU - ĐẶC TUYẾN VOLT-AMPERE

❖ **Đặc tuyến Volt-Ampere:** Xây dựng bằng phương pháp thực nghiệm.

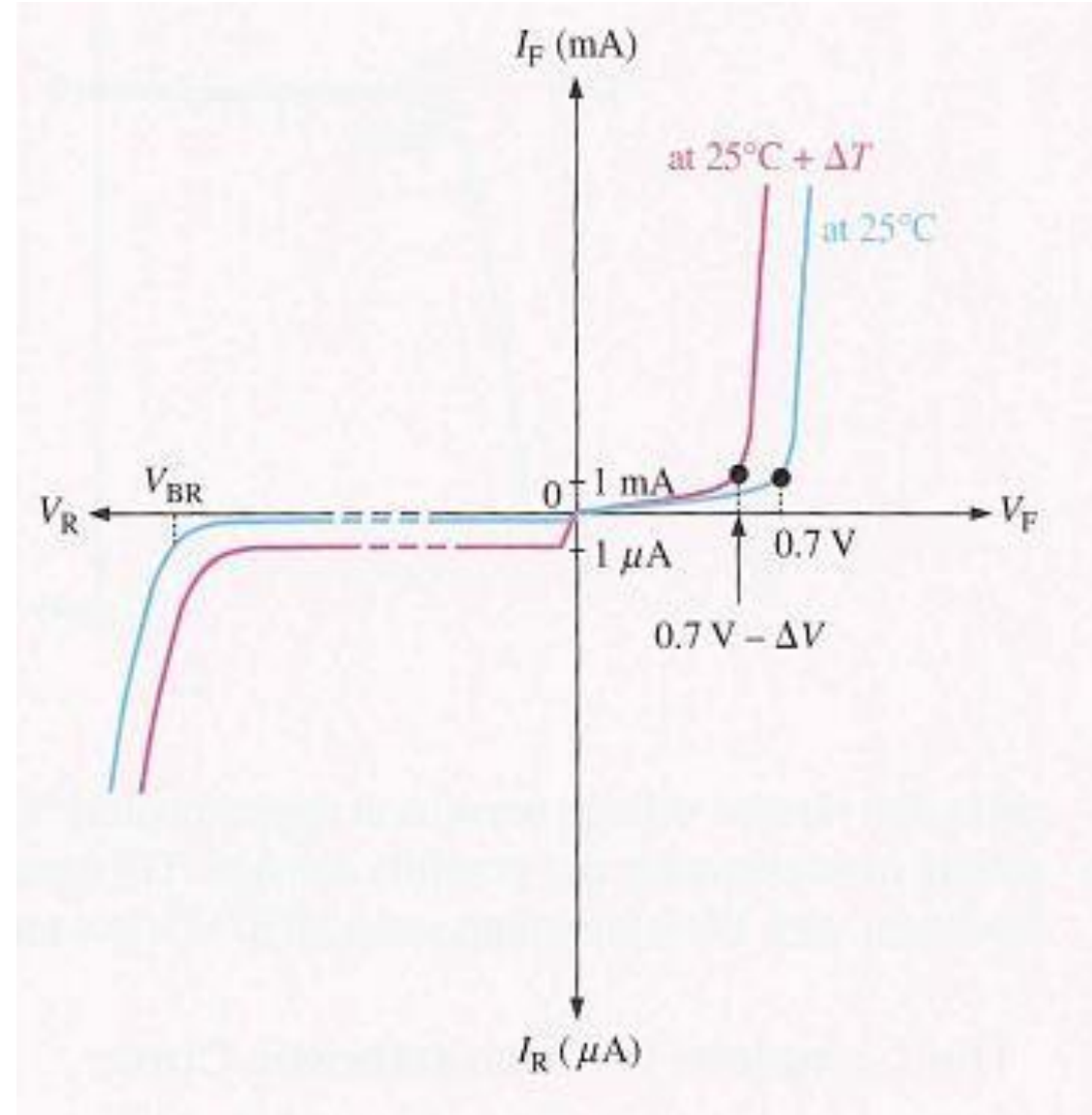


1.3. DIODE CHỈNH LƯU - ĐẶC TUYẾN VOLT-AMPERE

❖ Đặc tuyến Volt-Ampere:

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{V}{V_T}\right) - 1 \right]$$

I_0 : Dòng bão hòa ngược, phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ với mức xấp xỉ tăng *gấp đôi* khi nhiệt độ tăng 10°C ; hay $-2,1\text{mV}/^\circ\text{C}$ (Si); $-2,3\text{mV}/^\circ\text{C}$ (Ge).



1.4. DIODE CHỈNH LƯU - THAM SỐ CƠ BẢN

❖ Điện trở tĩnh (Điện trở 1 chiều):

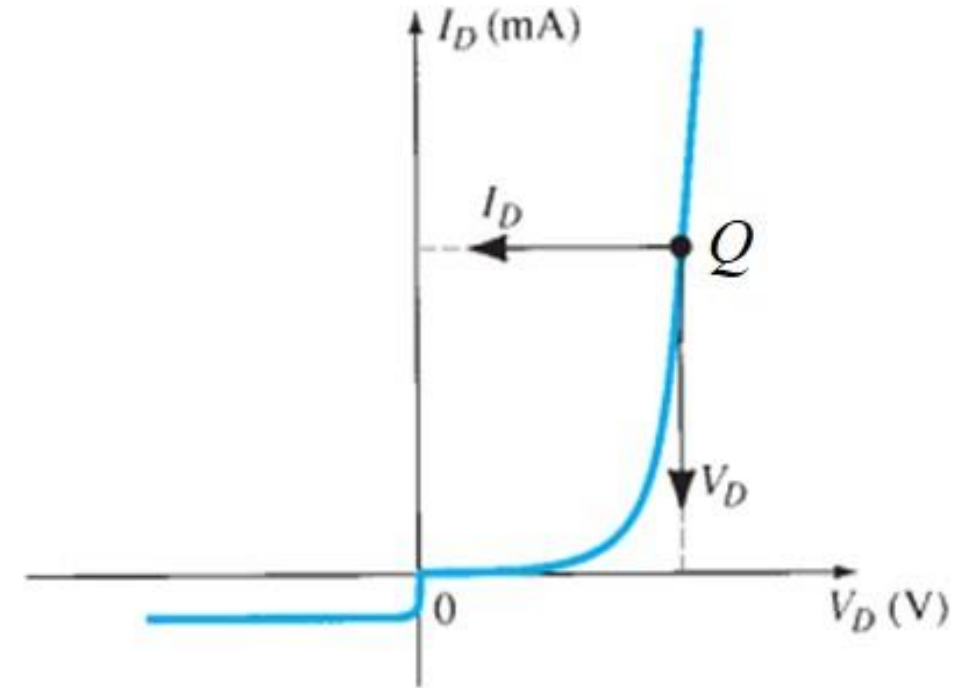
- Là điện trở của tiếp giáp/chuyển tiếp p-n khi có điện áp một chiều đặt lên diode.
- Điện trở tĩnh tại điểm Q trên đặc tuyến

Volt-Ampere:

$$R_0 = \frac{V_D}{I_D}$$

→ $R_F \ll R_R$

- *F = forward*
- *R = reverse*

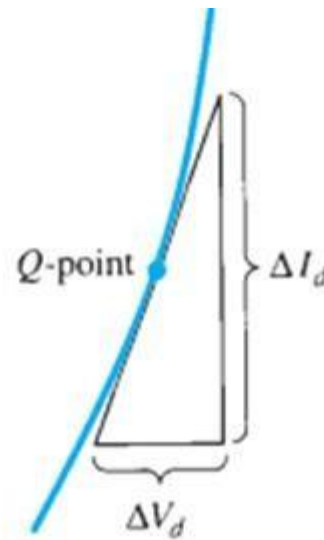


Determining the dc resistance of a diode at a particular operating point.

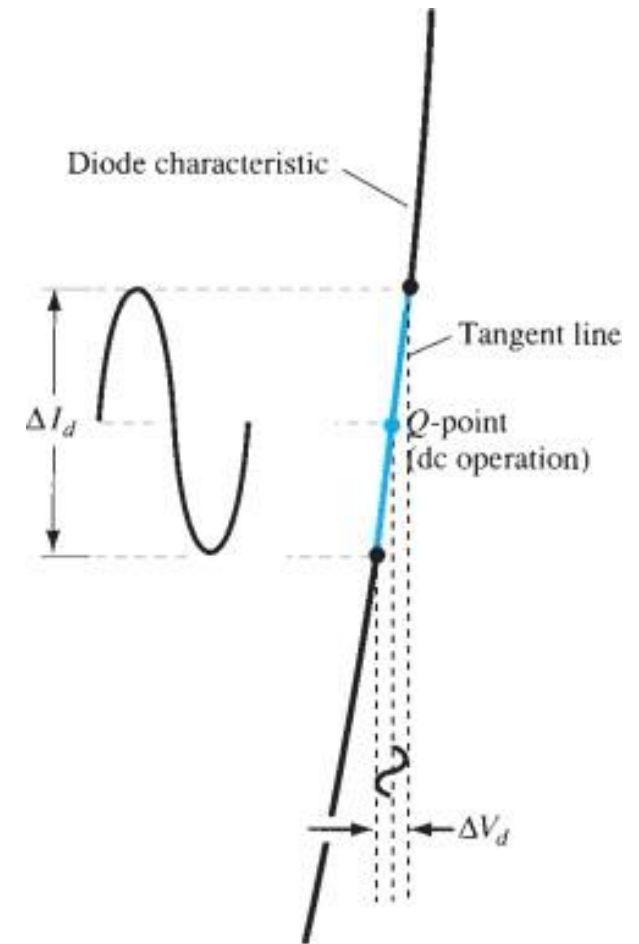
1.4. DIODE CHỈNH LƯU - THAM SỐ CƠ BẢN

- ❖ **Điện trở động (Điện trở xoay chiều):** Là điện trở của tiếp giáp p-n khi làm việc với điện áp biến đổi.

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



Determining the ac resistance at a Q-point.



Defining the dynamic or ac resistance.

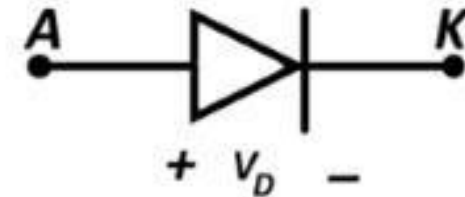
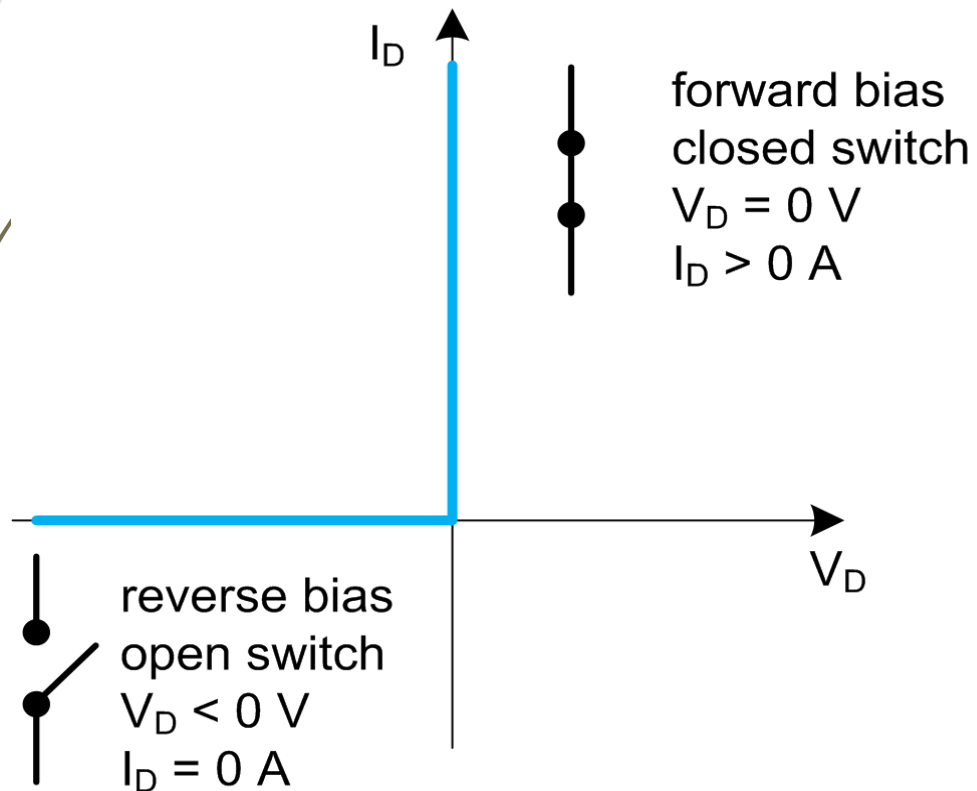
1.4. DIODE CHỈNH LƯU - THAM SỐ CƠ BẢN

- ❖ **Công suất tiêu tán cho phép P_{\max} :** Công suất tiêu tán cực đại trên diode trong chế độ phân cực thuận.
- ❖ **Điện áp ngược cực đại $V_{R\max}$:** Là điện áp ngược tối đa mà diode còn làm việc bình thường, thông thường $V_{R\max} \sim 0,8V_{BR}$.
- ❖ **Khoảng nhiệt độ làm việc:** Là khoảng nhiệt độ mà diode làm việc bình thường. Với diode Si là từ -60 đến 150°C ; với diode Ge là -60 đến 85°C .
- ❖ **Tham số khác:** Điện dung của diode, dòng thuận cực đại, điện áp mở V_K, \dots

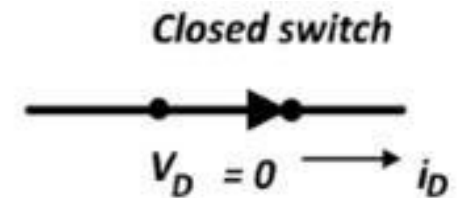
[Datasheet](#)

1.5. DIODE CHỈNH LƯU - MÔ HÌNH TƯƠNG ĐƯƠNG

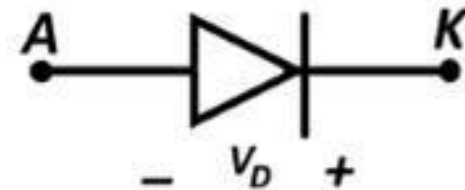
- ❖ **Mô hình lý tưởng (Ideal model):** Sử dụng khi phân tích định tính hoạt động của mạch, tính toán khi trong mạch có dòng điện và điện áp lớn.



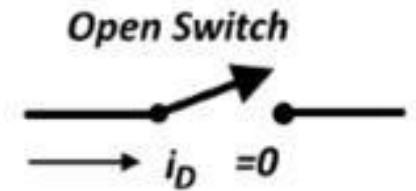
(a) Forward biased diode



(b) Switch equivalent circuit



(c) Reverse Biased diode

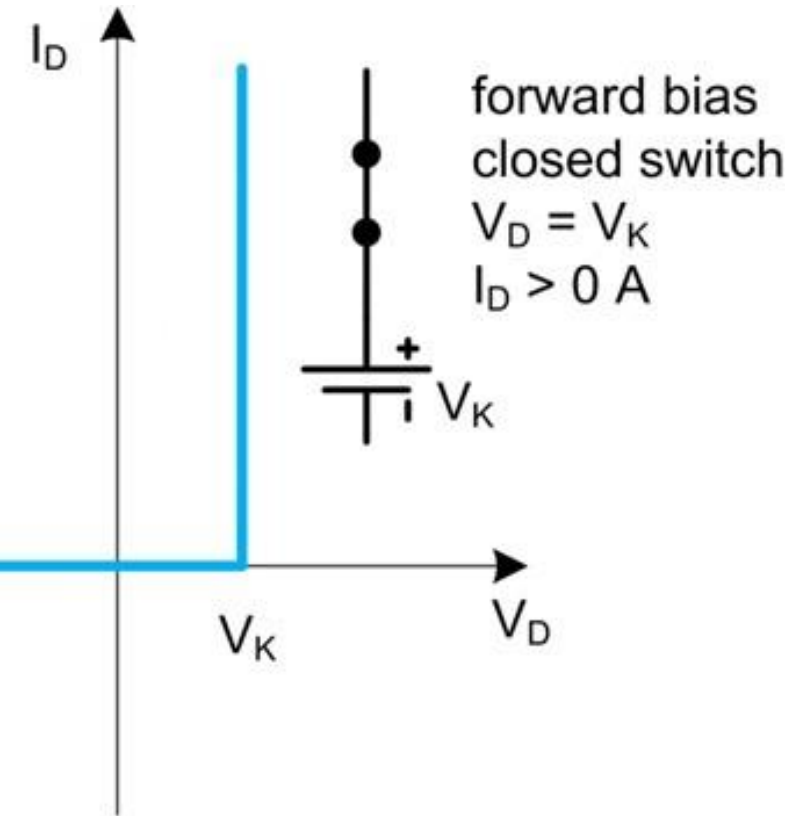


(d) Switch equivalent Circuit

1.5. DIODE CHỈNH LƯU - MÔ HÌNH TƯƠNG ĐƯƠNG

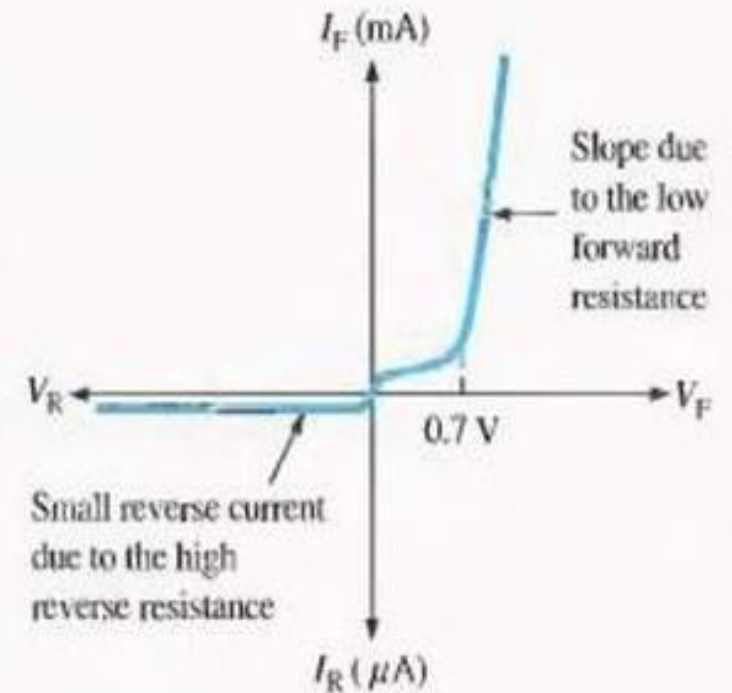
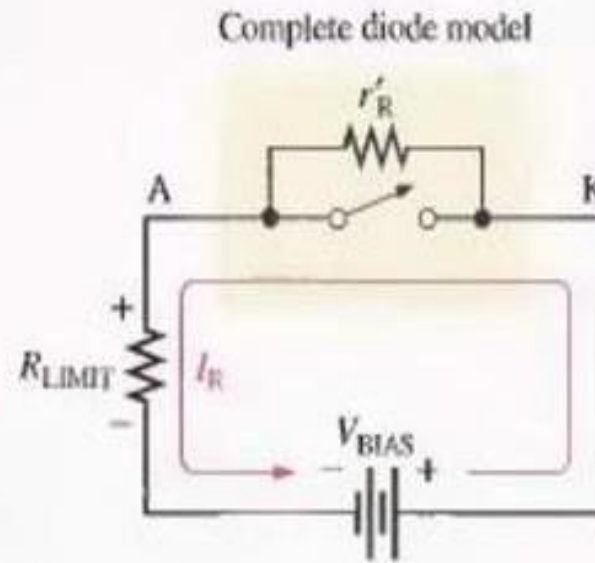
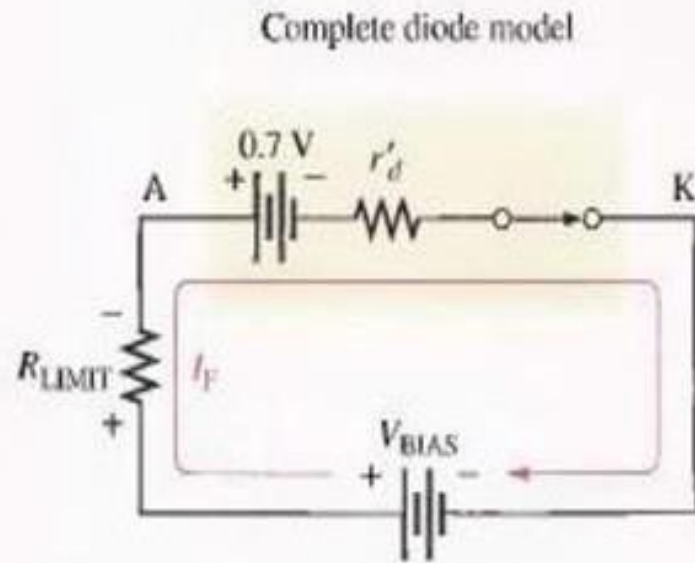
❖ Mô hình thực tế (Practical model):

- Phân cực thuận: Diode tương đương với một nguồn áp V_K và công tắc đóng.
- Phân cực ngược: Diode tương đương với công tắc mở.



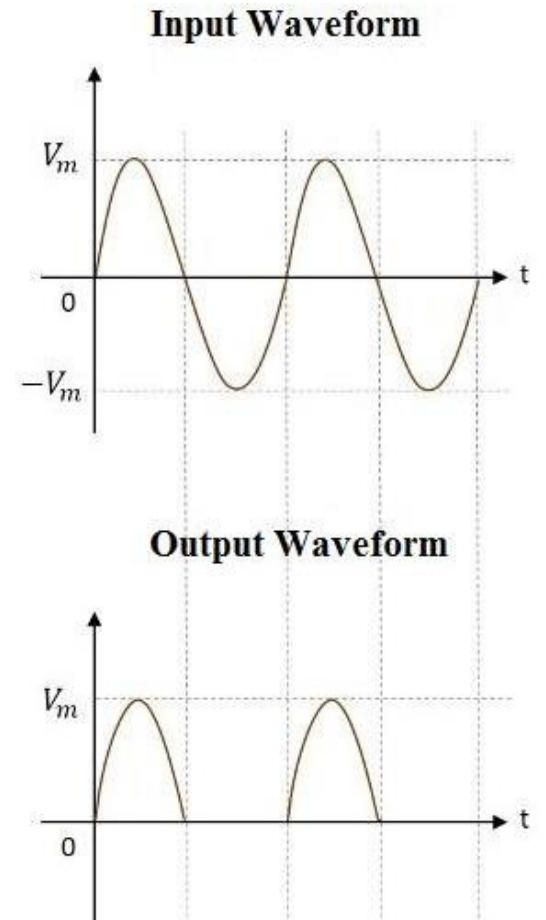
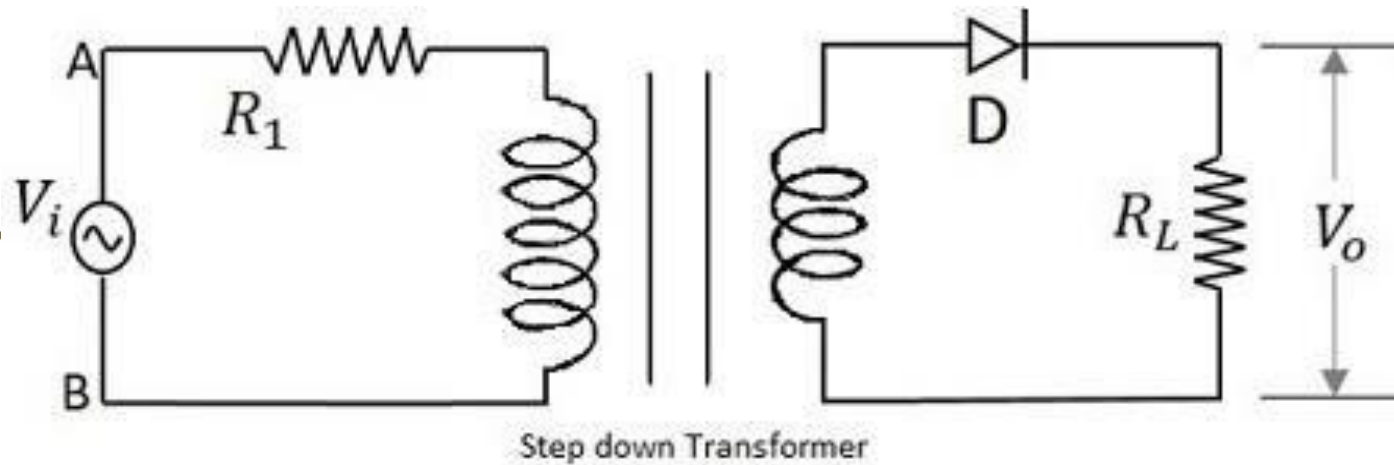
1.5. DIODE CHỈNH LƯU - MÔ HÌNH TƯƠNG ĐƯƠNG

- ❖ **Mô hình hoàn chỉnh (Complete model):** r'_d (rất nhỏ): điện trở thuận
 r'_R (rất lớn): điện trở ngược



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ Chỉnh lưu nửa chu kỳ (Half-wave/cycle Rectifier):



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ Chỉnh lưu nửa chu kỳ (Half-wave/cycle Rectifier):

- Giả sử diode là lý tưởng (mô hình lý tưởng).
- Điện áp vào: $v_i = V_m \sin(\omega t)$
- Dòng qua diode:

$$i = I_m \sin(\omega t) \text{ với } 0 \leq \omega t \leq \pi$$

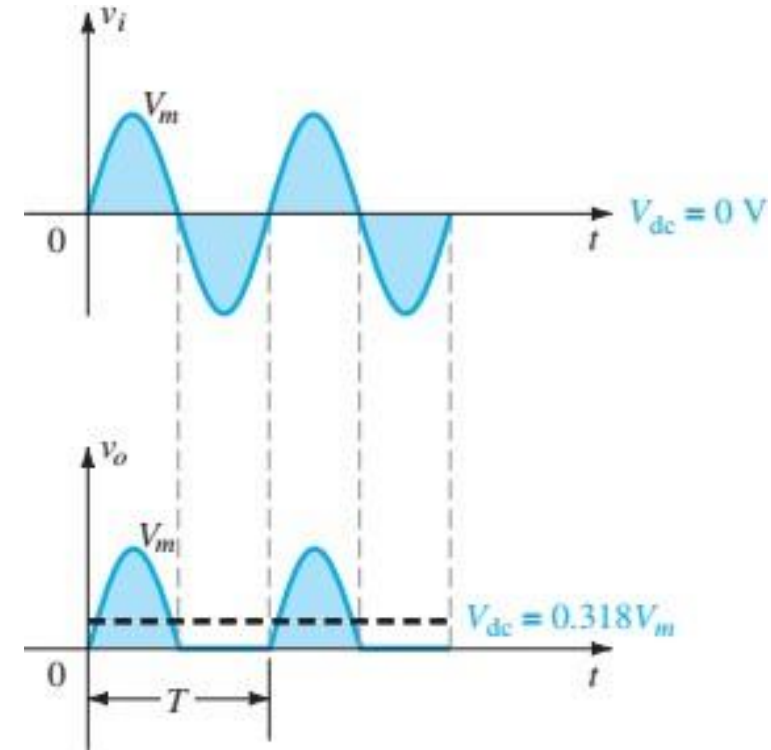
$$i = 0 \text{ với } \pi \leq \omega t \leq 2\pi$$

- Giá trị dòng 1 chiều nhận được trên tải R_L :

$$I_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_m \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{I_m}{\pi} = 0,318 I_m$$

- Giá trị điện áp một chiều trên tải:

$$V_{DC} = I_{DC} \cdot R_L = 0,318 I_m \cdot R_L \rightarrow V_{DC} = 0,318 V_m$$



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

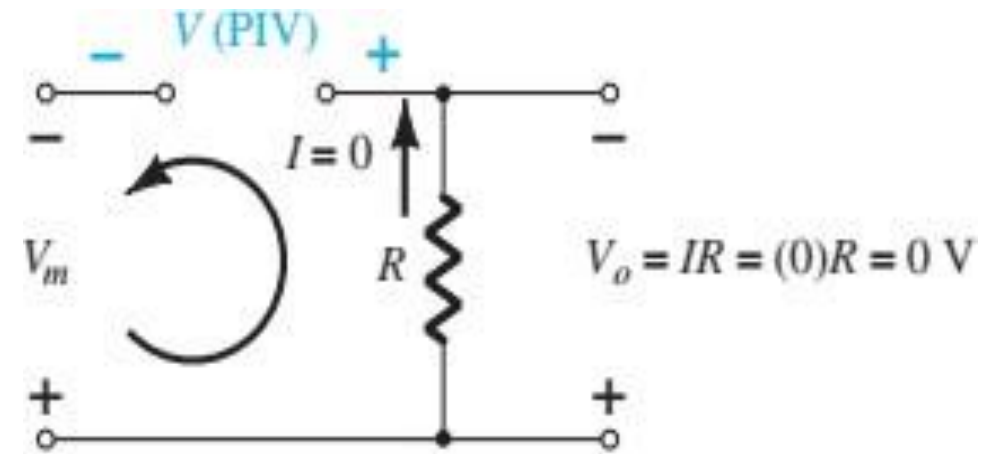
❖ **Chỉnh lưu nửa chu kỳ:** Điện áp ngược cực đại (Peak Inverse/Reverse Voltage - PIV/PRV)

- Diode phân cực ngược trong nửa chu kỳ âm của tín hiệu xoay chiều.
- Theo Kirchhoff 2:

$$-V_m + V_R + V_0 = 0$$

$$\rightarrow V_R = V_m$$

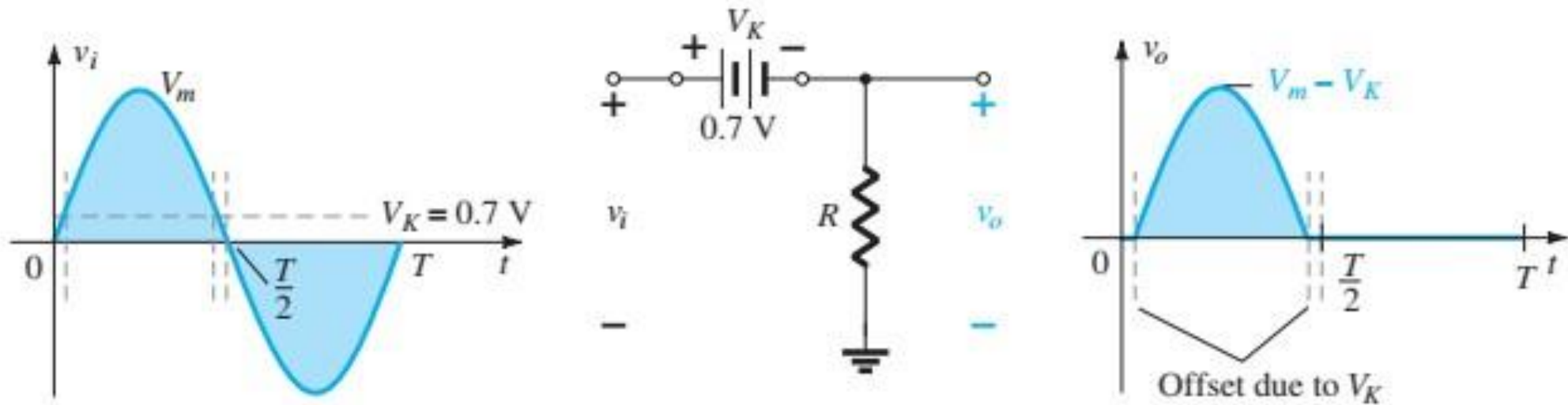
- Vậy: $PIV = \text{Max}(V_R) = V_m$



Determining the required PIV rating for the half-wave rectifier.

1.4. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

- ❖ **Chỉnh lưu nửa chu kỳ:** Ảnh hưởng của điện áp mở đến điện áp chỉnh lưu (~ sử dụng mô hình thực tế của diode).



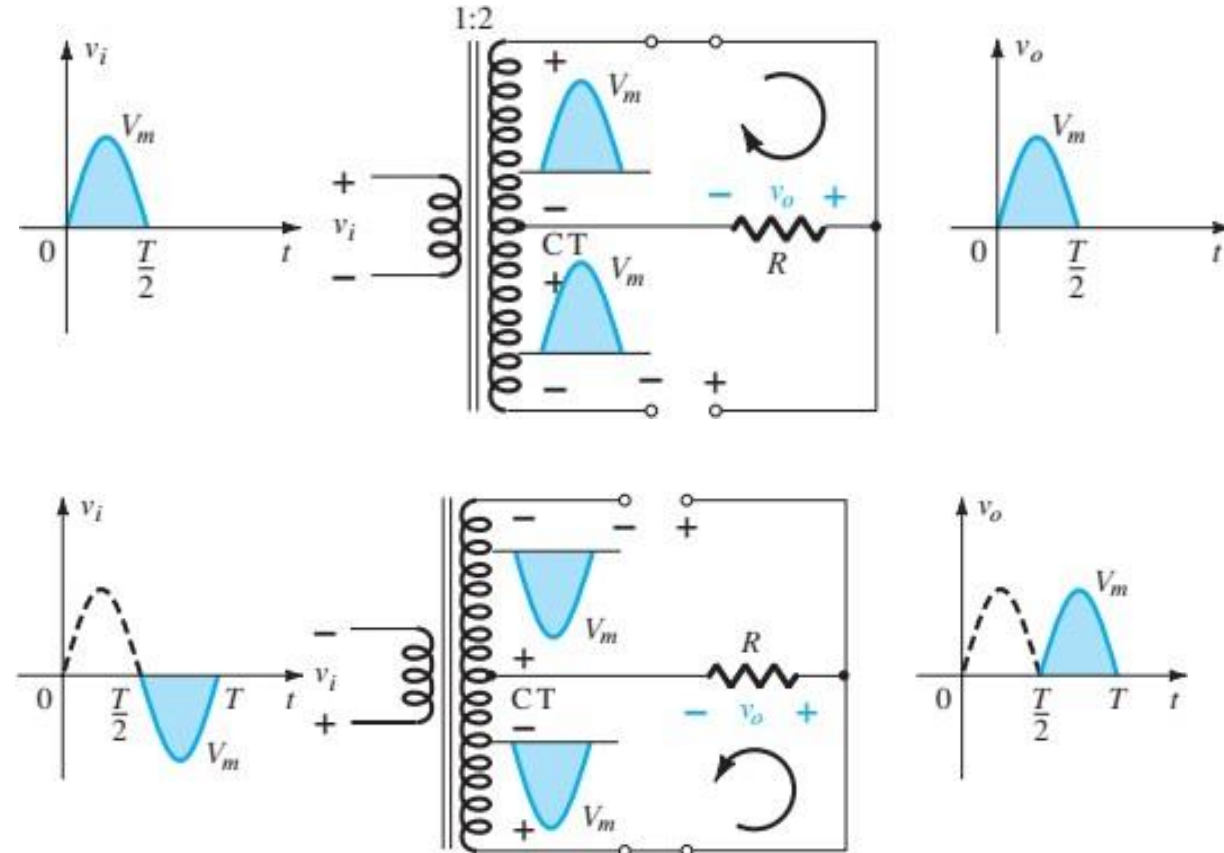
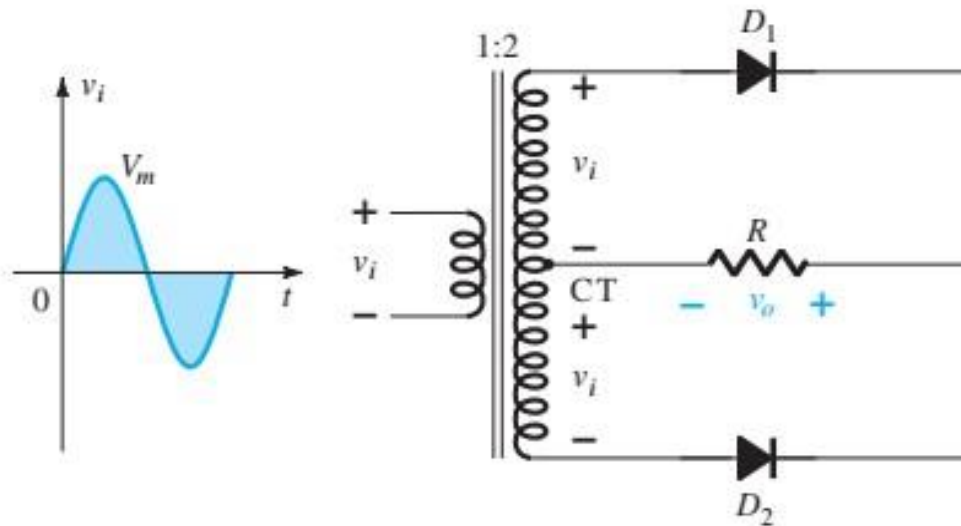
$$V_{DC} = 0,318(V_m - V_K)$$

V_K là điện áp mở của diode

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

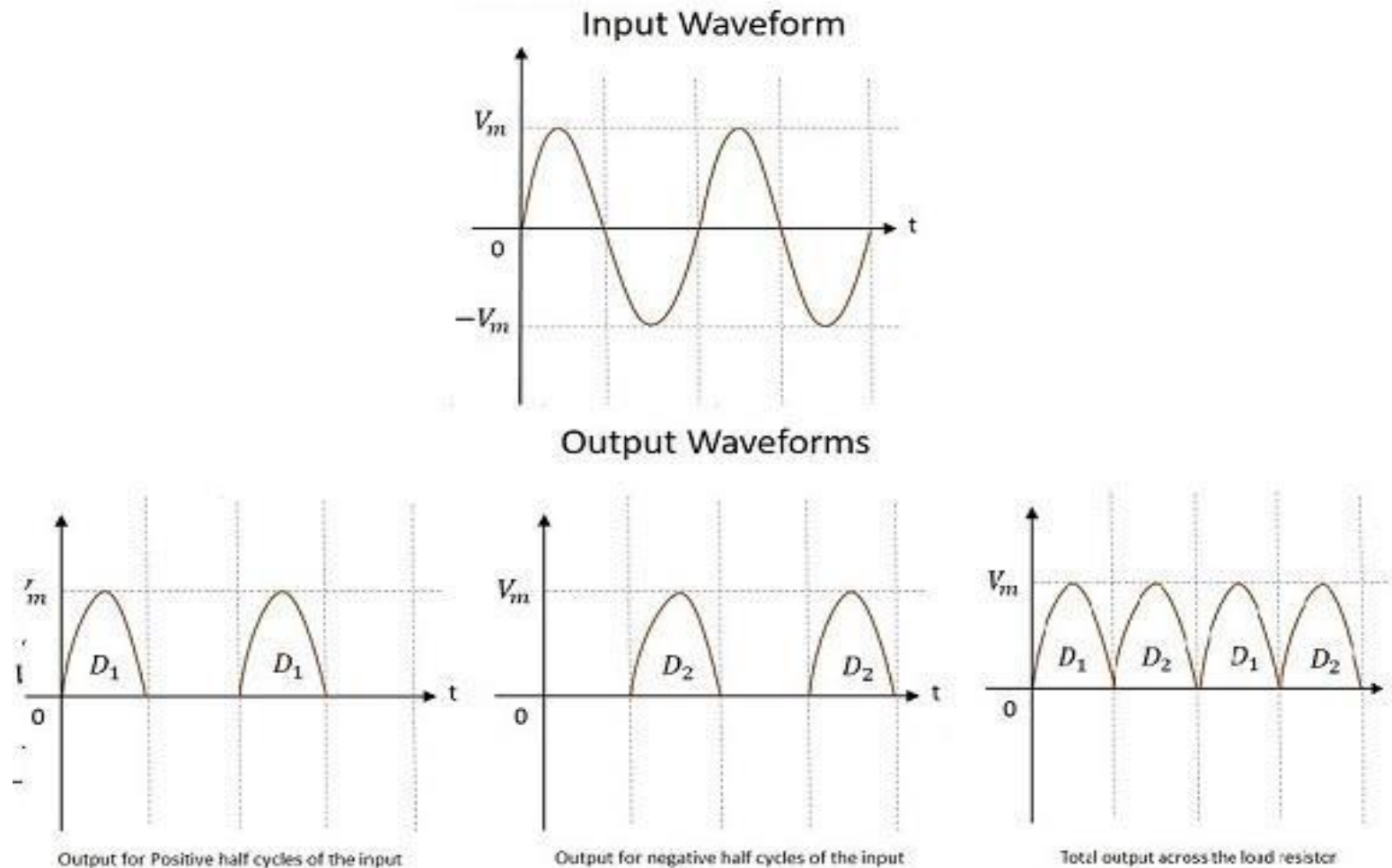
❖ Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ (Full-wave/cycle Rectifier):

Q: Trình ba nguyên lý hoạt động của mạch trên?



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ (Full-wave/cycle Rectifier):** Dạng sóng ra



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ: Diode lý tưởng**

- Điện áp vào: $v_i = V_m \sin(\omega t)$

- Dòng điện đi qua D_1 :

$$i_1 = I_m \sin(\omega t) \text{ với } 0 \leq \omega t \leq \pi$$

$$i_1 = 0 \text{ for } \pi \leq \omega t \leq 2\pi$$

- Dòng điện đi qua D_2 :

$$i_2 = 0 \text{ với } 0 \leq \omega t \leq \pi$$

$$i_2 = I_m \sin(\omega t) \text{ với } \pi \leq \omega t \leq 2\pi$$

- **Dòng điện 1 chiều qua tải R_L :**

$$I_{DC} = \frac{1}{\pi} \left[\int_0^{\pi} i_1 d(\omega t) \right] = \frac{2I_m}{\pi} = 0,636I_m$$

- **Điện áp 1 chiều trên tải R_L :**

$$V_{DC} = I_{DC} \cdot R_L = 0,636I_m \cdot R_L$$

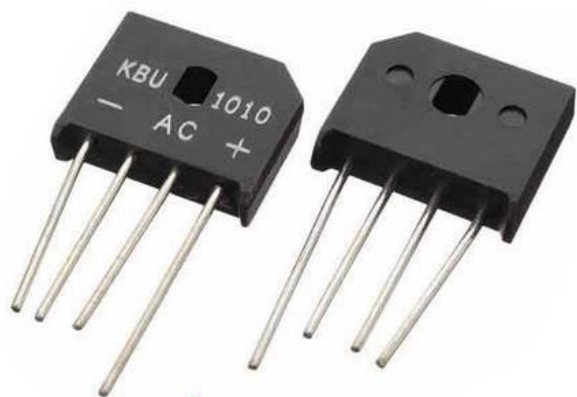
$$\rightarrow V_{DC} = 0,636V_m$$

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode

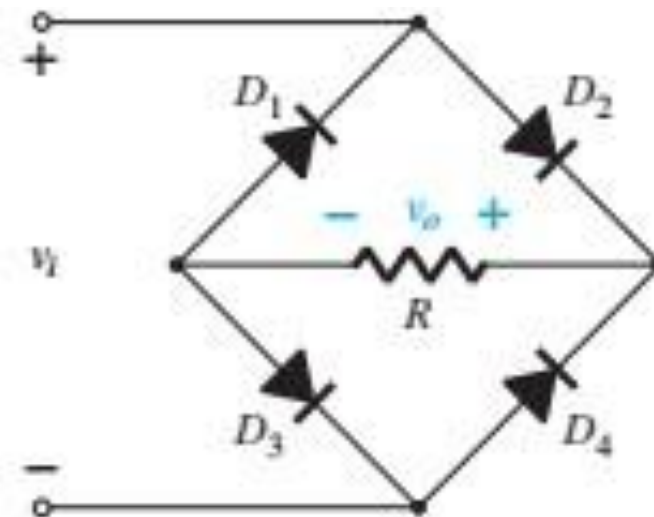
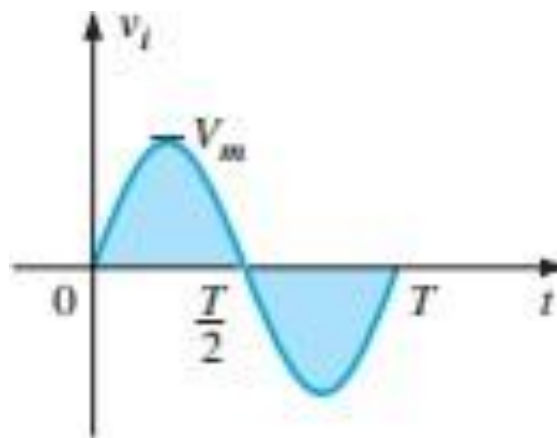


KBU1010
10A



Diode cầu

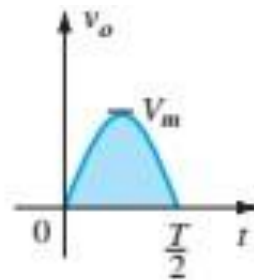
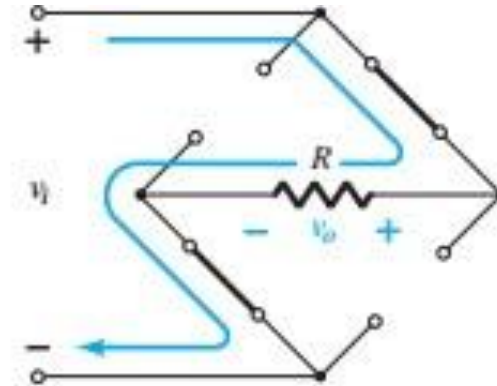
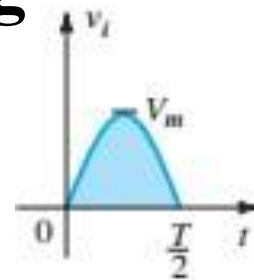
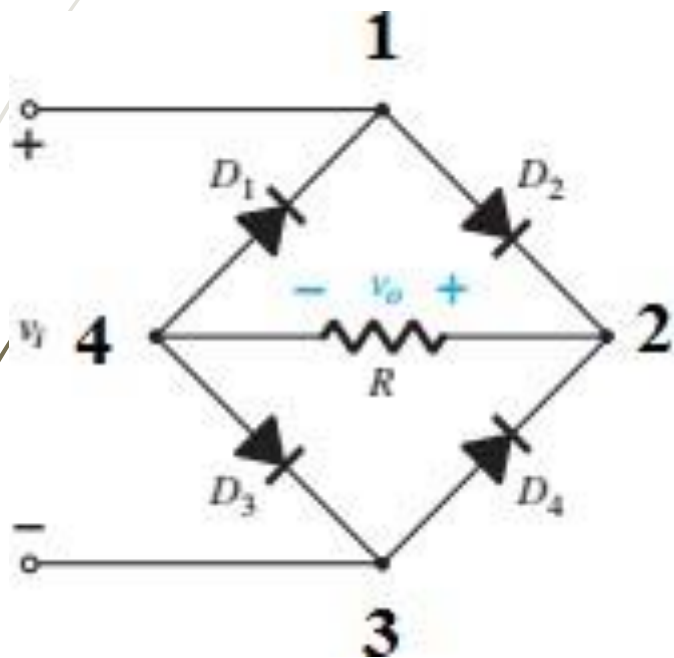
LinhKienViet.Vn



Full-wave bridge rectifier.

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode:** Nguyên lý hoạt động



Conduction path for the positive region of v_i .

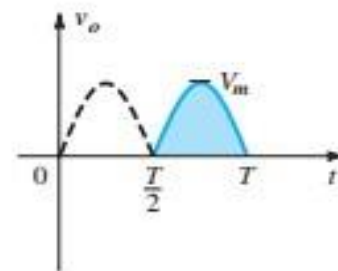
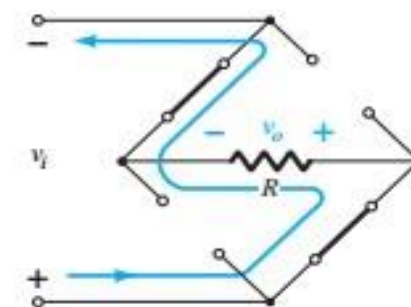
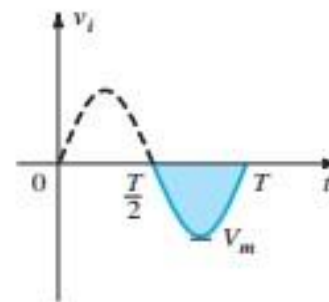


FIG. 2.56

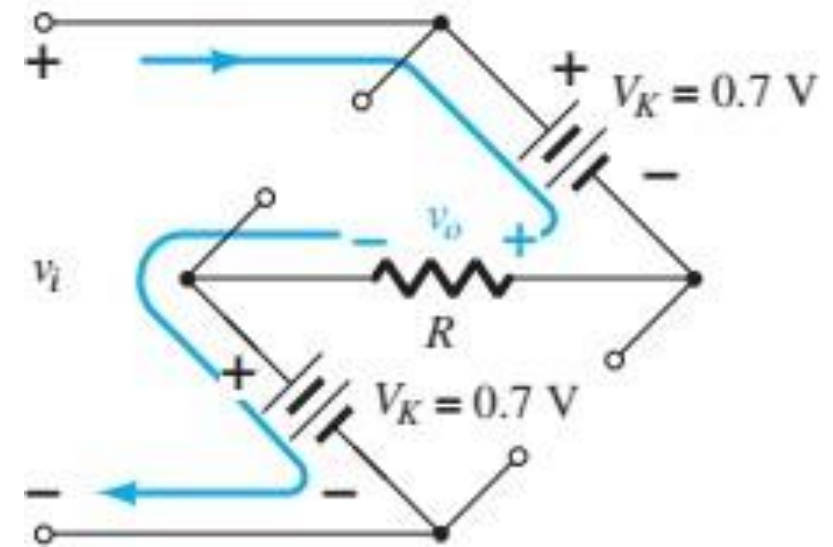
Conduction path for the negative region of v_i .

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

- ❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode:** Ảnh hưởng của điện áp mở đến điện áp chỉnh lưu

$$V_{DC} = 0,636(V_m - 2V_K)$$

Q: Tính V_{DC} của mạch chỉnh lưu cả chu kỳ bằng biến áp khi có xét đến ảnh hưởng của V_K ?

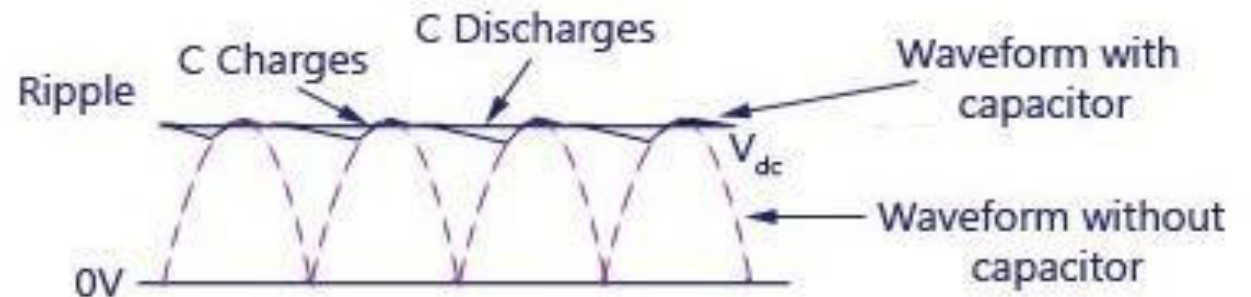
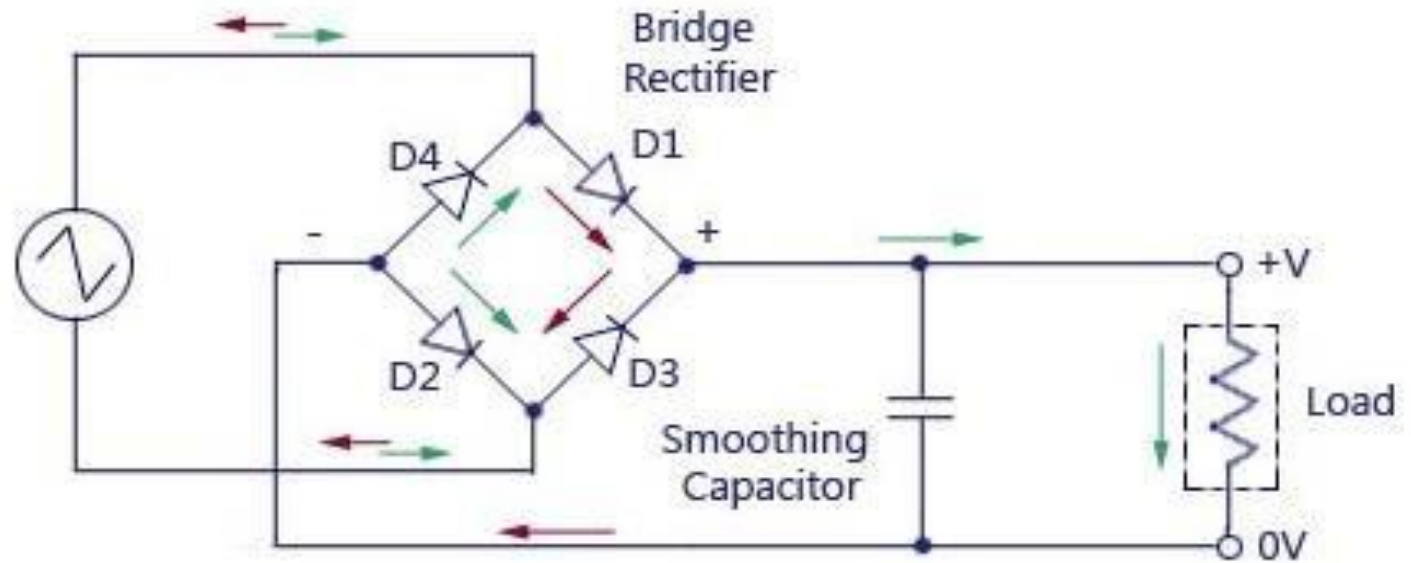


1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode:** Ảnh hưởng của tụ lọc đến điện áp chỉnh lưu

- Sử dụng tụ để san bằng điện áp sau chỉnh lưu.
- Hằng số thời gian: Thời gian cần thiết cho một tụ nạp điện đến 63,2% dung lượng đầy đủ của nó:

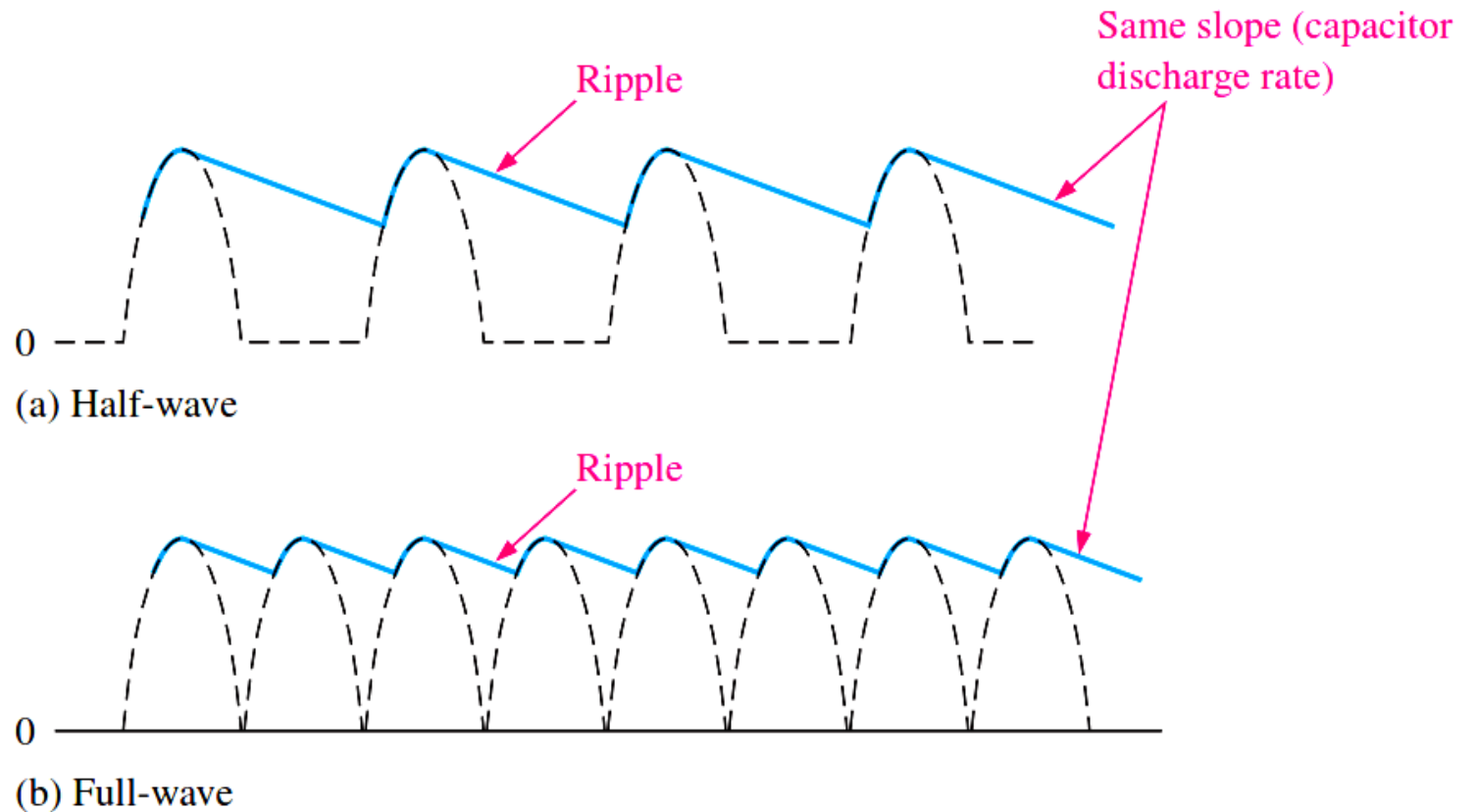
$$\tau = RC$$



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

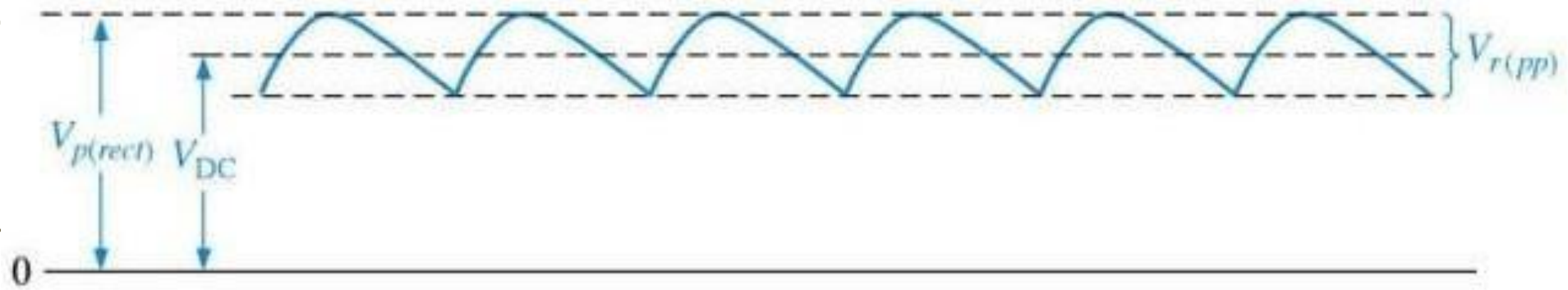
❖ Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode:

Điện áp gợn sóng (Ripple Voltage)



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

- ❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode:** Điện áp gợn sóng (Ripple Voltage)



$$V_{r(pp)} = \frac{1}{f R_L C} V_{p(rect)}$$

$$V_{DC} = \left(1 - \frac{1}{2f R_L C} \right)$$

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ **Chỉnh lưu 2 nửa chu kỳ bằng cầu diode: Độ gợn sóng r**

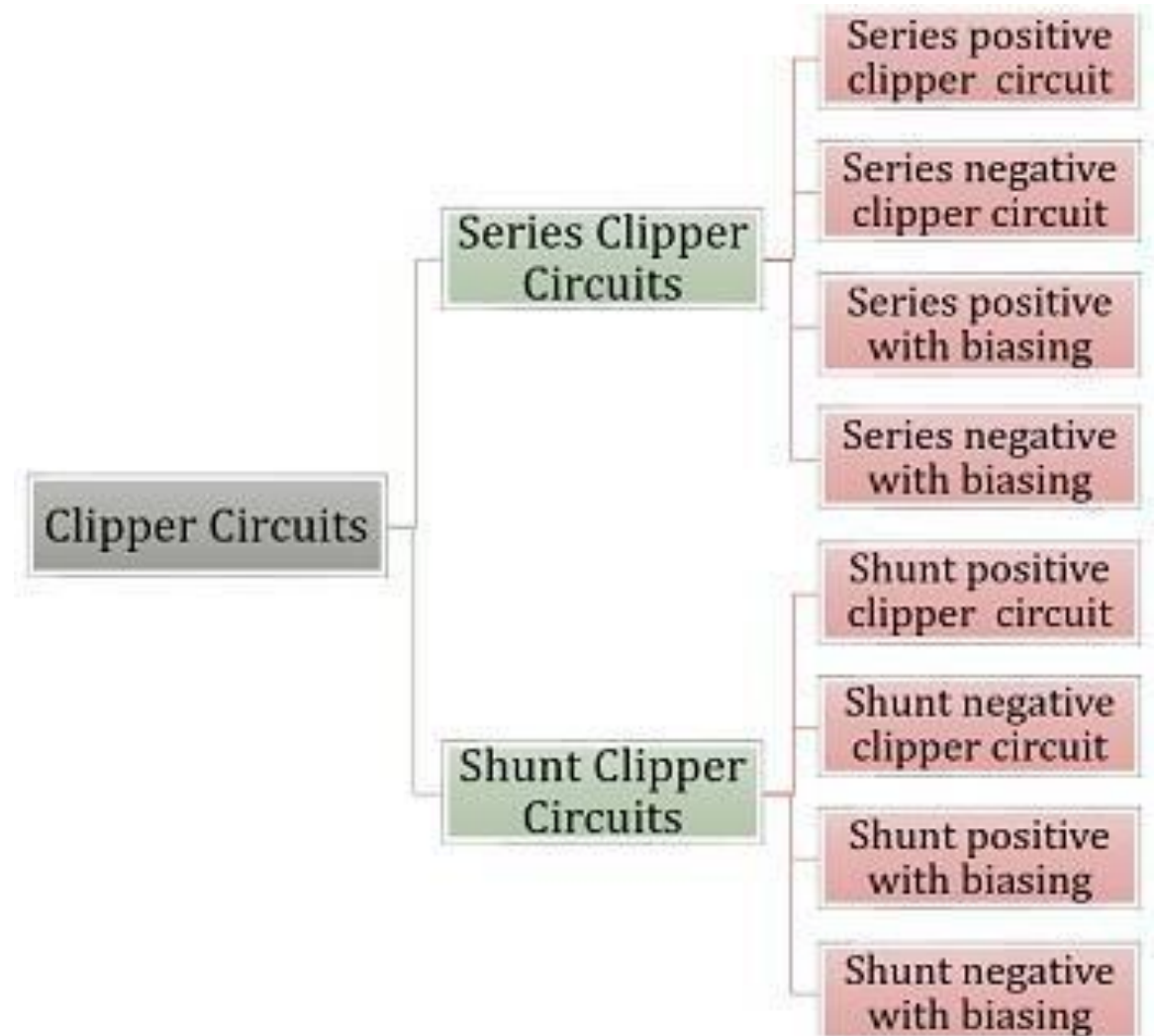
$$r = \frac{\text{ripple voltage (rms)}}{\text{dc voltage}} = \frac{V_r(\text{rms})}{V_{dc}} \times 100\%$$

- $V_r(\text{rms})$ là điện áp gợn sóng hiệu dụng
- V_{dc} là điện áp một chiều trên tải

1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

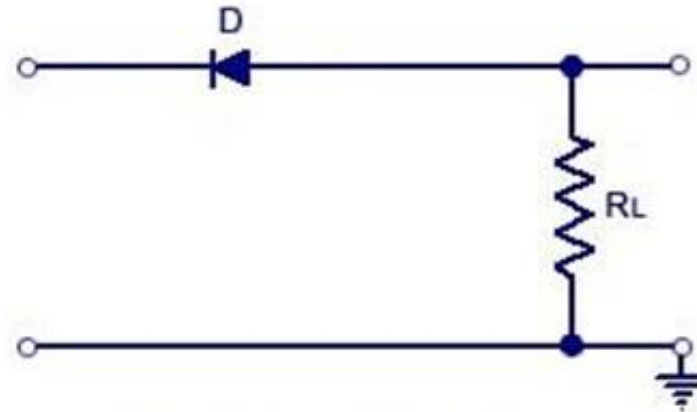
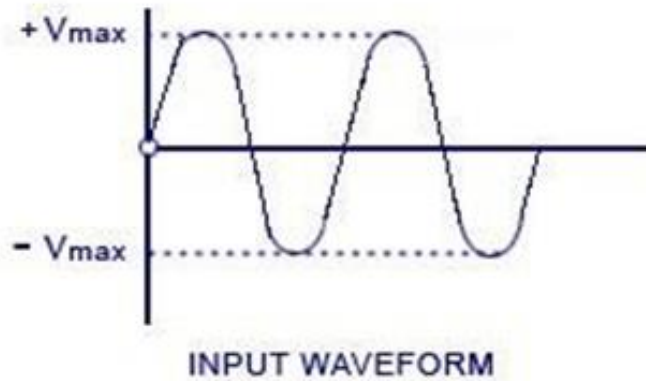
❖ Mạch xén (Clippers):

- Xén đi 1 phần của tín hiệu vào.
- Kết cấu mạch thường gồm điện trở và diode, có thể có thêm nguồn ngoài.
- Phân loại:

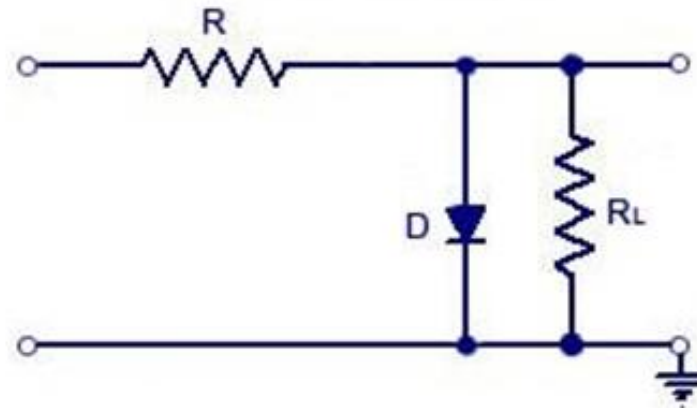
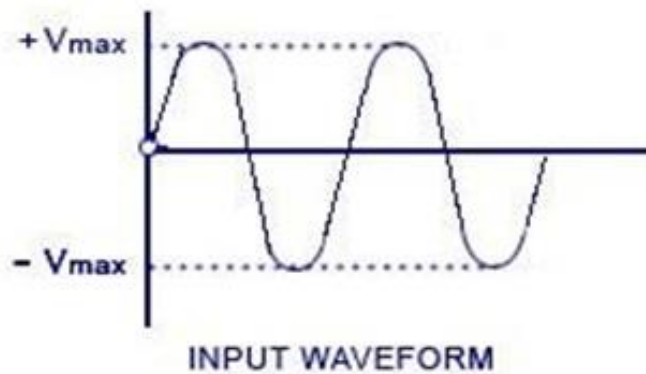
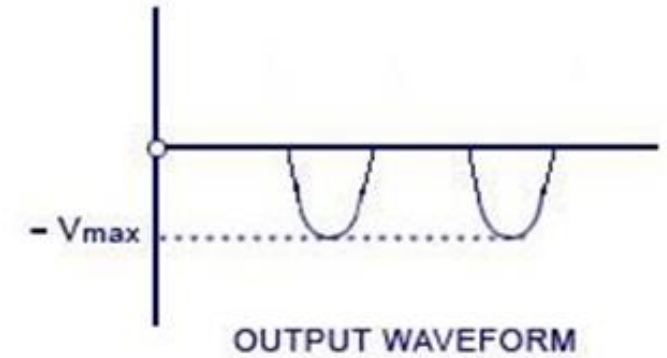


1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

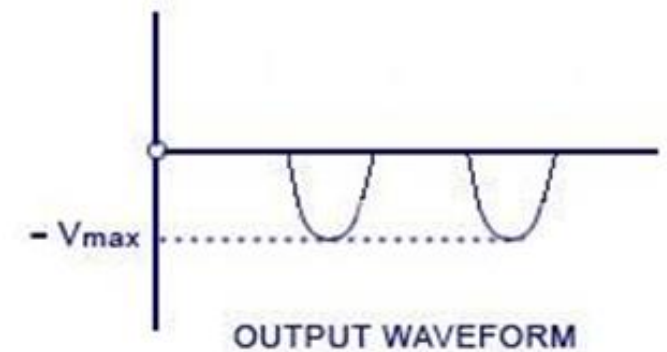
Positive Series Clipper and Positive Shunt Clipper



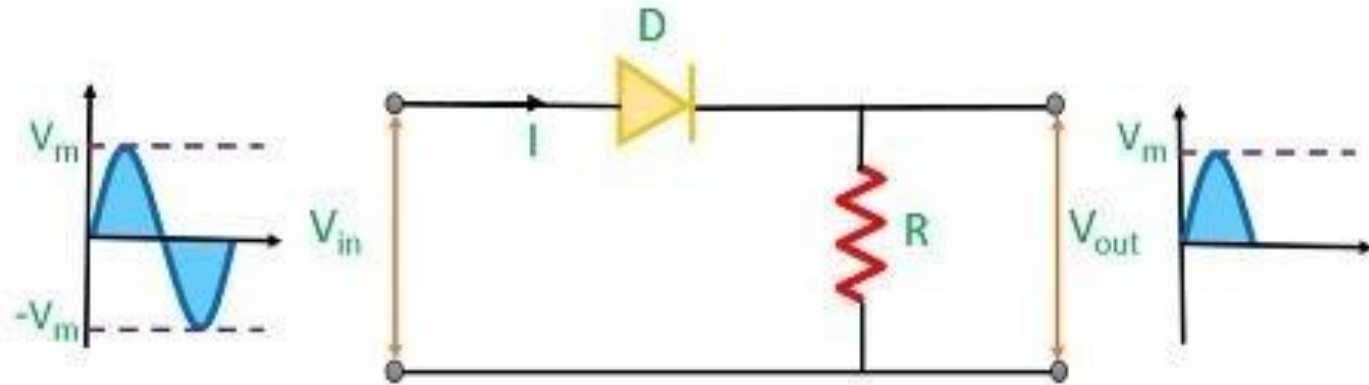
(a) Positive Series Clipper



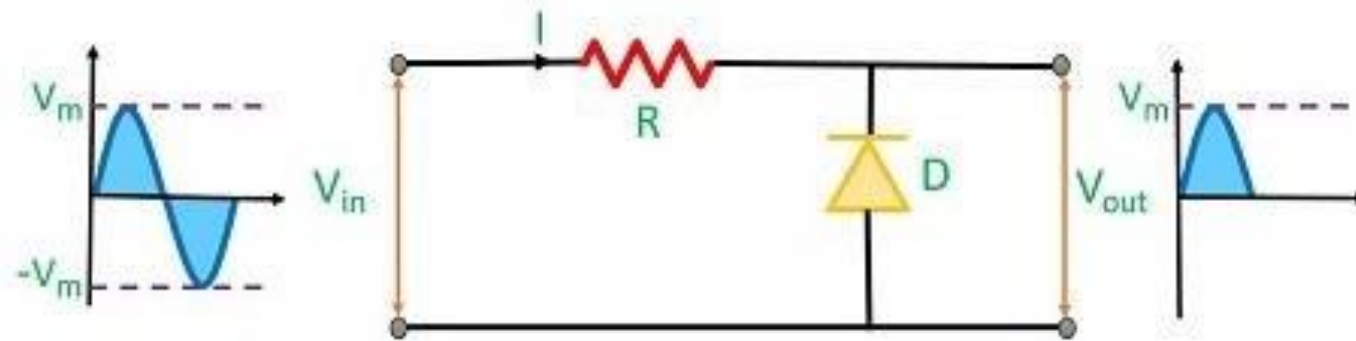
(b) Positive Shunt Clipper



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

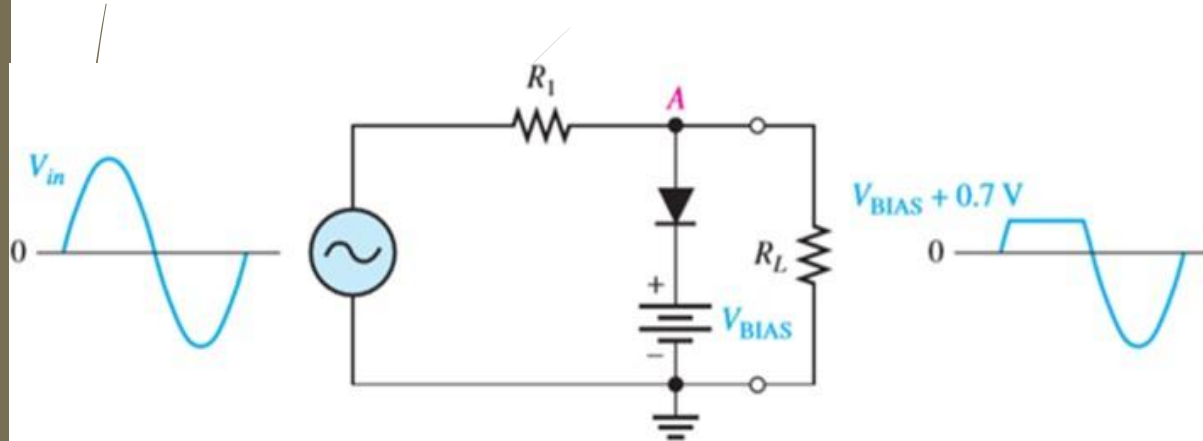


Series negative Clipper circuit

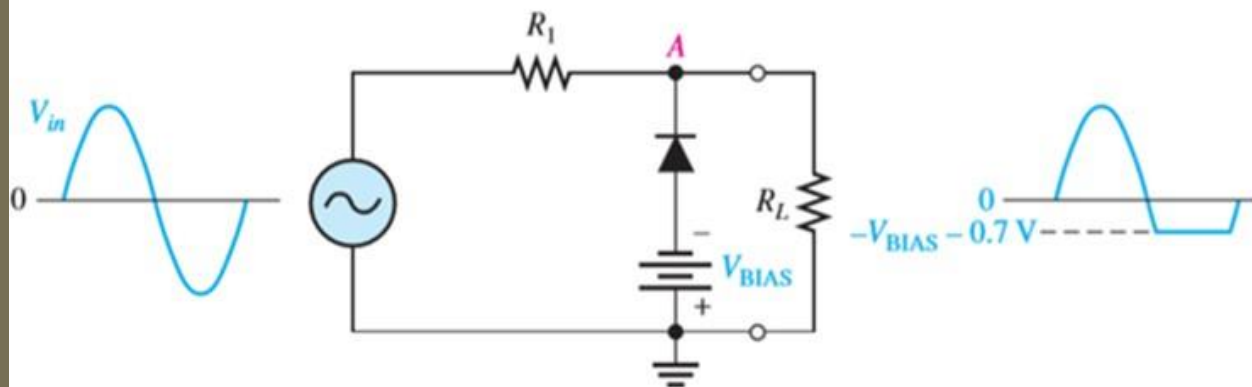


Shunt negative Clipper circuit

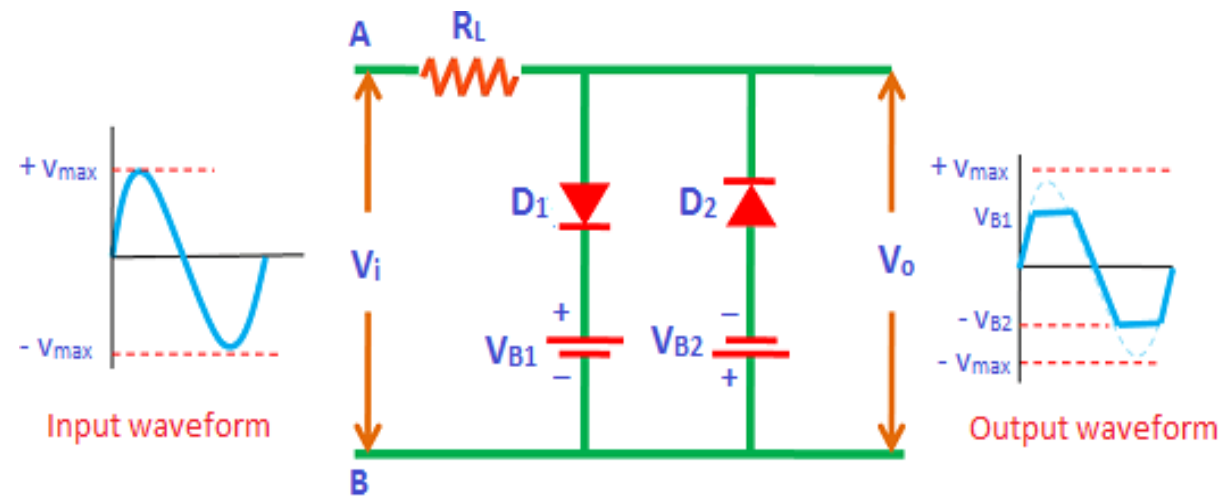
1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG



Shunt positive clipper circuit with biasing



Shunt negative clipper circuit with biasing

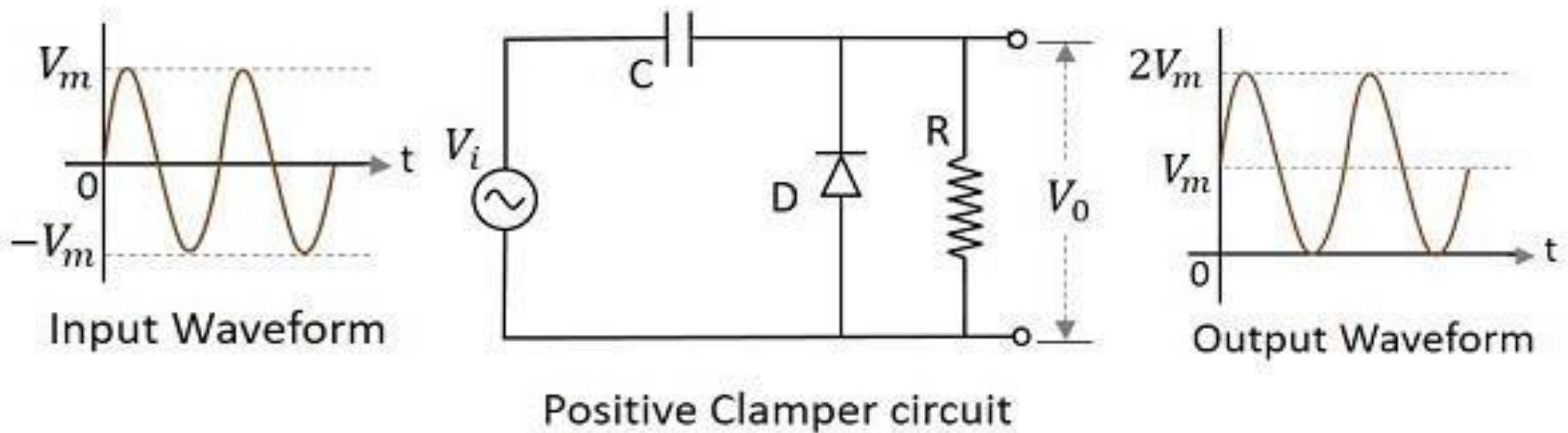


Dual (Combination) clipper

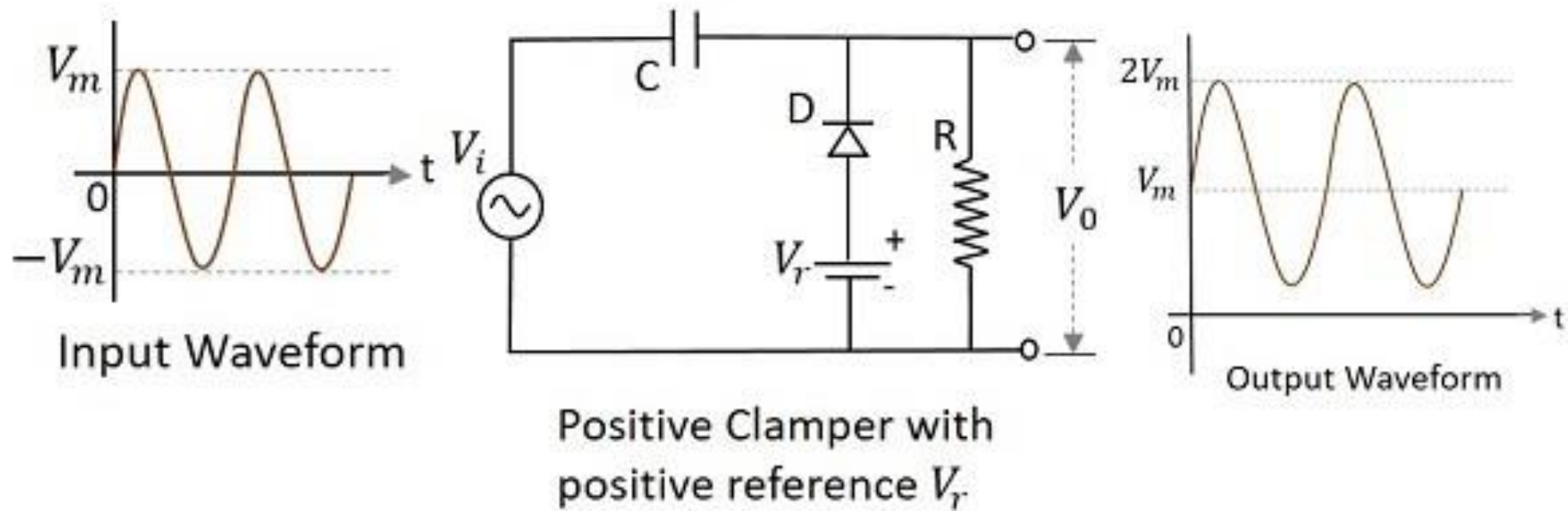
1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG

- ❖ **Mạch ghim điện áp (Clampers):** Đặt đỉnh dương/âm của tín hiệu ở mức mong muốn.
- ❖ Thành phần DC chỉ được thêm hoặc trừ từ tín hiệu đầu vào. Mạch ghim còn được gọi là bộ phục hồi thành phần điện áp DC và bộ dịch mức tín hiệu AC.
- ❖ Thành phần cấu tạo cơ bản của mạch ghim điện áp: điện trở, diode, tụ điện và nguồn 1 chiều (nếu cần).

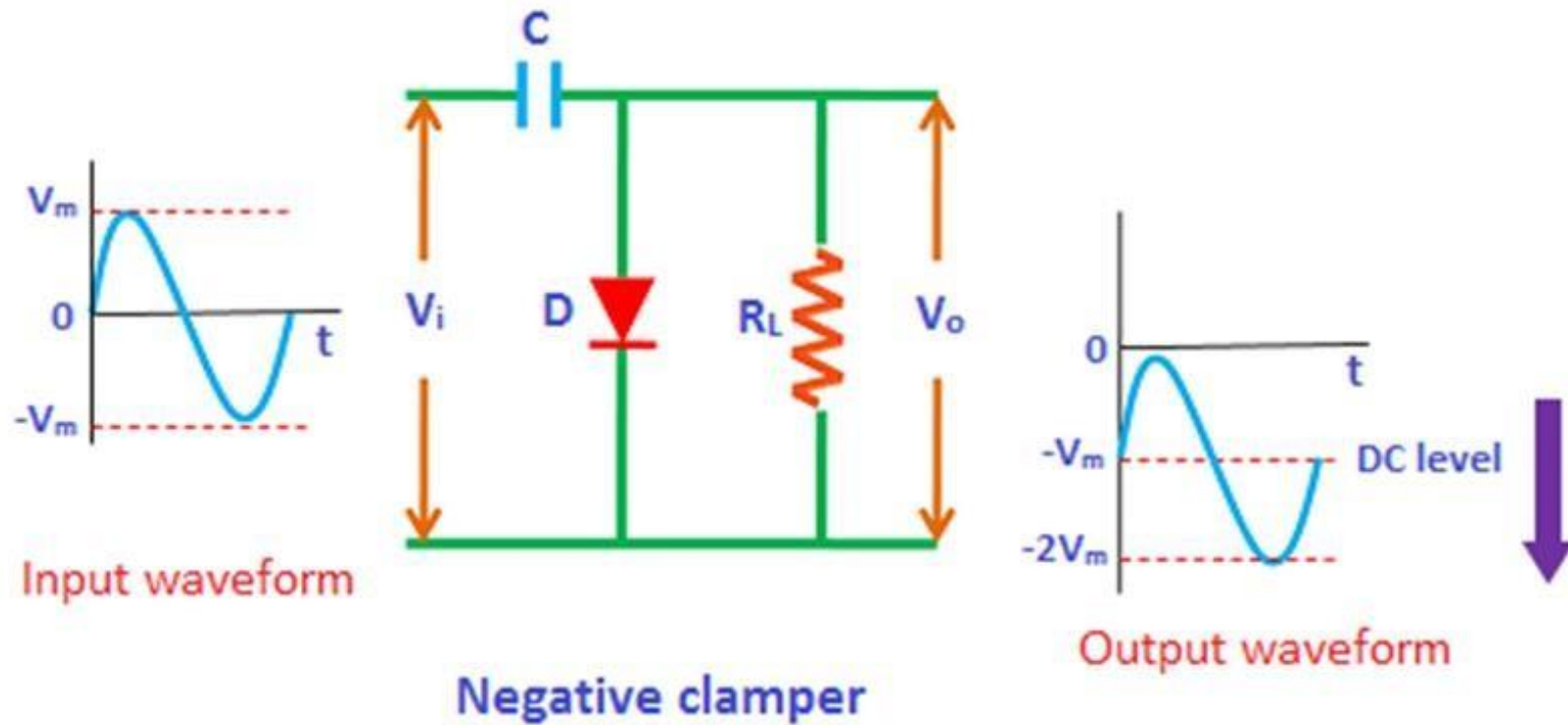
1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG



1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG



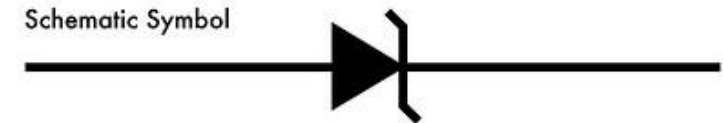
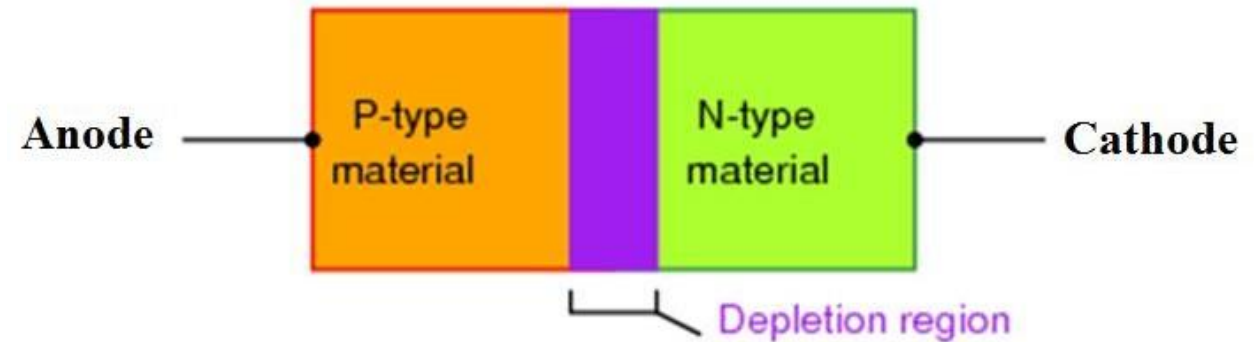
1.6. DIODE CHỈNH LƯU - MẠCH ỨNG DỤNG



2.1. DIODE ỔN ÁP ZENER - CẤU TẠO

❖ Cấu tạo cơ bản:

- 1 tiếp giáp p-n
- 2 cực: A và K
- Bán dẫn tạp được pha tạp mạnh để xảy ra hiệu ứng đánh thủng Zener.

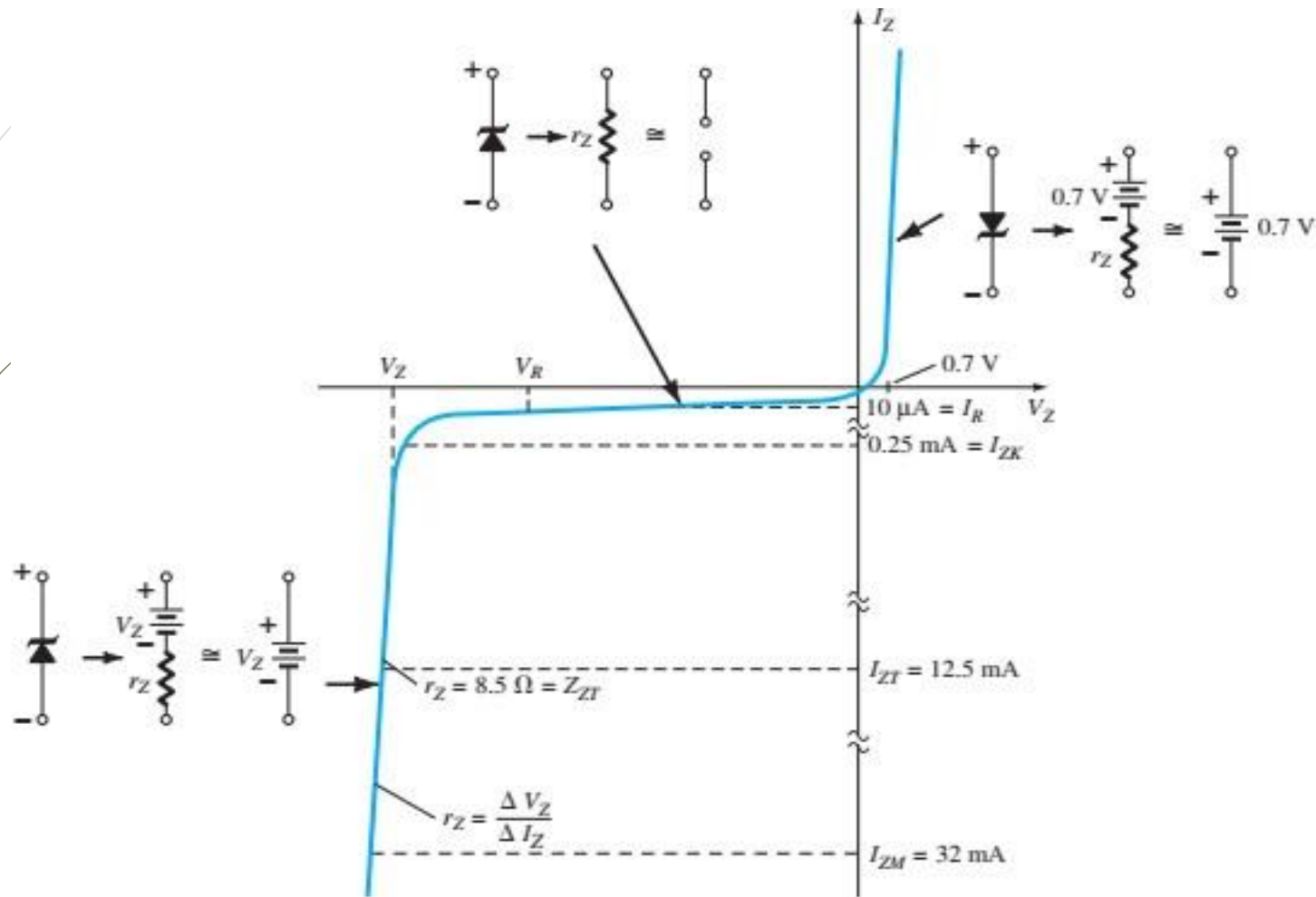


2.2. DIODE ỔN ÁP ZENER - NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

❖ Dựa trên hiệu ứng Zener:

- Phân cực thuận ($V_{AK} > 0$): Diode Zenner hoạt động như diode chỉnh lưu.
- Phân cực ngược ($V_{AK} < 0$): Ổn định điện áp.

2.3. DIODE ỔN ÁP ZENER - ĐẶC TUYẾN VOLT-AMPERE



Zener diode characteristics with the equivalent model for each region.

2.3. DIODE ỔN ÁP ZENER - ĐẶC TUYẾN VOLT-AMPERE

- ❖ Để thực hiện chức năng ổn định điện áp, diode cần hoạt động trong vùng đánh thủng Zener → hoạt động ở **chế độ phân cực ngược**.
- ❖ I_{ZK} là giá trị dòng điện tối thiểu để duy trì chế độ ổn định điện áp.
- ❖ Z duy trì điện áp V_Z gần như không đổi khi dòng điện biến thiên.

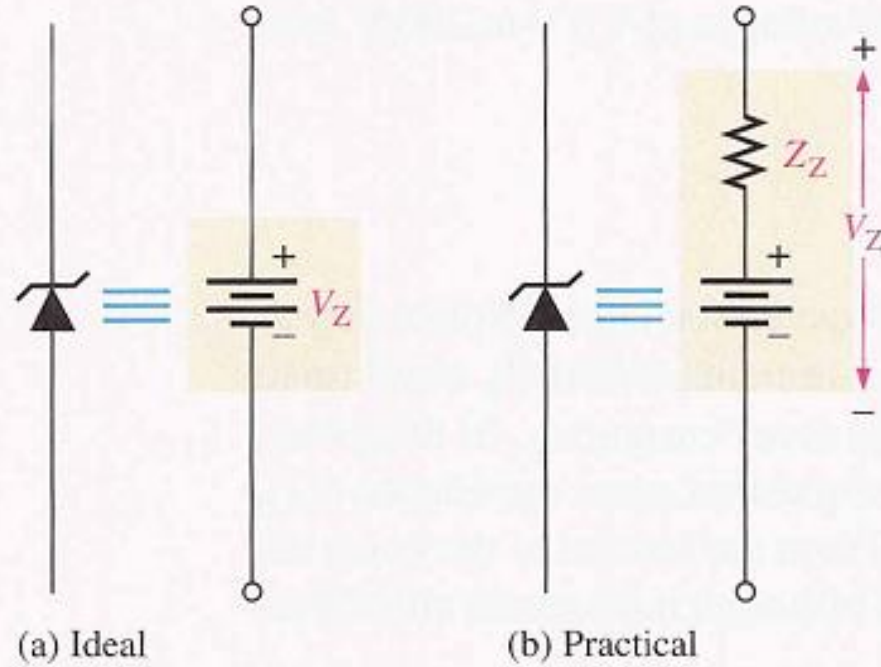
2.4. DIODE ỔN ÁP ZENNER - THAM SỐ CƠ BẢN

- ❖ Điện áp đánh thủng V_Z
- ❖ Dòng ngược cực đại I_{ZMax}
- ❖ Dòng ngược I_{ZMin}
- ❖ Công suất:

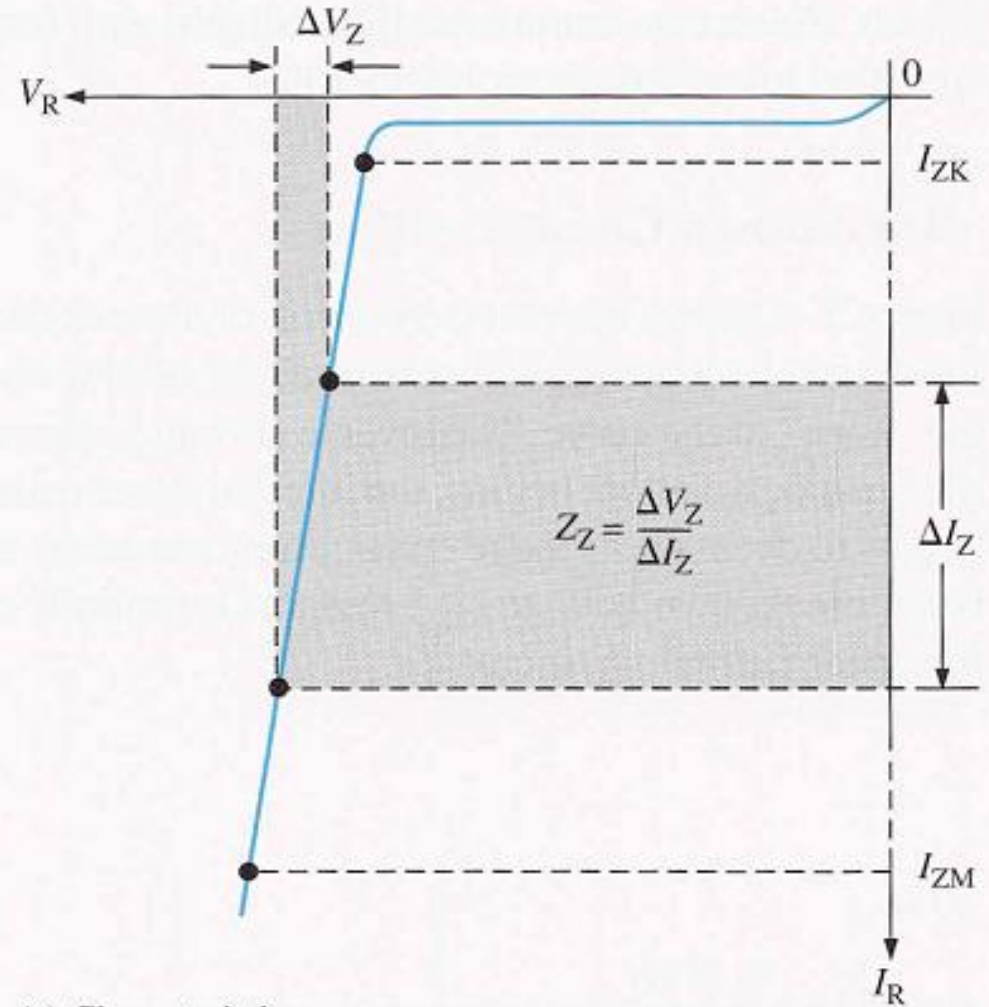
$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

- ❖ Điện trở tĩnh, điện trở động

2.5. DIODE ỒN ÁP ZENER – SƠ ĐỒ TƯƠNG ĐƯƠNG



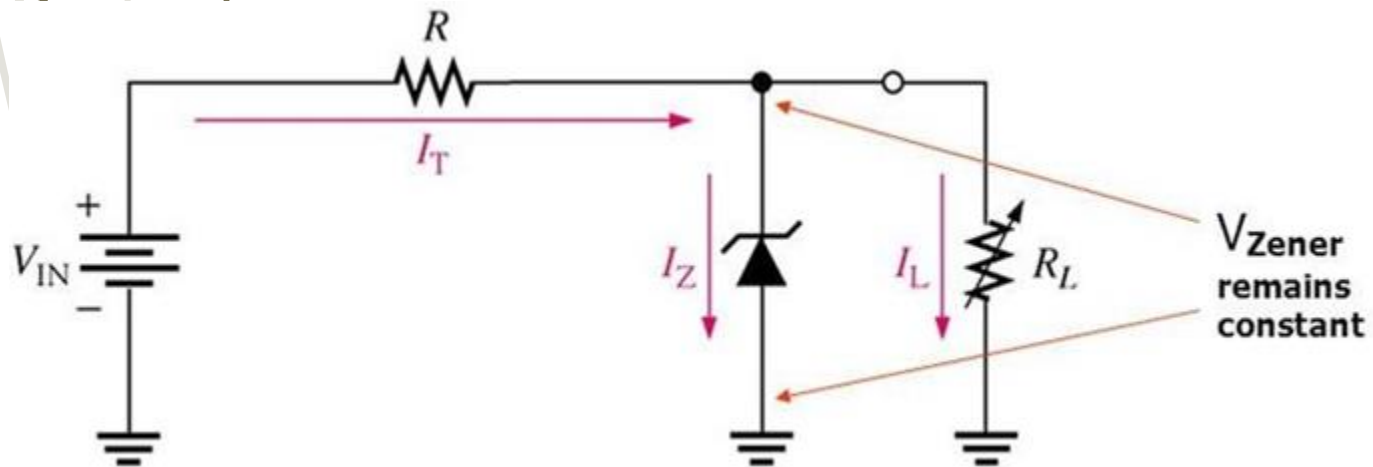
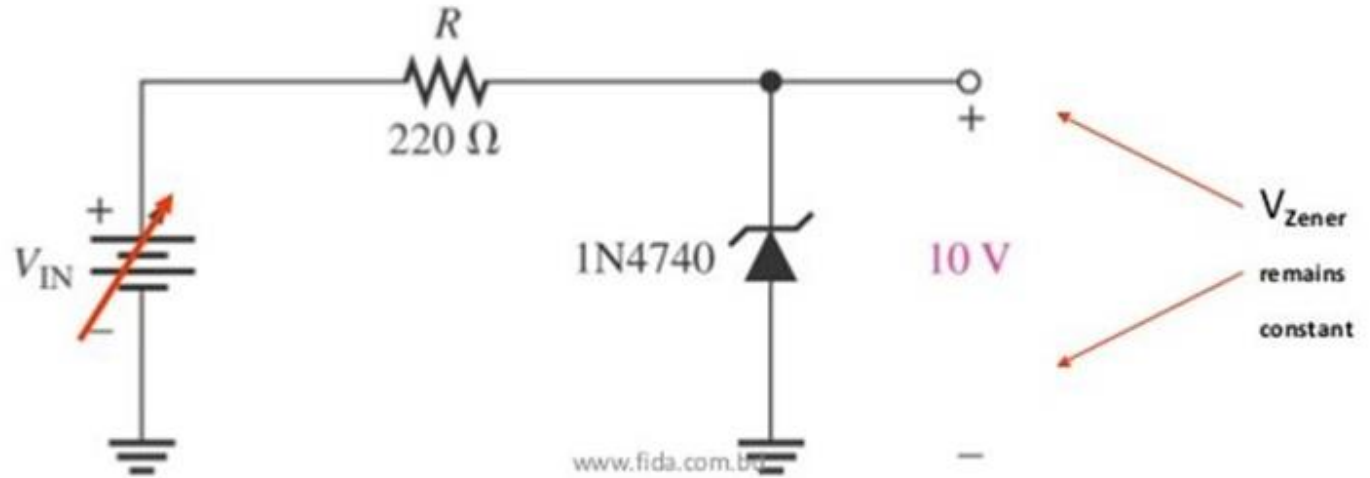
Z_Z : Trở kháng của diode Zener



(c) Characteristic curve

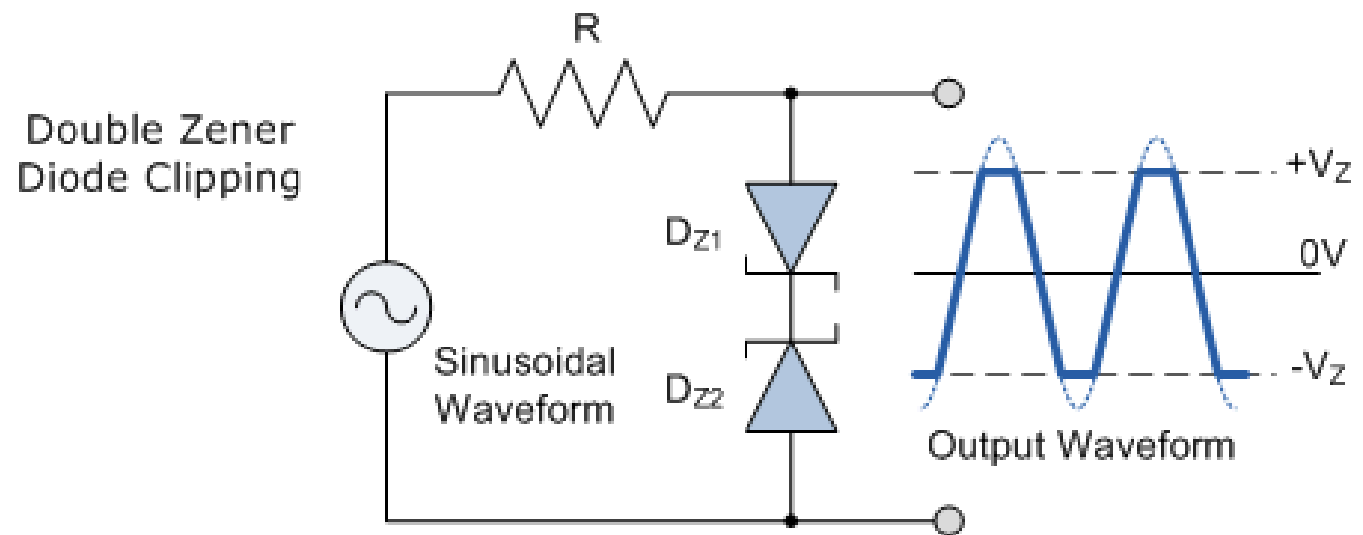
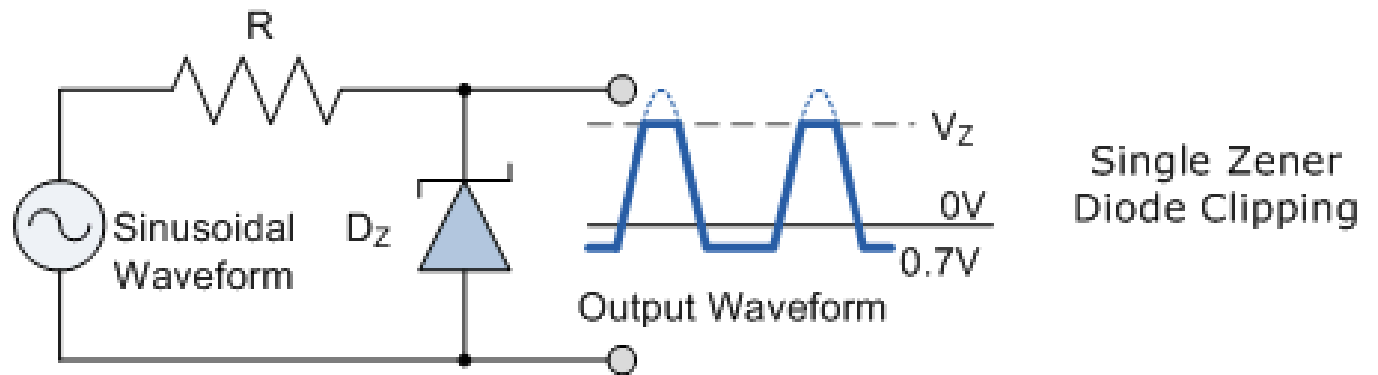
2.6. DIODE ỔN ÁP ZENER - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ Mạch ổn áp:



2.6. DIODE ỔN ÁP ZENNER - MẠCH ỨNG DỤNG

❖ Mạch hạn biên:



3. MỘT SỐ DIODE ĐẶC BIỆT

- ❖ Diode Schottky
- ❖ Diode PIN
- ❖ Diode phát quang LED
- ❖ Diode Tunnel
- ❖ Diode biến dung – Varicap=variable capacitor /Varactor
- ❖ Diode thu quang (photo diode)

3. MỘT SỐ DIODE ĐẶC BIỆT

SV Tìm hiểu:

- Cấu tạo cơ bản
- Ký hiệu
- Chức năng/ứng dụng/mạch ứng dụng cơ bản
- Hình ảnh thực tế