

## Chương 2

### • I. Các loại diod

- \* Diod chỉnh lưu
- \* Diod cao tần, tách sóng
- \* Diod Schokley
- \* Diod Zener
- \* Diod biến dung
- \* Diod quang
- \* LED, Optron
- \* Diod hồng ngoại
- \* Diod LASER

### 1. Diod chỉnh lưu

- Điện thế lớn
- Dòng điện lớn



Nên diod chỉnh lưu :

- Tiếp xúc mặt
- Hoạt động ở tần số thấp (hạ tần)

Sử dụng diod cần tham khảo bảng Data:

$P_{DM}, I_{FM}, I_{RM}, V_{BR}, C_D, C_T, f_{max}, T_{max}$

## 2. Diod cao tần

Tiếp xúc điểm  $\rightarrow C_D, C_T$  nhỏ

Nhưng do đó:

- Điện thế thấp
- Dòng điện thấp

Sử dụng trong:

Mạch tách sóng Radio, TV

Mạch logic, mạch số (mạch giao hoán)

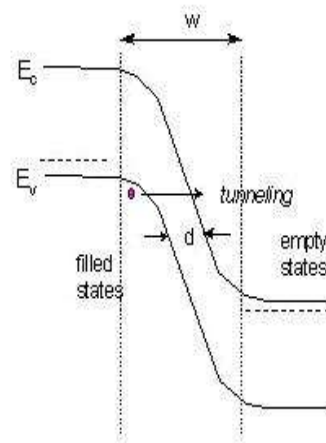
## Reverse Bias Breakdown

### ■ Zener BD

- Highly doped pn-jct with small depletion width  $w$
- $E$  is large due to small  $w$ ,  $\sim 10^6$  V/cm
- $w$  increases with reverse bias, but the potential energy barrier  $d$  decreases
- Tunneling through  $d$  ( $d < \sim 10^{-6}$  cm for tunneling): require  $> \sim 10^{17}$  cm<sup>-3</sup> doping for Si

$$V_{BR} > 4E_g / q$$

- $V_{BD} > \sim 4.5$  V for Si
- Smaller  $V_{BD}$  with  $T$  increase



#### 4. Diod Zener

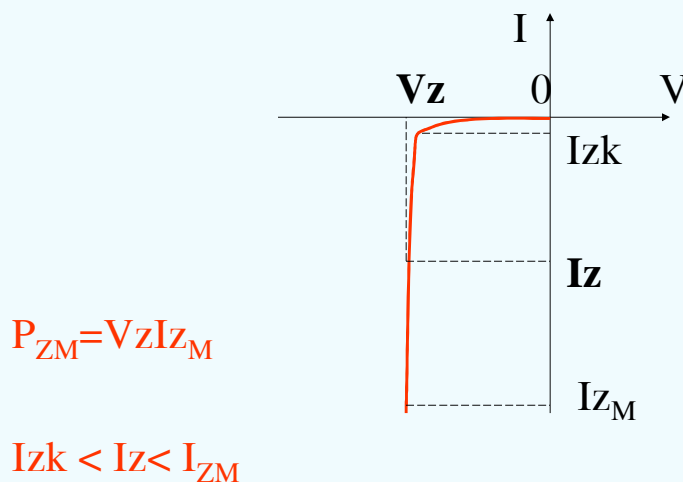
- Tạo điện thế ổn định (áp dụng hiệu ứng huỷ thác).
- Mỗi diod zener có trị số  $V_Z$  khác nhau 3,3 V; 3,9 V; 5,1V; 5,6V; 6,8V; 7,5V; 10V; 12V.... (tùy theo cách chế tạo và mật độ pha).

Khi sử dụng phải tuân theo Datasheet:

$$I_{Zk} < I_Z < I_{ZM}$$

$$P_Z = V_Z I_Z < P_{ZM}$$

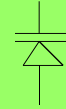
#### Đặc tuyến Diod Zener



## 5. Diod biến dung (Varicap Diod; Varactor)

- Sử dụng điện dung chuyển tiếp khi phân cực nghịch nối pn.
- Điện dung diod biến dung:

$$C_T = \frac{C_T(0)}{\left(1 + \frac{V_R}{V_B}\right)^n}$$



Thường  $n = 1$ ;  $C_T(0)$  điện dung tại  $V_R = 0$  V

Áp dụng trong các mạch:

- Dao động cộng hưởng, mạch điều hợp trong TV, Radio
- Mạch điều khiển từ xa
- Mạch chọn đài tự động

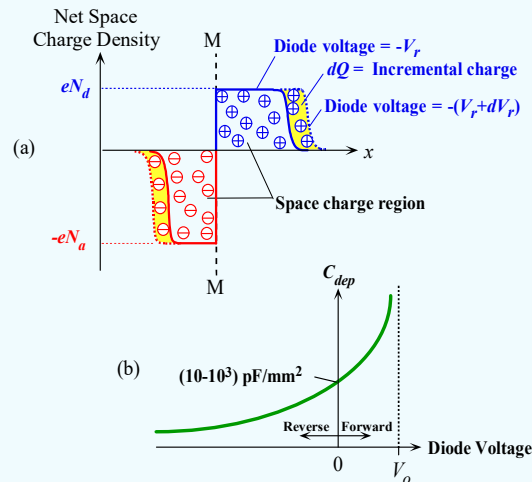


Fig.6.12: The depletion region behaves like a capacitor. (a) The charge in the depletion region depends on the applied voltage just as in a capacitor (b) The incremental capacitance of the depletion region increases with forward bias and decreases with reverse bias. Its value is typically in the range of picofarads per  $\text{mm}^2$  of device area.

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.Usask.ca>

### 3. Diod Schottky

- Tiếp giáp kim loại- bán dẫn → bức tường âm và hạt tải nóng
  - Rào thế thấp 0,25 V
  - Thời gian tích trữ không đáng kể  $t_s = 0$
  - Thời gian hồi phục bé
  - Điện dung tích trữ vài phần mười pF
- Sử dụng trong các mạch giao hoán, mạch logic, mạch số, mạch tần số cao 20 GHz.

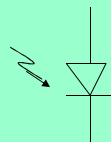


### 6. Diod quang (thu quang) - Photodiode

- Áp dụng hiệu ứng quang – điện của các vật liệu Si, GaAs...
- Chuyển đổi ánh sáng thu được từ bề mặt trong suốt thành dòng điện khi diod phân cực nghịch.
- Mỗi diod chỉ thu được một bức xạ nhất định.

**Sử dụng trong các mạch:**

- Báo động
- Đo cường độ sáng
- Đếm sản phẩm



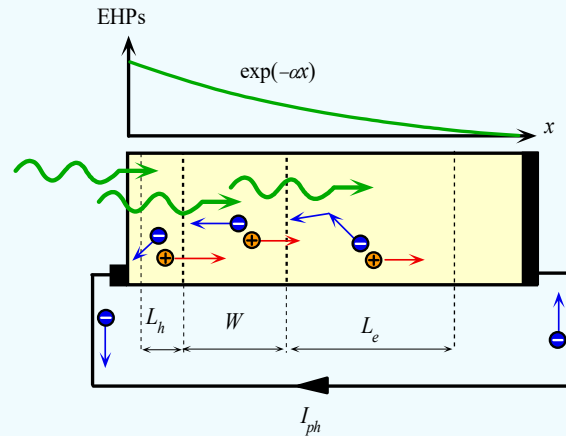


Fig. 6.51: Photogenerated carriers within the volume  $L_h + W + L_e$  give rise to a photocurrent  $I_{ph}$ . The variation in the photogenerated EHP concentration with distance is also shown where  $\alpha$  is the absorption coefficient at the wavelength of interest.

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.Uask.ca>

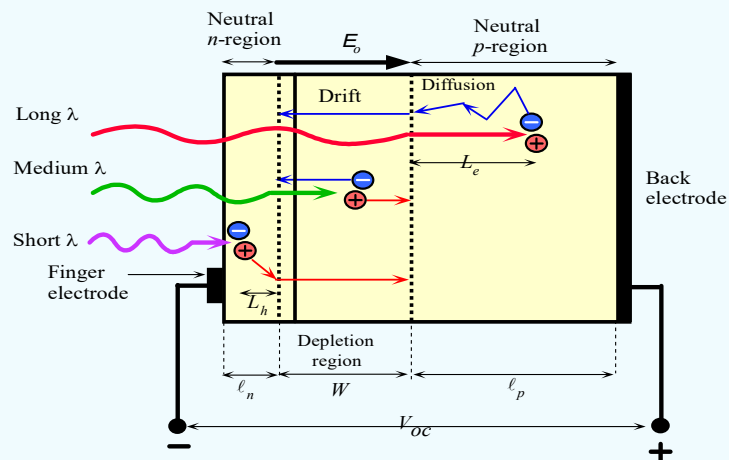


Fig. 6.49: The principle of operation of the solar cell (exaggerated features to highlight principles)

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.Uask.ca>

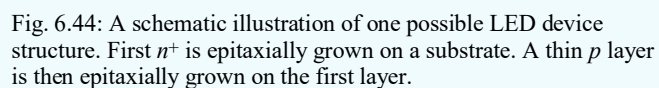
- GaAs bước sóng= 0,77-0,88 đỏ

GaAsP đỏ

GaPZn hồ phách

GaAsS = 0,57-0,58 vàng

GaPN2 = 0,55-0,56 luc



7

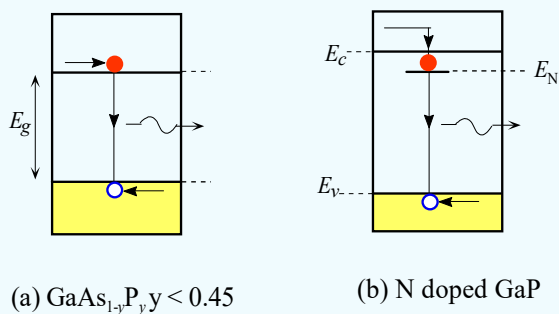


Fig. 6.45: (a) Photon emission in a direct bandgap semiconductor. (b) GaP is an indirect bandgap semiconductor. When doped with nitrogen there is an electron recombination center at  $E_N$ . Direct recombination between a captured electron at  $E_N$  and a hole emits a photon.

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.Utsk.ca>

## Mạch LED

LED dẫn có :  $V_D = 1,6\text{V} - 2,2\text{V}$ ;  $I_D = 5 - 30\text{mA}$

Chọn trung bình:  $V_D = 2\text{V}$  và  $I_D = 10\text{mA}$

Mạch có điện trở  $R_D$  nối với LED với nguồn  $V_{CC}$ , cách tính trị  $R_D$  tùy theo trị số nguồn  $V_{CC}$ :

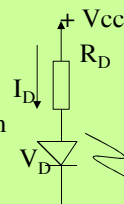
$$V_{CC} = R_D I_D + V_D \Rightarrow$$

$$R_D = \frac{V_{CC} - V_D}{I_D}$$

$V_{CC} = 5\text{V} \rightarrow R_D = 200\text{ Ohm}$  Chọn 270 hoặc 330 Ohm

$= 9\text{V}$   $= 700\text{ Ohm}$  Chọn 680

$= 12\text{V}$   $= 1000\text{ Ohm}$





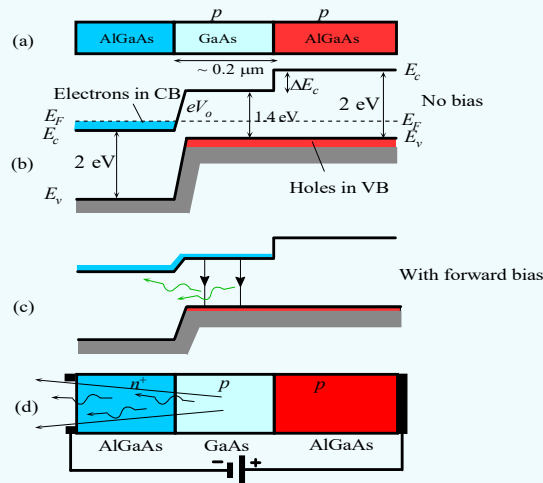


Fig. 6:46: (a) A double heterostructure diode has two junctions which are between two different bandgap semiconductors (GaAs and AlGaAs). (b) A simplified energy band diagram with exaggerated features.  $E_F$  must be uniform. (c) Forward biased simplified energy band diagram. (d) Forward biased LED. Schematic illustration of photons escaping reabsorption in the AlGaAs layer and being emitted from the device.

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.USask.ca>

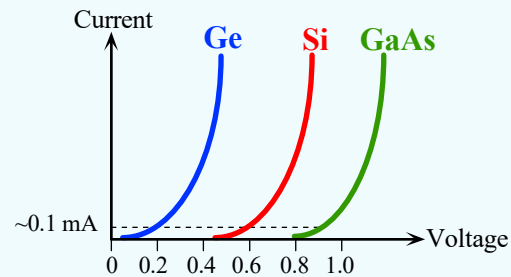


Fig.6.4: Schematic sketch of the  $I-V$  characteristics of Ge, Si and GaAs pn Junctions

From *Principles of Electronic Materials and Devices, Second Edition*, S.O. Kasap (© McGraw-Hill, 2002)  
<http://Materials.USask.ca>

LED áp dụng trong các mạch:

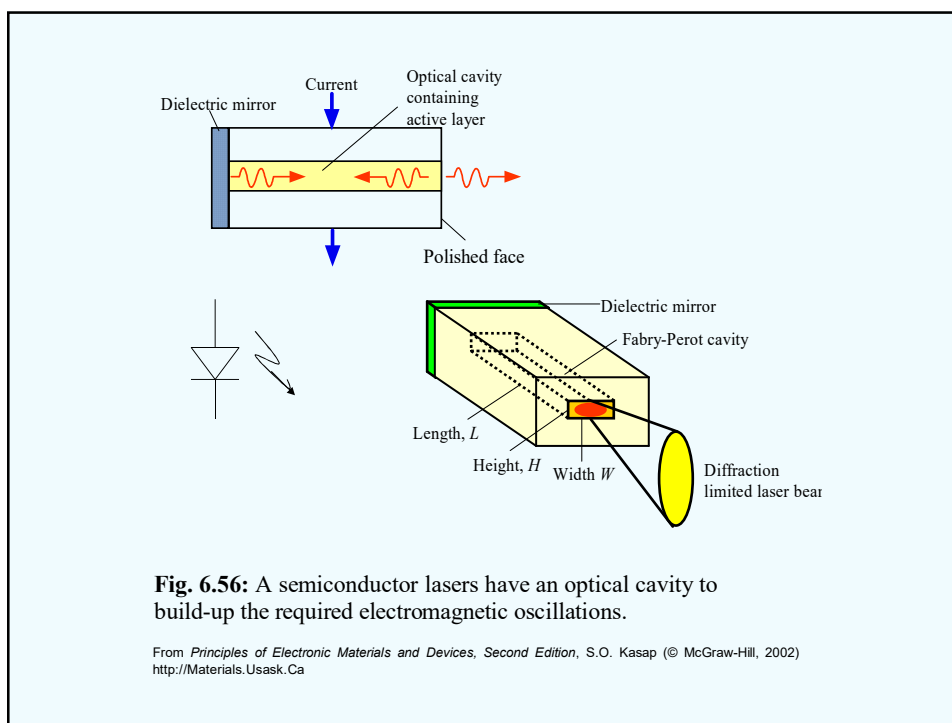
- Chỉ báo, hiển thị
- LED 7 đoạn trong các máy phát, máy đo...

### Diod phát – thu hồng ngoại

- Là những diod phát- diod thu quang với bức xạ trong lĩnh vực hồng ngoại.(bước sóng khoảng 1.000nm)
- Được sử dụng trong các mạch báo động, điều khiển, phát – thu, dữ liệu có tính bảo mật.

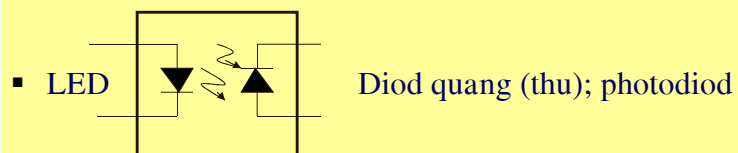
## 8. Diod LASER

- Diod khuếch đại ánh sáng bằng bức xạ của phát xạ kích thích (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – LASER).
- Giống như diod nối nhưng có thêm bộ phận làm đảo và cộng hưởng tạo ra ánh sáng kết hợp có cường độ lớn và bức xạ thành chùm tia tập trung rất nhỏ.
- Áp dụng trong thông tin sợi quang, kênh không gian (không dây), trong các máy CD, VCD, DVD, mạng máy tính, ...



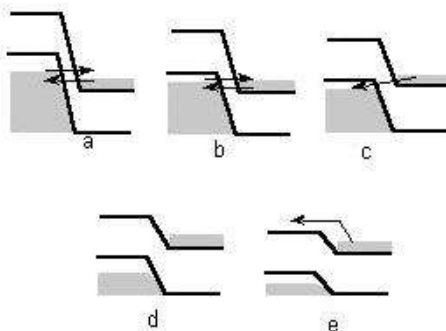
### Bộ ghép quang (Optrans; Optoisolators; Optocouplers)

- Ghép nối LED và linh kiện thu quang vào chung trong một vỏ kín nhằm truyền tín hiệu có tín bảo mật hoặc có độ cách ly điện tốt hơn biến thế ( $10^{15}$  Ohm; 7.500V), tránh nhiễu điện từ xen vào tín hiệu, dữ liệu truyền đi.
- Các linh kiện thu quang là : diod, transistor, FET, SCR, DIAC, ... quang



## Tunnel diode

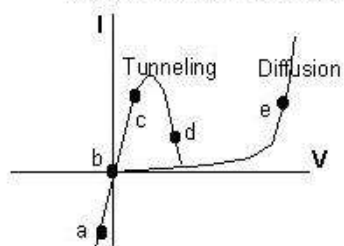
- Degenerate doping :  $n > N_c$ ,  $p > N_v \rightarrow E_f$  above  $E_c$  or below  $E_v$ 
  - $p^+$  and  $n^+$  junction
- Tunnel diode operation
  - Very high dopings  $\rightarrow$  small depletion width & high electric field  $\rightarrow$  tunneling with small forward or reverse biasing



- Negative dynamic resistance ( $dV/dI$ ) region : type  $N$  negative resistance, voltage controlled neg resistance

- Applications

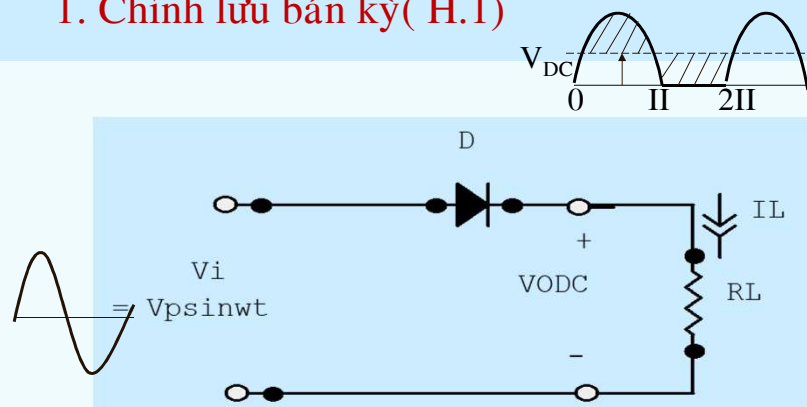
- Switching, oscillation, amplification
- No time delay of diff or drift of tunneling  $\rightarrow$  high speed circuits
- Defect : low current operation



## Các mạch diod

### I. Mạch chỉnh lưu

#### 1. Chỉnh lưu bán kỳ ( H.1)



## Các công thức

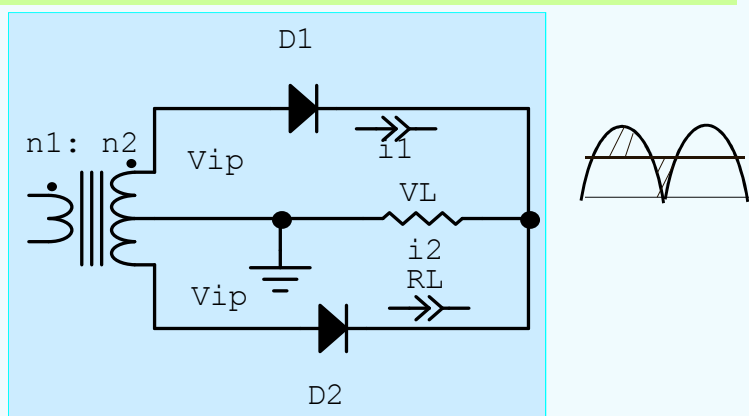
$$\begin{aligned}
 V_{LDC} &= \frac{1}{T} \int_0^T v_i dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_p \sin \omega t d(\omega t) = \\
 &= \frac{V_p}{2\pi} \left\{ \int_0^\pi \sin \omega t d\omega t + \int_\pi^{2\pi} 0 d\omega t \right\} = \\
 &= \frac{V_p}{2\pi} \left\{ -\cos \omega t \Big|_0^\pi \right\} = \frac{V_p}{2\pi} \{1 + 1\} = \frac{V_p}{\pi} =
 \end{aligned}$$

$$V_{LDC} = \frac{V_p}{\pi} = 0,318 V_p = 0,45 V_{Lhd}$$

$$*V_{LDC} = \frac{V_p}{\pi} = 0,318(V_p - V_D)$$

## 2. Chỉnh lưu toàn kỳ (toàn sóng)

### a. Chỉnh lưu toàn kỳ 2 diod



## Công thức chỉnh lưu toàn kỳ

$$\begin{aligned}
 V_{LDC} &= \frac{1}{T} \int_0^T v_i dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} V_p \sin \alpha d(\alpha) = \\
 &= \frac{V_p}{2\pi} \left\{ \int_0^{\pi} \sin \alpha d\alpha + \int_{\pi}^{2\pi} \sin \alpha d\alpha \right\} = \\
 &= \frac{V_p}{2\pi} \left\{ -\cos \alpha \Big|_0^{\pi} + (-\cos \alpha \Big|_{\pi}^{2\pi}) \right\} = \frac{2V_p}{2\pi} \{1+1\} = \frac{2V_p}{\pi} = \\
 V_{LDC} &= \frac{2V_p}{\pi} = 0,636V_p = 0,9V_{Lhd} \\
 *V_{LDC} &= \frac{2(V_p - V_D)}{\pi} = 0,636(V_p - V_D)
 \end{aligned}$$

### Giá trị hiệu dụng

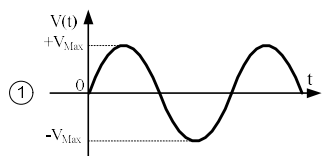
- là trị số dương của dòng điện một chiều IDC mà khi chạy qua một điện trở R trong một chu kì sẽ có năng lượng tỏa nhiệt bằng nhau.

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) \cdot dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) \cdot dt}$$

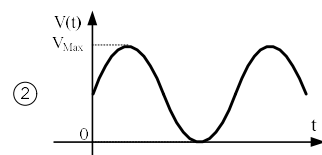
### Dạng sóng

### Trị trung bình và hiệu dụng



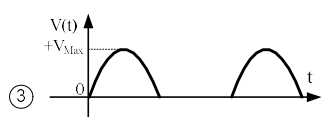
$$V_{DC} = 0$$

$$V_{rms} = \frac{V_{Max}}{\sqrt{2}}$$



$$V_{DC} = \frac{2V_{Max}}{\pi} = 0,637V_{Max}$$

$$V_{rms} = \frac{V_{Max}}{\sqrt{2}}$$

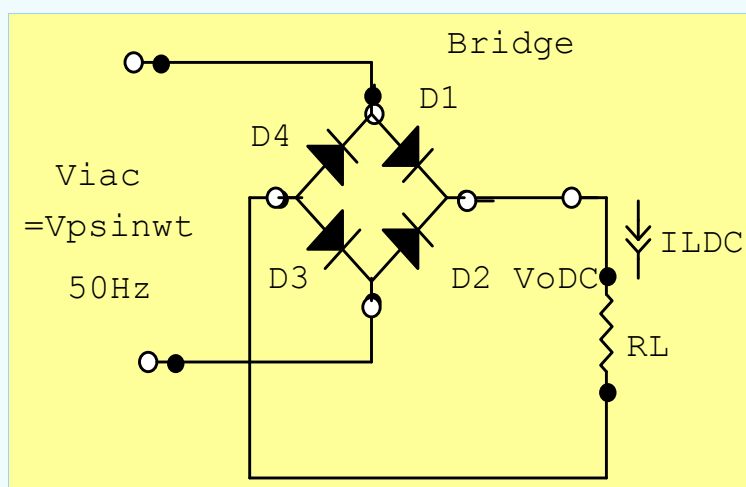


$$V_{DC} = \frac{V_{Max}}{\pi} = 0,318V_{Max}$$

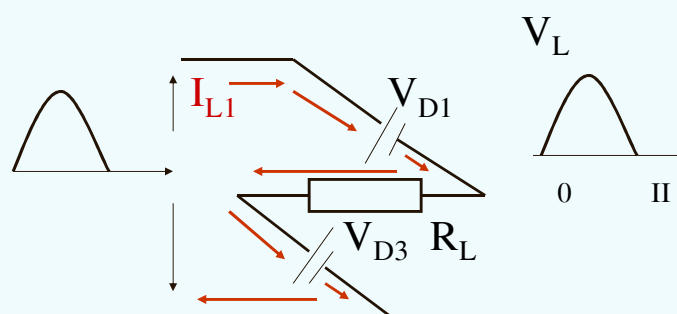
$$V_{rms} = \frac{V_{Max}}{2}$$

### b. Cầu chỉnh lưu (4Diod)

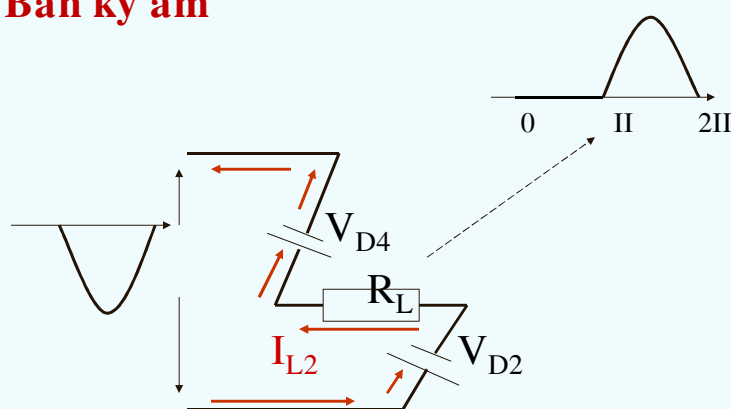
Xét mạch chỉnh lưu toàn kỳ 4 diod:



### Bán kỳ dương



### Bán kỳ âm





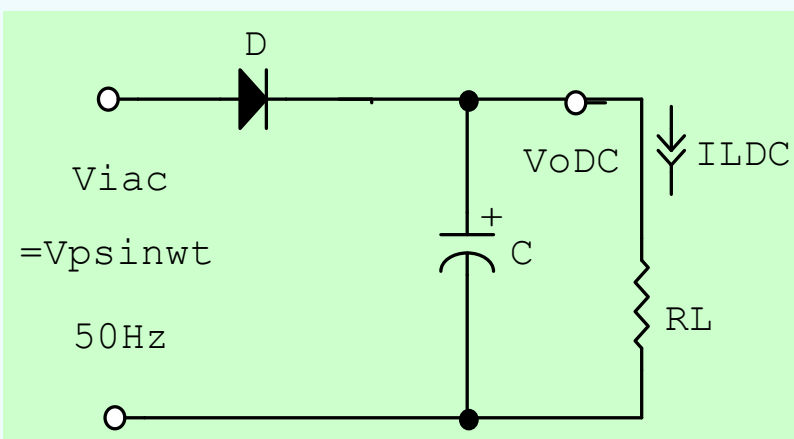
### 3. Cách hoạt động của mạch

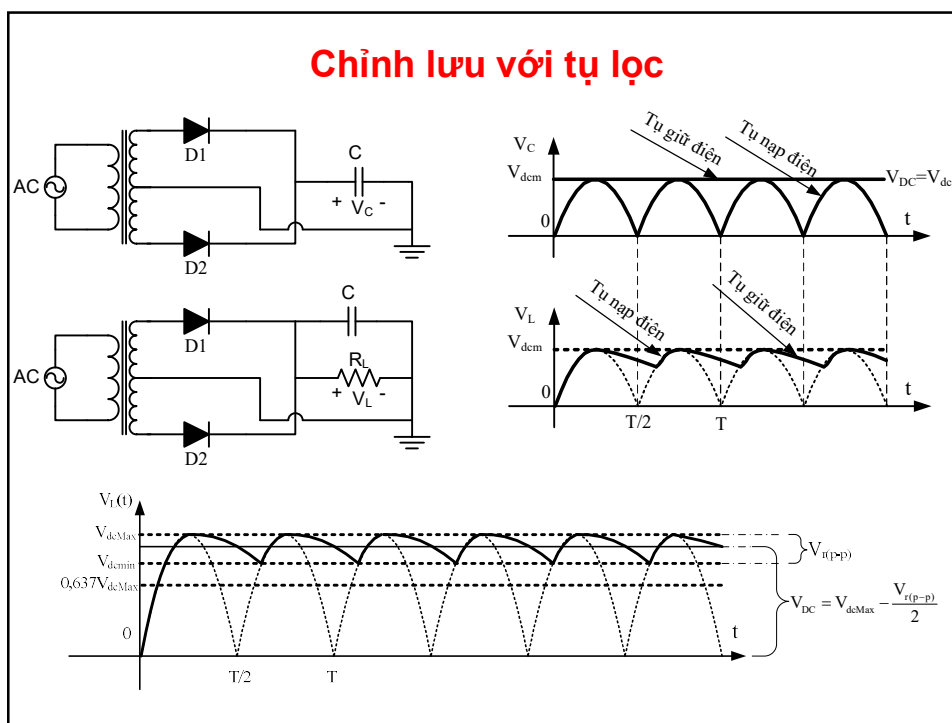
- Mạch được sử dụng khi chỉnh lưu trực tiếp từ nguồn điện cung cấp, hoặc khi cuộn thứ cấp không có điểm giữa.
- Bán kỳ dương: Diod D1 và D3 phân cực thuận nên dẫn, D2 và D4 phân cực nghịch nên ngưng. Có dòng  $i_1$  qua diod D1 – tải  $R_L$  – D3.
- Bán kỳ âm: Diod D2 và D3 phân cực thuận nên dẫn. D1 và D4 ngưng. Có dòng  $i_2$  qua D2 –  $R_L$  – D4.

Công thức :

$$V_{LDC} \equiv V_{ODC} = 2(V_{ip} - 2V_D) / \pi \approx 2V_{ip} / \pi$$

### Mạch điện Chỉnh lưu bán kỳ có lọc





Do điện thế đỉnh tối đa là  $V_{dcMax}$  nên điện thế trung bình tối thiểu là:

$$V_{dcmin} = V_{dcMax} - V_{r(p-p)}$$

Khi chưa mắc tụ C vào, giá trị trung bình là:

$$V_{dc} = \frac{2V_{dcMax}}{\pi} = 0,837V_{dcMax}$$

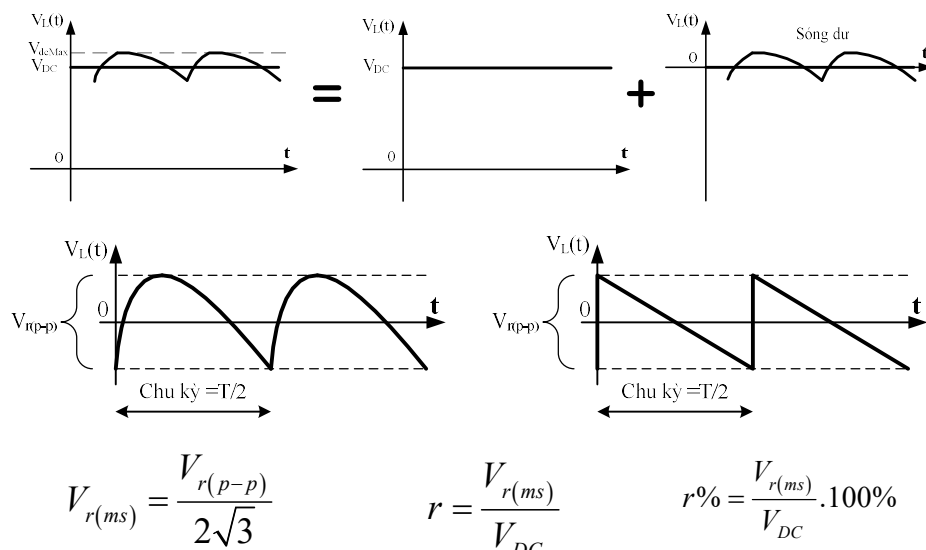
Khi có tụ lọc C:

$$V_{dcmin} = V_{dcMax} - V_{r(p-p)}$$

Nên giá trị trung bình ở ngõ ra:

$$V_{DC} = V_{dcMax} - \frac{V_{r(p-p)}}{2}$$

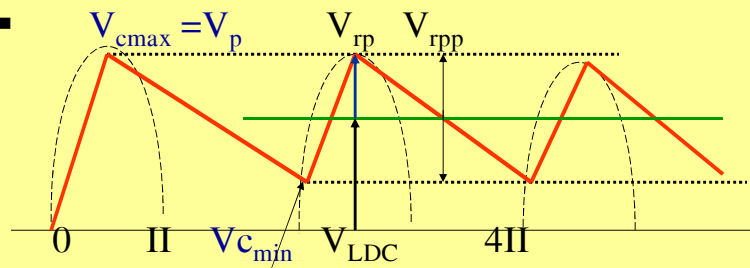
### Hệ số dợn sóng (ripple factor)



### 3. Mạch lọc

#### a. Mạch lọc trong chỉnh lưu bán kỳ

- Do tụ lọc có trị số lớn, nên dạng sóng nạp nhanh và xả chậm, nên dạng sóng ra khá thẳng (phẳng)
- Ta có hình vẽ sau (với cách vẽ phóng đại):



## Công thức chỉnh lưu và lọc

Theo hình vẽ ta có :

$$V_{LDC} = \frac{V_{c\max} + V_{c\min}}{2}$$

$$V_{rpp} = V_{c\max} - V_{c\min}$$

Với điện thế tụ xả cho bởi:

$$V_C(t) = V_p e^{-t/\tau} = V_p e^{-t/R_L C}$$

Do thời hằng  $\tau = R_L C$  rất lớn nên ta có  $T_2/R_L C$  rất bé, ta có thể khai triển theo cấp số Taylor với biến x bé như sau:

Ta có:

$$V_C(T_2) = V_{c\min}(T_2) = V_p \left( 1 - \frac{T_2}{R_L C} + \frac{1}{2!} \left( \frac{T_2}{R_L C} \right)^2 - \dots \right)$$

$$\cong V_p \left( 1 - \frac{T_2}{R_L C} \right)$$

**Điện thế trung bình ngõ ra:**

$$V_{LDC} = \frac{V_p + V_p \left( 1 - \frac{T_2}{R_L C} \right)}{2} = V_p \left( 1 - \frac{T_2}{2R_L C} \right)$$

**\*Và tính được điện thế gợn sóng đỉnh đỉnh:**

**Và trị số đỉnh điện thế gợn sóng( bán kỳ):**

$$V_{rpp} = V_p - V_p \left( 1 - \frac{T_2}{R_L C} \right) = V_p \left( \frac{T_2}{R_L C} \right)$$

$$V_{rp} = \frac{V_{rpp}}{2} = \frac{V_p T_2}{2 R_L C}$$

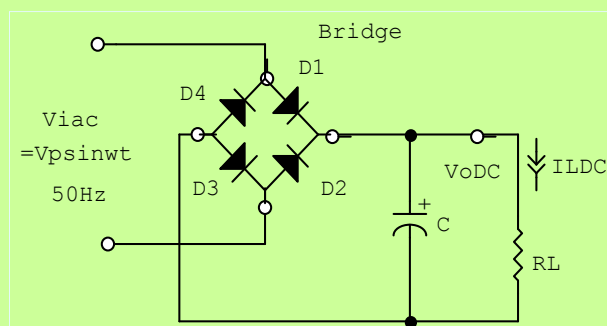
**Do thời gian xả  $T_2$  rất lớn xem như bằng chu kỳ  $T$ , ta được(  $T = 1/f = 1/50$  ):**

$$V_{LDC} = V_p \left( 1 - \frac{1}{2 f R_L C} \right) = V_p \left( 1 - \frac{0,01}{R_L C} \right)$$

$$V_{rp} = V_p \frac{1}{2 f R_L C} = \frac{0,01 V_p}{R_L C}$$

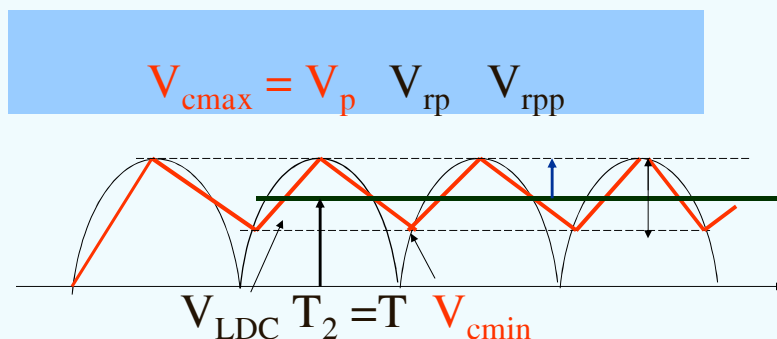
## b. Mạch lọc trong chỉnh lưu toàn kỳ

**Tương tự ta có:**



**Ta có dạng sóng ngõ ra:**

■  
**Dạng sóng ngõ ra mạch chỉnh lưu  
 và lọc toàn kỳ:**



Do thời gian xả điện gần bằng nửa chu kỳ  
 $T_2 = T/2 = 1/2f$  nên thay vào công thức trên  
 ta có kết quả:

Điện thế trung bình ngõ ra:

$$V_{LDC} = V_p \left( 1 - \frac{1}{4 f R_L C} \right) = V_p \left( 1 - \frac{0,005}{R_L C} \right)$$

$$V_{rp} = V_p \frac{1}{4 f R_L C} = \frac{0,005 V_p}{R_L C}$$

Trị số đỉnh điện thế dợn sóng:

$$V_{rp} = V_p \frac{1}{4 f R_L C} = \frac{0,005 V_p}{R_L C}$$

**Chú ý:** Khi có  $V_p$  (hay  $V_{op}$ ) nhỏ, ta phải kể đến  $V_D$  và thay  $V_{op}$  bằng ( $V_{op}'$ ):

- Mạch chỉnh lưu và lọc 1 bán kỳ và toàn kỳ 2 diod:

$$V_{op} \rightarrow V_{op}' = V_{ip} - V_D$$

- Mạch lưu toàn kỳ 4 diod (cầu chỉnh lưu):

$$V_{op} \rightarrow V_{op}' = V_{ip} - 2V_D$$

## Thành phần dợn sóng (AC)

- Trị hiệu dụng điện thế dợn sóng  
Điện thế xấp xỉ có dạng sóng tam giác

$$v_r = \frac{V_{rp}}{T} t$$

$$V_{r(hd)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{V_{rp}}{T} t \right)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \left( \frac{V_{rp}^2}{3T^2} t^3 \right)_0^T}$$

$$= \sqrt{\left( \frac{v_r^2}{3T^3} \right)} = \frac{V_{rp}}{\sqrt{3}}$$

## Hệ số dợn sóng r

Định nghĩa:

$$r = \frac{V_{rhd}}{V_{LDC}} ; \quad V_{rp} = \frac{V_{rpp}}{2} = \frac{V_p T_2}{2 R_L C}$$

$$V_{rhd} = \frac{V_{rp}}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_p T_2}{2 R_L C} \Rightarrow$$

$$V_{rhd(bk)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_p}{(2f)(R_L C)}$$

$$V_{rhd(tk)} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_p}{(4f)(R_L C)}$$

**Kết quả: Với f = 50Hz**

❖ **Chỉ lưu bán kỳ:**

$$r = \frac{1}{\sqrt{3}(2f)(R_L C)} = \frac{(5800)10^{-6}}{R_L(\Omega)C(F)} \quad (bk)$$

❖ **Chỉ lưu toàn kỳ:**

$$r = \frac{1}{\sqrt{3}(4f)(R_L C)} = \frac{(2900)10^{-6}}{R_L(\Omega)C(F)} \quad (tk)$$

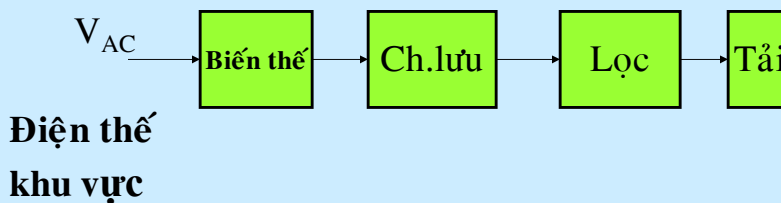
$$C = \frac{0,29}{(R_L(\Omega)r\%)} (F) \quad (tk)$$



### III. Bộ cấp điện DC

#### 1. Bộ cấp điện đơn giản

- Mạch gồm các thành phần chủ yếu sau:



- Trong hầu hết các thiết bị điện tử bán dẫn đều sử dụng biến thế hạ thế.

➤ **Cách phân giải mạch** tương tự như đã khảo sát ở trên.

Trong thực tế( thiết kế) phải xét đến các chỉ tiêu kỹ thuật sau:

#### **Biến thế:**

- **Tỉ số vòng:**  $V_2 / V_1 = n_2 / n_1$
- **Dòng điện :**  $I_1 / I_2 = n_2 / n_1$
- **Công suất :**  $P_1 = P_2 \rightarrow V_1 I_1 = V_2 I_2$

## ➤ Diod chỉnh lưu hoặc cầu diod

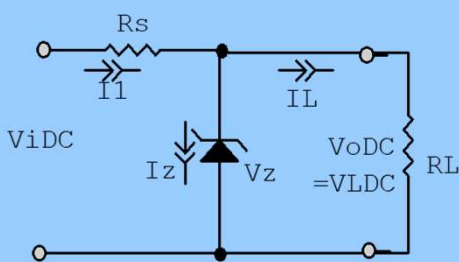
- Điện thế cực đại, PIV
- Dòng điện cực đại,  $I_{\text{surge}}$
- Công suất, dải nhiệt độ

### ➤ Tụ điện lọc:

- Trị số điện dung C
- Điện thế làm việc.

## 2. Bộ cấp điện ổn định đơn giản

### a. Mạch điện:



$R_s$  điện trở giới hạn dòng  
 $R_L$  điện trở tải

## Các công thức mạch ổn áp Zener

- Điện thế ngõ ra:

$$V_{ODC} = V_{LDC} = V_Z$$

- Dòng điện:

$$I_1 = I_Z + I_L \rightarrow I_Z = I_1 - I_L$$

$$I_1 = (V_{iDC} - V_Z) / R_S$$

$$I_L = V_{LDC} / R_L$$

- Công suất tiêu tán :  $P_Z = V_Z I_Z < P_{ZM}$

$$P_{RS} = I_1^2 R_S$$

$$P_L = V_L^2 / R_L$$

## Điều kiện để Zener hoạt động

- Khi chưa mắc diod Zener phải có:

$$V_{LDC} = \frac{R_L}{R_L + R_S} V_{iDC} > V_Z \quad (I)$$

- Khi có mắc diod Zener , ta có:

$$V_{ODC} = V_Z$$

$$I_{Zk} < I_Z < I_{ZM} = \frac{P_{ZM}}{V_Z} \quad (II)$$

### Điều kiện để diod hoạt động trong trường hợp xấu $I_Z$ gần 0(A)

- Khi  $R_S(\max)$  và  $R_L(\min)$  và  $V_{s\min}$

$$\begin{aligned} \frac{V_{s(\min)} - V_Z}{R_{S(\max)}} - \frac{V_L}{R_{L(\min)}} &= I_{Z(\min)} \approx 0 \\ \frac{V_{s(\min)} - V_Z}{R_{S(\max)}} &= \frac{V_L}{R_{L(\min)}} = \frac{V_Z}{R_{L(\min)}} \\ R_{S(\max)} &= \left( \frac{V_{s(\min)} - V_Z}{V_Z} \right) R_{L(\min)} = \left( \frac{V_{s(\min)}}{V_Z} - 1 \right) R_{L(\min)} \\ R_{S(\max)} &= \frac{V_{s(\min)} - V_Z}{I_{L(\max)}}, \quad \left( \frac{V_Z}{R_{L(\min)}} = I_{L(\max)} \right) \end{aligned}$$

### Điều kiện để mạch ổn áp hoạt động trong cả 2 trường hợp xấu nhất

**Chọn  $R_S$  để diod Zener luôn hoạt động trong 2 điều kiện xấu nhất là có cùng một lúc các trường hợp sau:**

**(1) +  $V_{iDC\min}$  và  $I_{L\max}$ :**

$$\begin{aligned} I_Z &= \frac{V_{iDC\min} - V_Z}{R_S} - I_{L\max} \geq I_{ZK} = I_{Z\min} \\ \Rightarrow R_S &\leq \frac{V_{iDC\min} - V_Z}{I_{Z\min} + I_{L\max}} \quad (1) \end{aligned}$$

**(b) +  $V_{iDCmax}$  và  $I_{Lmin}$**

$$I_Z = \frac{V_{iDCmax} - V_Z}{R_S} - I_{Lmin} \leq I_{Zmax}$$

$$\Rightarrow R_S \geq \frac{V_{iDCmax} - V_Z}{I_{Zmax} + I_{Lmin}} \quad (2)$$

$$(1) = (2) \Rightarrow \frac{V_{iDCmax} - V_Z}{I_{Zmax} + I_{Lmin}} \leq R_S \leq \frac{V_{iDCmin} - V_Z}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$$

## 2. Chọn $R_S$ khi có tải hở

Khi tải hở  $I_L=0$  và do đó  $I_Z = I_{1max}$  :

$$I_Z = I_{1max} = \frac{V_{iDCmax} - V_Z}{R_S} \leq I_{ZM}$$

Ta cũng có thể xét trực tiếp điều kiện công suất :

$$P_Z = V_Z I_Z \leq P_{ZM}$$

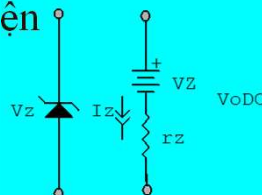
## Các đại lượng đặc trưng

Ta có các định nghĩa sau:

Do diod Zener thực tế có điện trở  $r_z$  nên điện thế ngõ ra :

$$V_{oDC} = V_Z + I_Z r_z \quad (1)$$

$$\Delta V_Z = \Delta I_Z$$



thay vào công thức  $I_1 = I_Z + I_L$  (2)

$$\text{ta được: } \frac{V_{iDC} - V_{oDC}}{R_s} = \frac{V_{oDC} - V_Z}{r_z} + I_L$$

$$V_{oDC} = \frac{r_z}{r_z + R_s} V_{iDC} + \frac{R_s}{r_z + R_s} V_Z + I_L \quad (3)$$

Suy ra:

▪ Hệ số điều thế:

$$S_V = dV_{oDC} / dV_{iDC} = [r_z / (r_z + R_s)]$$

▪ Độ ổn định điện thế ra:

$$\begin{aligned} V_R &= dV_{oDC} / V_{oDC} = \\ &= [r_z / (r_z + R_s)] [dV_{iDC} / V_{oDC}] \end{aligned}$$

▪ Tổng trở ra :

$$R_o = dV_{oDC} / I_{oDC} = r_z // R_s = [r_z R_s / (r_z + R_s)]$$

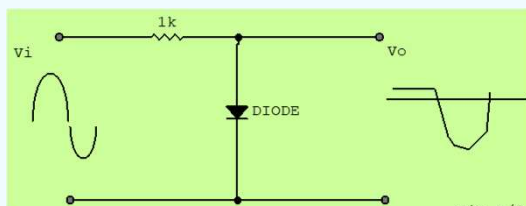
▪ Hệ số truất tải dợn sóng:

$$RRR(dB) = 20 \log(V_{ri} / V_{ro}) = 20 \log[(R_s + r_z) / r_z]$$

## IV. Mạch xén (cắt)

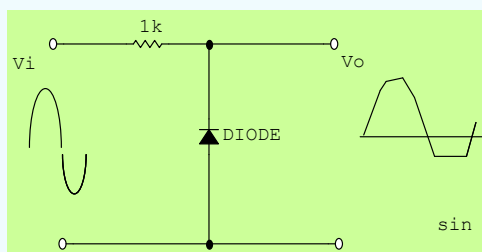
### • 1. Mạch xén song song

#### a. Mạch xén trên



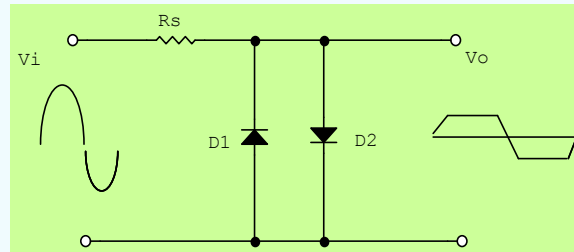
- $V_i > 0,6V$ : Diod dẫn  $\rightarrow V_o = V_D = +0,6V$
- $V_i < 0,6V$ : Diod ngưng  $\rightarrow V_o = V_i$  (bán kỳ âm)

#### b. Mạch xén dưới



- $V_i > 0,6V$ : Diod ngưng  $\rightarrow V_o = V_i$  (bán kỳ dương)
- $V_i > 0,6V$ : Diod dẫn  $\rightarrow V_o = V_D = -0,6V$

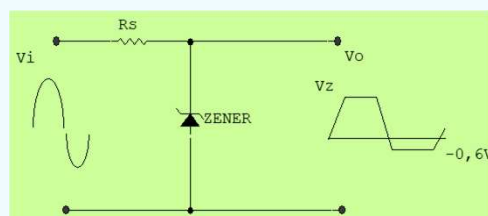
### c. Mạch xén trên và dưới



- $V_i > 0,6V$ : Diod D2 dẫn  $\rightarrow V_o = +0,6V$
- $V_i < 0,6V$ : Diod D1 dẫn  $\rightarrow V_o = -0,6V$

## 2. Mạch xén dùng diod Zener

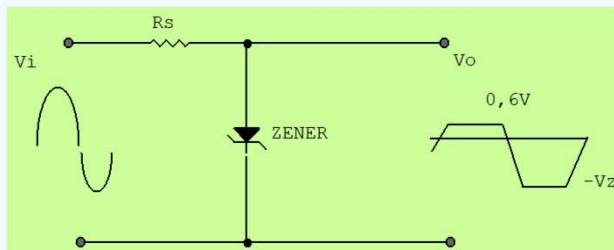
### a. Mạch xén trên



- $V_i > 0$  : Diod Zener phân cực nghịch dẫn huỷ thác  $\rightarrow V_o = V_z$
- $V_i < 0$  : Diod Zener phân cực thuận, dẫn như diod thường  $\rightarrow V_o = -0,6V$

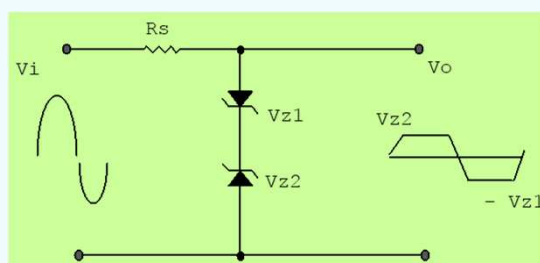


### b. Mạch xén dưới



- $V_i > 0$  : Diod Zener phân cực thuận, dẫn như diod thường  $\rightarrow V_o = +0,6V$
- $V_i < 0$  : Diod Zener phân cực nghịch dẫn huỷ thác  $\rightarrow V_o = -V_z$

### C. Mạch xén trên và dưới



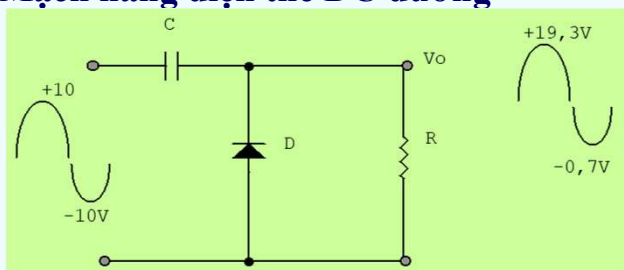
**$V_i > 0$ : Diod Zener 2 dẫn  $\rightarrow V_o = +V_{z2}$**

**$V_i < 0$ : Diod Zener 1 dẫn  $\rightarrow V_o = -V_{z1}$**

## V. Mạch nâng

- Là mạch cộng thêm thành phần DC vào tín hiệu AC.
- Mạch gồm C, R và diod. Thường chọn thời hằng  $RC \gg 10 T$
- Có nhiều dạng mạch tùy theo cách mắc diod.

### 1. Mạch nâng điện thế DC dương

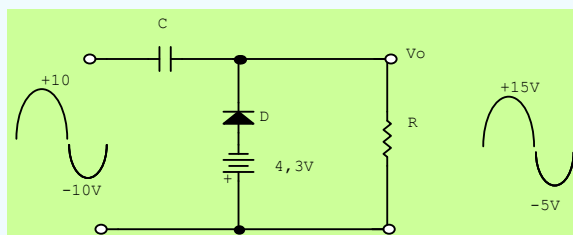


Ở bán kỳ âm, diod dẫn  $\rightarrow V_o = -0,7V$

Ở bán kỳ dương tiếp theo diod ngưng  $\rightarrow$  tụ C nạp đầy với điện thế  $(V_p - V_D) + V_p - V_D = 9,3V + 10 - 0,7 = 19,3V$

Điện thế trung bình  $10 - 0,7 = 9,3V$

### 3. Mạch nâng có phân cực trước

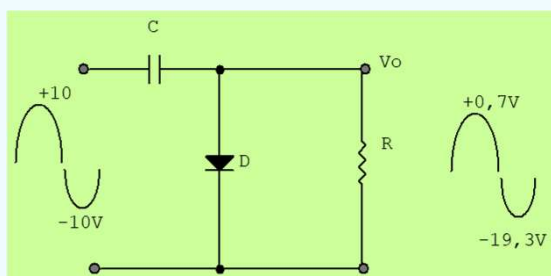


- Bán kỳ âm:  $V_i < -5V$ , Diod ngưng  $\rightarrow V_o = -(V_D + V_{DC}) = -(0,7V + 4,3V) = -5V$
- Bán kỳ dương tiếp theo: Diod ngưng  $\rightarrow$  tụ nạp đầy  $10V + 5V = 15V$

Vậy tín hiệu ra vẫn 20Vpp nhưng với trị trung bình +5V.

➤ Mạch thường dùng để nâng điện thế thêm của tín hiệu video trong truyền hình.

### 2. Mạch nâng điện thế DC âm

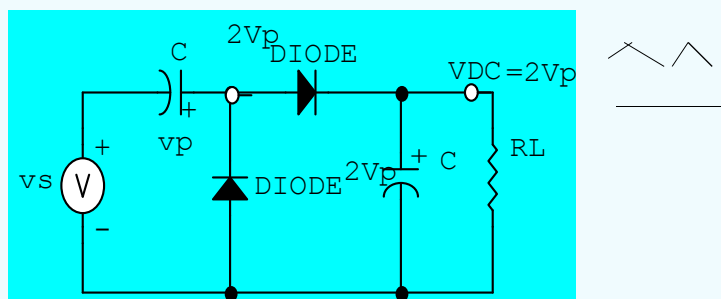


Ở bán kỳ dương, diod dẫn  $\rightarrow V_o = +0,7V$

Ở bán kỳ âm tiếp theo diod ngưng  $\rightarrow$  tụ C đầy với điện thế  $-(V_p - V_D) + V_p - V_D = -(9,3V + 10 - 0,7) = -19,3V$

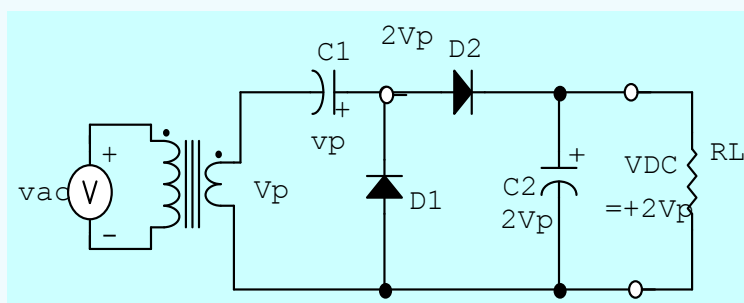
Điện thế trung bình  $-(10 - 0,7) = -9,3V$

## Mạch tách sóng đỉnh – đỉnh

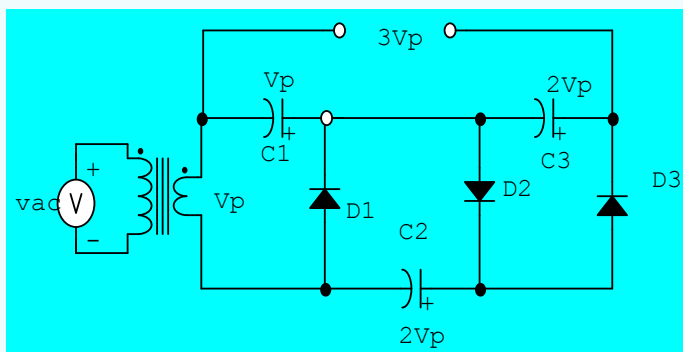


## VI. MẠCH NHÂN ĐIỆN ÁP

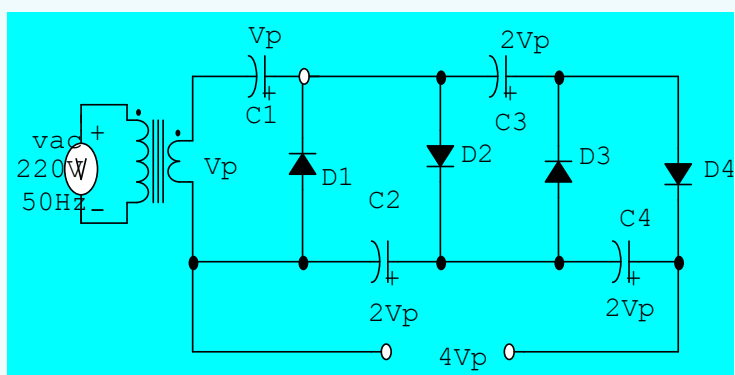
- 1. Mạch nhân đôi điện áp (bán kỳ - kiểu Schenkel)



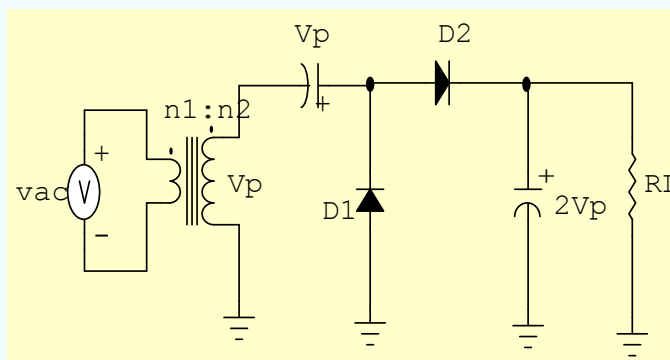
- 2. Mạch nhân ba điện áp



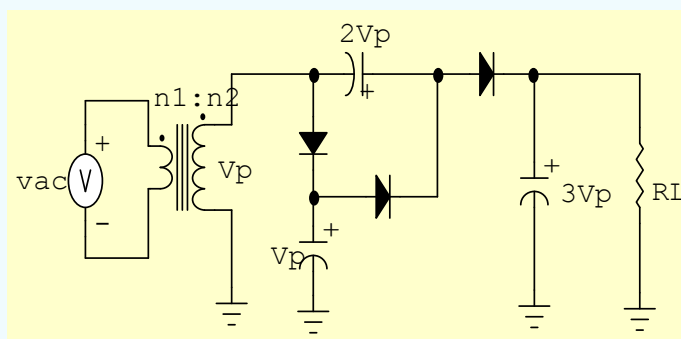
- 3. Mạch nhân bốn điện áp



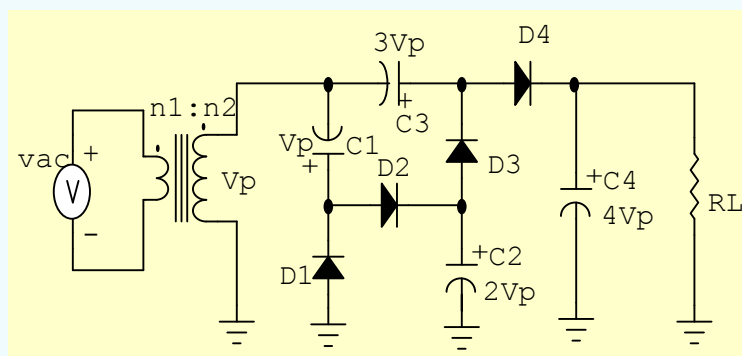
- a. Mạch nhân đôi điện áp có mass



- b. Mạch nhân ba điện áp có mass



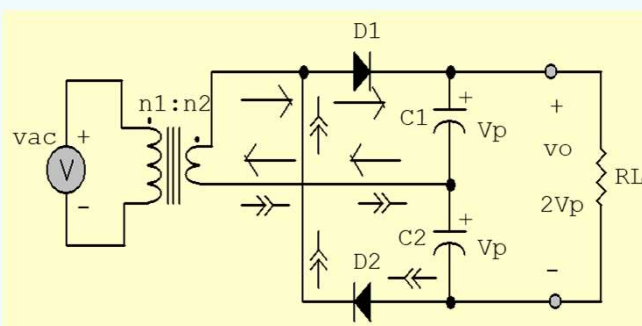
- c. Mạch nhân bốn điện áp có mass



## VII Mạch nhân đôi điện áp kiểu De Latour

### Mạch có mass DC riêng

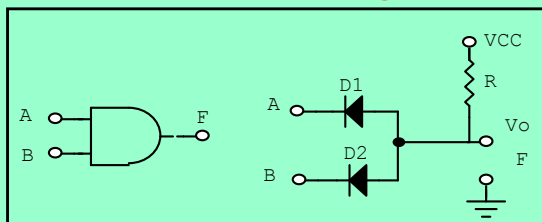
- Bán kỳ dương, chiều dòng điện  $\rightarrow +$
- Bán kỳ âm tiếp theo, dòng điện  $\rightarrow -$



### 3. Cổng logic dùng diod

#### a. Cổng AND : $F = A.B$

$F = 1$  khi và chỉ khi có 2 ngõ vào đều ở mức cao,  $F = 0$  khi có 1 ngõ vào xuống thấp.



Với : 1 = mức cao = 4.3 – 5 V

0 = mức thấp = 0 – 0,7V

| B | A | F |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

#### • Phân giải cổng AND

2 diod D1, D2 đều dẫn

D1 dẫn, D2 ngưng

D1 ngưng, D2 dẫn

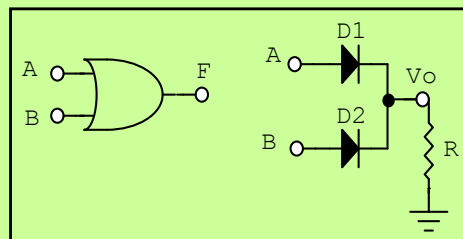
D1 và D2 đều ngưng

| B  | A  | Vo   |
|----|----|------|
| 0V | 0V | 0,7V |
| 0V | 5V | 0,7V |
| 5V | 0V | 0,7V |
| 5V | 5V | 5V   |



## b. Cổng OR: $F = A + B$

- $F = 1$  Khi chỉ cần có 1 biến lên mức cao .**



- Mức cao = 4,3 – 5 V**
- Mức thấp = 0V**

| B | A | F |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

### Phân giải mạch cổng OR

Diod D1 và D2 ngưng

D1 dẫn, D2 ngưng

D1 ngưng, D2 dẫn

D1 và D2 đều dẫn

| B  | A  | Vo   |
|----|----|------|
| 0V | 0V | 0V   |
| 0V | 5V | 4,3V |
| 5V | 0V | 4,3V |
| 5V | 5V | 4,3V |