

## **Mục Lục Chương 14**

<b>14.1. HỌ THYRISTOR:</b> .....	<b>1</b>
14.1.1. Diode 4 lớp (Diode Shockley):.....	1
14.1.2. SCR (Silicon-Controlled Rectifier) .....	4
14.1.3. Diac và triac .....	7
14.1.4. Những linh kiện họ thyristor khác:.....	12
<b>14.2. UJT (Unijunction Transistors)</b> .....	<b>17</b>
<b>14.3. LINH KIỆN QUANG</b> .....	<b>23</b>
14.3.1. Đặc điểm của ánh sáng: .....	23
14.3.2. Photodiode (diode thu quang): .....	24
14.3.3. Phototransistor:.....	25
14.3.4. Photo - Darlington: .....	26
14.3.5. LASCR (light - activated SCR) hay photo-SCR: .....	26
14.3.6. Opto: .....	27
<b>14.4. BÀI TẬP CHƯƠNG 14</b> .....	<b>28</b>

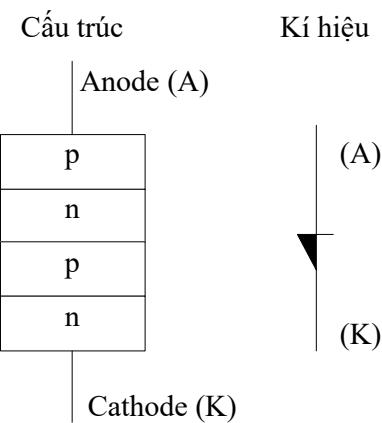
## CHƯƠNG 14

# THYRISTOR VÀ LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ

### 14.1. HỌ THYRISTOR:

#### 14.1.1. Diode 4 lớp (Diode Shockley):

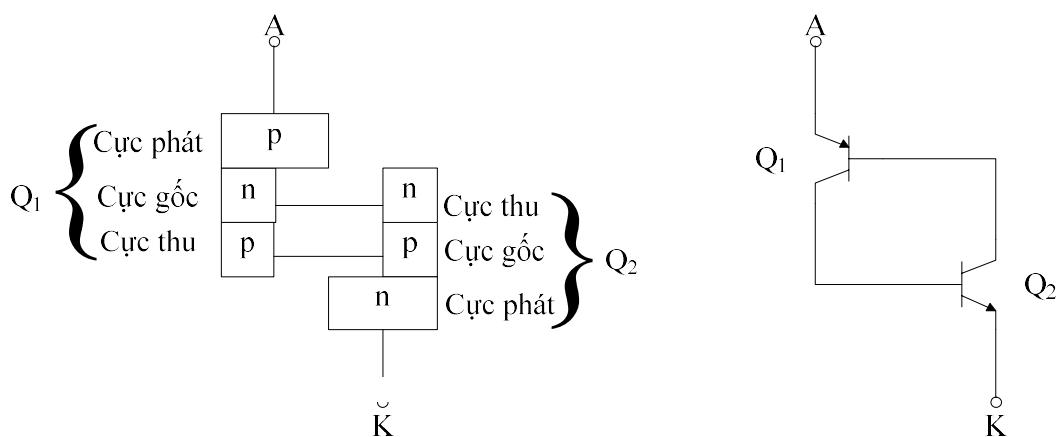
Một linh kiện đơn giản nhất của họ thyristor là diode 4 lớp. Diode 4 lớp là linh kiện gồm có hai điện cực, bốn lớp bán dẫn có thể được kích hoạt dẫn bằng cách đặt một điện áp phân cực thuận lên hai cực của nó. Cấu trúc và kí hiệu của diode 4 lớp như hình 14.1. Vì cấu trúc như vậy diode 4 lớp còn được gọi là diode pnpn.



Hình 14.1. Cấu trúc và kí hiệu của diode 4 lớp.

#### a. Hoạt động của diode 4 lớp:

Từ cấu trúc bên trong của diode 4 lớp ta có thể đưa về mạch điện tương đương gồm hai transistor pnp ( $Q_1$ ) và npn ( $Q_2$ ) như hình 14.2.

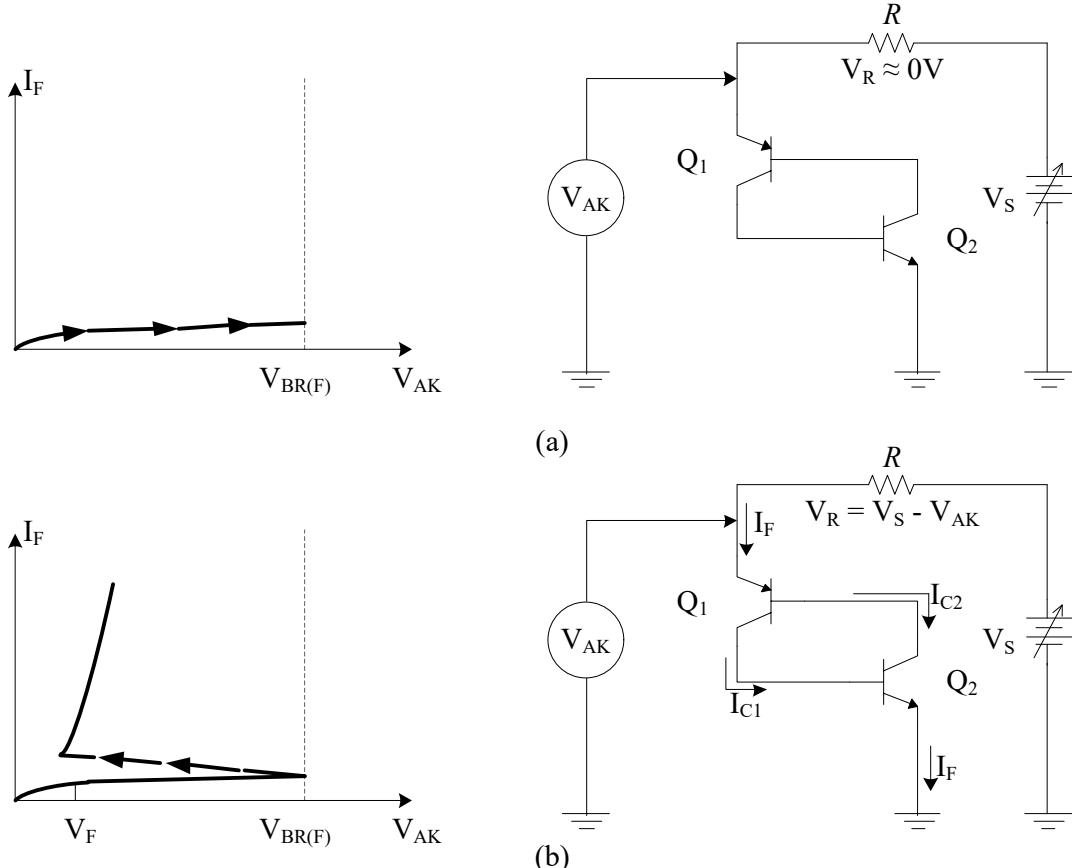


Hình 14.2. Sơ đồ tương đương của diode 4 lớp.

Hình 14.3a chứng minh đáp ứng của trạng thái không dẫn (off) của diode 4 lớp khi điện áp nguồn tăng nhỏ hơn điện áp đánh thủng phân cực thuận ( $V_{BR(F)}$ ). Khi đó cả hai transistor ở trạng thái off, tổng dòng điện chạy qua linh kiện ( $I_F$ ) gần như bằng không và đó cũng chính là dòng điện chạy qua mạch điện, điện áp lúc này đặt trên R bằng 0 và điện áp trên  $V_{AK} = V_s$ . Điện áp  $V_{BR(F)}$  là giá trị điện áp phân cực thuận, điện áp này sẽ ép linh kiện vào trạng thái dẫn.

Hình 14.3b chỉ ra khi  $V_{AK}$  chạm đến giá trị điện áp đánh thủng phân cực thuận của linh kiện. Khi đó hai transistor bị đánh thủng và bắt đầu dẫn nhanh chóng bị lái về vùng bão hòa. Trong trường hợp này điện áp rơi trên diode 4 lớp như trong hình 14.3b, do:

1. Dòng điện  $I_F$  tăng nhanh khi đó linh kiện bị lái vào vùng bão hòa.
2.  $V_{AK}$  giảm nhanh chóng đến giá trị bão hòa  $V_F$  ( $V_F$ : điện áp phân cực thuận trên hai đầu A và K của diode 4 lớp khi dẫn bão hòa).



Hình 14.3. Mạch tương đương của SCR.

❖ **Giải thích:**

- Từ mạch điện tương đương của diode 4 lớp:

$$I_{C2} = I_{B1}.$$

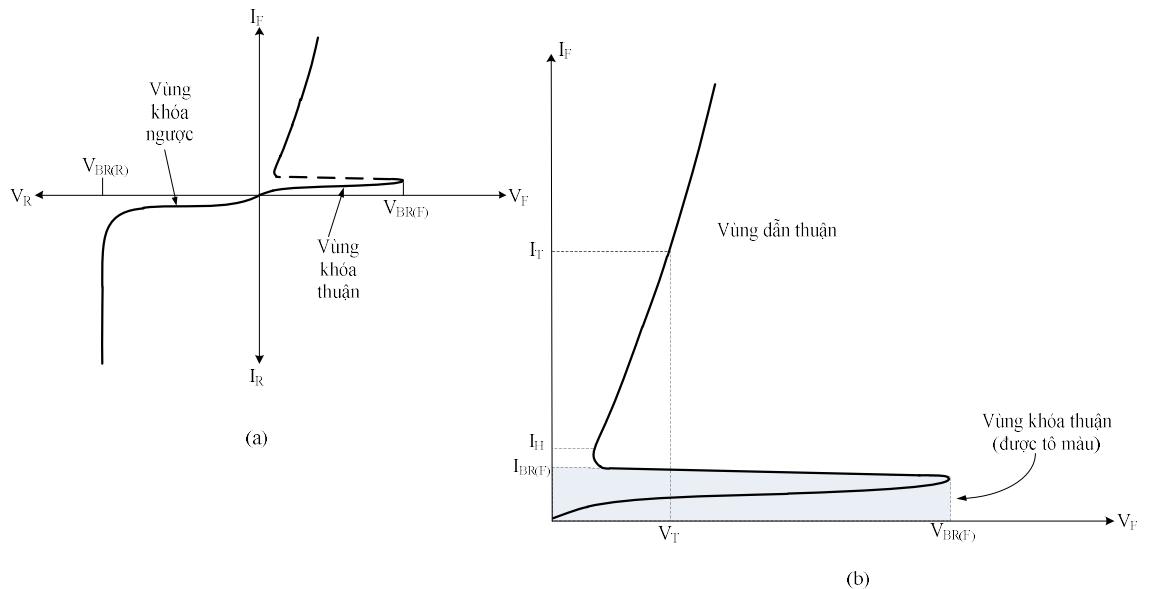
$$I_{B2} = I_{C1}.$$

- Khi  $I_{B1}$  tăng dần đến  $I_{C1}$  tăng làm cho  $I_{B2}$  tăng, tổng hai dòng này làm gia tăng  $I_{B1}$ . Khi điện áp  $V_{AK}$  tăng làm cho các dòng trong transistor tăng nhanh chóng dẫn các transistor vào trạng thái bão hòa.

Vậy diode 4 lớp tương đương hở mạch khi điện áp  $V_{AK}$  chưa đạt tới  $V_{BR(F)}$ , khi điện áp  $V_{AK}$  bằng  $V_{BR(F)}$  thì diode 4 lớp dẫn làm cho điện áp hai đầu  $V_{AK} = V_F$  và dòng điện  $I_F$  khi đó:

$$I_F = \frac{V_S - V_F}{R_s} \quad (14.1)$$

❖ **Đặc tuyến vôn-ampe**



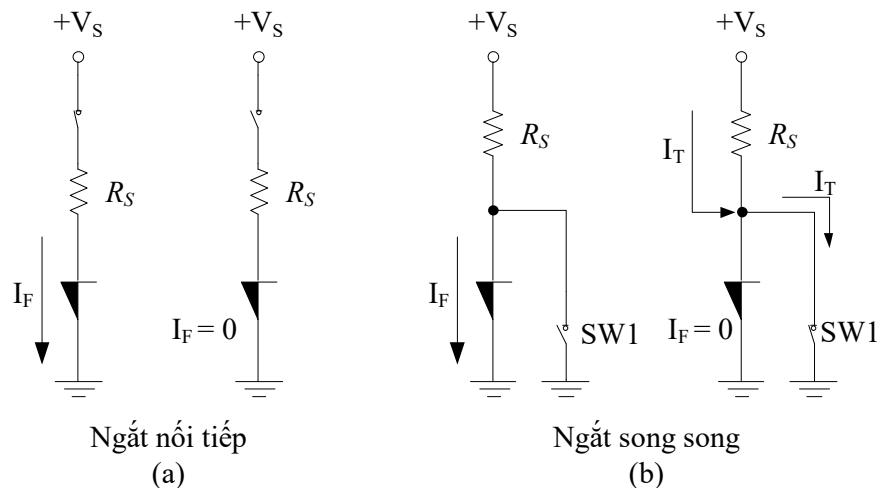
Hình 14.4. Đặc tuyến  $V-A$  của diode 4 lớp

### b. Các phương pháp tắt diode 4 lớp:

Khi diode 4 lớp ở trạng thái dẫn, nó sẽ tiếp tục dẫn khi mà dòng qua nó  $I_F$  lớn hơn dòng giữ  $I_H$ . Trong đó  $I_H$  là dòng phân cực thuận tối thiểu để duy trì diode 4 lớp ở trạng thái dẫn. Khi  $I_F$  nhỏ hơn  $I_H$  thì diode 4 lớp sẽ rơi vào trạng thái tắt và nó sẽ duy trì diode 4 lớp ở trạng thái tắt đến khi  $V_{AK}$  đạt đến giá trị  $V_{BR(F)}$  trở lại.

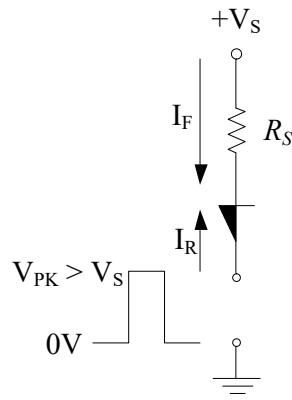
Một vài phương pháp để làm giảm dòng  $I_F$  nhỏ hơn  $I_H$ :

- Ngắt dòng anode (hình 14.5 a và 14.5b)



Hình 14.5. Cách tắt diode 4 lớp bằng phương pháp ngắt dòng anode.

- Giảm dòng  $I_F$ . (hình 14.6)



Hình 14.6. Cách tắt diode 4 lớp bằng phương pháp giảm dòng  $I_F$ .

### c. Các thông số của diode 4 lớp

- $V_{BR(F)}$  và  $I_{BR(F)}$ .
- $I_T$ : (the average on-state current) dòng điện trung bình cực đại của diode 4 lớp nó phụ thuộc vào điện áp  $V_T$ .
- $I_H$ .
- $V_{BR(R)}$  điện áp đánh thủng.
- $I_{Fmax}$ ,  $P_D$ .

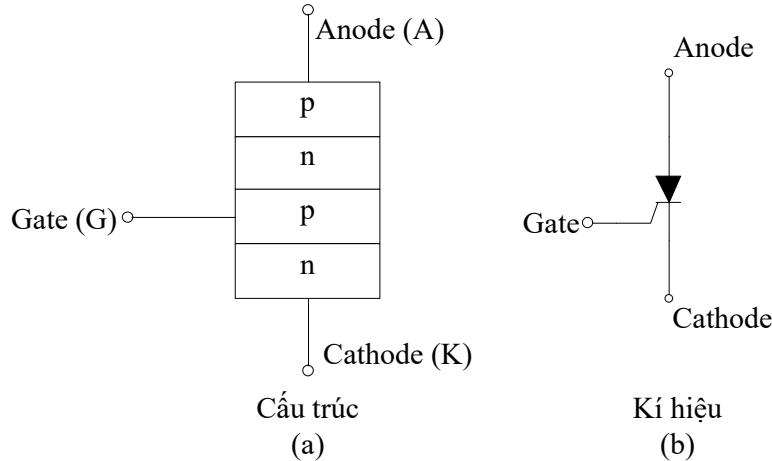
### d. Tóm tắt:

- Diode 4 lớp là một linh kiện thuộc họ thyristor, nó chỉ dẫn khi điện áp phân cực thuận đặt lên nó đạt đến giá trị  $V_{BR(F)}$  và khi nó dẫn thì điện trở của nó giảm xuống thấp.
- Khi đã ở trạng thái dẫn thì để tắt diode 4 lớp phải cho dòng  $I_F$  nhỏ hơn  $I_H$ .

## 14.1.2. SCR (Silicon-Controlled Rectifier)

### a. Cấu tạo:

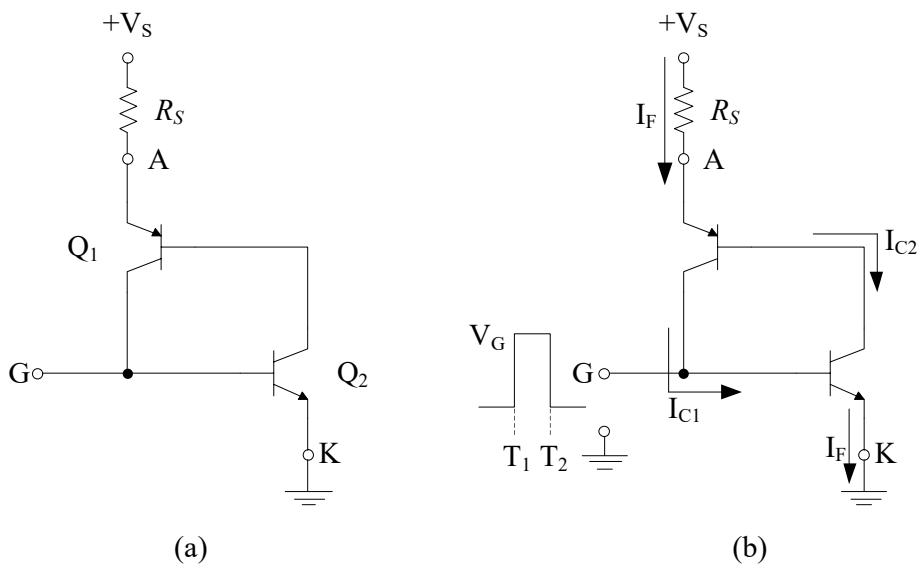
SCR là một linh kiện 3 chân, có cấu trúc tương tự diode 4 lớp xem hình 14.7



Hình 14.7. Cấu trúc và kí hiệu của SCR

Do cấu trúc tương tự diode 4 lớp nên SCR có hoạt động cũng tương tự diode 4 lớp, nhưng do SCR có thêm chân gate (cổng) nên ngoài việc điều khiển SCR từ trạng thái tắt sang trạng thái mở giống diode 4 lớp, có thể dùng chân gate để điều khiển mở SCR.

### b. Sơ đồ tương đương của SCR trong hình 14.8a



Hình 14.8.

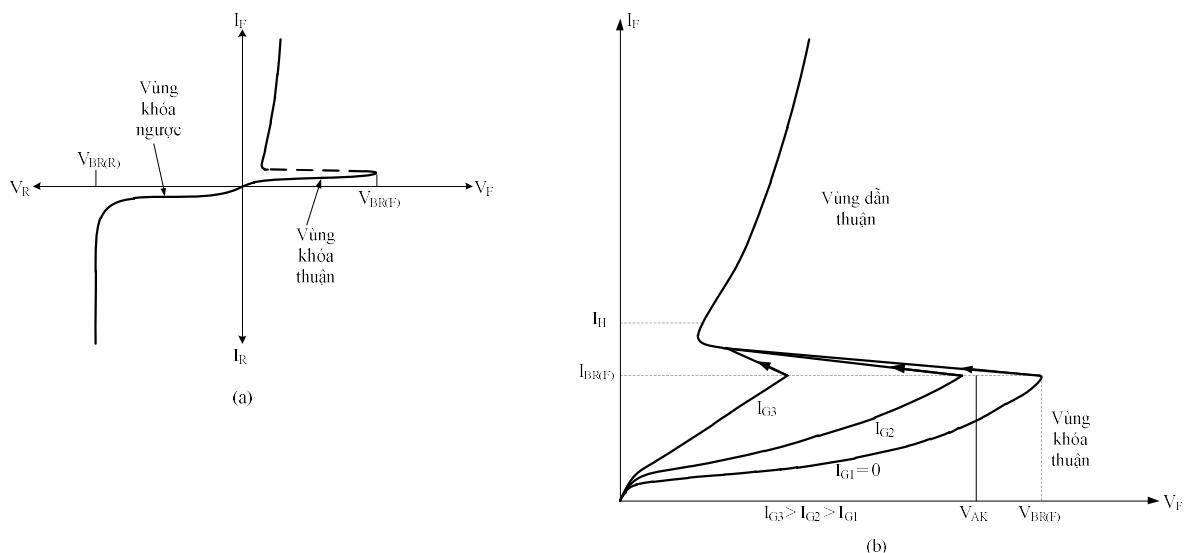
c. Các cách mở SCR từ trạng thái tắt sang trạng thái dẫn:

- Tăng điện áp  $V_{AK}$  đạt đến giá trị  $V_{BR(F)}$ .
  - Phân cực thuận  $V_{AK}$  kích một xung dương vào cực công G hình 14.2b. Tại thời điểm  $T_1$  khi có một xung dương kích tại G,  $Q_2$  bị ép vào trạng thái dẫn làm  $Q_1$  dẫn theo do đó SCR dẫn bão hòa (giống như diode 4 lớp). Tại thời điểm  $T_2$  khi xung công bằng 0, SCR vẫn tiếp tục dẫn đến khi dòng  $I_F$  giảm dưới giá trị dòng  $I_H$ .

d. *Cách tắt SCR: tương tự diode 4 lớp:*

- Giảm dòng anode ( $I_F < I_H$ )
  - Ngắt dòng anode ( $I_F = 0$ ).
  - Phân cực ngược SCR ( $V_A > V_D$ )

e. *Đặc tuyến V-A của SCR:*



Hình 14.9. Đường đặc tuyến V-A của SCR.

Hình 14.9 là đường đặc tuyến V-A của SCR. Tương tự như diode 4 lớp nhưng có thêm các đường đặc tuyến ở phần phân cực thuận do ảnh hưởng của dòng cực công. Khi giá trị dòng  $I_G$  gia tăng, thì SCR dẫn tương ứng với giá trị  $V_{AK}$  giảm. Ví dụ: Giả sử điện áp  $V_{AK}$  đặt trên hai đầu của

SCR có giá trị bằng V trên hình thì khi cho  $I_G = I_{G1}$  SCR vẫn ở trạng thái ngắt, nhưng nếu tăng  $I_G = I_{G2}$  thì điện áp  $V_{AK} = V$  lớn hơn giá trị đủ để lái SCR vào trạng thái dẫn, khi đó SCR sẽ rơi vào trạng thái dẫn.

**f. Các thông số của SCR:**

- Điện áp đánh thủng phân cực thuận và nghịch cực đại.
- Dòng điện thuận cực đại.
- Điện áp và dòng điện công.
- Dòng giữ ( $I_H$ ).
- Công suất tiêu tán.
- Tốc độ tăng tới hạn của SCR  $dV/dt$ . Đây là một trong những giới hạn của SCR, vì một sự thay đổi lớn của điện áp có thể kích khởi SCR vào trong trạng thái dẫn.

**Ví dụ:** SCR 2N682 được sử dụng trong một mạch điện có tín hiệu nhiễu xảy ra ngẫu nhiên 2ns. Tìm biên độ nhiễu có thể gây ra kích khởi sai SCR.

**Giải:**

SCR 2N682 có  $dV/dt = 30V/\mu s$ , biên độ nhiễu tới hạn gây ra lỗi:

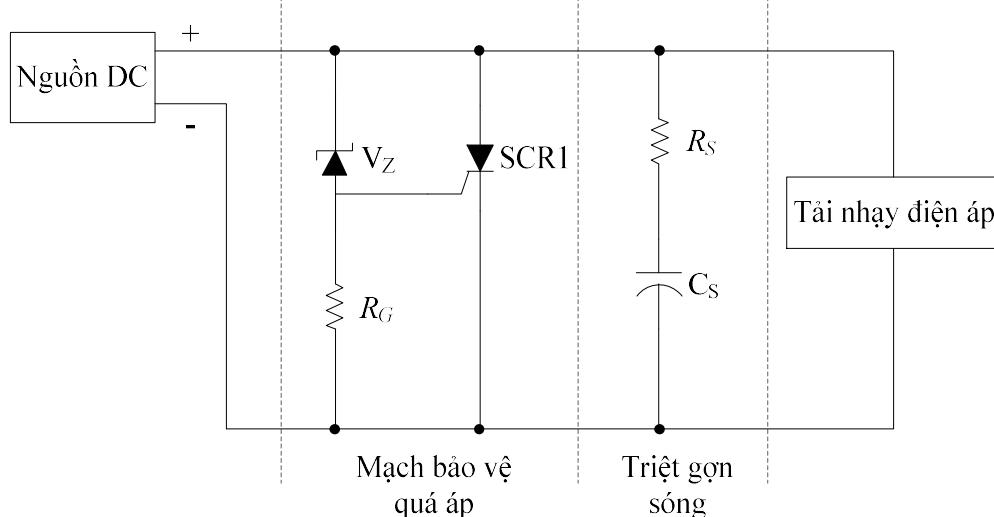
$$\begin{aligned}\Delta V &= \frac{dV}{dt} \Delta t = (30V / \mu s)2(ns) \\ &= 60mV\end{aligned}$$

Như vậy nếu  $V_{AK}$  tăng lớn hơn 60mV trong chu kỳ 2ns của tín hiệu nhiễu thì lỗi kích khởi sai có thể xảy ra.

**g. Các ứng dụng của SCR:**

SCR thường được ứng dụng trong chuyển mạch công suất, điều khiển pha, mạch chuyển đổi điện áp (mạch chỉnh lưu có điều khiển...).

- Ứng dụng của SCR trong mạch bảo vệ quá áp (Crowbar), xem hình 14.10:

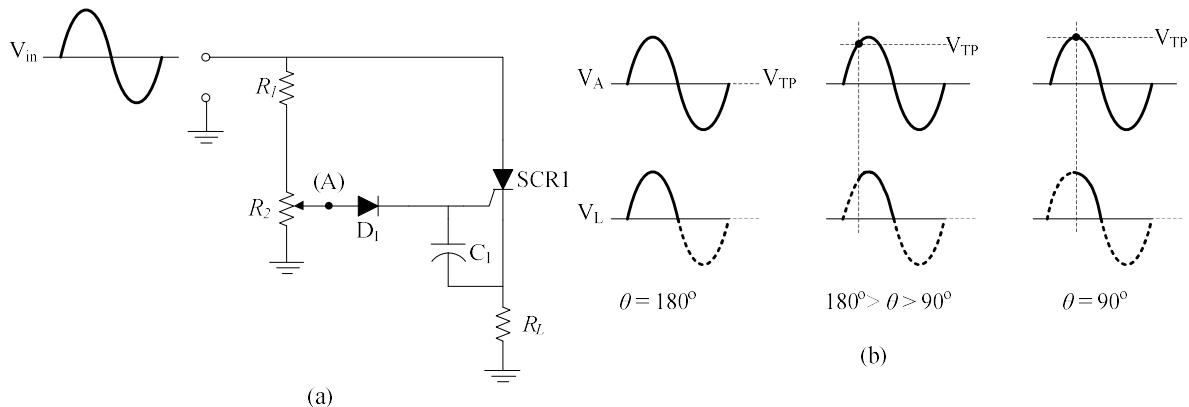


Hình 14.10. Ứng dụng SCR để bảo vệ quá áp.

Nguyên tắc hoạt động: trong mạch khi điện áp nguồn cung cấp không vượt quá giá trị cho phép, thì diode zener ở trạng thái tắt, do diode zener có điện áp  $V_z$  lớn hơn điện áp giới hạn vì vậy điện áp trên  $R_G = 0$  và điện áp tại cực công của SCR cũng bằng 0 giữ SCR ở trạng thái tắt.

Nếu điện áp ra từ nguồn cung cấp tăng đột ngột vượt quá giá trị cho phép thì zener dẫn dòng điện qua zener làm điện áp trên  $R_G$  khác 0 như vậy sẽ có dòng kích cho SCR làm SCR dẫn, khi SCR dẫn điện áp từ nguồn DC ra bị ngắn mạch và tải được bảo vệ.

- Ứng dụng của SCR trong điều khiển pha, xem hình 14.11a:



Hình 14.11. Ứng dụng của SCR trong điều khiển góc pha.

Mạch điều khiển pha được dùng để điều khiển góc dẫn làm điện áp trung bình trên tải thay đổi. Bằng cách thay đổi vị trí biến trở trên  $R_2$  chúng ta sẽ thay đổi góc dẫn

**Giải thích:** Khi điện áp  $V_{in}$  qua cầu phân thế làm điện áp tại A tăng đến giá trị điện áp kích khởi SCR ( $V_{TP}$ ), SCR dẫn, điện áp trên tải bằng  $V_{in} - V_F$ , SCR dẫn gần như trong suốt bán kì dương, đến bán kì âm của  $V_{in}$  SCR tắt áp trên tải = 0, vì khi  $V_{in}$  giảm về 0 thì dòng qua SCR cũng giảm theo, đến khi dòng qua SCR giảm nhỏ hơn giá trị  $I_H$  thì SCR tắt đến khi  $V_{in}$  tăng trở lại đạt đến giá trị điện áp kích khởi ở bán kì dương kế tiếp thì SCR dẫn trở lại.

Mối liên quan giữa điện áp tại A (phụ thuộc vào  $V_{in}$ ), giá trị điện áp  $V_{TP}$  và điện áp trên tải được trình bày trong hình 14.11b.

Bảng thông số và hình dạng của một vài SCR của hãng Motorola.

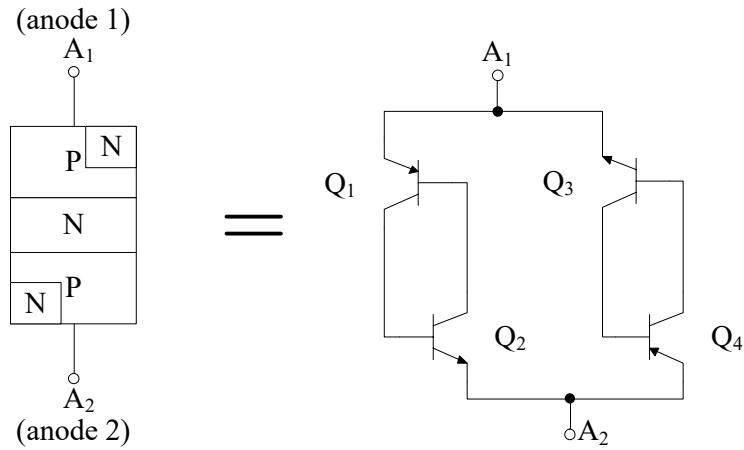
On-State (RMS) Current														
8.0 AMPS		12 AMPS			12.5 AMPS		15 AMPS							
$T_C = 83^\circ\text{C}$		$T_C = 90^\circ\text{C}$		$T_C = 85^\circ\text{C}$		$T_C = 80^\circ\text{C}$		$T_C = 80^\circ\text{C}$						
								TO-220 Style 3						
2N4167	2N4183		MCR67-1	MCR68-1	MCR568-1			25 V						
2N4168	2N4184	2N6394	MCR67-2	MCR68-2	MCR568-2			50 V						
2N4169	2N4185	2N6395	MCR67-3	MCR68-3	MCR568-3	2N3668		100 V						
2N4170	2N4186	2N6396				2N3669	MCR2150-4,A4	200 V						
2N4171	2N4187	MCR220-5					MCR2150-5,A5	300 V						
2N4172	2N4188	2N6397	MCR67-6	MCR68-6	MCR568-6	2N3670	MCR2150-6,A6	400 V						
2N4173	2N4189	MCR220-7				2N4103	MCR2150-7,A7	500 V						
2N4174	2N4190	2N6398					MCR2150-8,A8	600 V						
		MCR220-9					MCR2150-9,A9	700 V						
		2N6399					MCR2150-10,A10	800 V						
100		300(1)			200	160	$I_{TSAQ}$ (Amps) 60 Hz							
30					40	50	$I_{GT}$ (mA)							
1.5					2.0	2.5	$V_{GT}$ (V)							
-40 to +100		-40 to +125			-40 to +100	-40 to +125	$T_J$ Operating Range ( $^\circ\text{C}$ )							

### 14.1.3. Diac và triac

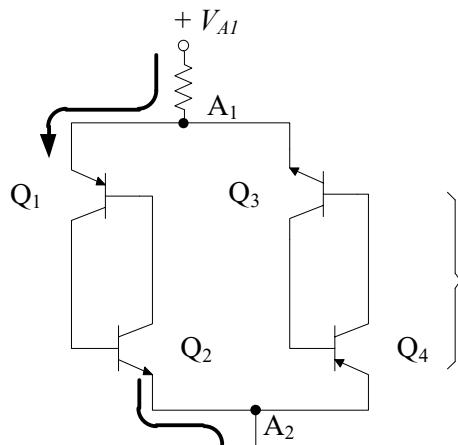
Diac và triac là linh kiện họ thyristor dẫn điện theo hai chiều.

#### a. Diac

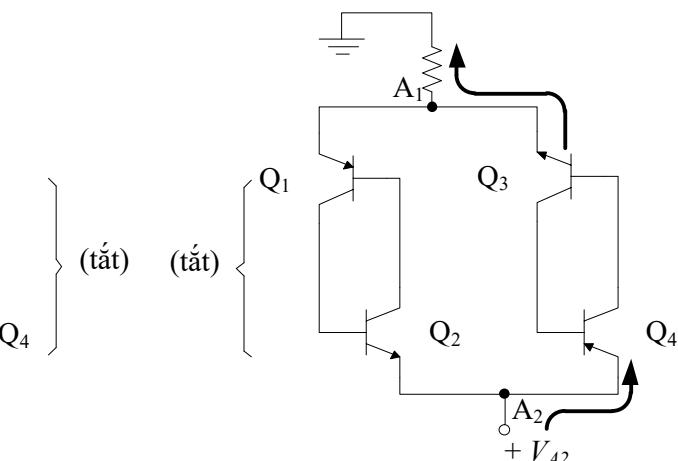
Diac là linh kiện hai cực, có cấu trúc và kí hiệu như hình 14.12.



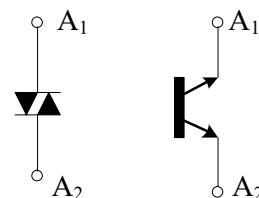
(a) Cấu trúc và mạch điện tương đương



(b) A<sub>1</sub> dương so với A<sub>2</sub>



(c) A<sub>2</sub> dương so với A<sub>1</sub>

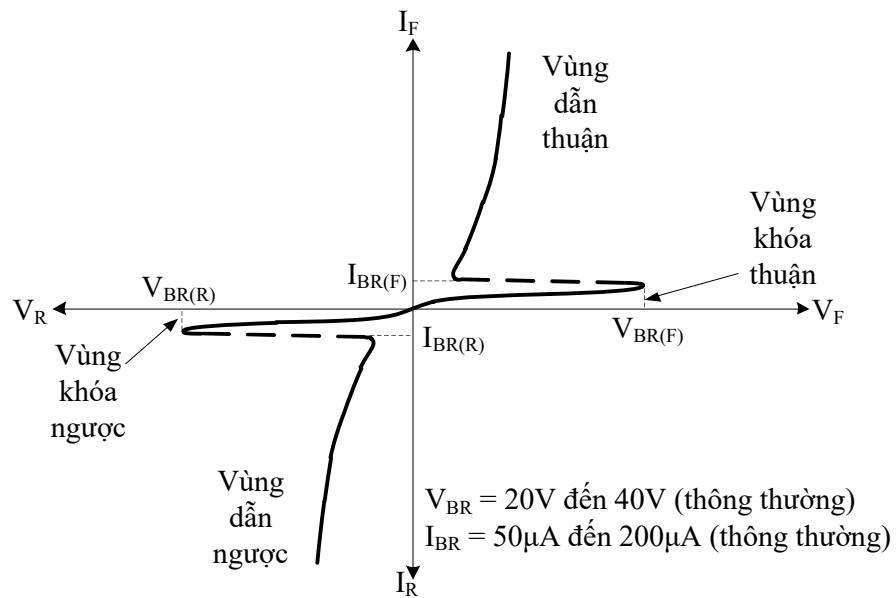


(d) Kí hiệu

Hình 14.12. a. Cấu trúc và mạch tương đương của diac; b và c. Chiều dẫn điện của diac; d. Kí hiệu của diac.

Do cấu trúc của diac tương đương 2 con diode 4 lớp, nên hoạt động của nó cũng tương tự diode 4 lớp và dẫn điện theo hai chiều.

❖ **Đặc tuyến vôn – ampe của diac**

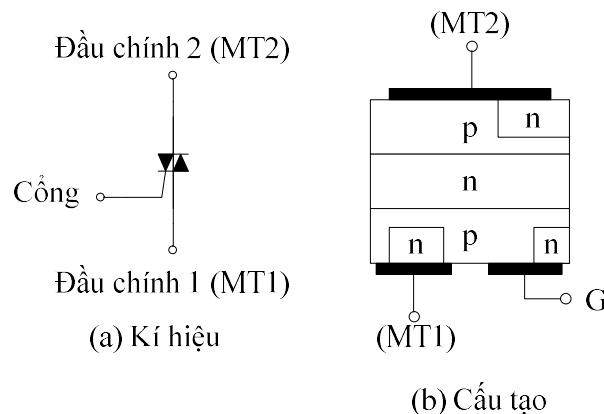


Hình 14.13. Đặc tuyến V-A của diac

Hầu hết ứng dụng chung của diac là điều khiển triac.

### b. Triac

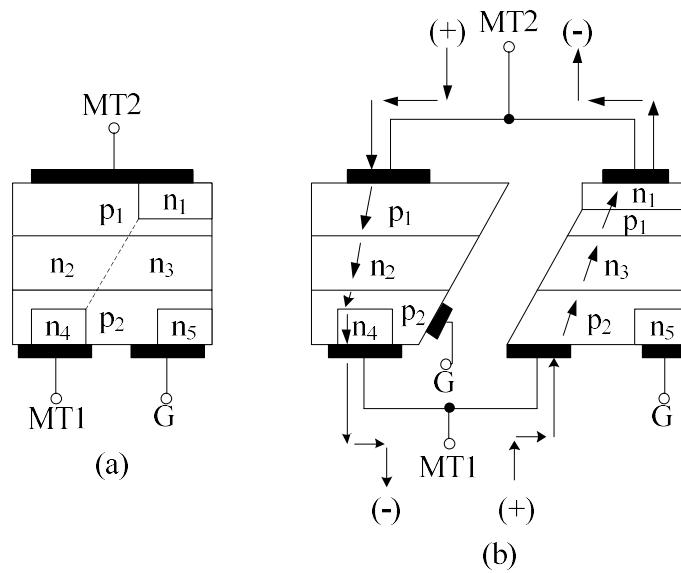
Triac là linh kiện 3 cực, cấu trúc và kí hiệu như hình 14.14:



Hình 14.14. Kí hiệu và cấu trúc của triac.

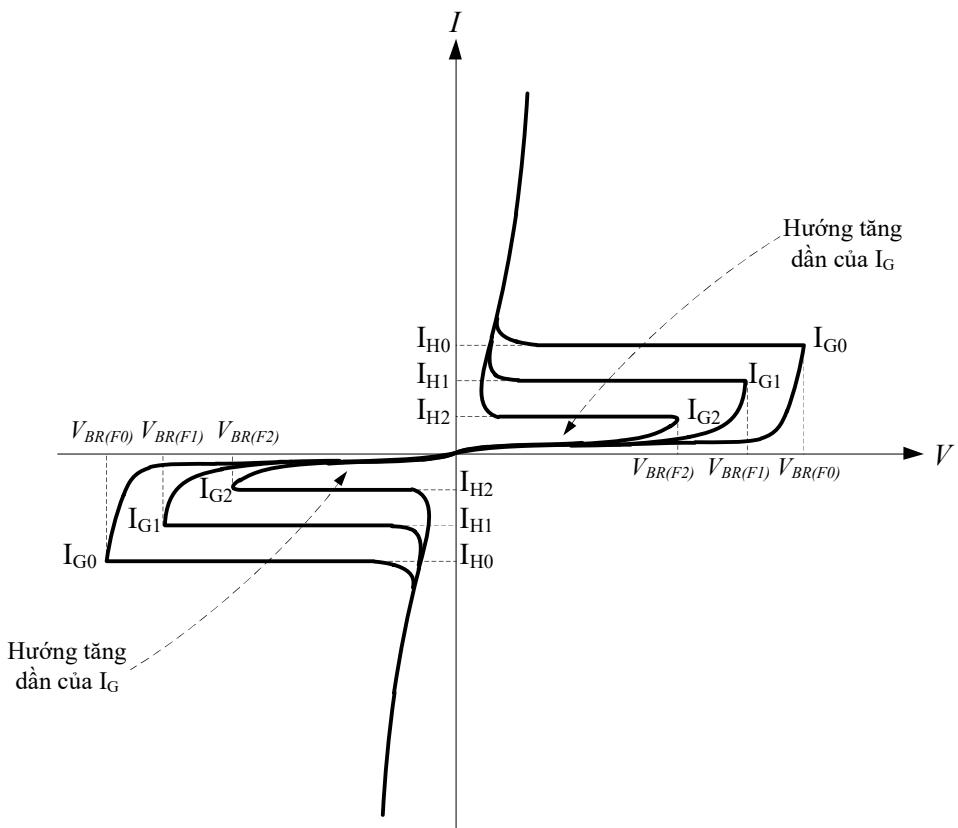
Trong đó hai chân MT<sub>1</sub> và MT<sub>2</sub> là hai chân công suất, và chân G là chân kích khởi.

Nếu chúng ta cắt cấu trúc triac như hình 14.15, dễ thấy rằng cấu trúc của triac tương đương hai con SCR, nên hoạt động của nó cũng tương đương hai con SCR mắc song song. Khi điện áp trên chân MT<sub>2</sub> dương hơn MT<sub>1</sub> và có một xung dương kích vào G thì SCR bên trái dẫn và ngược lại khi đặt một điện áp trên chân MT<sub>2</sub> thấp hơn MT<sub>1</sub> và kích một xung âm vào G thì SCR bên phải dẫn.



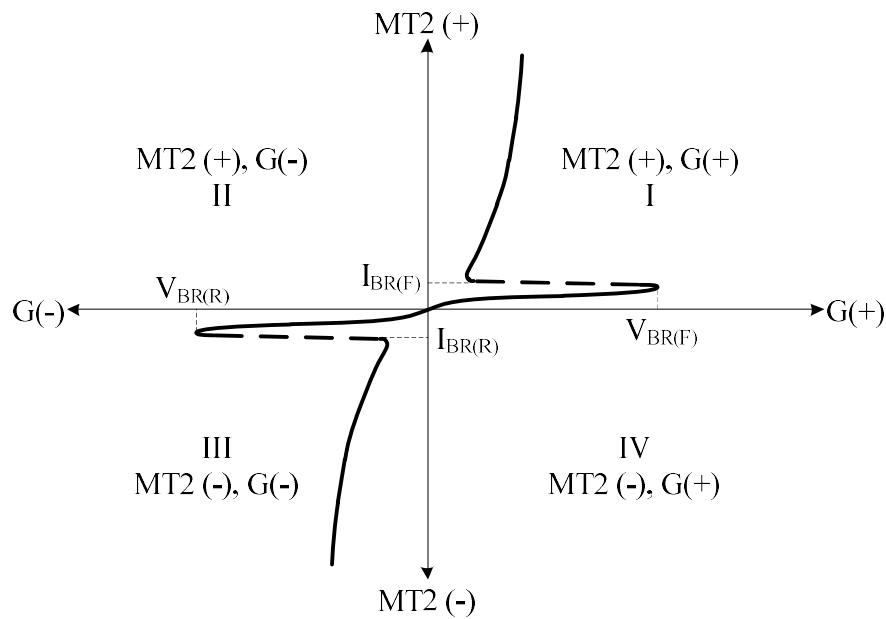
Hình 14.15. Cấu trúc cắt và dòng điện của triac.

❖ **Đặc tuyến vôn – ampe của triac**

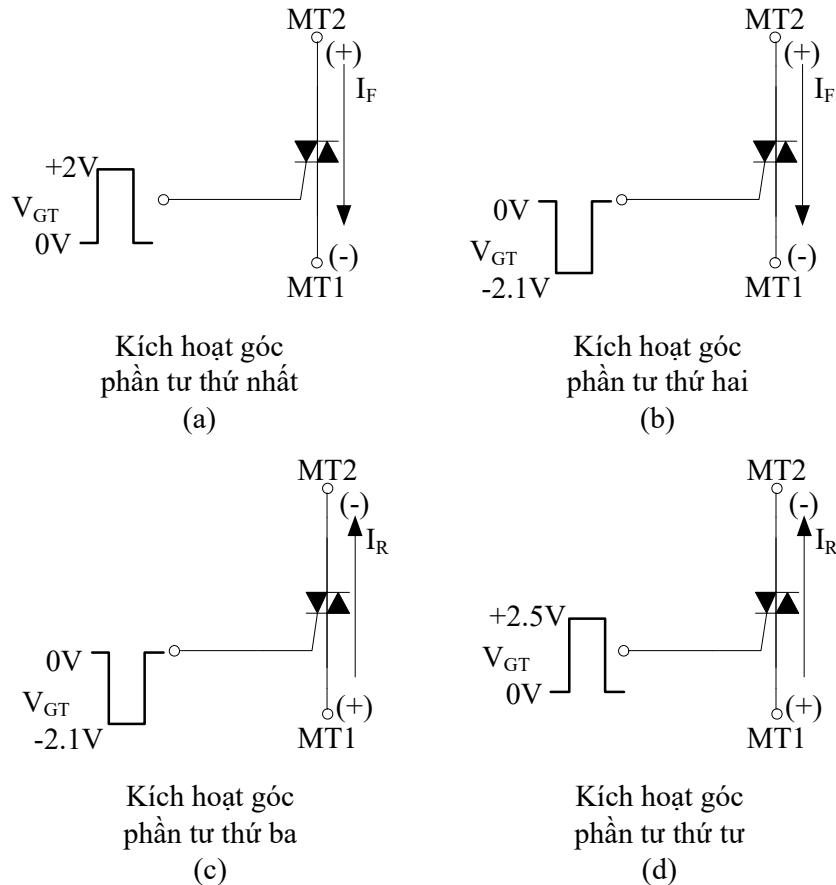


Hình 14.16. Đặc tuyến V-A của triac

Do cấu trúc đặc biệt của nó, nên đường đặc tuyến của triac phức tạp hơn như trong hình vẽ. Trong hình 14.16 đặc tuyến của triac được chia làm bốn góc phân tư, lần lượt được đánh nhãn là I, II, III và IV. Mỗi góc phân tư có kí hiệu phân cực của MT2 và G, ví dụ ở góc phân tư thứ nhất có kí hiệu phân cực cho MT2(+) và G(+) có nghĩa là: ứng với điện áp MT2 lớn hơn MT1 và có một xung dương kích vào cực công G thì triac sẽ dẫn theo chiều từ MT2 đến MT1. Có thể thấy rõ hơn các cách kích triac trong hình 14.17 và 14.14.



Hình 14. 17.



Hình 14.14. Các cách kích triac.

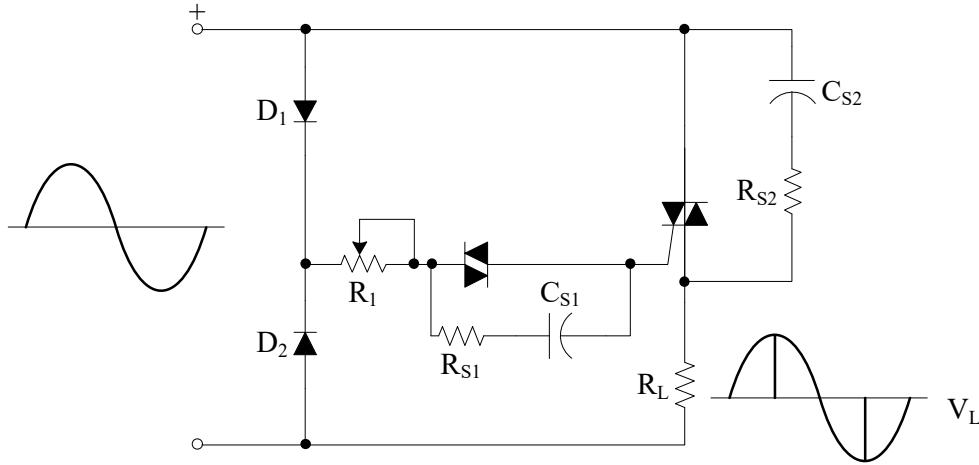
❖ **Các thông số cần biết của triac**

- Điện áp ngập phân cực thuận và nghịch ( $V_{BR(F)}$  và  $V_{BR(R)}$ )
- Dòng điện cực đại
- Dòng giữ  $I_H$

- Áp công và dòng công kích khởi
- Tốc độ chuyển mạch
- $dV/dt$

❖ **Ứng dụng của triac**

Một ứng dụng thông dụng nhất của triac là mạch điều khiển góc pha trong hình 14.19



Hình 14.19. Mạch điều khiển góc pha trên tải dùng triac.

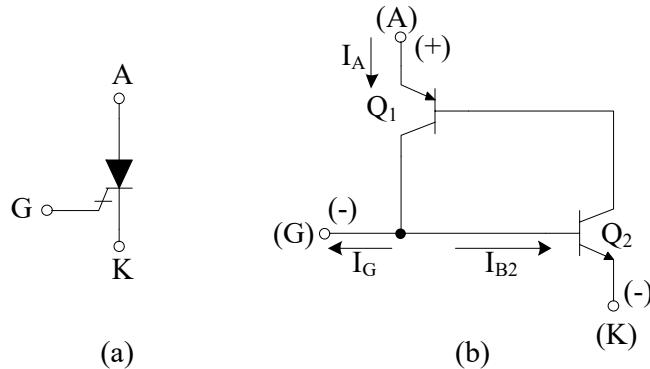
Sự khác nhau cơ bản giữa mạch điều khiển góc pha dùng triac và mạch điều khiển góc pha dùng SCR là triac dẫn cả hai chiều cả ở bán kí dương và bán kí âm của nguồn xoay chiều, trong khi SCR chỉ dẫn theo một chiều.

Nguyên lý hoạt động của mạch: với điện áp xoay chiều thì  $D_1$  phân cực thuận và  $D_2$  bị phân cực nghịch ở bán kí dương, do đó điện áp tại điểm A dương lên và khi điện áp vào tăng đủ để điện áp tại A bằng điện áp  $V_{BR}$  của diac thì diac dẫn, khi đó điện áp tại cực công G của triac dương lên nên triac được kích khởi rời vào trạng thái dẫn, cung cấp một điện áp dương trên tải. Khi điện áp vào âm, triac ngưng dẫn, đồng thời  $D_1$  bị phân cực nghịch và  $D_2$  phân cực thuận, lúc này điện áp tại A vẫn dương nhưng chân MT<sub>2</sub> bị âm đi, tương tự như vậy khi triac được kích khởi dòng điện qua tải theo chiều ngược lại, xuất hiện điện áp ở bán kí âm trên tải. Lưu ý: trong mạch này triac được kích khởi ở góc phần tư thứ I và IV trong đường đặc tuyến.

#### 14.1.4. Những linh kiện họ thyristor khác:

##### a. GTO (Gate Turn-off)

GTO tương tự như SCR, nhưng điểm khác biệt của GTO với SCR là GTO có thể điều khiển tắt bằng cách áp một xung âm vào cực công G. Mạch tương đương và kí hiệu GTO trong hình 14.20:



Hình 14.20. Kí hiệu và mạch tương đương của GTO.

Có thể thấy GTO có mạch tương đương giống SCR, tuy nhiên cấu trúc bên trong của các lớp bán dẫn loại n và p thì mỏng hơn rất nhiều so với SCR. Điều này có nghĩa rằng miền nén của hai transistor tương đương rất hẹp gần đạt đến cấu trúc thật của BJT. Khi đó GTO gần như tương đương mạch gồm hai transistor, do đó có thể tắt nó bằng cách cho dòng tại cực base của Q<sub>2</sub> xuống dưới giá trị cần thiết để transistor bão hòa.

Ta có:

$$I_A = I_G + I_{B2} \quad (14.2)$$

I<sub>G</sub>: dòng cực công

I<sub>B2</sub>: dòng cực B của Q<sub>2</sub>

Vậy:

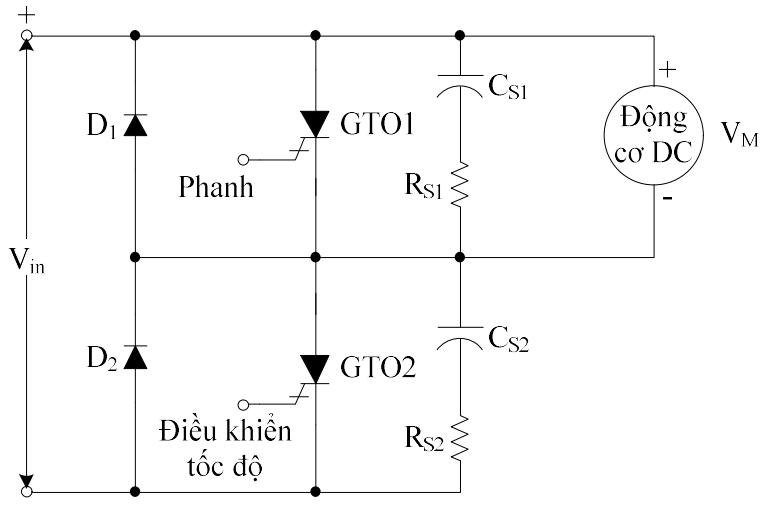
$$I_{B2} = I_A - I_G \quad (14.3)$$

Như vậy, nếu chúng ta đặt một điện áp âm tại cực công của GTO, khi đó giá trị của dòng I<sub>G</sub> gia tăng. Nếu I<sub>G</sub> đủ lớn thì dòng I<sub>B2</sub> sẽ giảm xuống dưới giá trị yêu cầu để duy trì Q<sub>2</sub> ở trạng thái bão hòa, lúc đó GTO rơi vào trạng thái ngắt.

Lưu ý: cấu trúc miền base hẹp có mặt hạn chế là khả năng chịu được điện áp ngược bé, do đó khả năng chịu được điện áp ngược của GTO thường chỉ vào khoảng 15 – 20V. Nếu điện áp ngược đặt vào hai đầu A và K của GTO lớn hơn giá trị này thì phải sử dụng thiết bị bảo vệ như sử dụng diode.

### Ứng dụng của GTO

Trong hình 14.21 là mạch điều khiển động cơ DC dùng 2 GTO để điều khiển động cơ chạy và dừng.



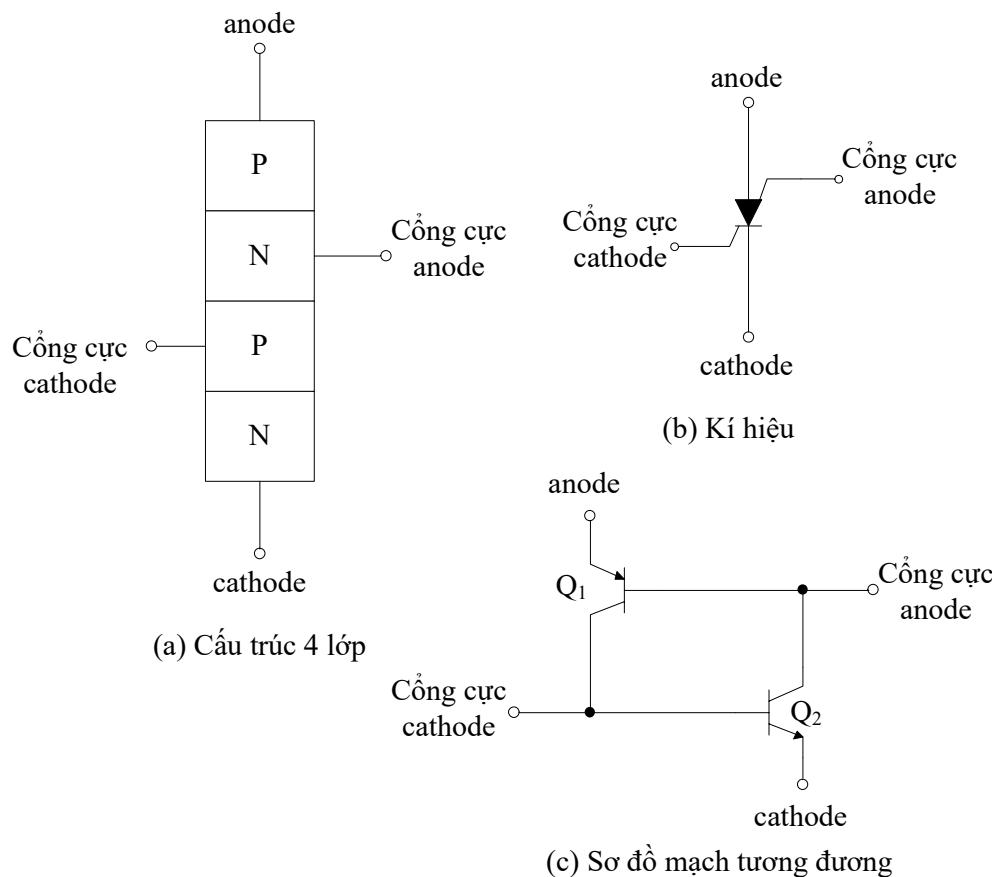
Hình 14.21. Mạch điều khiển động cơ start/stop.

Điện áp nguồn cung cấp cho mạch là điện áp một chiều thuận tựy hay điện áp một chiều được chỉnh lưu từ xoay chiều, giả sử ban đầu GTO1 và GTO2 chưa dẫn vì chưa có xung kích, động cơ chưa hoạt động. Để điều khiển động cơ chạy, kích 1 xung vào ngõ vào điều khiển tốc độ, khi đó GTO2 dẫn có nguồn cung cấp cho động cơ, động cơ chạy. Để dừng động cơ, kích một xung vào ngõ vào dừng, khi đó GTO1 dẫn làm ngắn mạch nguồn cung cấp cho động cơ và dừng động cơ.

D1 và D2 dùng để bảo vệ GTO1 và GTO2, vì khi động cơ chuyển từ trạng thái chạy sang trạng thái dừng nó sẽ tạo ra một suất điện động ngược lại, vì vậy D1 và D2 sẽ dẫn khi có điện áp ngược đặt lên GTO1 và GTO2.

### b. SCS (Silicon Control Switch)

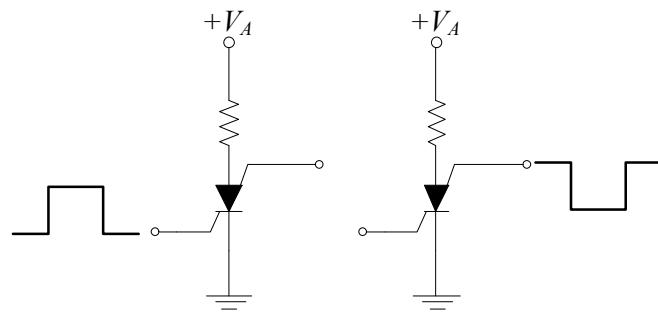
SCS tương tự SCR nhưng có hai cực công và có thể điều khiển SCS đóng tắt bằng hai cực công này, cấu trúc, kí hiệu và sơ đồ tương đương hình 14.22:



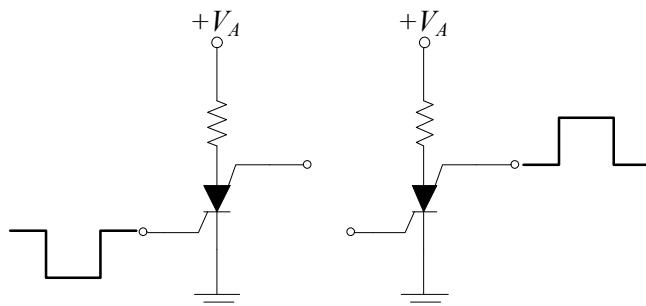
Hình 14.22. SCS a. Cấu trúc; b. Kí hiệu; c. Sơ đồ tương đương.

SCS được điều khiển ở trạng thái dẫn giống như SCR: bằng cách phân cực thuận AK và kích một xung dương tại cực công cathode, ngoài ra nó có thể điều khiển dẫn bằng cách kích một xung âm tại cực công anode.

Để tắt SCS, SCS có thể tắt được bằng điều khiển dòng tại cực công, cách thứ nhất là kích một xung âm tại cực công cathode (tắt Q<sub>2</sub>) và cách thứ hai là kích một xung dương tại cực công anode (tắt Q<sub>1</sub>).



(a) Cách mở một SCS



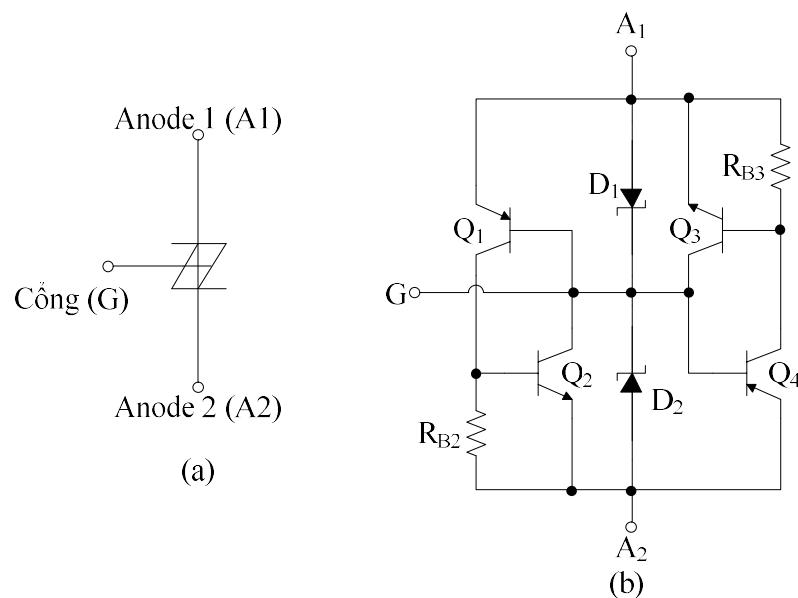
(b) Cách tắt một SCS

Hình 14.23. a. cách mở SCS; b. cách tắt SCS.

Ưu điểm của SCS là chuyển mạch nhanh, nhưng hoạt động với công suất và dòng nhỏ hơn SCR.

### c. SBS ( Silicon Bilateral Switch):

SBS là một linh kiện họ thyristor được thiết kế để cung cấp xung kích khởi dòng cao cho thyristor công suất. Những linh kiện này có thời gian chuyển mạch rất nhanh và điện áp  $V_{BR}$  thấp. SBS thực ra là một mạch tích hợp có cấu trúc và kí hiệu như hình 14.24.

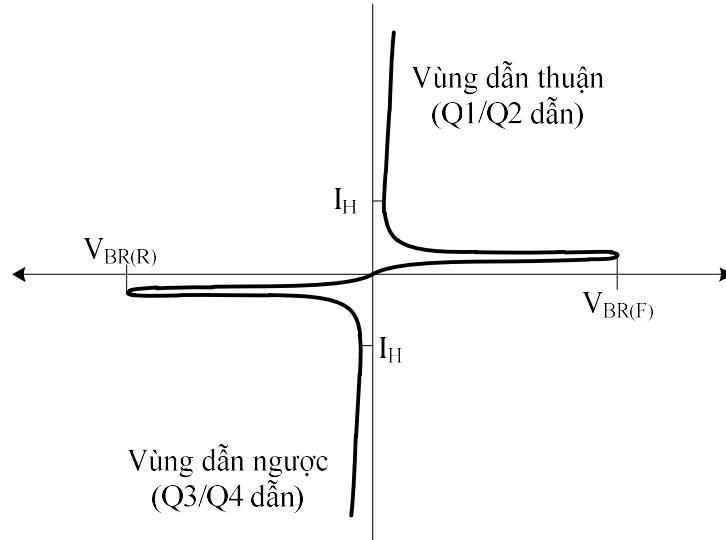


Hình 14.24. Kí hiệu và cấu trúc của SBS.

Cấu trúc bên trong của SBS gồm hai diode 4 lớp: một pn-pn (tương đương hai transistor  $Q_1$  và  $Q_2$ ), một np-np (tương đương hai transistor  $Q_3$  và  $Q_4$ ), vì vậy nó có thể dẫn theo cả hai chiều.

Khi chân A<sub>1</sub> dương áp hơn chân A<sub>2</sub> một giá trị lớn hơn V<sub>z</sub> của D<sub>2</sub>, transistor Q<sub>1</sub> và Q<sub>2</sub> sẽ dẫn do đó SBS sẽ dẫn theo chiều từ A<sub>1</sub> đến A<sub>2</sub>, và ngược lại khi điện áp chân A<sub>1</sub> âm hơn chân A<sub>2</sub> một giá trị lớn hơn V<sub>z</sub> của D<sub>1</sub>, transistor Q<sub>3</sub> và Q<sub>4</sub> sẽ dẫn do đó SBS sẽ dẫn theo chiều từ A<sub>2</sub> đến A<sub>1</sub>. Lưu ý điện áp V<sub>z</sub> của D<sub>1</sub> và D<sub>2</sub> luôn luôn tương đương vì vậy điện áp ngập |V<sub>BR(F)</sub>| = |V<sub>BR(R)</sub>| . Cực công của SBS thường được sử dụng để thay đổi điện áp dẫn của SBS (theo cả hai chiều thuận và nghịch). Cũng giống như SCR SBS khi dẫn sẽ duy trì trạng thái dẫn đến khi dòng qua nó thấp hơn dòng giữ I<sub>H</sub>.

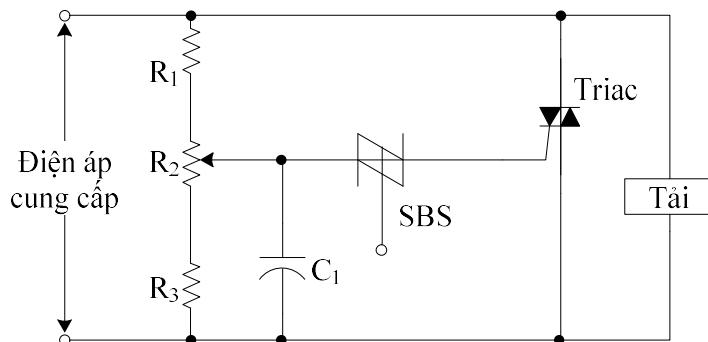
### **Đặc tuyến Vôn- Ampe của SBS**



Hình 14.25. Đặc tuyến vôn – ampe của SBS.

Đường đặc tuyến vôn – ampe của SBS trong hình 14.25. Thông thường điện áp V<sub>BR</sub> thì nhỏ hơn hay bằng 10V, và dòng qua SBS có thể nằm trong giới hạn 100mA hoặc cao hơn.

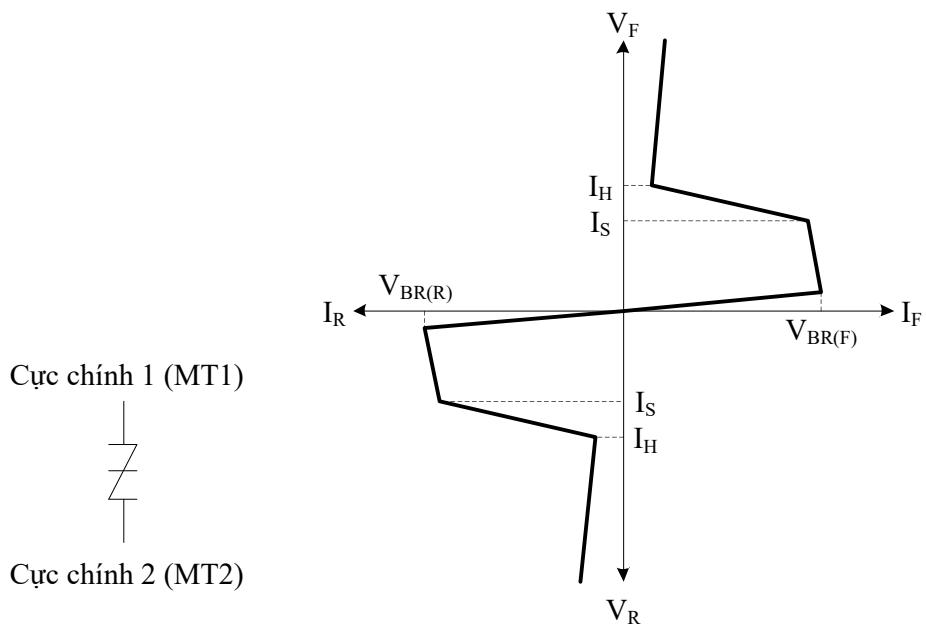
### **Mạch ứng dụng của SBS**



Hình 14.26. Mạch bảo vệ quá áp.

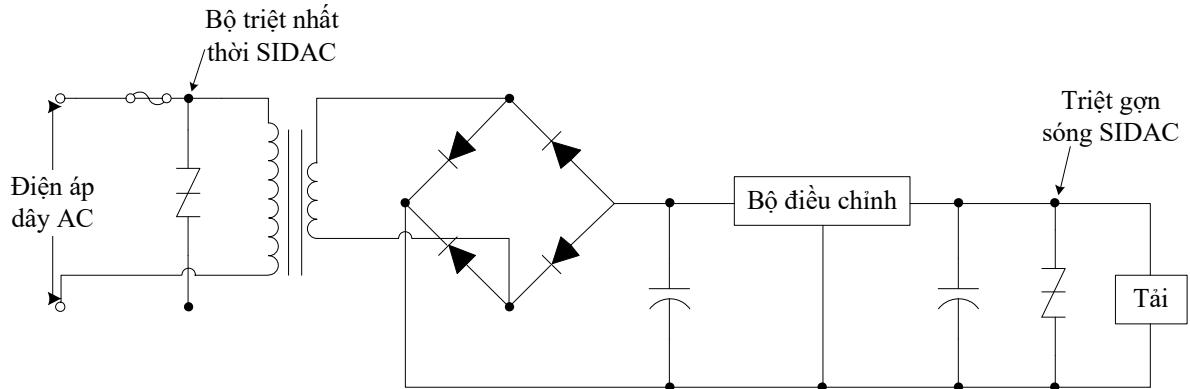
#### **d. SIDAC:**

Sidac là linh kiện hai cực, dẫn điện theo hai chiều, có điện áp ngập rất cao thường từ 100 – 280V, có kí hiệu và đường đặc tuyến như hình 14.27:



Hình 14.27. Kí hiệu và đặc tuyến của SIDAC.

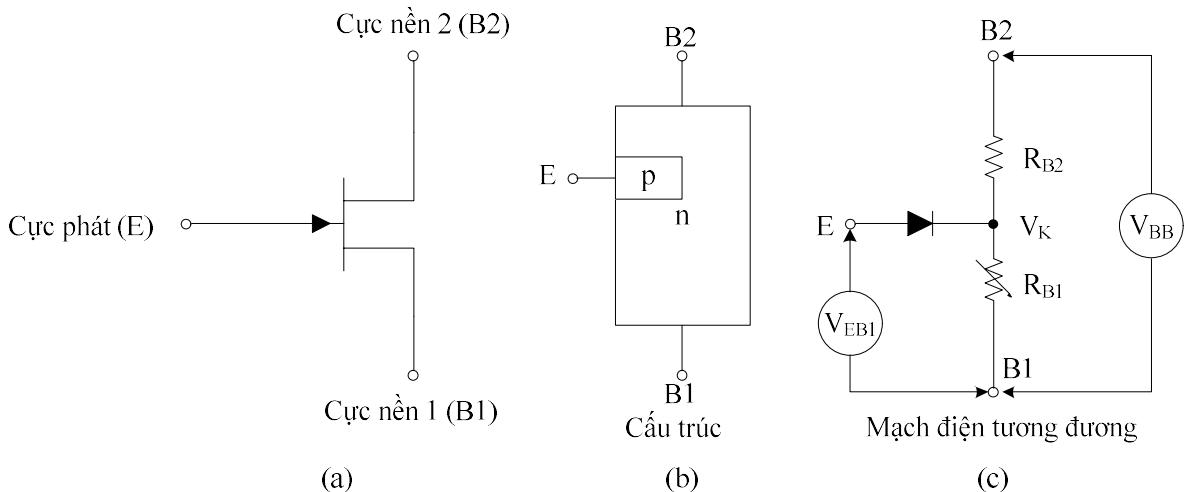
#### Mạch ứng dụng của SIDAC



Hình 14.28. Mạch ứng dụng của SIDAC.

#### 14.2. UJT (Unijunction Transistors)

UJT là linh kiện chuyển mạch 3 cực, có điện áp mở phụ thuộc vào điện áp phân cực. Kí hiệu và cấu trúc của UJT trong hình 14.29:



Hình 14.29. Kí hiệu, cấu trúc và sơ đồ tương đương của UJT.

UJT gồm có 3 điện cực: cực phát (emitter – E) và hai cực nền B<sub>1</sub> và B<sub>2</sub>. Ở sơ đồ tương đương của UJT trong hình 14.29c thì do cực E được kết nối với một chuyển tiếp pn (trong hình 14.29b) nên tương đương một diode, cực cathode của diode được kết nối với một cầu phân áp gồm các điện trở R<sub>B1</sub> và R<sub>B2</sub>, hai điện trở này chính là điện trở của lớp bán dẫn loại n nằm giữa chuyển tiếp pn.

Vậy để diode dẫn thì điện áp tại anode phải dương hơn cathode một giá trị là 0,7 V, và với điện áp phân cực là V<sub>BB</sub> thì điện áp tại cathode sẽ là:

$$V_K = V_{BB} \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \quad (14.4)$$

Người ta gọi tỷ số điện trở trong công thức (14.4) là tỷ số nội suy điện áp ( $\eta$ ) của UJT, khi đó:

$$\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \quad (14.5)$$

vậy công thức 14.4 có thể viết lại như sau:

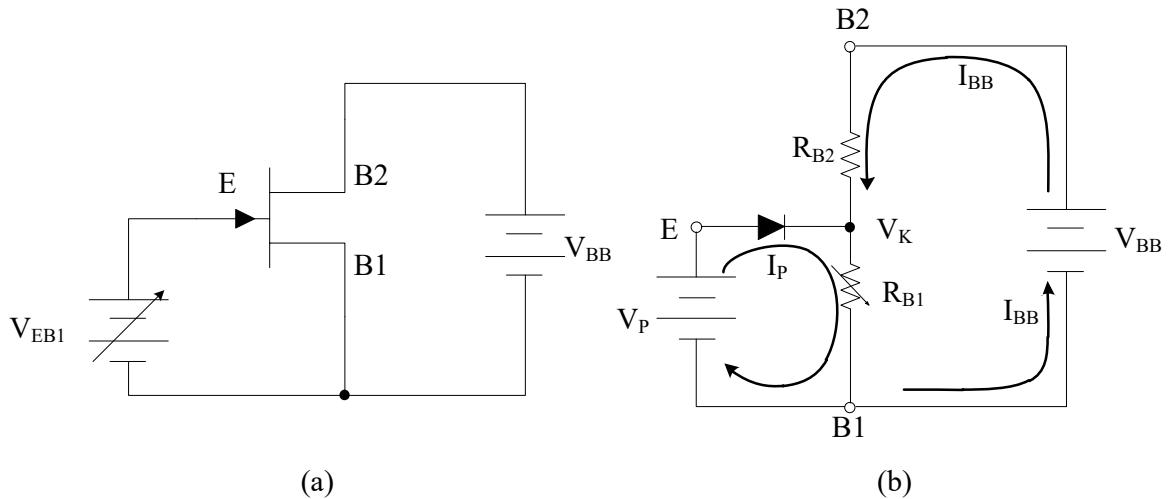
$$V_K = \eta V_{BB} \quad (14.6)$$

Vậy nếu gọi V<sub>p</sub> (peak) là điện áp ngưỡng để UJT dẫn thì:

$$V_p = \eta V_{BB} + 0,7 \text{ V} \quad (14.7)$$

Lưu ý  $\eta$  là thông số của UJT được cho bởi nhà sản xuất (cho trong bảng tra của UJT)

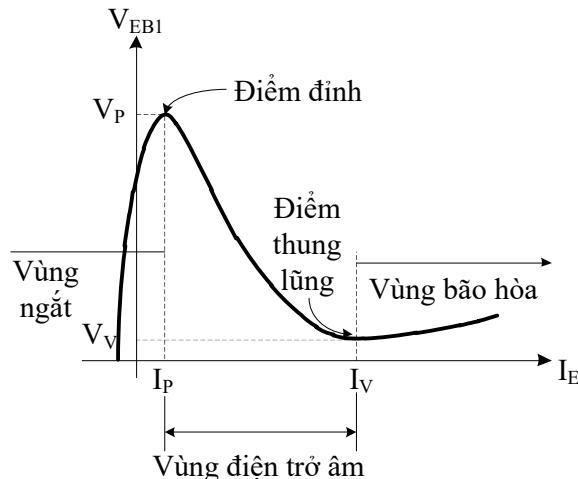
❖ *Nguyên tắc hoạt động của UJT:*



Hình 14.30: mạch phân cực và dòng điện trong UJT.

Điện áp phân cực ( $V_{BB}$ ) được đặt trên hai cực  $B_1$  và  $B_2$  và mối nối  $EB_1$  được đặt điện áp  $V_{EB1}$  như hình 14.30. Khi tăng  $V_{EB1}$  từ 0 và nhỏ hơn  $V_p$  khi đó mối nối  $E - B_1$  tương đương hở mạch vì chưa đủ điện áp để phân cực diode, khi  $V_{EB1}$  đạt tới giá trị  $V_p$  thì mối nối  $E - B_1$  được phân cực thuận và nếu dòng qua cực  $E$  đạt đến giá trị  $I_p$  thì diode dẫn, lúc đó  $I_E$  qua điện trở  $R_{B1}$  và giá trị điện trở này giảm khi dòng  $I_E$  gia tăng, giá trị điện trở  $R_{B2}$  không thay đổi khi xuất hiện dòng  $I_E$ . Kết quả dòng điện có trong đường đặc tuyến hình 14.31.  $I_p$  chính là dòng tối thiểu để UJT dẫn. Và nếu  $I_E$  gia tăng trên giá trị  $I_p$ ,  $R_{B1}$  giảm nhanh chóng, kết quả là  $V_{EB1}$  giảm khi  $I_E$  gia tăng. Điện áp  $V_{EB1}$  giảm đến khi bằng giá trị  $V_v$  và  $I_E$  bằng giá trị  $I_v$  (valley current) thì linh kiện đi vào vùng bão hòa và  $V_{EB1}$  tăng theo  $I_E$ .

#### ❖ Đặc tuyến Vôn – Ampe



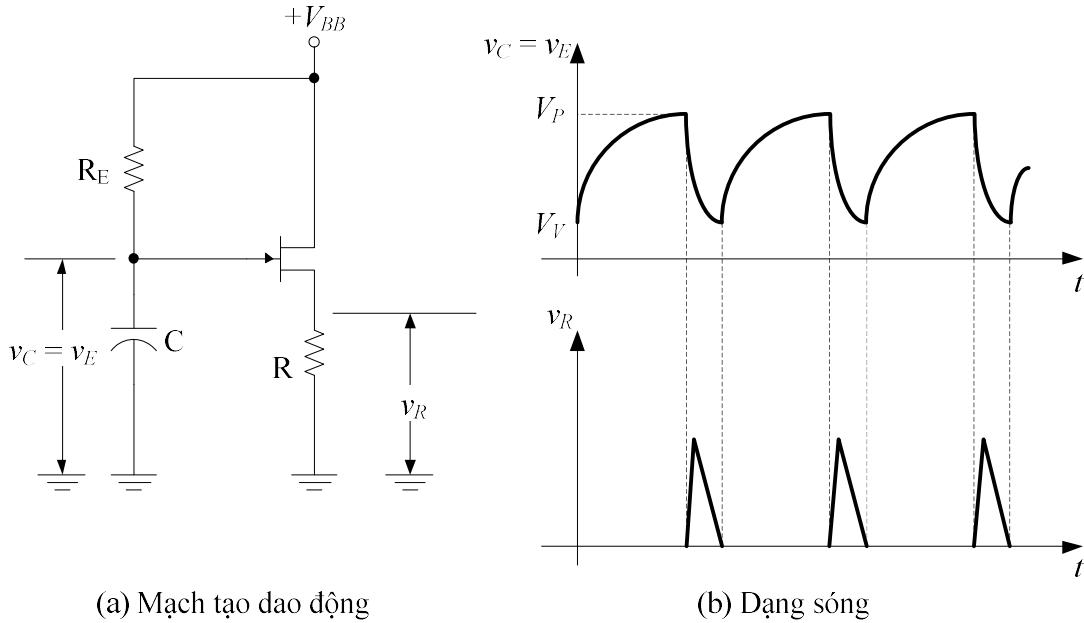
Hình 14.31: Đặc tuyến Vôn – Ampe của UJT.

Trong đường đặc tuyến vôn – ampe của UJT trong hình 14.31,  $V_{EB1}$  và  $I_E$  tỷ lệ nghịch giữa hai điểm đỉnh và điểm thung lũng nên gọi là vùng điện trở âm. Một UJT được kích khởi khi điện áp tại cực E của nó đạt đến giá trị  $V_p$  và dòng qua nó đạt đến giá trị  $I_p$ , khi đó nó sẽ dẫn và dẫn đến khi dòng  $I_E$  qua nó nhỏ hơn  $I_v$ . Khi  $I_E$  bé hơn  $I_v$  thì UJT sẽ trở về vùng tắt và nó chỉ dẫn khi nhận được sự kích khởi trở lại.

#### Mạch ứng dụng của UJT

- ❖ Mạch dao động tích thoát dùng nguồn DC

UJT thường được sử dụng trong những mạch để kích các linh kiện thyristor, ví dụ như SCR hay triac. Một mạch ứng dụng của UJT thường gấp đó chính là mạch dao động tích thoát trong hình 14.32.



Hình 14.32. Mạch dao động tích thoát dùng UJT.

Khi điện áp nguồn đặt vào mạch trong hình 14.32a, tụ C chưa nạp nên  $V_E = V_C = 0$ , UJT tắt, dòng rẽ  $I_{B1}$  và  $I_{B2}$  rất bé nên điện áp tại  $B_1$ :  $V_{B1} = 0$ . Khi đó tụ C bắt đầu nạp điện qua  $R_E$  từ thời điểm  $t_0$  đến  $t_1$ , dạng sóng trên tụ trong hình 14.32b, điện áp trên tụ tăng dần đến thời điểm  $t_1$  thì điện áp nạp trên tụ bằng  $V_p$  do đó điện áp tại cực E bằng điện áp kích khởi, UJT dẫn, điện trở mới nối  $EB_1$  giảm, tụ  $C_T$  xả trong thời gian  $t_1$  đến  $t_2$  tạo một xung gai tại chân  $B_1$ , tại thời điểm  $t_2$  điện áp trên tụ giảm nhanh về giá trị  $V_v$  và dòng qua UJT giảm nhỏ hơn dòng  $I_p$ , UJT tắt, điện áp chân  $B_1$  lại bằng 0, sau đó  $C_T$  tiếp tục nạp từ  $V_v$  đến  $V_p$  và quá trình lặp lại.

Yêu cầu để mạch dao động:

- Điện trở  $R_E$  phải đủ nhỏ để khi điện áp trên tụ đạt giá trị  $V_p$  thì dòng qua cực E phải đạt đến giá trị  $I_p$  (để UJT dẫn)

$$R_E < R_{E(\max)} = \frac{V_{BB} - V_p}{I_p}$$

- Điện trở  $R_E$  phải đủ lớn để dòng qua cực E nhỏ hơn  $I_v$  khi điện áp trên tụ xả đến giá trị  $V_v$  (để tắt UJT).

$$R_E > R_{E(\min)} = \frac{V_{BB} - V_v}{I_v}$$

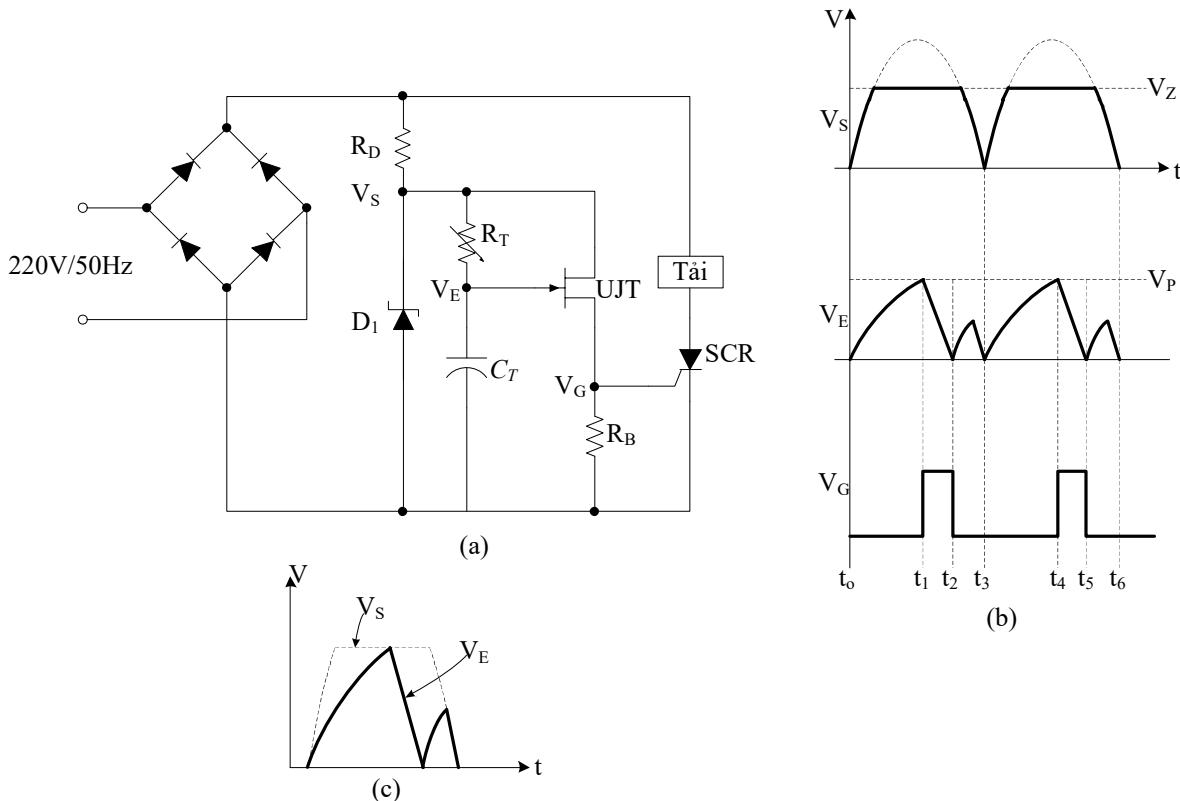
Chu kỳ dao động của mạch được tính như sau: do thời gian xả của tụ khá nhanh nên có thể tính gần đúng chu kỳ dao động của mạch bằng thời gian nạp của tụ:

$$T = R_E C \ln \frac{V_{BB} - V_v}{V_{BB} - V_p}$$

Vì  $V_v \ll V_B$  và  $V_p = \eta V_{BB} + V_D \gg V_D$ , nên:

$$T \cong R_E C \ln \frac{V_{BB}}{V_{BB} - V_p} = R_E C \ln \left( \frac{1}{1 - \eta} \right)$$

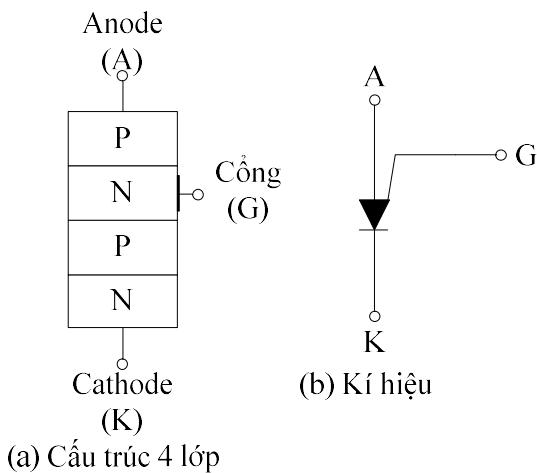
- Lưu ý giá trị điện trở  $R$  phải bé hơn  $R_{BB}$  để không ảnh hưởng đến giá trị  $V_P$ .
  - Mạch dao động tích thoát dùng chung nguồn AC với SCR.



Hình 14.33. Mạch ứng dụng của UJT kích SCR.

#### PUT (The Programmable UJT)

PUT không phải là transistor đơn mối nối, mà là linh kiện 4 lớp tương tự SCR, tuy nhiên tên của nó được đặt dựa vào đặc điểm của đường đặc tuyến và các ứng dụng của nó tương tự UJT, cấu trúc và kí hiệu của PUT trong hình 14.34.

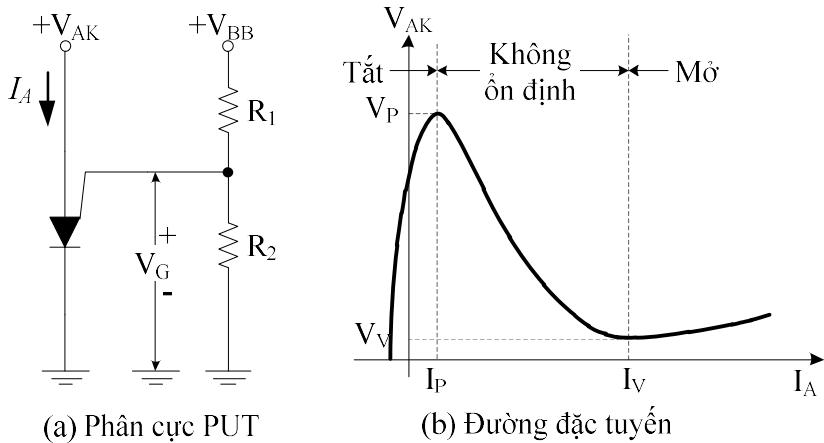


Hình 14.34. Cấu trúc và kí hiệu PUT.

Trong hình 14.34, ta thấy cấu trúc của PUT giống SCR nhưng chỉ khác là cực cổng nối với bán dẫn loại N, giống như cực cổng anode của SCS.

Trong ứng dụng, cực cổng của PUT được phân cực với một điện áp dương so với cực cathode của PUT (điện áp lập trình), khi đó nếu điện áp tại anode dương hơn điện áp cực cổng 0,7 V thì

PUT sẽ dẫn. Như vậy PUT “được lập trình” bằng điện áp phân cực giữa cực cổng và cathode. Mạch phân cực cho PUT và đường đặc tuyến trong hình 14.35.



Hình 14.35. a. Mạch phân cực PUT; b. Đường đặc tuyến Vôn – ampe của PUT.  
Từ hình 14.35, ta có thể định các thông số cho PUT (theo các thông số của UJT)

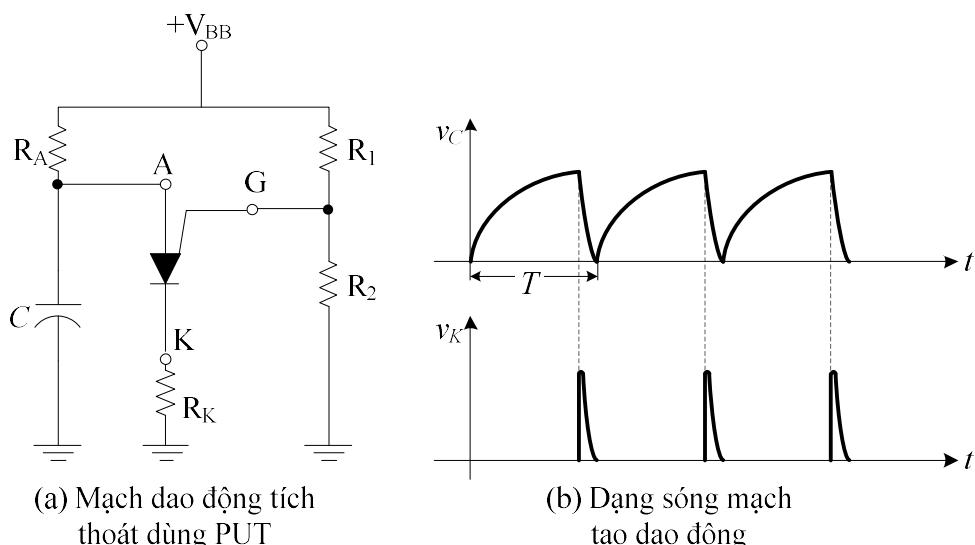
$$\eta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$R_1, R_2$ : điện trở trong mạch chia áp hình 14.35a.

$$V_G = \eta V_{BB}$$

$$V_P = V_G + V_D = \eta V_{BB} + V_D$$

Mạch dao động tích thoát dùng PUT.



Hình 14.36. Mạch dao động tích thoát dùng PUT.

Chu kì dao động của mạch:

$$T \cong R_A C \ln\left(\frac{1}{1-\eta}\right)$$

Điều kiện để mạch dao động:

$$R_A < R_{A(\max)} = \frac{V_{BB} - V_P}{I_P}$$

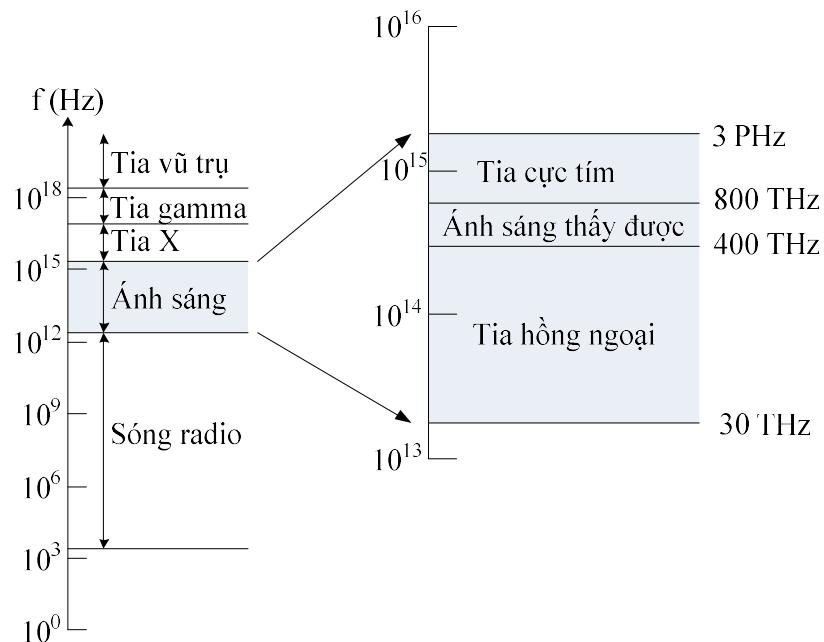
$$R_A > R_{A(\min)} = \frac{V_{BB} - V_V}{I_V}$$

### 14.3. LINH KIỆN QUANG

#### 14.1.5. Đặc điểm của ánh sáng:

Ánh sáng là một loại năng lượng điện từ phụ thuộc giới hạn tần số như trong hình 14.48. Phổ ánh sáng từ 30 THz đến 3 PHz.

(P: peta 1PHz =  $10^{15}$  Hz, T: tera 1THz=  $10^{12}$ Hz)



Hình 14.37. Phổ của ánh sáng.

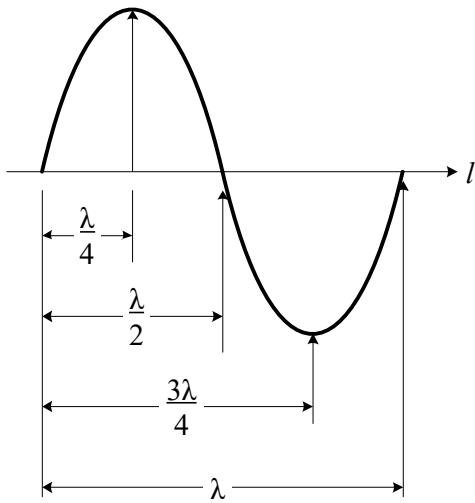
Hai thông số thường dùng cho ánh sáng: bước sóng ( $\lambda$ ) và cường độ.

- Bước sóng là chiều dài vật lý của một chu kì của một sóng điện từ được truyền đi:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

c: tốc độ ánh sáng  $3 \cdot 10^{17}$  nm/s

f: tần số của tín hiệu được truyền



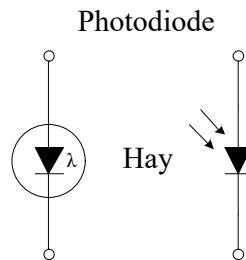
Hình 14.38. Buộc sóng.

Linh kiện phát quang và thu quang phải phù hợp với nhau qua thông số bước sóng. Ví dụ ta dùng một linh kiện phát quang để lái một linh kiện thu quang, thì hai linh kiện này phải cùng bước sóng.

- Cường độ ánh sáng là lượng ánh sáng trên một đơn vị diện tích mà thiết bị thu quang nhận được. Lưu ý cường độ ánh sáng giảm khi khoảng cách giữa linh kiện thu và phát tăng.

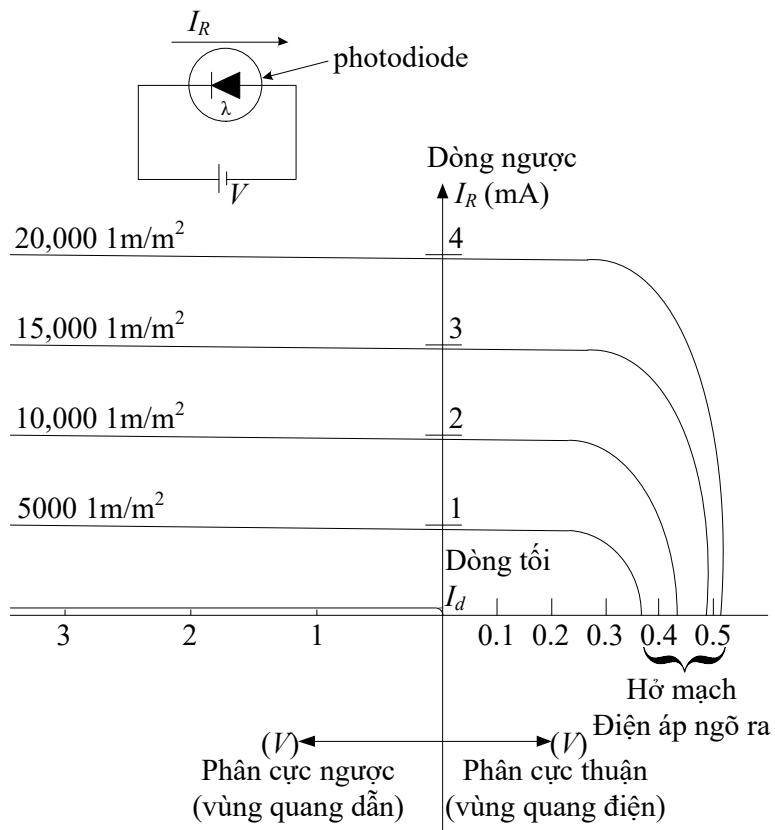
#### 14.1.6. Photodiode (diode thu quang):

Photodiode là diode làm việc ở chế độ phân cực ngược, dòng điện ngược qua nó được điều khiển bởi cường độ ánh sáng chiếu vào. Khi cường độ ánh sáng tại ngõ vào thu quang của diode tăng thì dòng ngược qua nó cũng tăng theo. Kí hiệu của photodiode như hình 14.39.



Hình 14.39. Kí hiệu của photodiode.

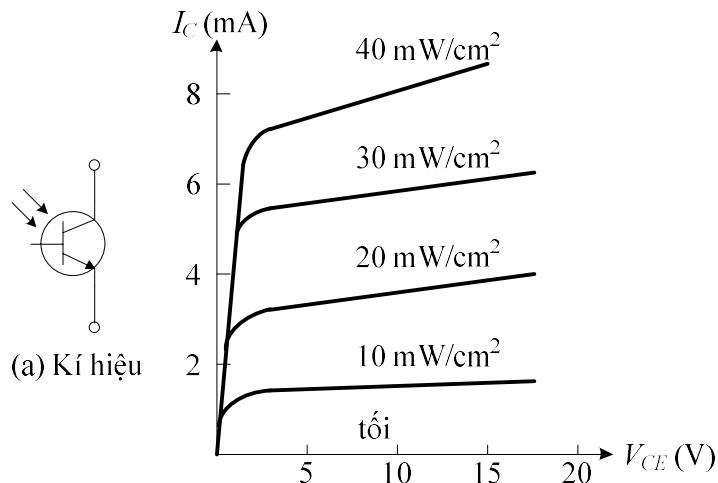
#### ❖ Đặc tính của photodiode



Hình 14.40. Đặc tuyến của photodiode.

#### 14.1.7. Phototransistor:

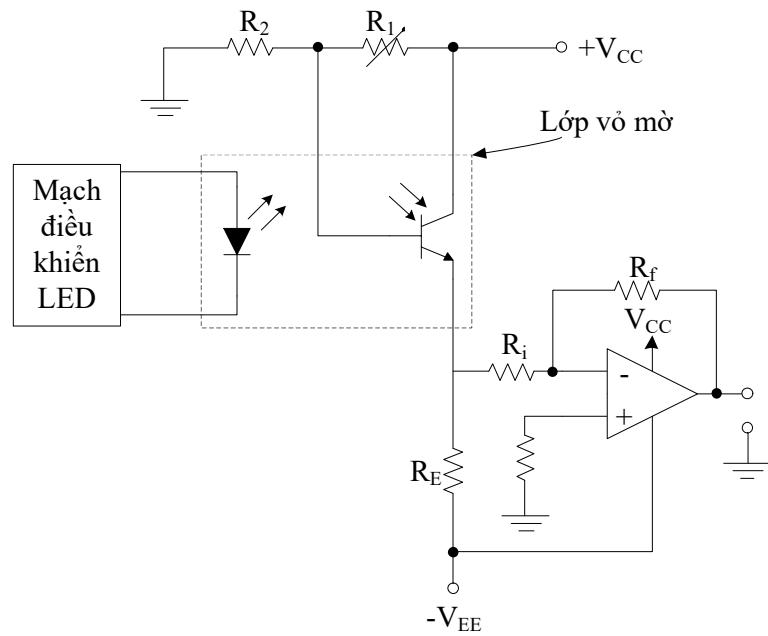
Là linh kiện thu quang 3 cực, trong đó dòng collector ( $I_C$ ) được điều khiển bởi cường độ ánh sáng tại ngõ vào quang học của nó (miền base).



(b) Đặc tính ngõ ra thông thường

Hình 14.41. a. Kí hiệu của phototransistor; b. Đặc tuyến vôn- ampe của phototransistor.

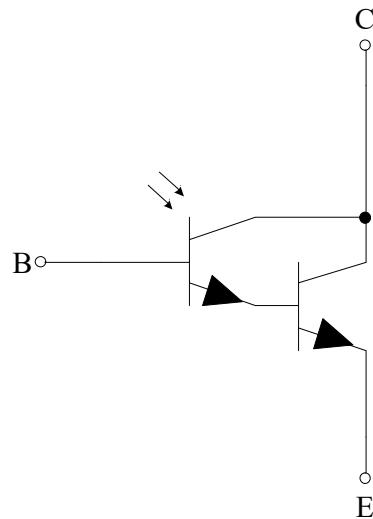
❖ **Mạch sử dụng phototransistor**



Hình 14.42. Mạch ứng dụng phototransistor.

#### 14.1.8. Photo - Darlington:

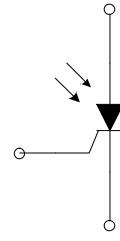
Photo - Darlington là phototransistor mà cấu trúc là hai transistor mắc darlington lại với nhau như Hình 14.43:



Hình 14.43. Kí hiệu của photo-darlington.

#### 14.1.9. LASCR (light - activated SCR) hay photo-SCR:

Là linh kiện 3 cực, trong đó cực công được điều khiển bởi cường độ ánh sáng (Hình 14.44). Kí hiệu LASCR.

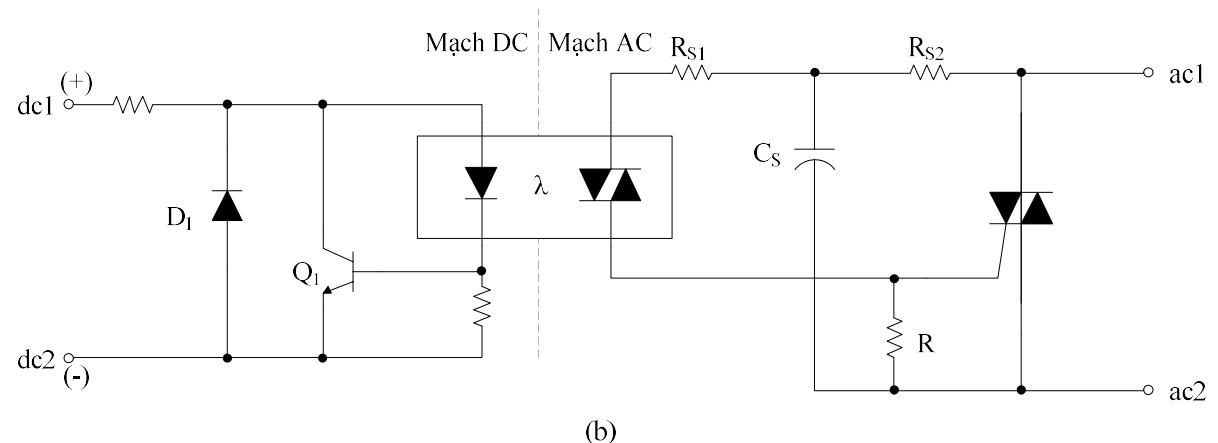
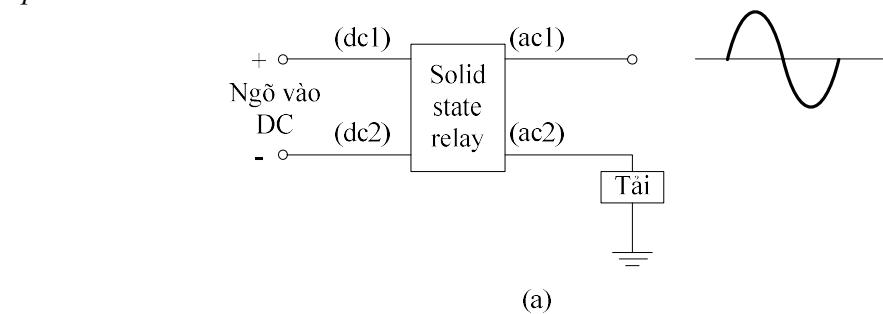


Hình 14.44. Kí hiệu LASCR.

#### 14.1.10. Opto:

Là một mạch tích hợp gồm cả hai linh kiện thu quang và phát quang. Trong đó linh kiện phát quang luôn luôn là led còn linh kiện thu quang có thể là bất cứ linh kiện nào ở trên. Ứng dụng thường gặp của opto là dùng để cách ly mạch điều khiển và mạch công suất.

Mạch ứng dụng của  
opto:

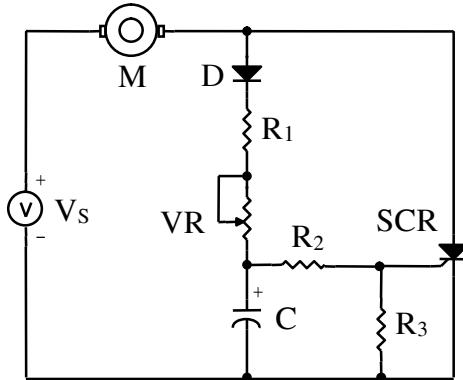


Hình 14.45. Mạch ứng dụng của opto.

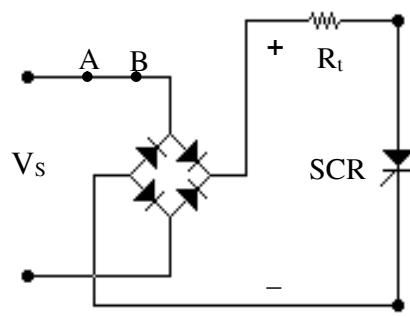
#### 14.4. BÀI TẬP CHƯƠNG 18

- Câu 1:** SCR là linh kiện chỉnh lưu .....  
**Câu 2:** SCR hoạt động giống như diode khi được kích. Đúng:... Sai:...
- Câu 3:** SCR dẫn điện khi A- K phân cực ..... và .....
- Câu 4:** Tại sao có hiện tượng tự kích trong SCR, nêu biện pháp bảo vệ.
- Câu 5:** Tại sao phải tắt SCR trong mạch DC, nêu các biện pháp tắt.
- Câu 6:** Có cần biện pháp đặc biệt để tắt SCR trong mạch AC, tại sao?
- Câu 7:** TRIAC được cấu tạo bởi . . . lớp bán dẫn.
- Câu 8:** TRIAC được xem như 2 SCR mắc .....
- Câu 9:** TRIAC dẫn điện ở cả bán kỵ dương và bán kỵ âm. Đúng:... Sai:...
- Câu 10:** Giải thích nguyên tắc hoạt động của TRIAC theo hình 14.15(b)
- Câu 11:** DIAC là linh kiện bán dẫn có . . . cực , dẫn theo . . . chiều.
- Câu 12:** DIAC chỉ dẫn điện khi điện áp phan cực lớn hơn giá trị ngưỡng. Đúng:... Sai:...
- Câu 13:** Hãy so sánh sự giống và khác nhau giữa diode, SCR, DIAC, TRIAC.
- Câu 14:** Cho mạch điện như hình 14.46(a), biết điện áp nguồn xoay chiều,  $V_s = 311\sin 314t$  [V].

- Tính giá trị trung bình của điện áp trên động cơ M khi góc kích cho SCR  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ .
- Vẽ dạng sóng điện áp trên động cơ M trong trường hợp trên.
- Tính phạm vi điều khiển của điện áp trên động cơ M ( $V_{Mmin}, V_{Mmax}$ ).



Hình 14.46(a) Mạch điều khiển động cơ.

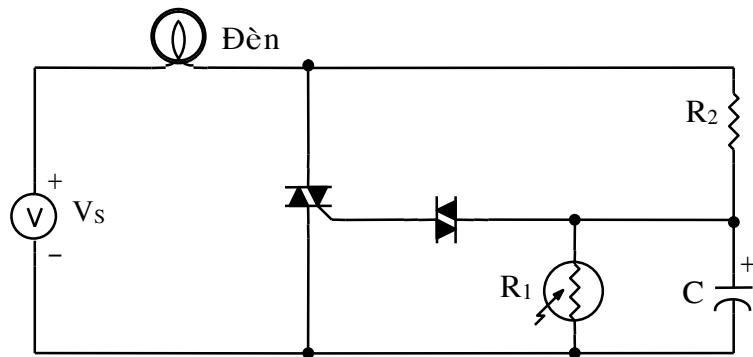


Hình 14.46(b) Điều khiển toàn kỵ.

- Câu 15:** Cho mạch như hình 14.46(b), tải  $R_t$  ở vị trí như trên hình vẽ. Biết điện áp nguồn xoay chiều,  $V_s = 311\sin 314t$  [V].

- Tính giá trị trung bình của điện áp trên tải  $R_t$  khi góc kích cho SCR  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ .
- Vẽ dạng sóng điện áp trên tải  $R_t$  trong trường hợp trên.
- Tính phạm vi điều khiển của điện áp trên tải  $R_t$  ( $V_{Rtmin}, V_{Rtmax}$ ).

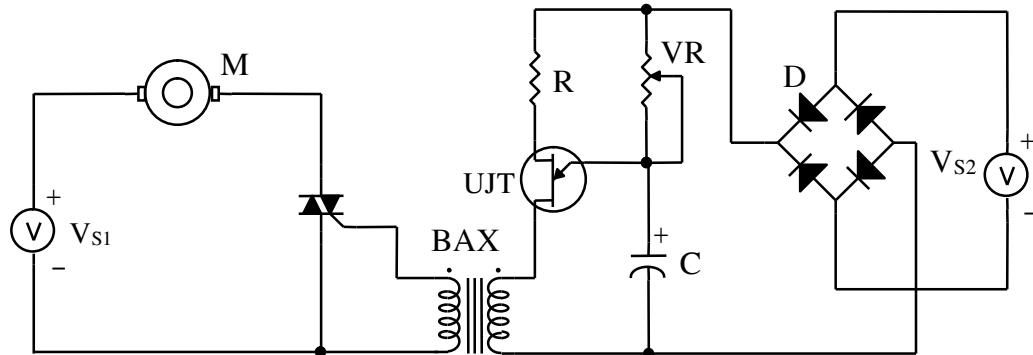
**Câu 16:** Dựa vào hình 14.47, hãy vẽ mạch đóng mở cửa theo yêu cầu sau: cửa đóng khi có ánh sáng và cửa mở khi không có ánh sáng.



Hình 14.47. Mạch tự động đóng mở đèn.

**Câu 17:** Cho mạch điện như hình 14.48, biết điện áp nguồn xoay chiều,  $V_{S1} = 311\sin 314t$  [V].

- a. Tính giá trị hiệu dụng của điện áp trên động cơ M khi góc kích cho TRIAC  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ .
- b. Vẽ dạng sóng điện áp trên động cơ M trong trường hợp trên.
- c. Tính phạm vi điều khiển của điện áp trên động cơ M ( $V_{M\min}, V_{M\max}$ ).



Hình 14.48 Mạch điều khiển động cơ AC.

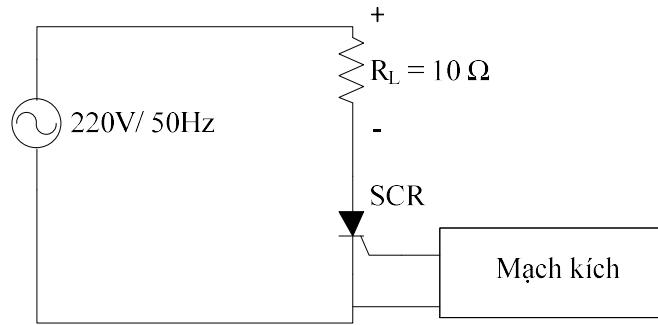
**Câu 18:** Nếu thay TRIAC trong mạch 14.48 bằng 2 SCR mắc song song ngược nhau.

- a. Hãy thiết kế mạch cấp xung điều khiển cho 2 SCR.
- b. Giải thích nguyên tắc hoạt động của mạch vừa thiết kế.

**Hướng dẫn:** Sử dụng hai biến áp xung cuộn sơ cấp mắc song song, hoặc sử dụng một biến áp xung có một cuộn sơ cấp và hai cuộn thứ cấp.

**Câu 19:** Cho mạch điều khiển như Hình 14.49.

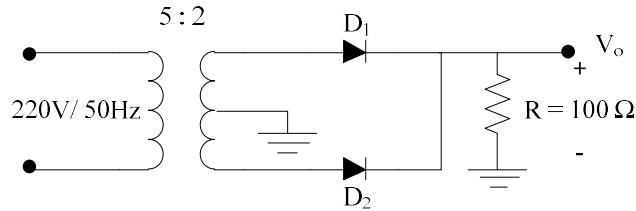
- a. Vẽ dạng sóng điện áp ngõ ra với  $\alpha = 45^\circ$
- b. Tính điện áp trung bình qua tải  $V_{0TB}$ , dòng  $I_{0TB}$ , công suất  $P_{RL}$ .
- c. Xác định góc kích  $\alpha$  để  $P_{RL} = 20W$ .



Hình 14.49

**Câu 20:** Cho mạch chỉnh lưu như Hình 14.50.

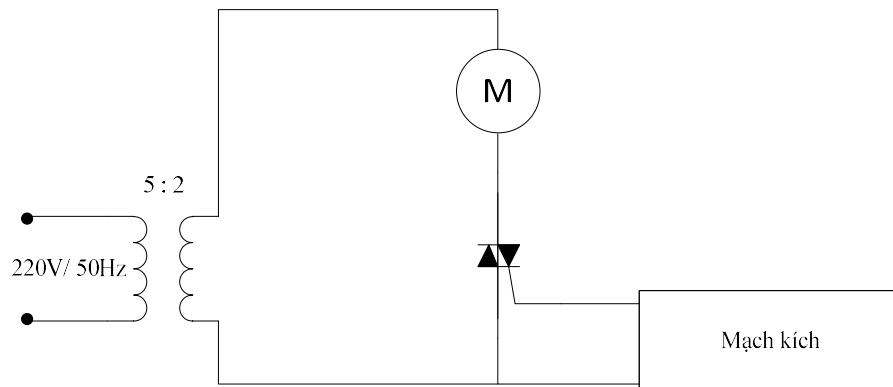
- Vẽ dạng sóng điện áp ngõ ra  $V_o$ .
- Tính  $V_{0TB}$ ,  $I_R$ ,  $P_R$ .
- Thay Diode  $D_1$  bằng một  $SCR_1$ .
  - Vẽ dạng sóng ngõ ra khi góc kích  $\alpha = 45^\circ$ .
  - Tính  $V_{0TB}$ ,  $I_R$ ,  $P_R$  tương ứng.
- Thay Diode  $D_1$  và  $D_2$  bằng 2  $SCR_1$  và  $SCR_2$ .
  - Vẽ dạng sóng ngõ ra khi góc kích  $\alpha = 30^\circ$ .
  - Tính  $V_{0TB}$ ,  $I_R$ ,  $P_R$  tương ứng.



Hình 14.50

**Câu 21:** Cho mạch điều khiển động cơ như Hình 14.51.

- Vẽ dạng sóng điện áp trên động cơ ( $\alpha = 60^\circ$ ).
- Tính điện áp hiệu dụng trên động cơ.
- Tính tốc độ quay của động cơ, biết rằng  $U_{dc} = 100V$  và  $n = 1000$  vòng/phút.



Hình 14.51