

**Chương 3**  
**Bộ chuyển đổi DC-DC**  
**(Biến áp 1 chiều)**  
**(Băm xung 1 chiều)**

# Chương 3. Chuyển đổi DC-DC

- Khái quát về điều áp một chiều
- Chuyển đổi DC-DC một chiều nối tiếp
- Chuyển đổi DC-DC một chiều song song
- Chuyển đổi DC-DC đảo chiều
- Tích lũy năng lượng khi chuyển đổi DC-DC
- Chuyển đổi DC-DC tăng áp

## **3.1 Khái quát về điều áp một chiều**

Điều áp một chiều được định nghĩa là bộ điều khiển dòng điện và điện áp một chiều khi nguồn cấp là điện một chiều

### **I. Các phương pháp điều áp một chiều**

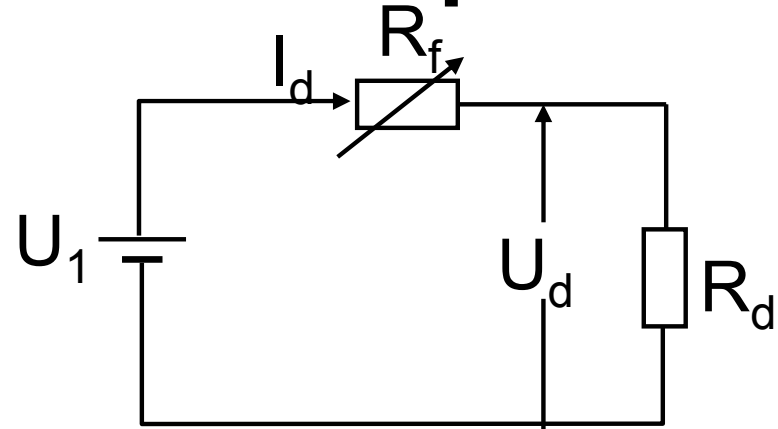
Có một số cách điều khiển một chiều như sau:

- Điều khiển bằng cách mắc nối tiếp với tải một điện trở
- Điều khiển liên tục bằng cách mắc nối tiếp với tải một transistor
- Điều khiển bằng băm áp (xung áp)

# Điều khiển bằng cách mắc nối tiếp với tải một điện trở

Sơ đồ

Dòng điện và điện áp điều chỉnh được tính



$$I_d = \frac{U_1}{R_f + R_d};$$

$$U_d = \frac{U_1}{R_f + R_d} R_d$$

Nhược điểm của phương pháp:  
Hiệu suất thấp ( $\Delta P_f = I_C \cdot \Delta U_T$ )  
Không điều chỉnh liên tục khi dòng tải lớn

# Điều khiển liên tục bằng cách mắc nối tiếp với tải một transistor

- Sơ đồ và nguyên lí điều khiển

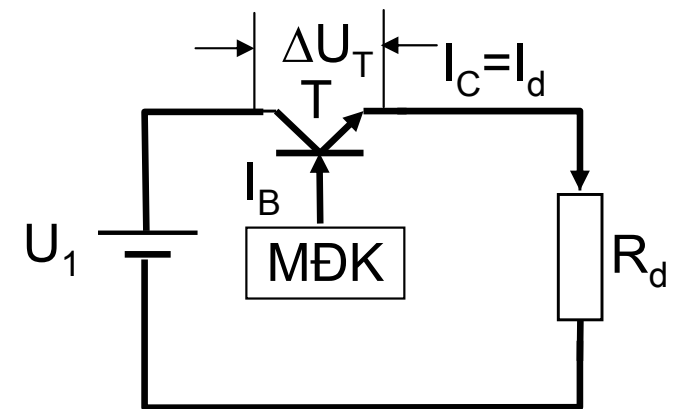
- $I_C = \beta \cdot I_B$

- $\Delta U_T = U_1 - I_C \cdot R_d$

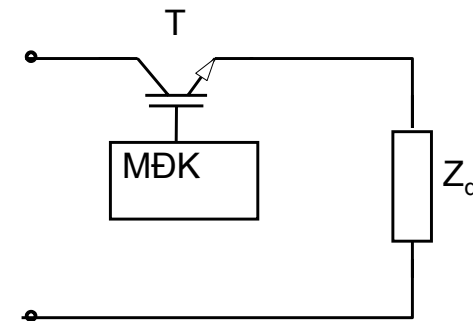
- Điện áp qua  $R_d$ :

$$U_{R_d} = I_C \cdot R_d = \beta \cdot I_B \cdot R_d$$

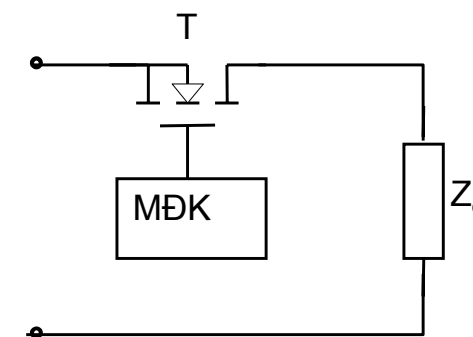
- Nhược điểm của phương pháp: tổn hao trên transistor lớn, phát nhiệt nhiều transistor dễ hỏng.



a



c



b

# Điều khiển bằng băm áp (băm xung)

- Băm áp một chiều là bộ biến đổi điện áp một chiều thành xung điện áp. Điều chỉnh độ rộng xung điện áp, điều chỉnh được trị số trung bình điện áp tải.
- Các bộ băm áp một chiều có thể thực hiện theo sơ đồ mạch nối tiếp (phần tử đóng cắt mắc nối tiếp với tải) hoặc theo sơ đồ mạch song song (phần tử đóng cắt được mắc song song với tải).

## II. nguồn cấp trong băm áp một chiều

- **A. Định nghĩa về nguồn dòng và nguồn áp**
- Nguồn áp: là nguồn mà dạng sóng và giá trị điện áp của nó không phụ thuộc dòng điện (kể cả giá trị cũng như tốc độ biến thiên)
- Đặc trưng cơ bản của nguồn áp là điện áp không đổi và điện trở trong nhỏ để sụt áp bên trong nguồn nhỏ
- Nguồn dòng: là nguồn mà dạng sóng và giá trị dòng điện của nó không phụ thuộc điện áp áp của nó (kể cả giá trị cũng như tốc độ biến thiên)
- Đặc trưng cơ bản của nguồn dòng là dòng điện không đổi và điện trở lớn để sụt dòng bên trong nguồn nhỏ

## B. Tính thuận nghịch của nguồn

- Nguồn có tính thuận nghịch:
- Điện áp có thể không đảo chiều (acquy), hay đảo chiều (máy phát một chiều)
- Dòng điện thường có thể đổi chiều
- Công suất  $p = u.i$  có thể đổi chiều khi một trong hai đại lượng  $u, i$  đảo chiều.



## C. Cải thiện đặc tính của nguồn

- Nguồn áp thường có  $R_0, L_0$ , khi có dòng điện có  $R_0 i, L(di/dt)$  làm cho điện áp trên cực nguồn thay đổi. Để cải thiện đặc tính của nguồn áp người ta mắc song song với nguồn một tụ
- Tương tự, nguồn dòng có  $Z_0 = \infty$ . Khi có biến thiên  $du/dt$  làm cho dòng điện thay đổi. Để cải thiện đặc tính nguồn dòng người ta mắc nối tiếp với nguồn một điện cảm.
- Chuyển đổi nguồn áp thành nguồn dòng và ngược lại:



## **D. Quy tắc nối các nguồn**

### **Đối với nguồn áp:**

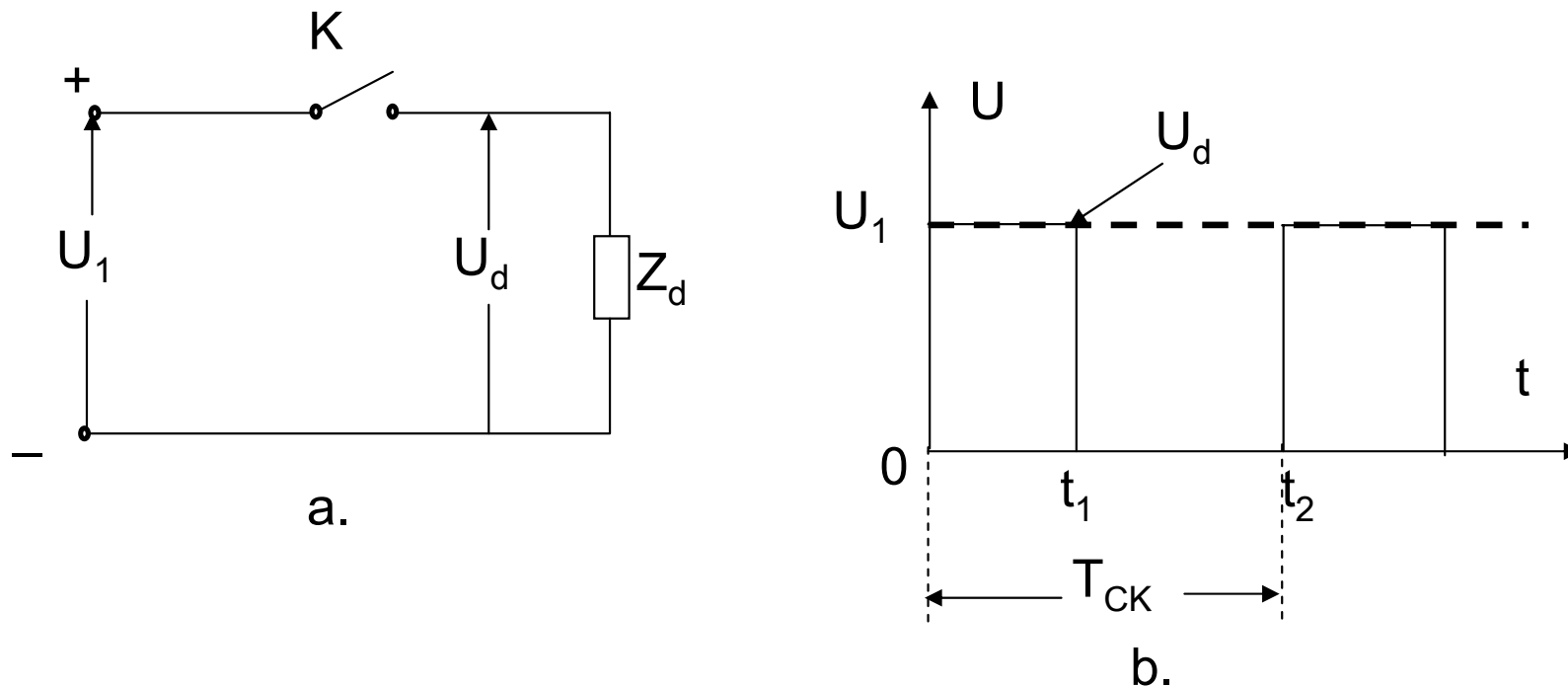
- Không nối song song các nguồn có điện áp khác nhau
- Không ngắn mạch nguồn áp
- Cho phép hở mạch nguồn áp

### **Đối với nguồn dòng:**

- Không mắc nối tiếp các nguồn dòng có dòng điện khác nhau
- Không hở mạch nguồn dòng
- Cho phép ngắn mạch nguồn dòng

## 3.2. Băm áp một chiều nối tiếp

- 3.2.1. Nguyên lí băm áp một chiều nối tiếp



Hình 3.1 Băm áp một chiều nối tiếp; a. sơ đồ nguyên lí; b. đường cong điện áp.

- Sơ đồ nguyên lí băm áp một chiều nối tiếp giới thiệu trên hình 3.1a. Theo đó phần tử chuyển mạch tạo các xung điện áp mắc nối tiếp với tải. Điện áp một chiều được điều khiển bằng cách điều khiển thời gian đóng khoá K trong chu kì đóng cắt. Trong khoảng  $0 \div t_1$  (hình 3.1b) khoá K đóng điện áp tải bằng điện áp nguồn ( $U_d = U_1$ ), trong khoảng  $t_1 \div t_2$  khoá K mở điện áp tải bằng 0.

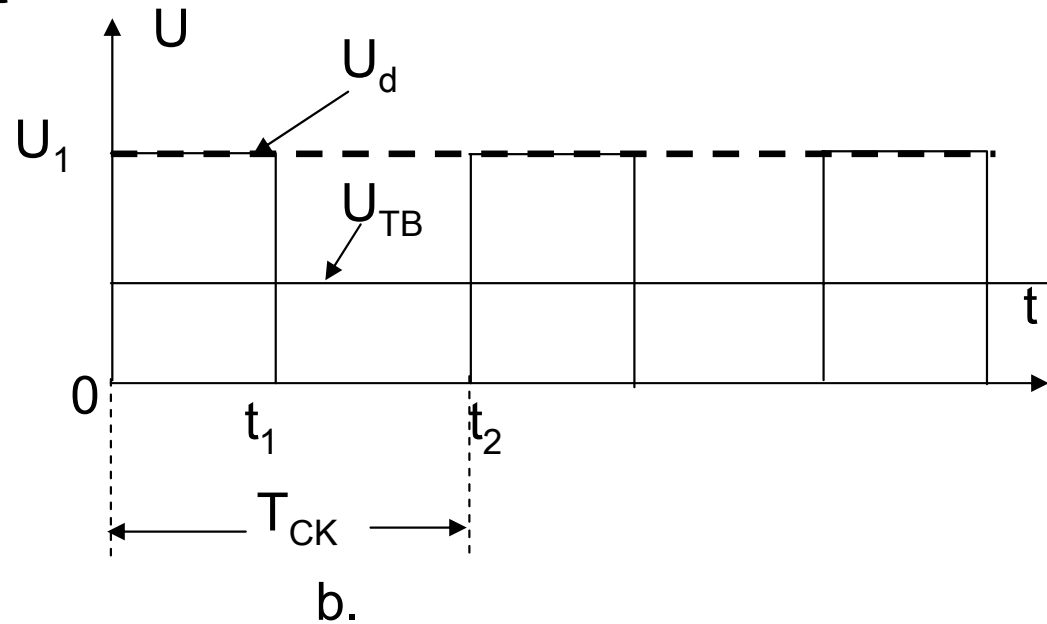
# Trị số trung bình điện áp một chiều được tính

$$U_d = \frac{1}{T_{CK}} \int_0^{t_1} U_1 \cdot dt$$
$$= \frac{t_1}{T_{ck}} U_1$$

• nếu coi  $\gamma = \frac{t_1}{T_{ck}}$  thì:

•  $U_d = \gamma \cdot U_1$

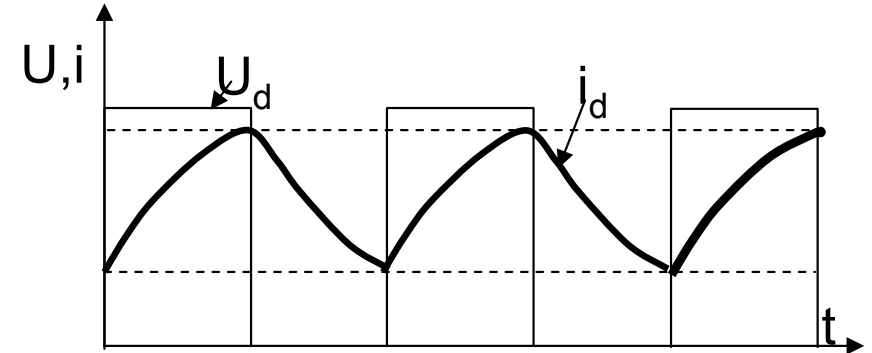
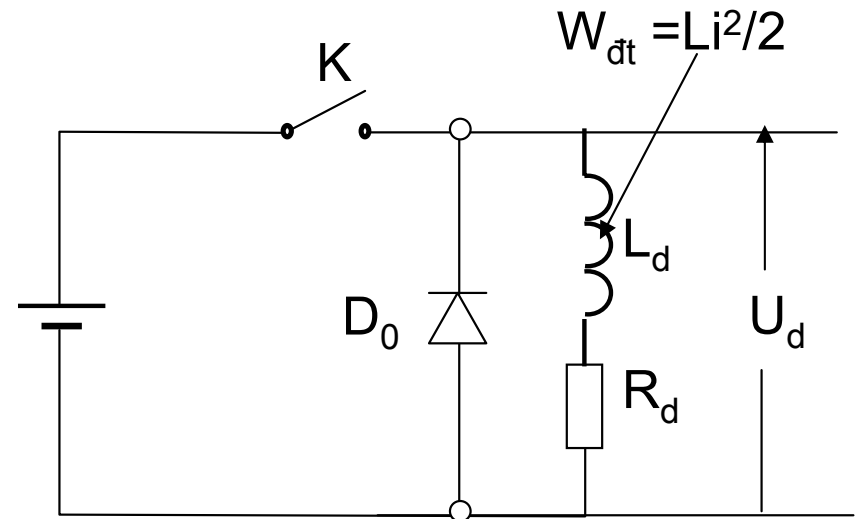
•  $f = 1/T_{CK}$



## 3.2.2. Hoạt động của sơ đồ với tải điện

**cảm**

- Sơ đồ điển hình có dạng
- Dòng điện được xác định bởi phương trình vi phân
- Trong đó:
- $i$ : dòng điện tải;
- $R_d$  - điện trở tải;
- $L_d$  - điện cảm tải
- $I_{bd}$  - dòng điện ban đầu của chu kỳ đang xét (mở hay đóng khoá K);
- $I_{XL}$ : dòng điện xác lập của chu kỳ đang xét
- Khi khoá K đóng ; Khi khoá K mở  $I_{XL} = 0$
- hằng số thời gian điện từ của mạch



$$i = I_{bd} \cdot e^{-\frac{t}{T_d}} + I_{XL} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_d}} \right)$$

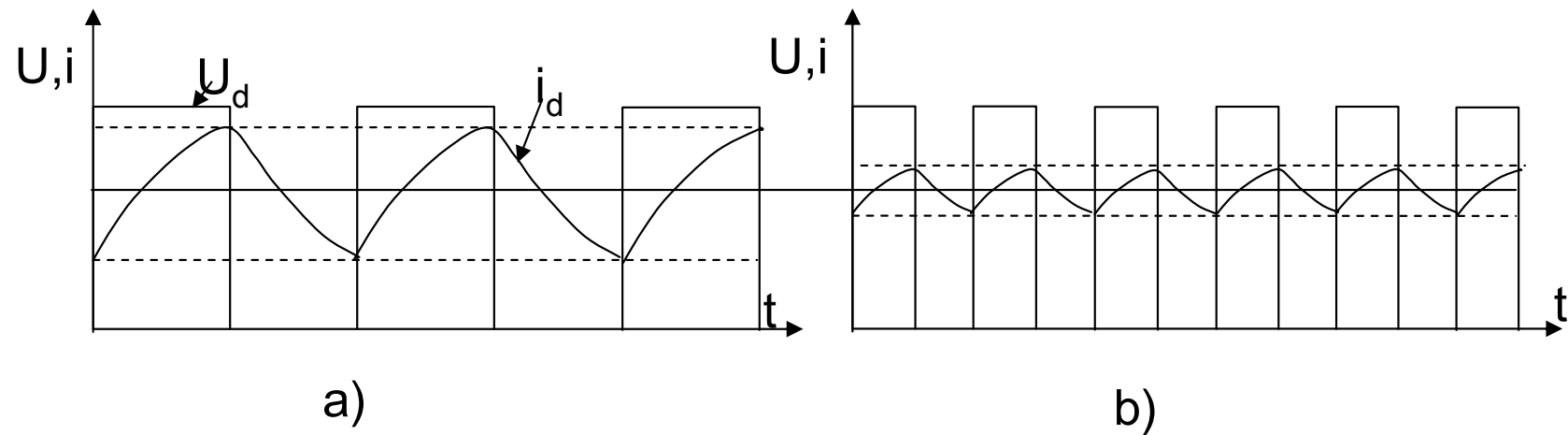
$$T_d = \frac{L_d}{R_d}$$

- Độ nhấp nhô dòng điện được tính:

$$\Delta I = \frac{(1 - \gamma) \cdot \gamma \cdot U_1 \cdot T_{CK}}{2L_d} = \frac{(1 - \gamma) \cdot \gamma \cdot U_1}{2L_d \cdot f_x}$$

- Từ biểu thức thấy rằng, biên độ dao động dòng điện phụ thuộc vào bốn thông số: điện áp nguồn cấp ( $U_1$ ); độ rộng xung điện áp ( $\gamma$ ); điện cảm tải ( $L_d$ ) và chu kì chuyển mạch khoá K ( $T_{CK}$ ). Các thông số: điện áp nguồn cấp, độ rộng xung điện áp phụ thuộc yêu cầu điều khiển điện áp tải, điện cảm tải  $L_d$  là thông số của tải. Do đó để cải thiện chất lượng dòng điện tải (giảm nhỏ  $\Delta I$ ) có thể tác động vào  $T_{CK}$ . Như vậy, nếu chu kì chuyển mạch càng bé (hay tần số chuyển mạch càng lớn) thì biên độ đập mạch dòng điện càng nhỏ, chất lượng dòng điện một chiều càng cao. Do đó bộ điều khiển này thường được thiết kế với tần số cao hàng chục kHz.

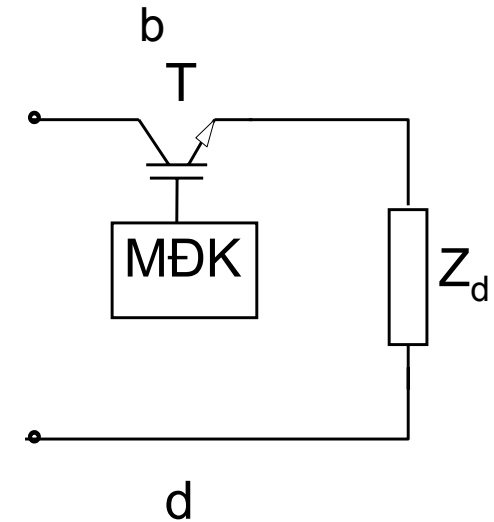
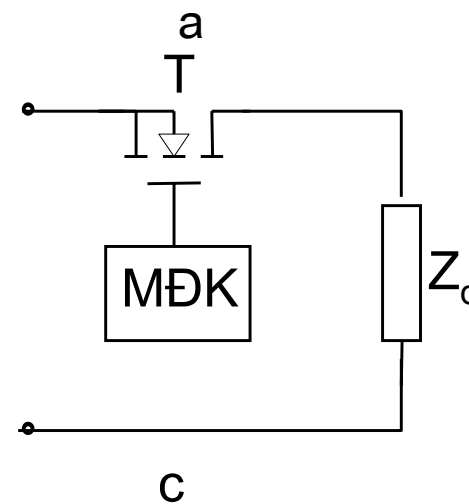
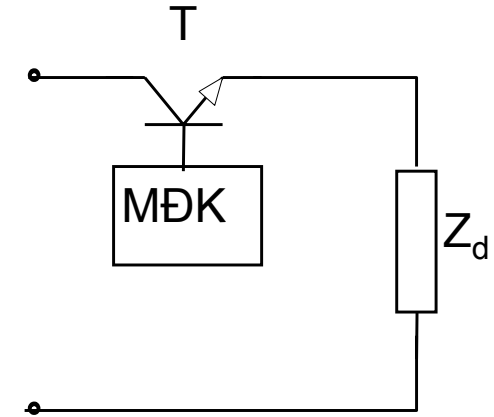
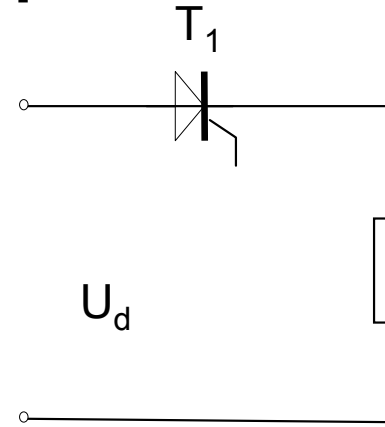
- Có thể minh họa bằng giản đồ dòng điện điện áp cho hai tần số khác nhau





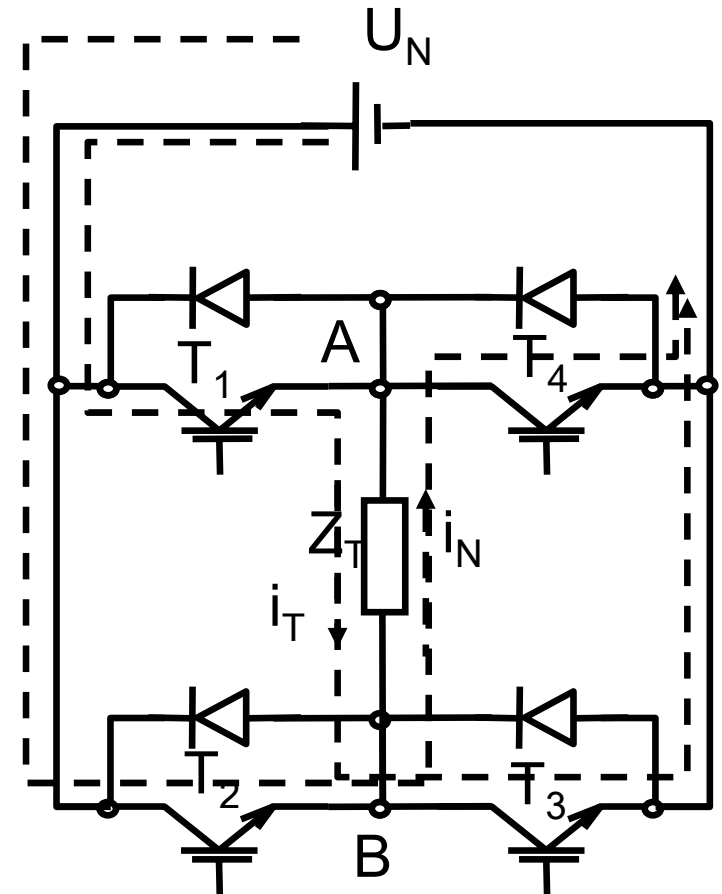
### 3.2.3. Các sơ đồ động lực của bấm áp nối tiếp

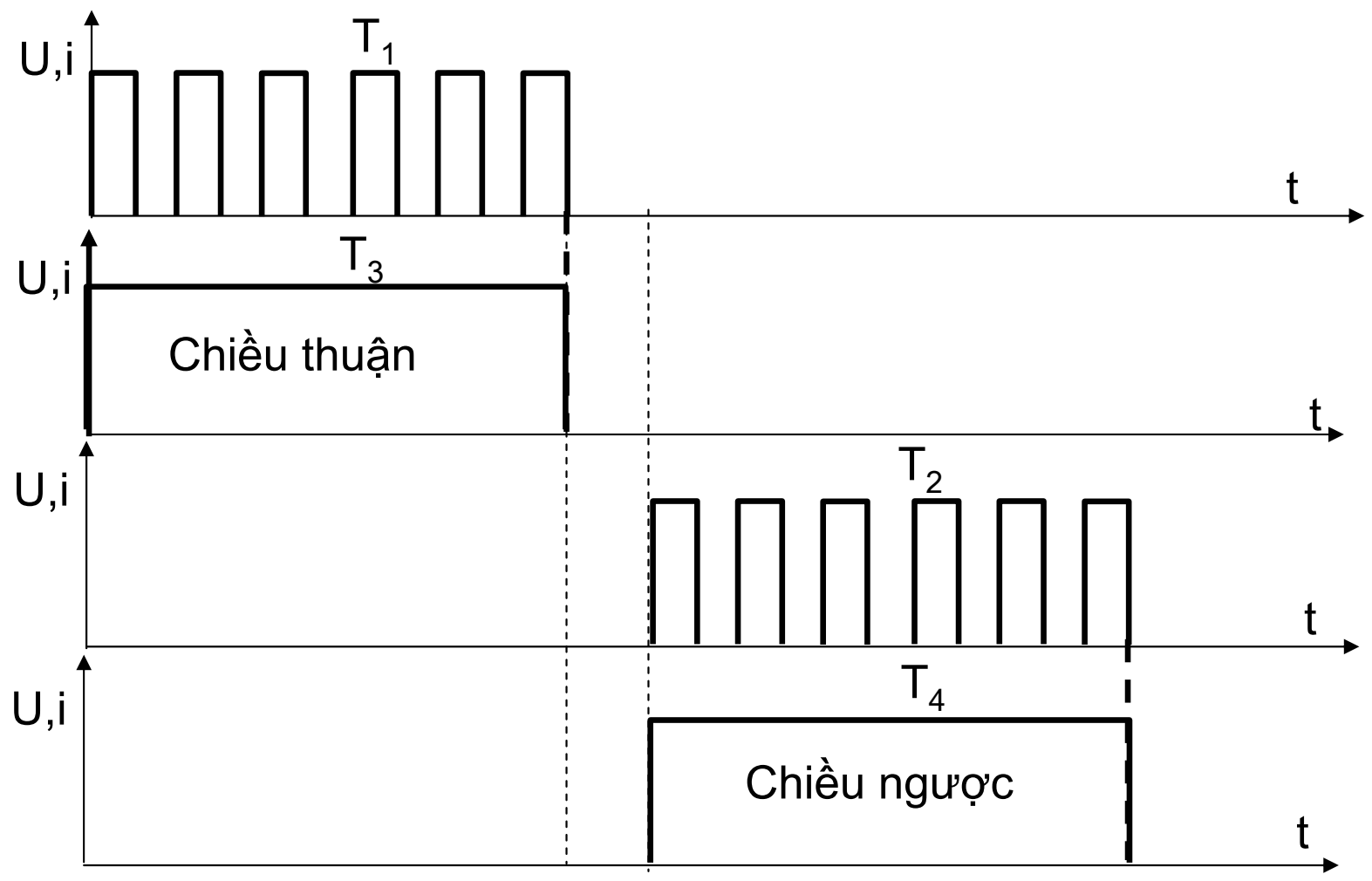
- Các sơ đồ điển hình:
- Dùng Thyristor hình a
- Dùng transistor lưỡng cực hình b
- Dùng transistor trường hình c
- Dùng IGBT hình d



### 3.3. Băm áp đảo chiều

- Sơ đồ như hình vẽ
- Theo chiều chạy thuận, điều khiển  $T_1, T_3$ , dòng điện tải  $i_T$  có chiều trên xuống như hình vẽ,  $U_{AB} > 0$ .
- Theo chiều chạy ngược, điều khiển  $T_2, T_4$ , dòng điện tải  $i_N$  có chiều dưới lên như hình vẽ,  $U_{AB} < 0$ .





## **3.4. Băm áp song song**

Nguyên lí băm áp song song

Tổn hao công suất khi băm áp song song

Băm áp có hoàn trả năng lượng về nguồn

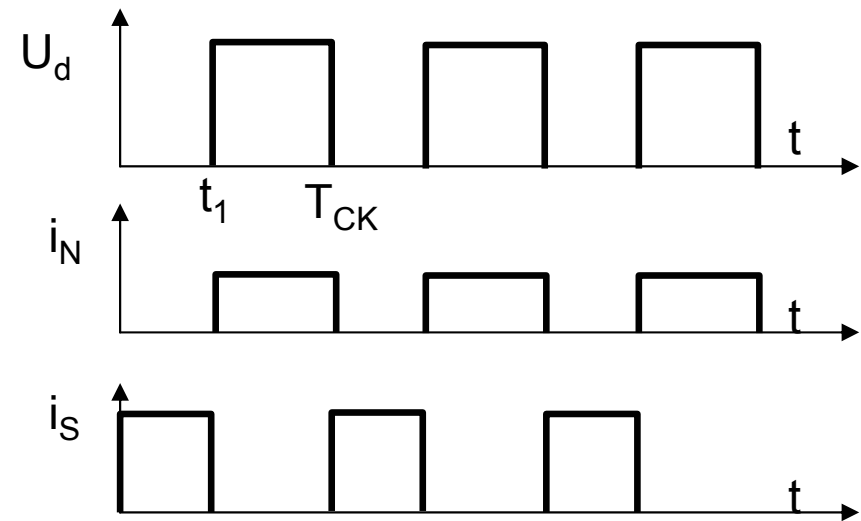
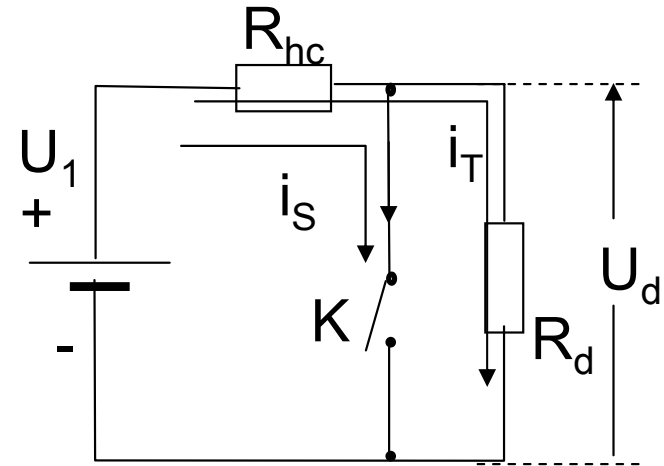
### 3.4.1. Nguyên lí băm áp song song

- Sơ đồ:
- Dòng điện và điện áp được tính tương ứng khi khoá K đóng

$$i_s = \frac{U_1}{R_{hc}}; U_d = 0$$

- và khoá K hở

$$i_T = \frac{U_1}{R_{hc} + R_d}; U_d = \frac{U_1}{R_{hc} + R_d} R_d$$



0  
 0 ÷ t<sub>1</sub> - khoá K  
 t<sub>1</sub> ÷ T<sub>CK</sub> - khoá Khở

## 3.4.2. Tổn hao công suất khi băm áp song song

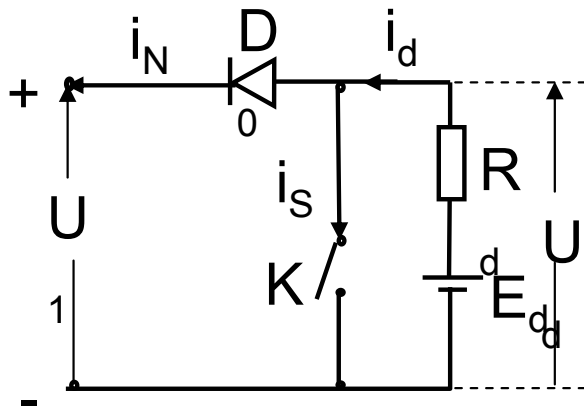
- Trường hợp tổng quát

$$\Delta P = \frac{R_{hc} i_S^2 t_1 + R_{hc} i_T^2 t_2}{t_1 + t_2}$$
$$\Delta P = \frac{\frac{U_1^2}{R_{hc}} t_1 + \frac{U_1^2}{R_{hc} + R_d} t_2}{t_1 + t_2}$$

- Khi điều chỉnh, chu kì xung điện áp không đổi. Khi đó, cứ tăng  $t_1$  thì giảm  $t_2$  và ngược lại. Khi cần giảm điện áp tải, cần tăng  $t_1$  và giảm  $t_2$ , công suất tổn hao trong biểu thức trên tăng
- Do đó, băm áp song song không thích hợp khi tải nhận năng lượng từ lưới.

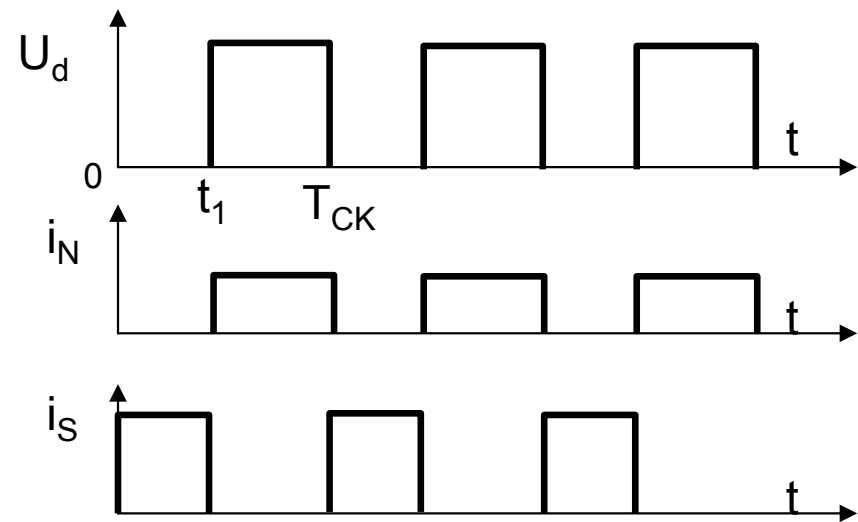
### 3.4.3. Bãm áp có hoàn trả năng lượng về nguồn

- Trường hợp này chỉ xét khi tải có sức điện động (ví dụ cấp điện một chiều về nguồn tải thuần trở)



a.

Dòng điện chạy ngược về nguồn chỉ tồn tại khi  $E_d > U_1$

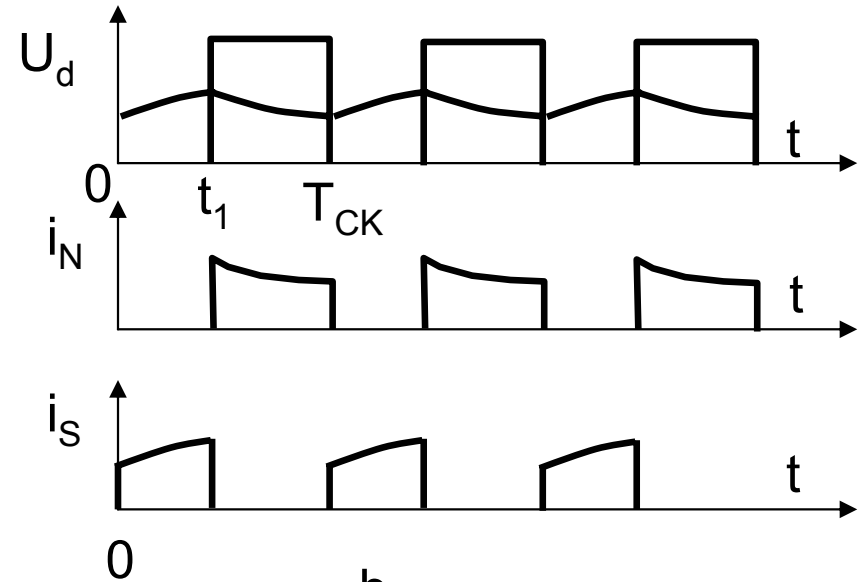
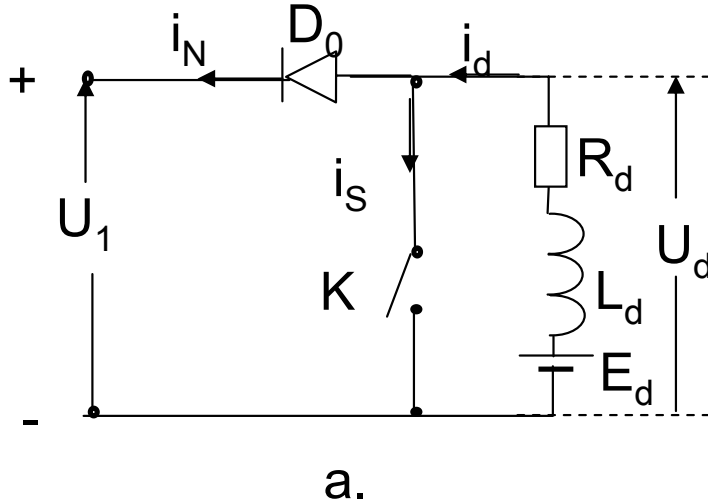


$0 \div t_1$  - khoá K

$t_1 \div T_{CK}$  - khoá Khở

b.

- Xét trường hợp khi tải điện cảm và có sức điện động (ví dụ động cơ làm việc ở chế độ hạ tải)



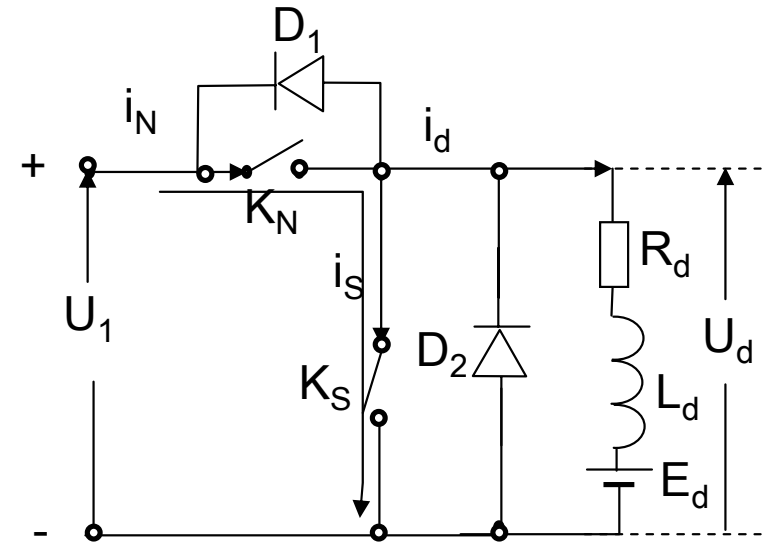
$0 \div t_1$  - khoá K

$t_1 \div T_{CK}$  - khoá Khở



# Bãm áp nối tiếp, song song kết hợp

- Trong trường hợp tải làm việc cả chế độ nhận năng lượng và trả năng lượng, sơ đồ phối hợp nối tiếp và song được sử dụng.
- Khi nhận năng lượng từ lưới, điều khiển  $K_N$ .
- Khi trả năng lượng về lưới, điều khiển  $K_S$ .

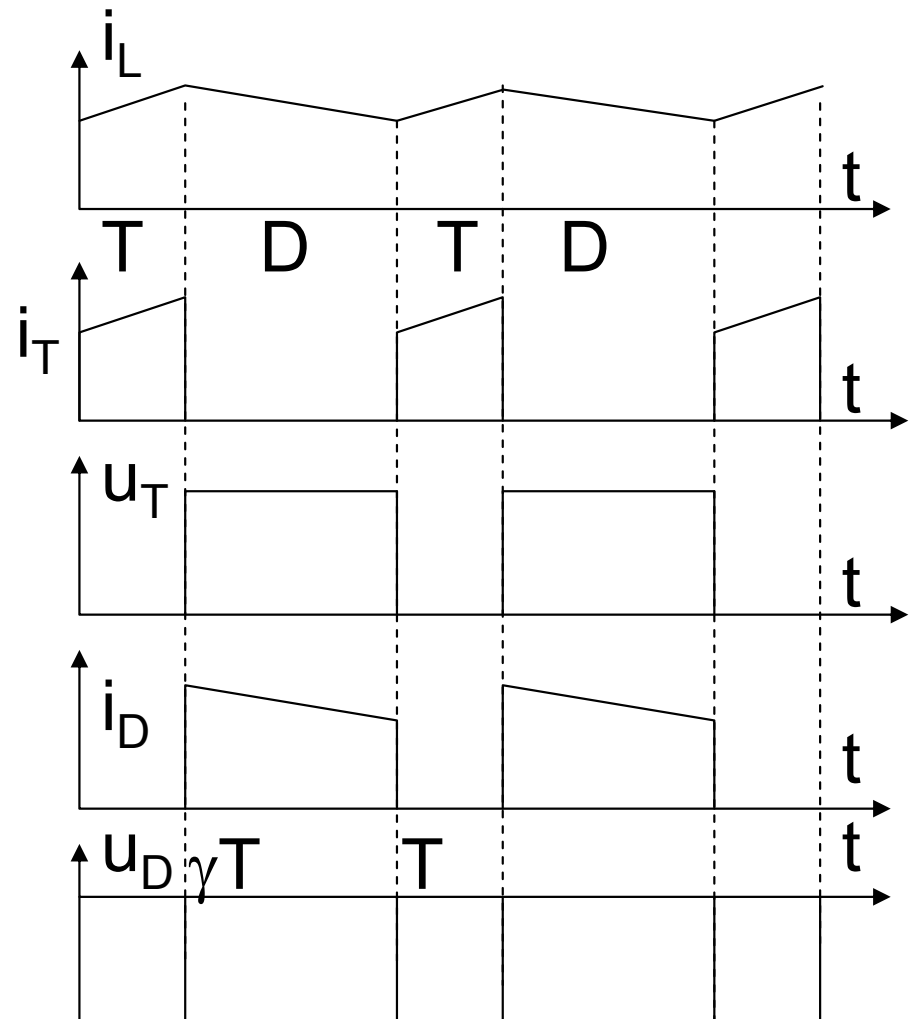
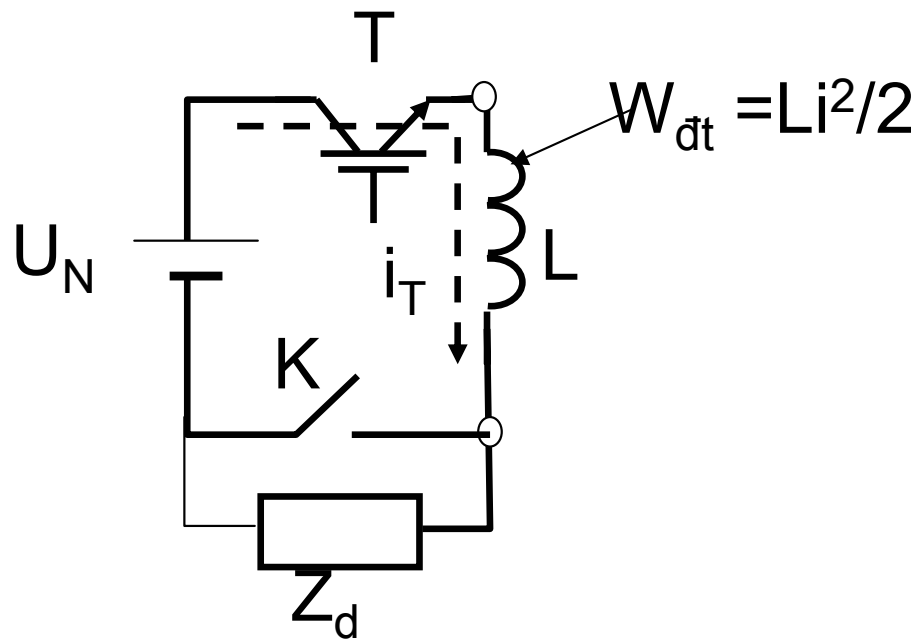
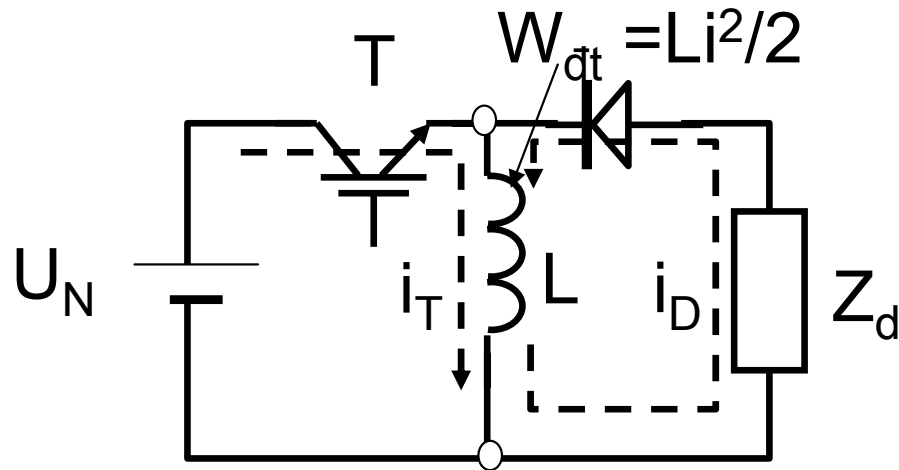


## 3.5. Băm áp tích luỹ năng lượng

- Băm áp tích luỹ điện cảm
- Băm áp tích luỹ điện dung

# 3.5.1. Băm áp tích lũy điện cảm

- Khi bộ băm nằm giữa nguồn áp với tải nguồn áp, phần tử tích lũy năng lượng phải là điện cảm



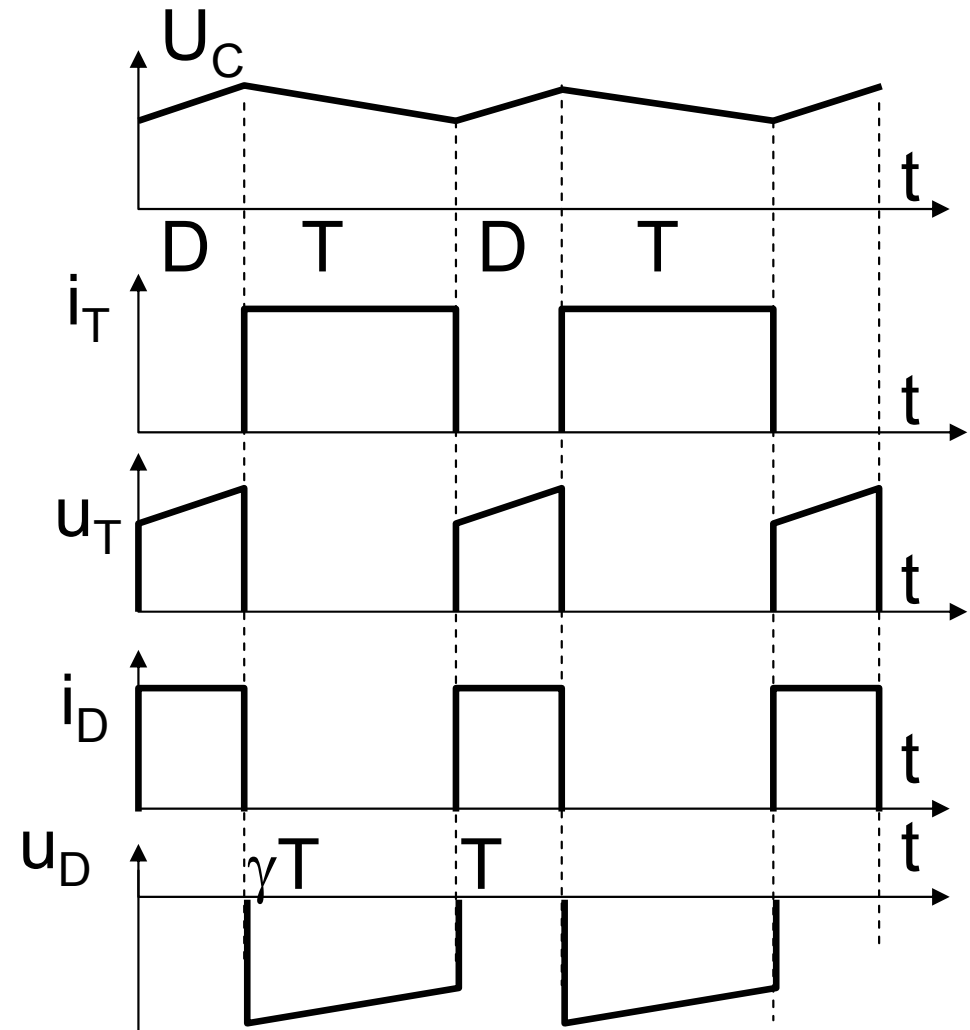
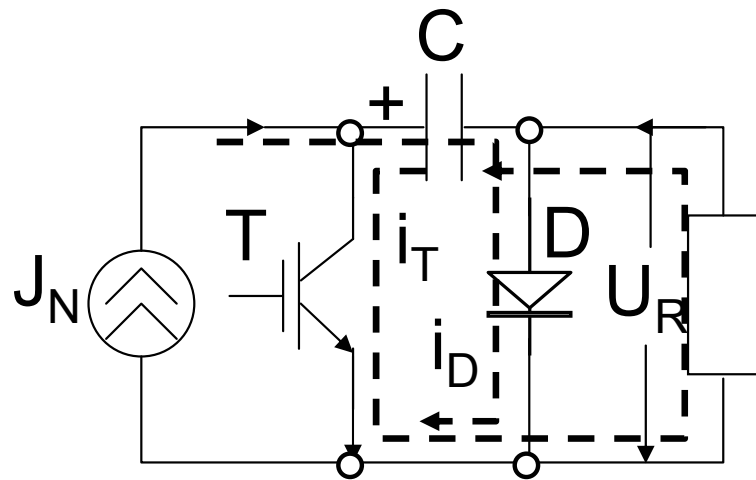
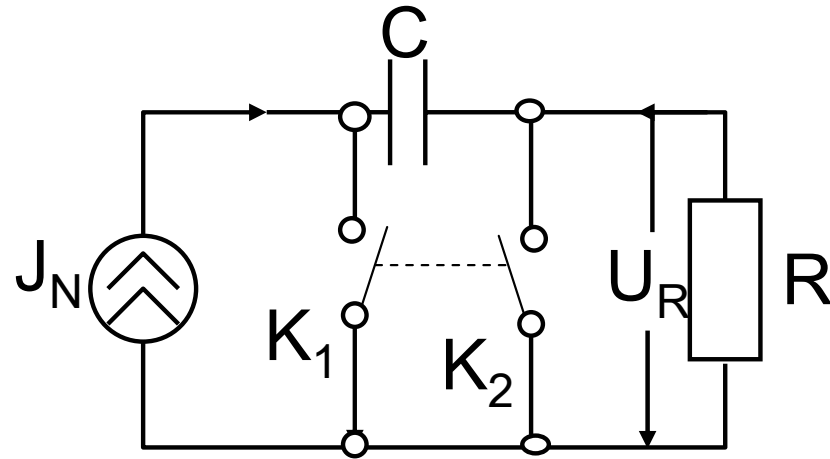
# Hoạt động

- Khi T dẫn:  $i_N = i_T = i_L$ ,  $i_R = i_D = 0$ ,  $U_D = -(U + U_R)$ ,  
 $U = L \cdot di/dt$ ,  $i_L$  tăng tuyến tính
- Khi D dẫn:  $i_N = i_T = 0$ ,  $i_L = i_R = i_D$ ,  $U_D = -(U + U_R)$ ,  
 $U_R = -L \cdot di/dt$ ,  $i_L$  giảm tuyến tính.
- Trị số trung bình dòng điện nguồn:  $I_N = \gamma I_L$
- Trị số trung bình dòng tải:  $I_R = (1 - \gamma) I_L$ .
- Bỏ qua tổn hao ta có:  $U_R \cdot I_R = U_N \cdot I_N$  hay:

$$\frac{U_R}{U_N} = \frac{I_N}{I_R} = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

## 3.5.2. Băm áp tích lũy điện dung

- Khi bộ băm liên hệ giữa hai nguồn dòng, phần tử tích lũy năng lượng phải là điện dung



# Hoạt động

- Khi T dẫn, tụ cấp cho tải với dòng điện không đổi,  $u_N = 0$ ,  $u_R = u_C$ ,  $i_C = I_R$ ,  $du_C/dt = -I_R/C$ ;  $i_T = I_N + I_R$ ;  $u_T = 0$ ;  $i_D = 0$ ,  $u_D = -u_R$
- Khi diod dẫn, T khoá, nguồn nạp cho tụ với dòng điện  $I_N$ :  $u_N = u_C$ ,  $u_R = 0$ ,  $I_N = i_C$ ,  $du_C/dt = i_N/C$ ;  $i_T = 0$ ;  $u_T = u_C$ ;  $i_D = I_N + I_R$ ,  $u_D = 0$ .
- Trị số trung bình điện áp nguồn:  $U_N = (1-\gamma)U_C$
- Trị số trung bình điện áp tải:  $U_R = \gamma U_C$ .
- Bỏ qua tổn hao ta có:  $U_R \cdot I_R = U_N \cdot I_N$  hay:

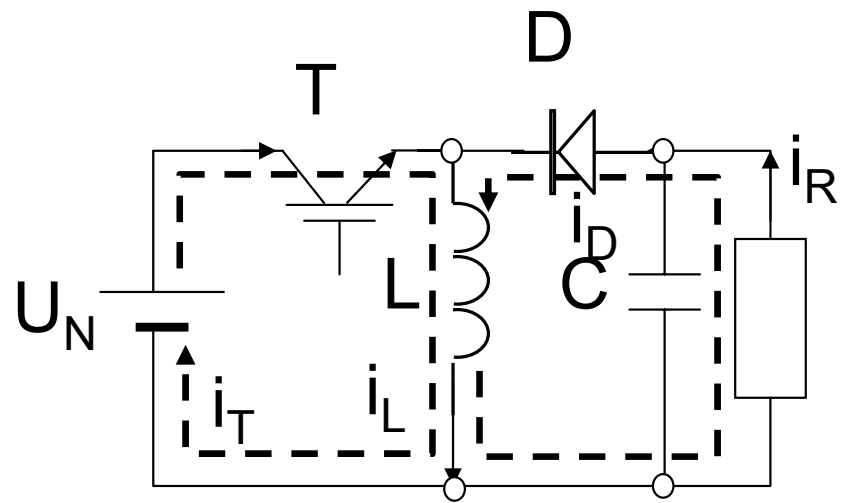
$$\frac{U_R}{U_N} = \frac{I_N}{I_R} = \frac{\gamma}{1-\gamma}$$

## **3.6. Bộ bơm tăng áp**

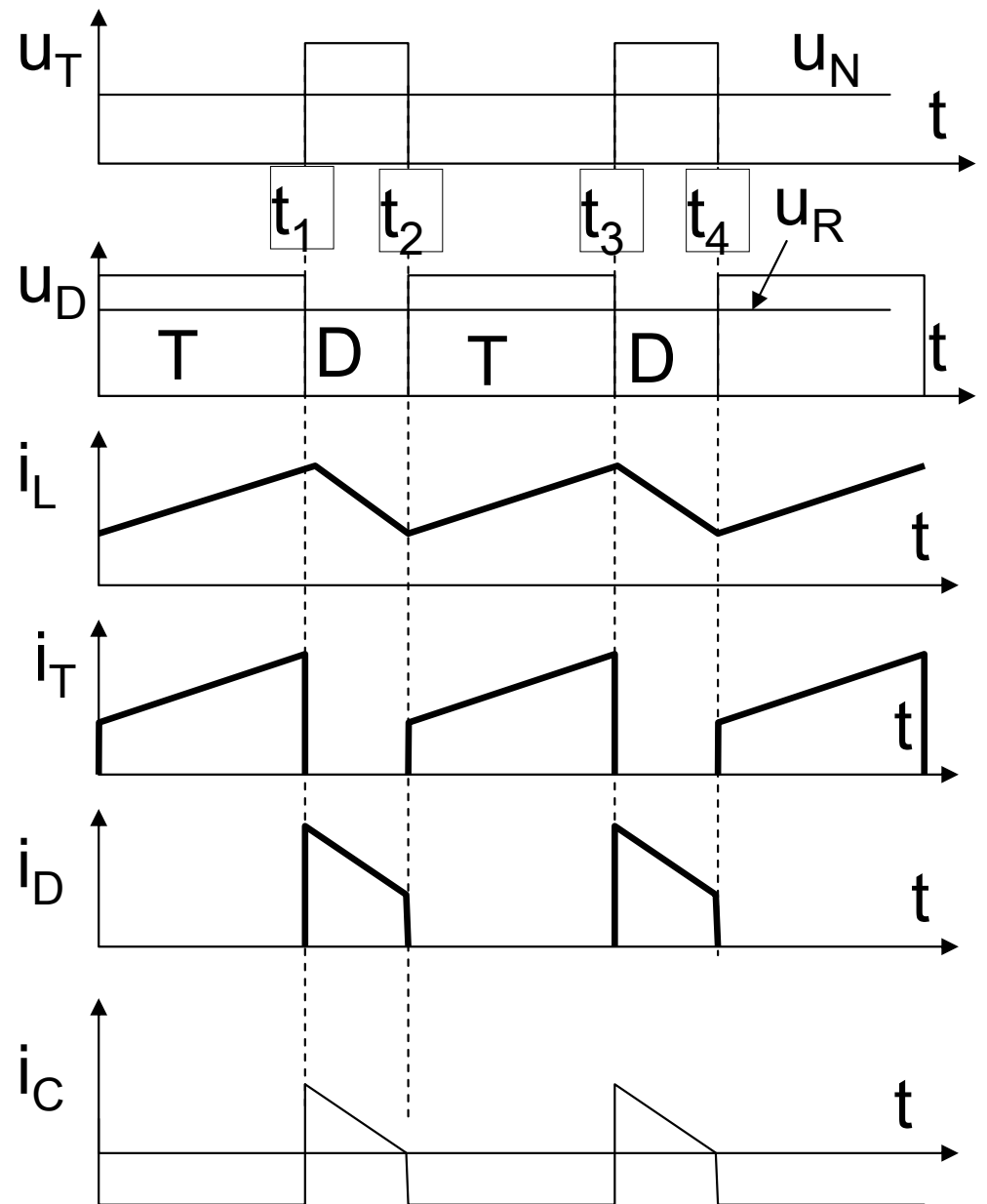
Sơ đồ và hoạt động

Các biểu thức cơ bản

# Sơ đồ động lực



$U_R$





- Trong khoảng  $0 \div t_1$  transistor dẫn có dòng điện  $i_T$  chạy qua cuộn dây; diod khoá và chịu một điện áp bằng điện áp nguồn.
- Trong khoảng  $t_1 \div t_2$  transistor khoá, cuộn dây xả năng lượng qua tải bằng dòng  $i_D$ . Dòng điện này đồng thời nạp cho tụ C.
- Khi transistor dẫn lại, tụ xả qua tải để duy trì dòng điện trên tải. Vì điện dung của tụ lớn, dòng điện  $i_C$  qua tải bây giờ gần như không đổi

# Các biểu thức cơ bản

- Khi T dẫn, diod chịu một điện áp:
- $U_D = U_N + U_C = U_N + U_{T\grave{a}i}$
- Khi T khoá, nó chịu một điện áp
- $U_T = U_N + U_C = U_N + U_{T\grave{a}i}$
- Các giá trị dòng điện

$$I_N = \frac{\gamma}{1-\gamma} I_d; I_L = I_N + I_d = \frac{1}{1-\gamma} I_d.$$

$$U_d = U_C = \frac{\gamma E_0}{1-\gamma} - \frac{\gamma^2 I_d R_0}{(1-\gamma)^2};$$

Nếu coi  $R_0 = 0$  ta có

$$U_d = \frac{\gamma E_0}{1-\gamma}$$

$$U_N = E_0 - \frac{\gamma}{1-\gamma} I_d R_0$$

## **3.7. Điều khiển một chiều các ngắt bán dẫn**

- 1. Nguyên lí điều khiển**
- 2. Sơ đồ khối mạch điều khiển**
- 3. các khâu cơ bản**
- 4. Mạch ví dụ**

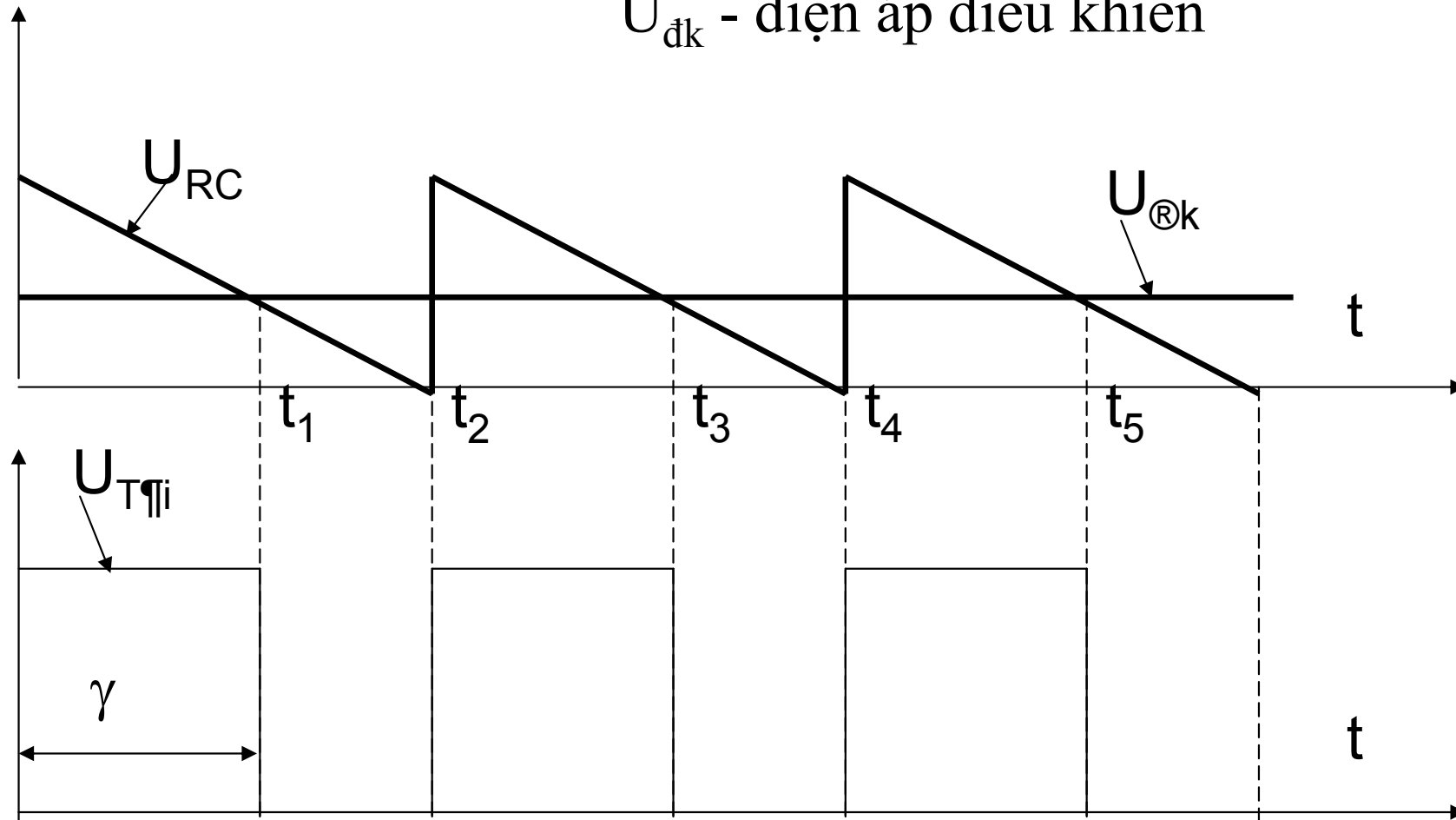
## 3.7.1. Nguyên lí điều khiển

- Mạch điều khiển bơm áp một chiều có nhiệm vụ xác định thời điểm mở và khoá van bán dẫn trong một chu kì chuyển mạch. Như đã biết ở trên, chu kì đóng cắt van nên thiết kế cố định. Điện áp tải khi điều khiển được tính
- $U_{\text{Tải}} = \gamma \cdot U_1$

# Nguyên lí

$U_{RC}$  - điện áp tụt

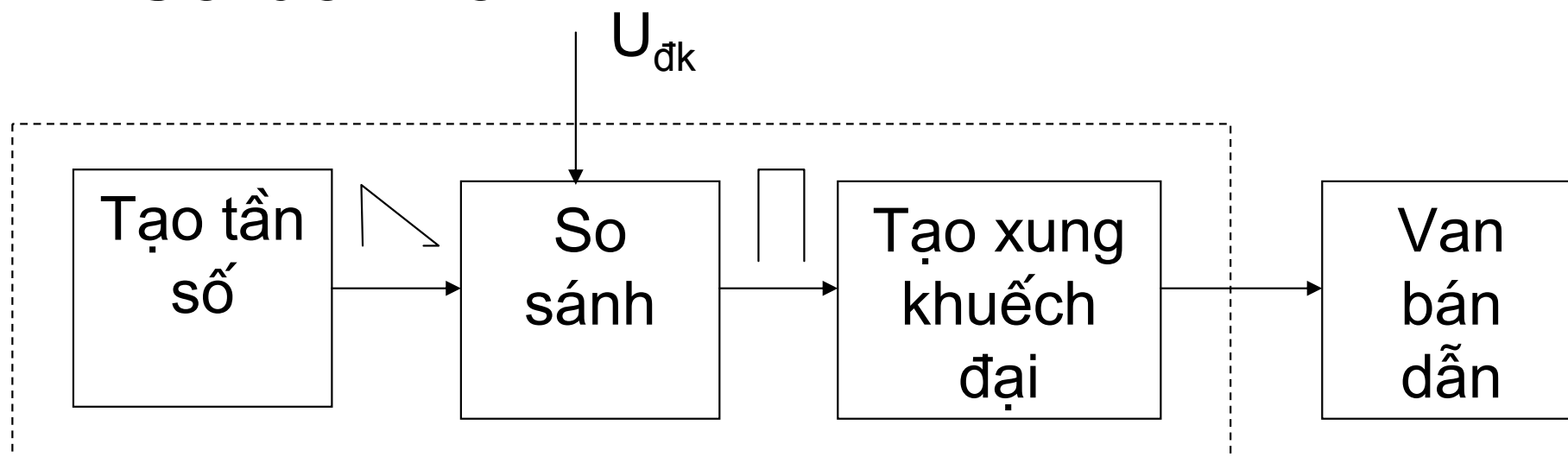
$U_{đk}$  - điện áp điều khiển



Hình 3.3. Nguyên lí điều khiển điều áp một chiều

## 3.7.2. Sơ đồ khối mạch điều khiển

- Sơ đồ khối



Hình 3.4 Sơ đồ khối mạch điều khiển điều áp một chiều.

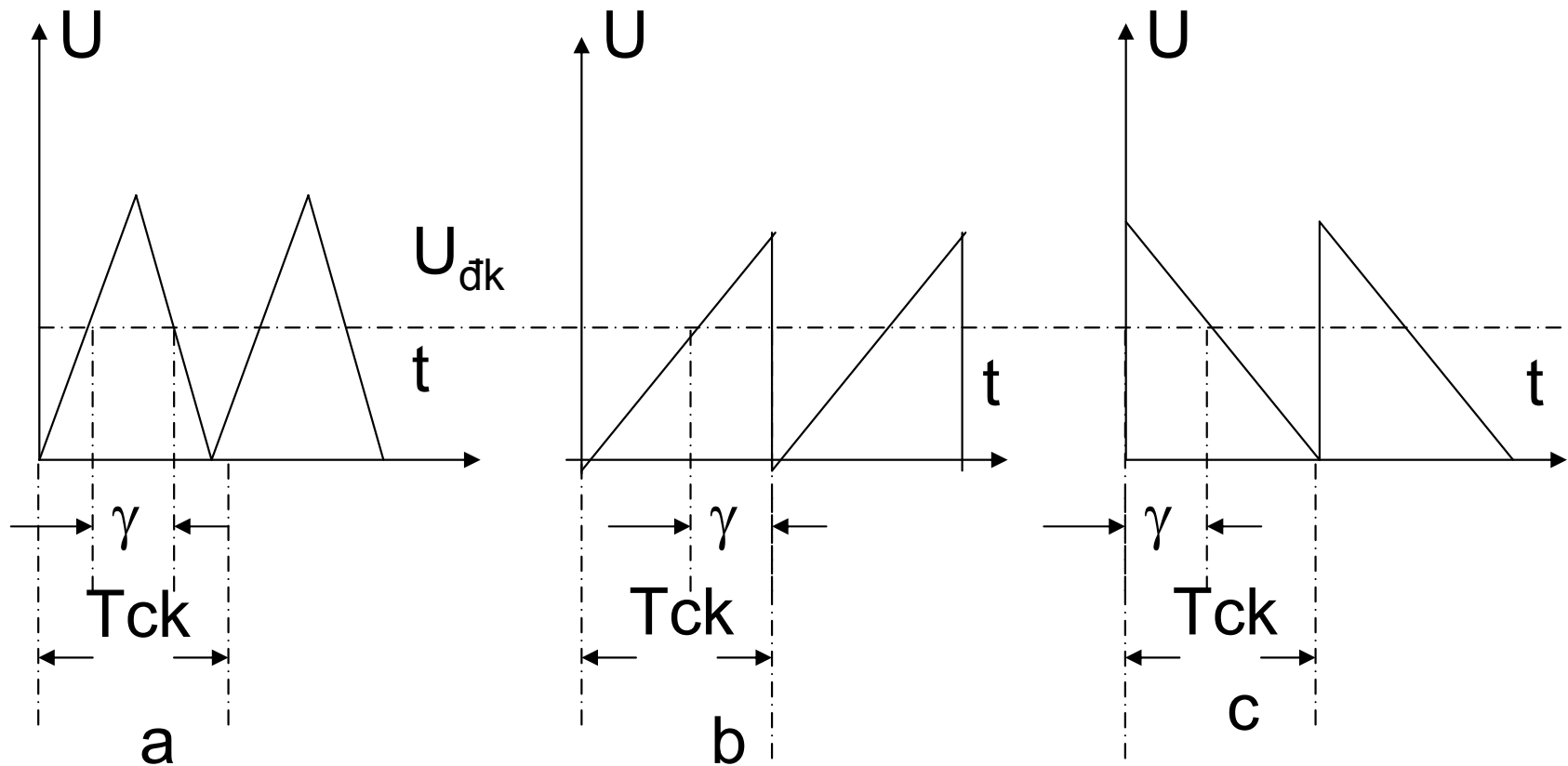
- *Khâu tạo tần số* có nhiệm vụ tạo điện áp tựa răng cưa  $U_{rc}$  với tần số theo ý muốn người thiết kế. Tần số của các bộ điều áp một chiều thường chọn khá lớn (hàng chục KHz). Tần số này lớn hay bé là do khả năng chịu tần số của van bán dẫn. Nếu van động lực là Thyristor tần số của khâu tạo tần số khoảng 1-5 KHz. Nếu van động lực là transistor lưỡng cực, trường, IGBT tần số có thể hàng chục KHz.

- ***Khâu so sánh*** có nhiệm vụ xác định thời điểm điện áp tựa bằng điện áp điều khiển. Tại các thời điểm điện áp tựa bằng điện áp điều khiển thì phát lệnh mở hoặc khoá van bán dẫn..
- ***Khâu tạo xung, khuếch đại*** có nhiệm vụ tạo xung phù hợp để mở van bán dẫn. Một xung được coi là phù hợp để mở van là xung có đủ công suất (đủ dòng điện và điện áp điều khiển), cách ly giữa mạch điều khiển với mạch động lực khi nguồn động lực hàng chục vôn trở lên. Hình dạng xung điều khiển phụ thuộc loại van động lực được sử dụng.



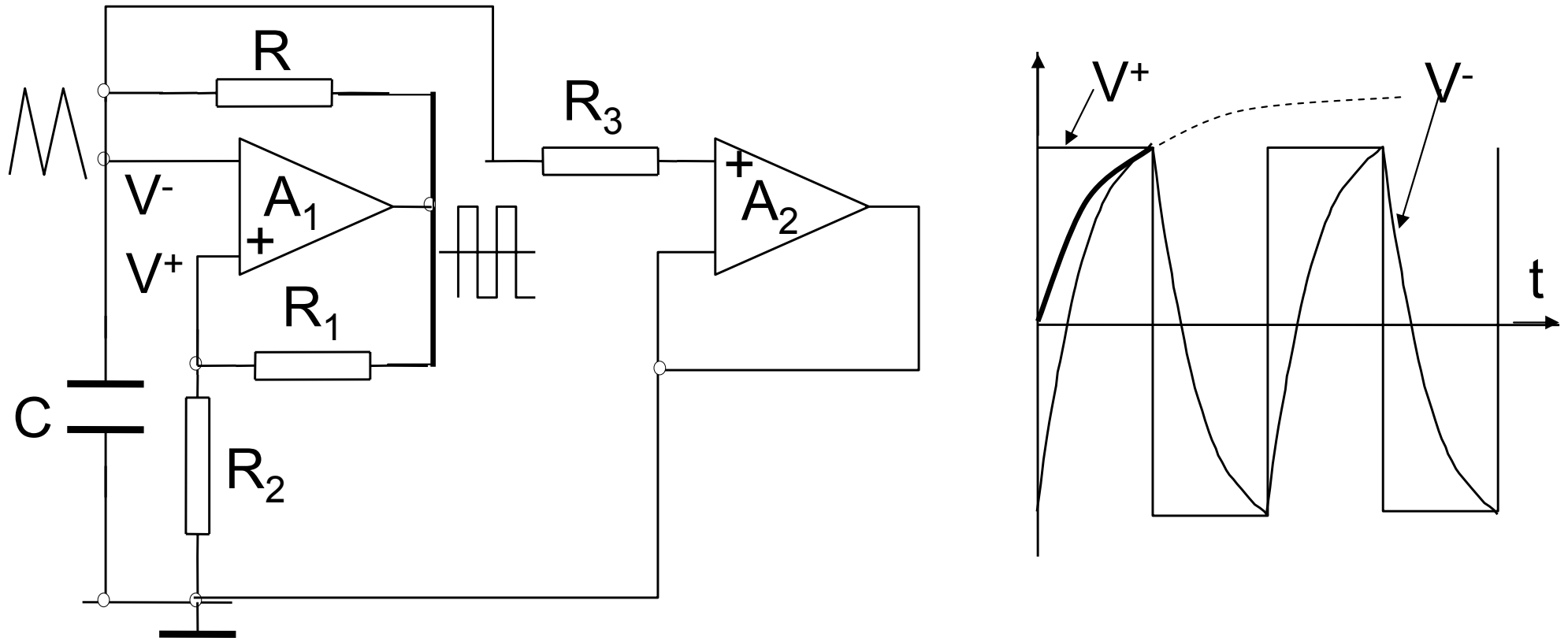
## 3.7.3. Các khâu cơ bản

### 1. Khâu tạo tần số.



Hình 3.5 Các dạng điện áp tựa của mạch điều khiển điều áp một chiều

# *Tạo điện áp tam giác bằng dao động đa hài.*



a

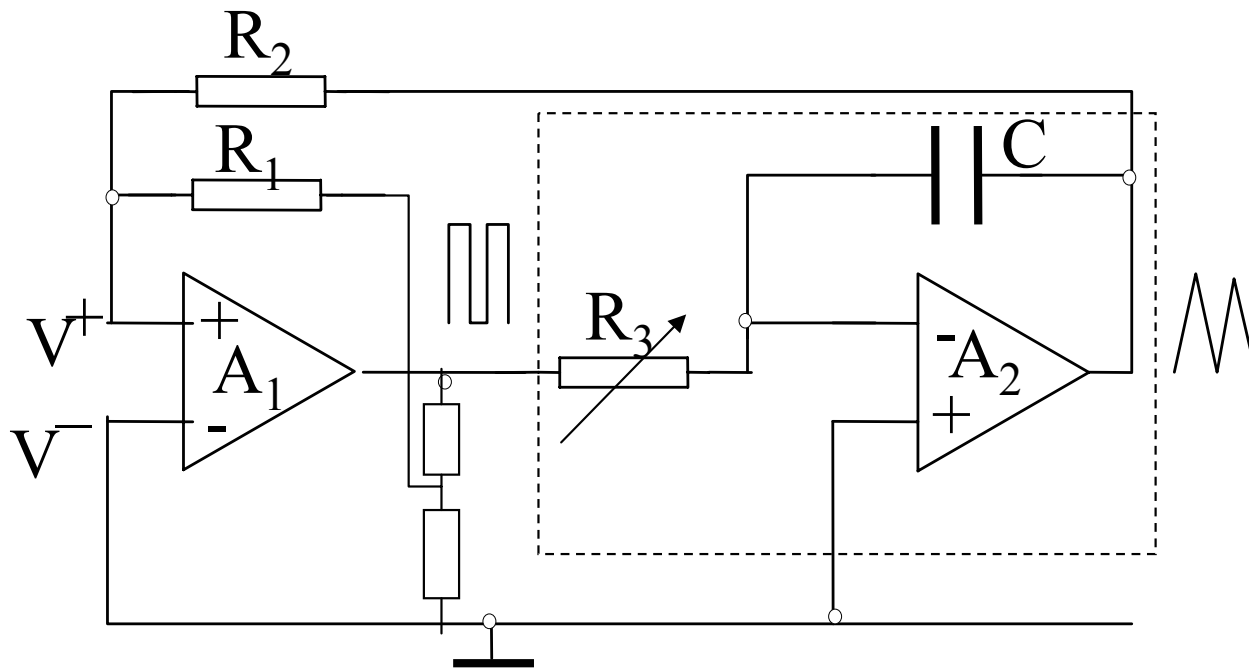
$$T = 2.R.C.\ln\left(1 + \frac{2.R_1}{R_2}\right)$$

b

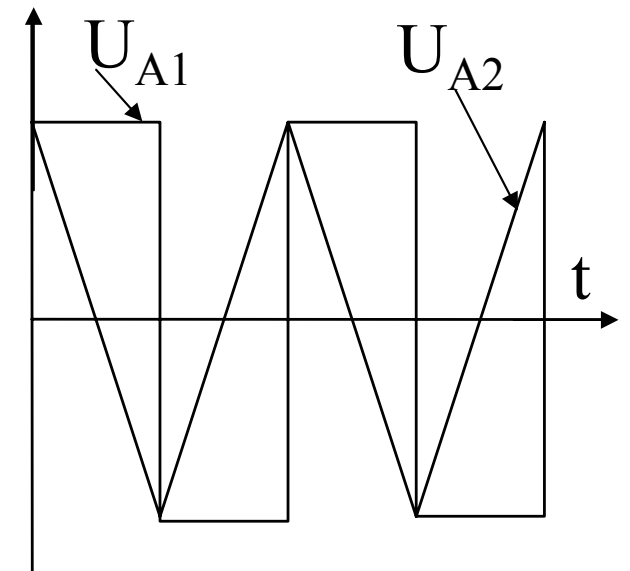
$$R_1 = R_2 = R$$

$$T = 2.R.C.\ln 3 = 2.R.C.1,1 = 2,2. R.C$$

# Tạo điện áp tựa bằng mạch tích phân

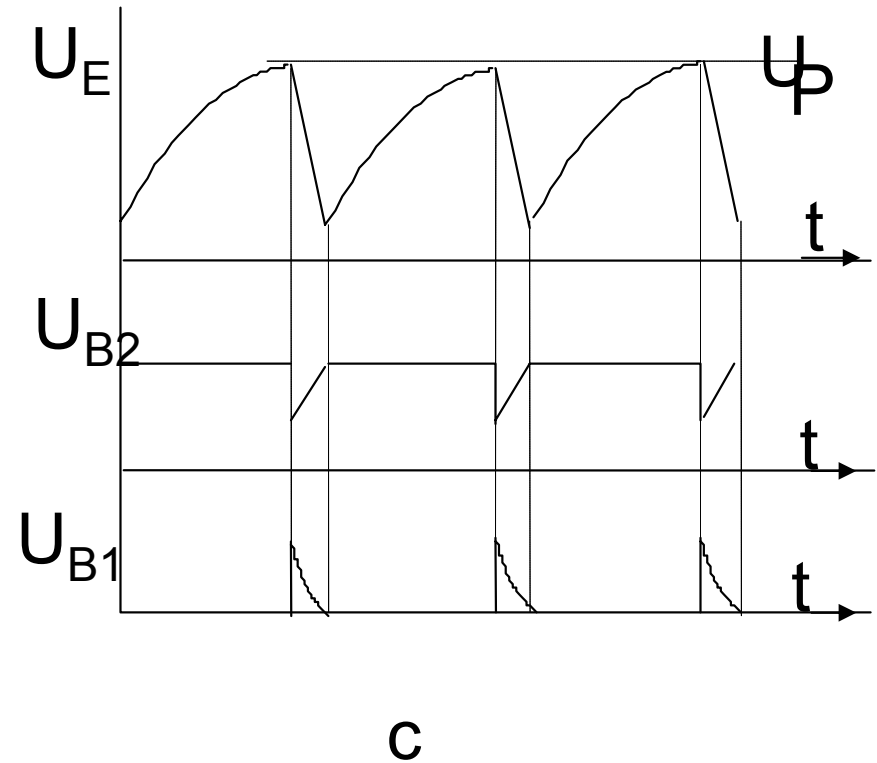
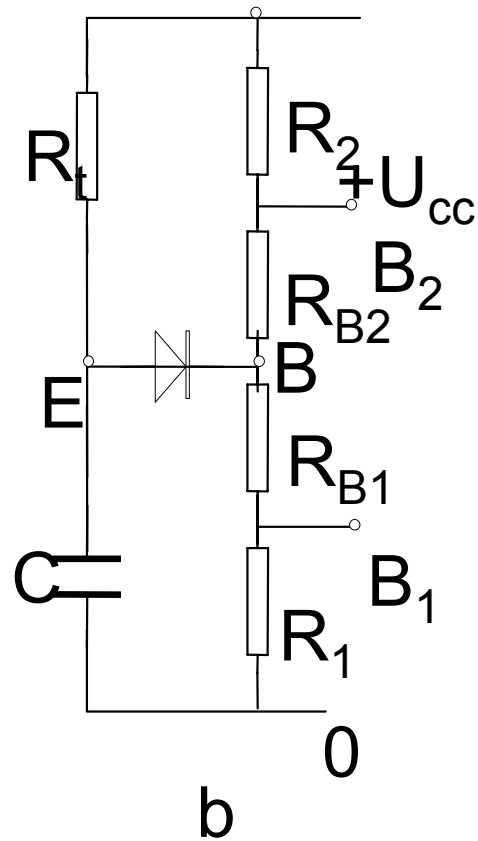
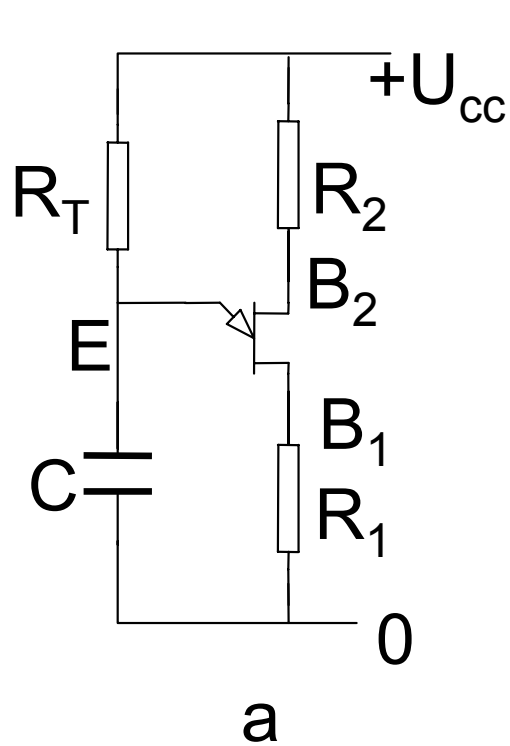


a



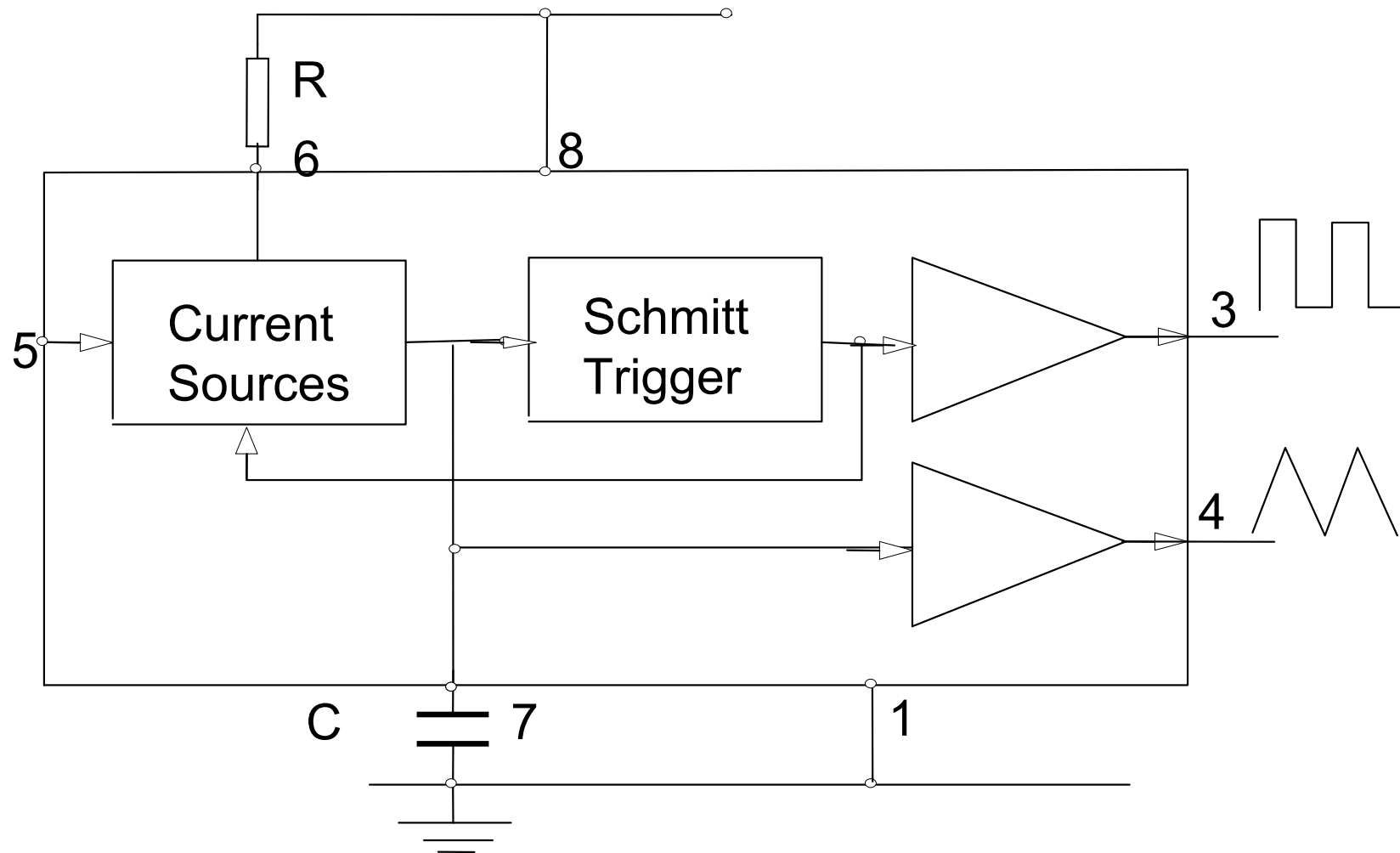
b

# Mạch tích thoát (UJT)



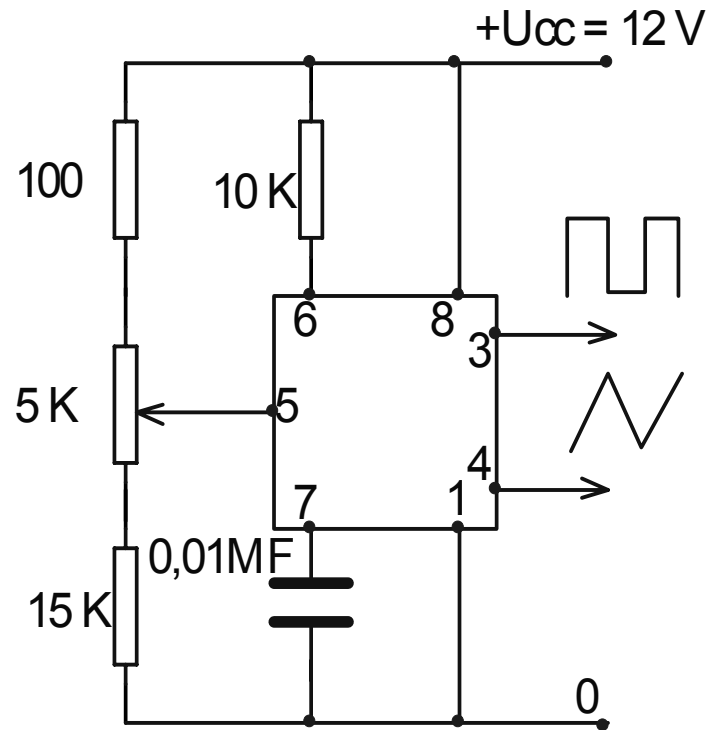
$$f = \frac{1}{R_T C \ln \frac{1}{1 - \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}}}$$

# Mạch dao động bằng IC 566



Hình 3.6 Sơ đồ cấu trúc của IC566

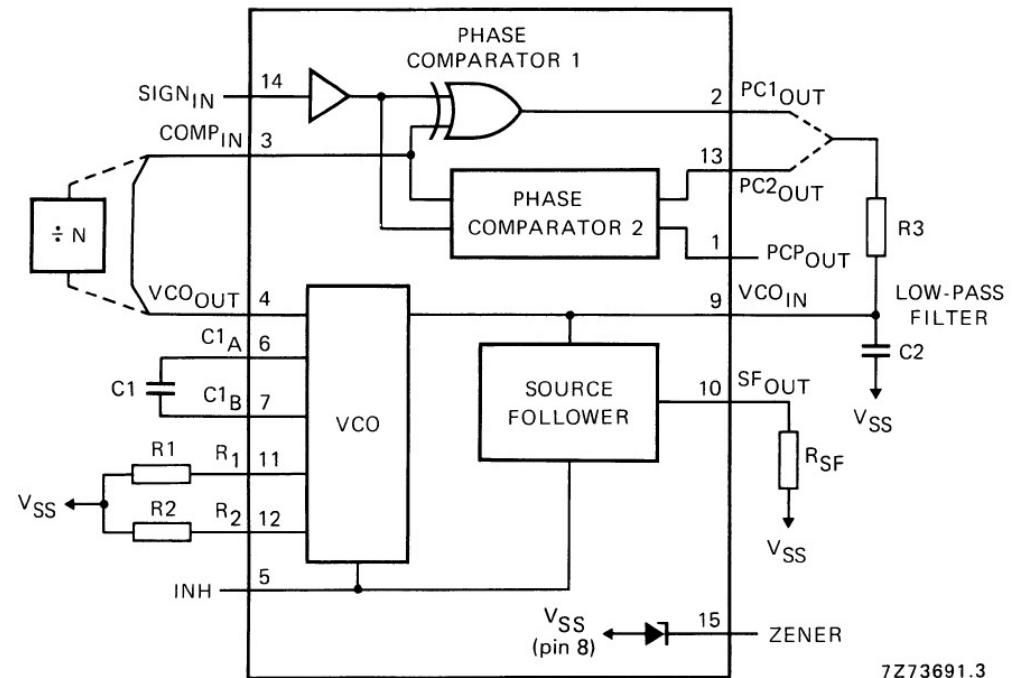
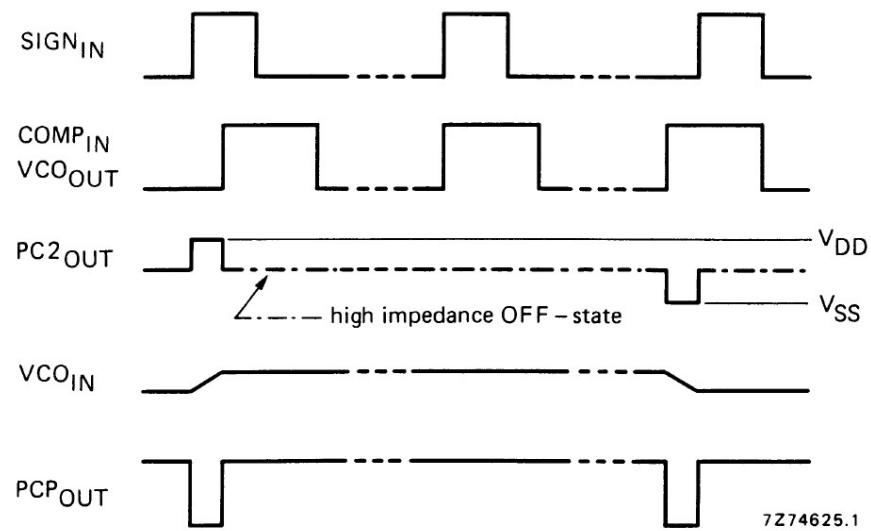
# Mạch dao động bằng IC 566



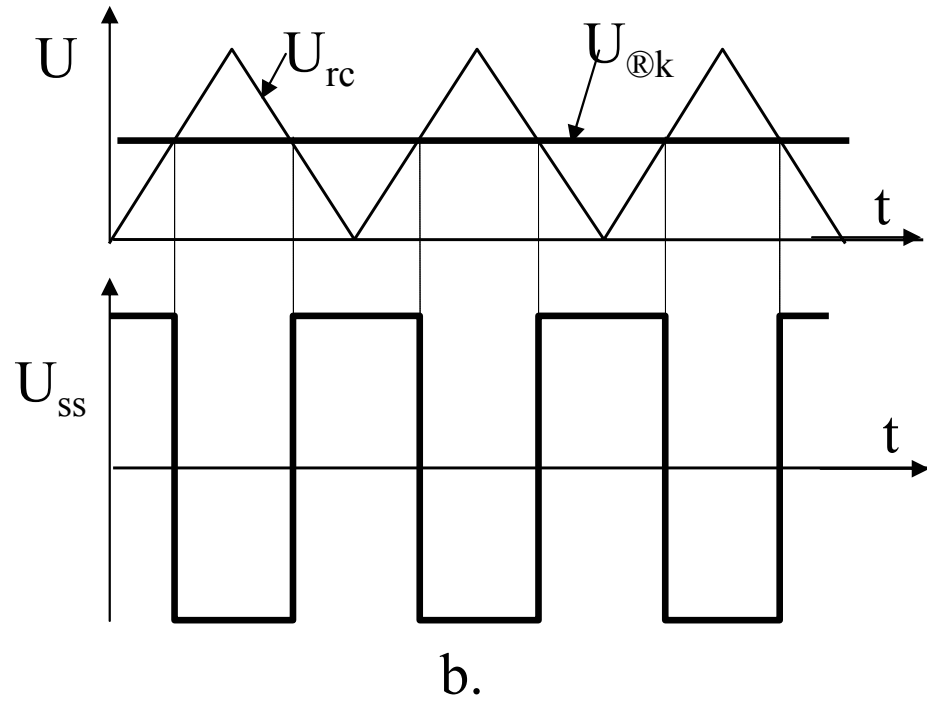
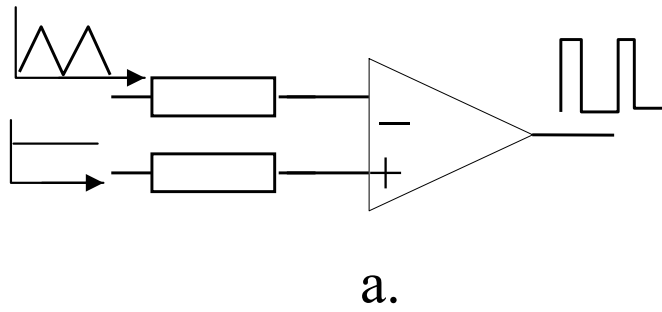
$$f_{\max} = \frac{2}{10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} \left( \frac{12-9}{12} \right) = 5000 \text{ Hz}$$

$$f_{\max} = \frac{2}{10 \cdot 10^3 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} \left( \frac{12-1,9}{12} \right) = 170 \text{ Hz}$$

# Mạch tạo điện áp tựa bằng 4046



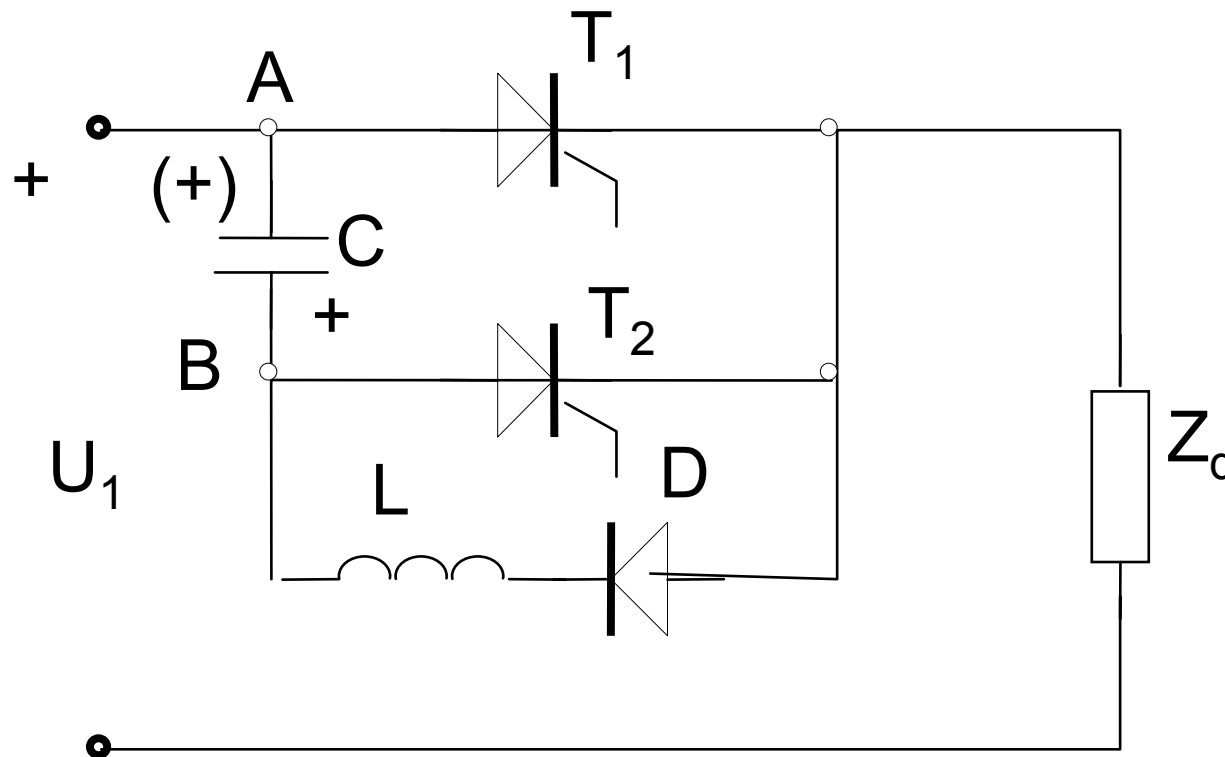
# Khâu so sánh



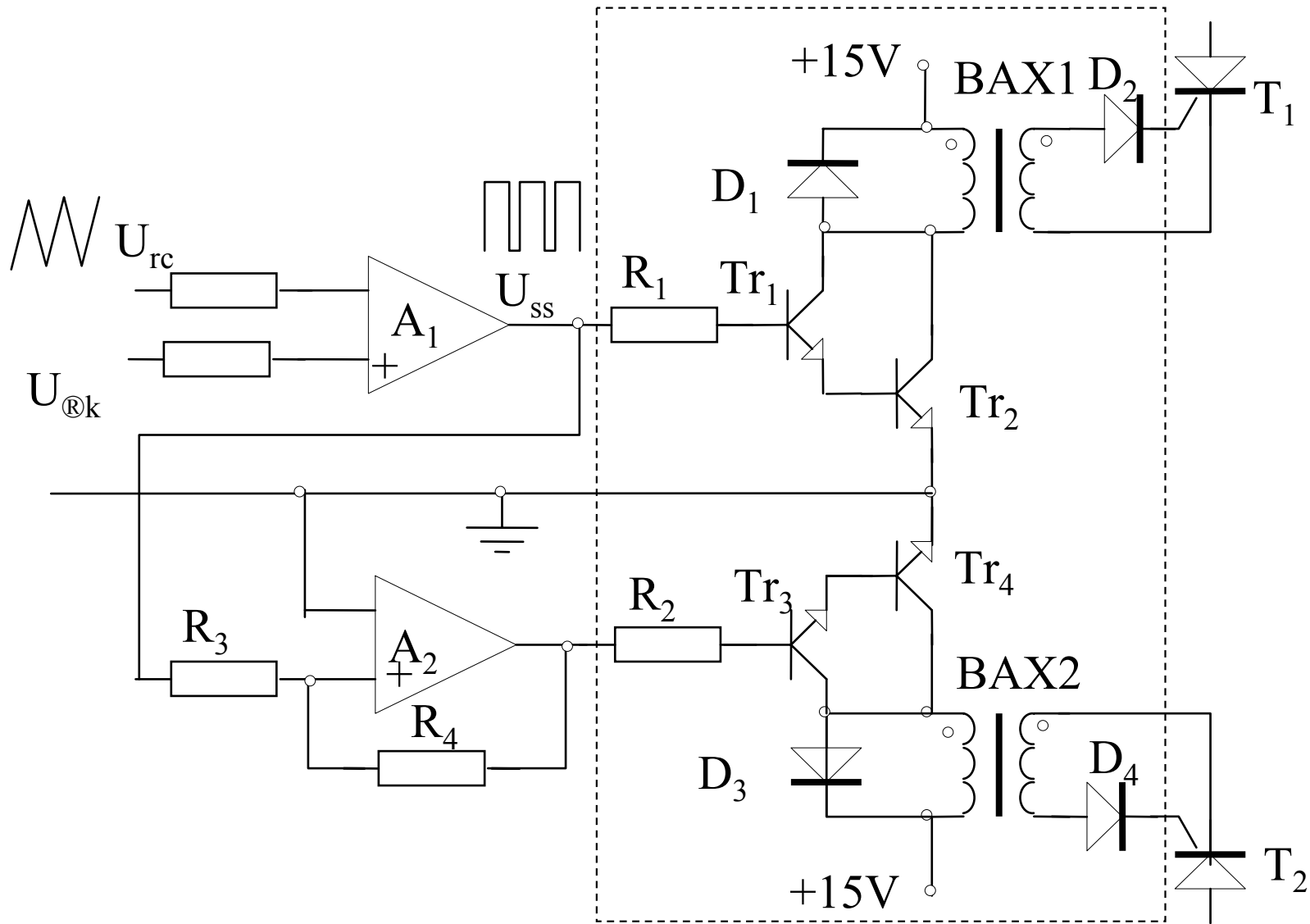


# Khâu khuếch đại

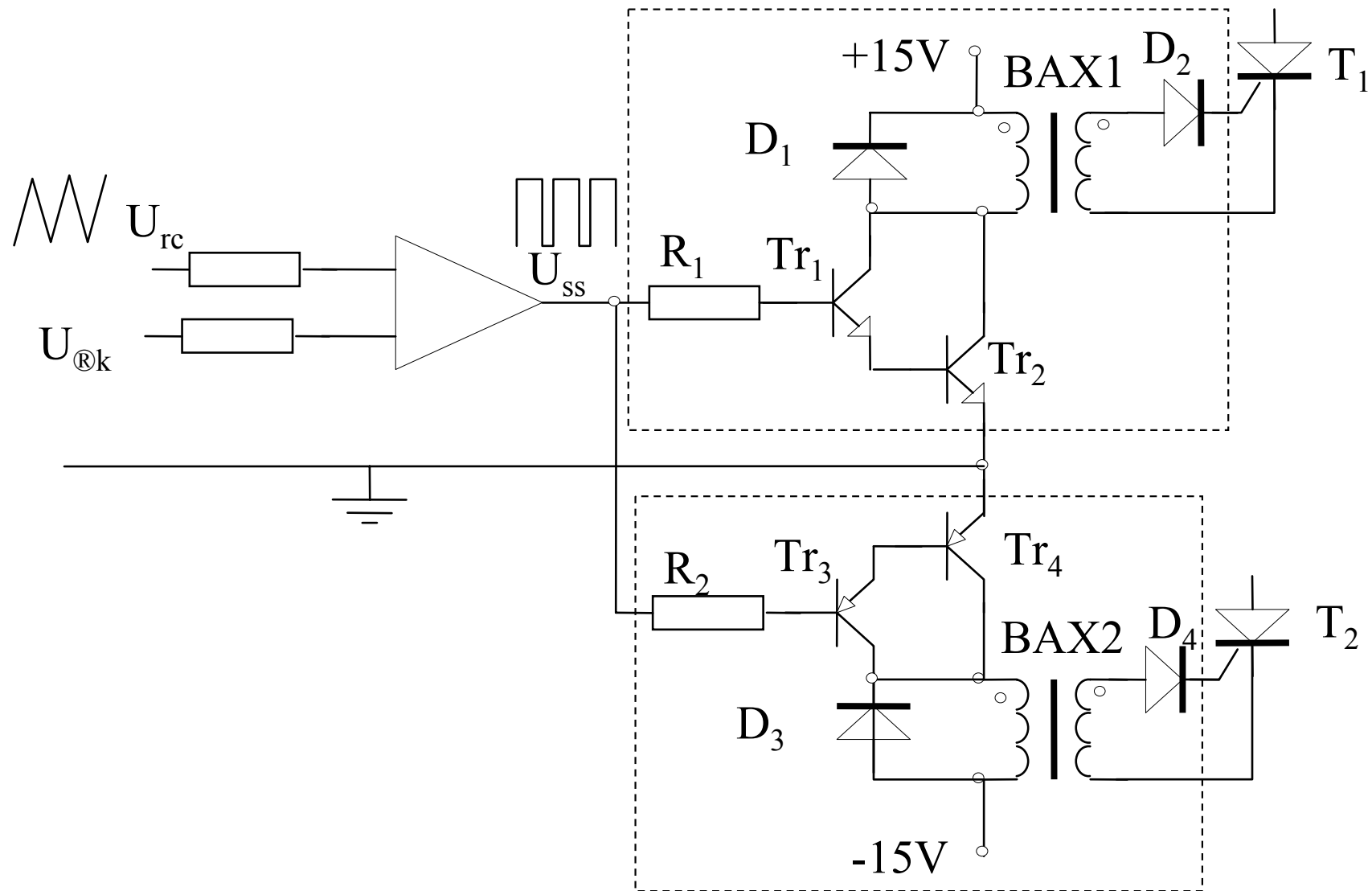
- *a. Mạch khuếch đại cho điều áp một chiều bằng Thyristor.*



# Sơ đồ mạch



# Sơ đồ mạch khuếch đại (tiếp)



## *b. Mạch khuếch đại cho van động lực là transistor*

