

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ**  
**KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN & TRUYỀN THÔNG**  
**BỘ MÔN HỆ THỐNG MÁY TÍNH & TRUYỀN THÔNG**



GIÁO TRÌNH

# **THÍ NGHIỆM ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT**

BIÊN SOẠN: ĐOÀN HÒA MINH

## THÔNG TIN VỀ TÁC GIẢ

### PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG CỦA GIÁO TRÌNH

#### 1. THÔNG TIN VỀ TÁC GIẢ



Họ và tên: **ĐOÀN HÒA MINH**

Sinh năm: **1956**

Cơ quan công tác:

Bộ môn: **Hệ thống máy tính và truyền thông (HTMT&TT)**

(Đã giảng dạy trên 15 năm ở bộ môn Viễn thông & Tự động hóa, chuyển sang bộ môn HTMT&TT từ 2008)

Khoa: **Công nghệ thông tin và truyền thông.**

Trường: **Đại học Cần Thơ**

Địa chỉ email để liên hệ: [dhminh@cit.ctu.edu.vn](mailto:dhminh@cit.ctu.edu.vn)

#### 2. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG CỦA GIÁO TRÌNH

- ③ Giáo trình có dùng để tham khảo ở những ngành: **Kỹ thuật Điện, Điện tử, Tự động hóa của các trường đại học kỹ thuật.**
- ③ Từ khóa: **Linh kiện công suất, chỉnh lưu, ổn áp một chiều, điều khiển công suất, biến tần gián tiếp, biến tần trực tiếp, lập trình mô phỏng, MATLAB, PSIM, mạch tạo xung kích.**
- ③ Yêu cầu kiến thức trước khi học về môn này: **đã học lý thuyết về Điện tử công suất.**
- ③ Chưa xuất bản

## CHÚ Ý AN TOÀN ĐIỆN

Tất cả các mạch thí nghiệm đều sử dụng trực tiếp nguồn điện xoay chiều 220V. Do đó khi thực tập sinh viên phải luôn cảnh giác giữ an toàn về người lẫn thiết bị thí nghiệm.

Để bảo đảm an toàn sinh viên phải tuyệt đối chấp hành các qui định sau đây:

1. Không được chạm vào mạch điện khi đã mở nguồn cấp điện.
2. Khi mắc điện xong, phải báo cáo cho cán bộ hướng dẫn kiểm tra, có sự đồng ý của cán bộ hướng dẫn mới được mở nguồn cấp điện.
3. Khi đo điện áp, dòng điện hoặc xem dạng sóng cần phải:
  - Sử dụng đúng giai đo.
  - Đặt que đo đúng chỗ, đúng cực.
  - Khi xem dạng sóng ở những điểm có điện thế cao phải dùng bộ điện cực (probe) có giảm áp.
4. Sắp xếp thiết bị và dây dẫn điện ngăn nắp, gọn gàng, thao tác chính xác, tập trung làm bài, không đùa giỡn.
5. Không được di dời các thiết bị thí nghiệm từ bài này sang bài khác.
6. Khi thực tập xong phải tắt điện, sắp xếp gọn gàng các thiết bị trước khi ra về.

Sinh viên sẽ chịu trách nhiệm về các sự cố và bồi thường thiết bị hư hỏng nếu không chấp hành đúng các qui định trên.

## MỤC LỤC

THÔNG TIN VỀ TÁC GIẢ .....	2
1. THÔNG TIN VỀ TÁC GIẢ .....	2
2. PHẠM VI VÀ ĐỐI TƯỢNG SỬ DỤNG CỦA GIÁO TRÌNH .....	2
CHÚ Ý AN TOÀN ĐIỆN .....	3
MỤC LỤC .....	4
LỜI NÓI ĐẦU .....	7
BÀI 1: KHẢO SÁT LINH KIỆN CÔNG SUẤT CƠ BẢN .....	8
1.1. MỤC ĐÍCH .....	8
1.2. KIẾN THỨC NỀN .....	8
1.2.1. BJT công suất: .....	
8 a) Tải đặt ở chân E .....	8
b) Đặt tải ở chân C .....	9
c) Điều khiển gián tiếp .....	9
1.2.2. MOSFET công suất:.....	10
1.2.3. SCR .....	10
a. Ký hiệu .....	
10 b. Khi phân cực thuận: .....	11
c. Khi phân cực nghịch:.....	11
d. Tóm lại: .....	11
1.2.4. TRIAC .....	11
1.3. THỰC HÀNH: .....	12
1.3.1. BJT: .....	12
1.3.2. MOSFET .....	12
1.3.3. SCR .....	13
A. Mắc mạch như hình sau: (Hình 1.20):.....	13
B. Mắc mạch như hình sau (Hình 1.21): .....	13
1.3.4. TRIAC .....	14
A. Mắc mạch như hình sau (Hình 1.22): .....	14
B. Mắc mạch như hình sau (Hình 1.23): .....	14
1.4. THIẾT BỊ: .....	15
1.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	15

BÀI 2: MÔ PHỎNG LINH KIỆN CÔNG SUẤT CƠ BẢN .....	16
2.1. MỤC ĐÍCH .....	16
2.2. NỘI DUNG .....	16
2.2.1. DIODE: .....	16

TaiLieu.vn

2.2.1.1. Mô hình toán học [6]: .....	16
2.2.1.2. Thực hành:.....	17
2.2.2. TRANSISTOR .....	17
2.2.2.1. Mô hình toán học [6]: .....	18
Trong mô hình Ebers-Moll cơ bản (hình 3.c), các dòng điện $I_C$ , $I_B$ , $I_E$ được xác định bởi các biểu thức sau: .....	18
2.2.2.2. Thực hành: [1], [3], [7], [8], [9], [10], [11] .....	19
2.2.3. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) .....	20
2.2.3.1. E-MOSFET transistor [2], [12] .....	20
2.2.4. THYRISTOR (SCR) [2], [10] .....	21
2.2.4.1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của SCR là: .....	22
2.2.4.2. Thực hành [1], [3], [6], [7], [8], [9], [10], [11] .....	22
2.2.5. TRIAC [2], [12].....	22
2.2.5.1. Các thông số kỹ thuật cơ bản của TRIAC là:.....	23
2.2.5.2. Thực hành:.....	23
2.3. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	23
BÀI 3: CHỈNH LƯU MỘT PHA CÓ ĐIỀU KHIỂN .....	24
3.1. MỤC ĐÍCH .....	24
3.2. CÁC KIẾN THỨC LIÊN QUAN .....	24
3.2.1. Sinh viên ôn lại:.....	24
3.2.2. Sinh viên tìm hiểu và giải thích nguyên tắc hoạt động của mạch tạo xung kích: .....	24
3.3. THỰC HÀNH: .....	24
3.3.1. Khảo sát Board mạch tạo xung kích: .....	24
3.3.2. Khảo sát nguyên tắc điều khiển góc mở: .....	26
3.3.3. Khảo sát chỉnh lưu cầu dùng 4 diode công suất: .....	27
3.3.4. Khảo sát chỉnh lưu cầu, bán điều khiển.....	27
3.3.5. Chỉnh lưu cầu 1 pha điều khiển hoàn toàn .....	28
28 a. Mặc tải R ( bóng đèn): .....	28
28 b. Mặc tải R-L (gồm đèn và cuộn cảm nối tiếp): .....	28
3.4. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	28
3.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	29

BÀI 4: LẬP TRÌNH MÔ PHỎNG MẠCH CHỈNH LƯU BẰNG MATLAB.....	30			
4.1. MỤC ĐÍCH .....	30			
4.2. KIẾN THỨC NỀN .....	30			
4.3. THỰC HÀNH .....	30			
4.3.1. Chỉnh lưu 3 pha mạch tia không điều khiển.....				
30	a.	Chương	trình	mẫu
1:.....				31

TaiLieu.vn

b. Câu hỏi: .....	33
4.3.2. CHỈNH LƯU 3 PHA MẠCH TIA CÓ ĐIỀU KHIỂN.....	34
a. Chương trình mẫu 2:.....	
34	b. Câu hỏi: .....
.....	36
4.4. TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	38
BÀI 5: MÔ PHỎNG MẠCH CHỈNH LƯU MỘT PHA CÓ ĐIỀU KHIỂN BẰNG PSIM .....	39
5.1. MỤC ĐÍCH: .....	39
5.2. KIẾN THỨC NỀN: .....	39
5.3. THỰC HÀNH: .....	41
5.3.1. Mạch chỉnh lưu điều khiển một pha nửa chu kỳ: .....	41
5.3.2. Mạch chỉnh lưu điều khiển một pha hai nửa chu kỳ: .....	42
5.4. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	43
BÀI 6: ỔN ÁP MỘT CHIỀU .....	44
6.1. MỤC ĐÍCH .....	44
6.2. SƠ LƯỢC VỀ LÝ THUYẾT .....	44
6.2.1. Ổn áp tuyến tính .....	44
6.2.2. Ổn áp ngắt mở .....	45
6.3. PHẦN THỰC HÀNH .....	47
6.3.1. Ổn áp tuyến tính .....	47
6.3.2. Ổn áp ngắt mở: .....	49
6.3.2.1. Vi mạch KA3842 có sơ đồ chân: .....	50
6.3.2.2. Sinh viên khảo sát mạch và thực hiện các công việc sau: .....	50
6.4. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM:.....	51
6.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	51
BÀI 7: ĐIỀU KHIỂN CÔNG SUẤT AC.....	52
7.1. MỤC ĐÍCH: .....	52
7.2. SƠ LƯỢC LÝ THUYẾT: .....	52
7.3. CÂU HỎI VÀ THỰC HÀNH .....	53
A. Câu hỏi lý thuyết : .....	



53

B. Câu hỏi thực hành :.....	54
7.4. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM:.....	56
7.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	56
BÀI 8: BIẾN TẦN GIÁN TIẾP .....	57
8.1. MỤC ĐÍCH .....	57
8.2. SƠ LƯỢC VỀ LÝ THUYẾT BIẾN TẦN .....	57
8.2.1. Phân loại .....	57
8.2.2. Cấu tạo: .....	57

TaiLieu.vn

a. Bộ chỉnh lưu và mạch trung gian một chiều:.....	
58 b. Bộ nghịch lưu áp	
.....	58
8.2.3. Phương pháp điều khiển bộ nghịch lưu áp : .....	
60 a. Phương pháp điều chế độ rộng sin (sin PWM) .....	60
b. Phương pháp điều chế độ rộng xung vuông (Square PWM) .....	60
c. Phương pháp điều chế độ rộng xung tối ưu (Optimum PWM) .....	61
8.2.4. Giới thiệu về biên tần SIEMENS G110 .....	
61 a. Giới thiệu chung	
.....	61
b. Sơ lược cấu tạo.	
.....	62
c. Sử dụng.....	63
8.3. CÂU HỎI VÀ THỰC HÀNH .....	65
A. Câu hỏi lý thuyết .....	65
B. Phần thực hành trên bộ biến tần dùng BJT công suất và mạch tạo xung kích dùng vi điều khiển 89C51.	
.....	65
C. Phần thực hành trên bộ biến tần Siemens G110. ....	
66	
1. Điều khiển G110 từ các DIN.....	
66	
2. Điều khiển G110 từ BOP .....	
66	
8.4. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM.....	67
8.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:.....	68
BÀI 9: BIẾN TẦN TRỰC TIẾP .....	69
9.1. MỤC ĐÍCH .....	69
9.2. SƠ LƯỢC LÝ THUYẾT .....	
69	
9.2.1. Mạch công suất: .....	
69	
9.2.2. Mạch điều khiển (mạch tạo xung kích): .....	
69	
9.3. CÂU HỎI VÀ THỰC HÀNH .....	71
A. Câu hỏi lý thuyết: .....	
72	
B. Câu hỏi thực hành .....	
73	
1. Khảo sát mạch tạo xung kích: .....	

73

2. Khảo sát mạch công suất:.....

73

9.4. THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM:..... 74

9.5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:..... 74

TaiLieu.vn

## LỜI NÓI ĐẦU

Năm 2001, Bộ môn Viễn thông và điều khiển tự động, Khoa Công nghệ thông tin & truyền thông, Trường Đại học Cần Thơ, đã thực hiện thiết kế lại các bài thí nghiệm Điện tử công suất. Các bài thí nghiệm này đã được thiết kế bao gồm thiết bị thí nghiệm và giáo trình, phục vụ cho các chuyên ngành Điện tử, Viễn thông, Tự động hóa, Kỹ thuật điện,...

Giáo trình thí nghiệm Điện tử công suất được thực hiện lần này là sự bổ sung và cải tiến giáo trình thí nghiệm Điện tử công suất năm 2001. Giáo trình được biên soạn gồm 9 bài thực tập cho học phần 2 tín chỉ, thời lượng là 60 tiết thực tập, mỗi bài được thực hành với thời gian 6 tiết, 6 tiết còn lại dành cho kiểm tra học phần. Tuy nhiên, ta cũng có thể chọn ra 5 bài cho học phần 1 tín chỉ.

Tôi xin chân thành cảm ơn quý thầy cô trong Bộ môn Viễn thông & Kỹ thuật điều khiển, Khoa Công nghệ thông tin & Truyền thông, hiện nay là Bộ môn Viễn thông và Bộ môn Tự động hóa, khoa Công nghệ, đã tham gia thực hiện các bài thí nghiệm năm 2001.

Cảm ơn ThS. Phạm Văn Tấn, ThS. Nguyễn Hoàng Dũng, TS. Trần Thanh Hùng và quý thầy, cô khác đã có nhiều đóng góp để hoàn thành giáo trình này.

*Cần Thơ, ngày 18 tháng 2 năm 2009*

**ĐOÀN HÒA MINH**

# BÀI 1: KHẢO SÁT LINH KIỆN CÔNG SUẤT CƠ BẢN

Tham gia thực hiện: KS. Trương Văn Tám

## 1.1. MỤC ĐÍCH

Khảo sát các linh kiện công suất: BJT, MOSFET, SCR và Triac. Trong lĩnh vực điện tử công suất, các linh kiện này được dùng như các chuyển mạch (switch). Vì vậy, ta chỉ khảo sát chúng trong hai chế độ đóng (dẫn) và ngắt (ngưng dẫn), riêng với SCR và Triac ta sẽ khảo sát thêm các đặc tính cơ bản như điện thế phân cực, dòng kích, góc mở (điều khiển pha)...

Qua bài thực hành này, sinh viên sẽ hiểu rõ hơn nguyên lý hoạt động của các linh kiện công suất, từ đó, có thể ứng dụng chúng trong thực tế.

## 1.2. KIẾN THỨC NỀN

Để làm tốt bài thí nghiệm này, sinh viên phải tự ôn tập kiến thức nền trong các giáo trình lý thuyết đã học. Đây là các linh kiện quen thuộc, nên trong các phần sau đây chỉ nhắc lại một số vấn đề cơ bản.

### 1.2.1. BJT công suất:

Về cấu tạo, nguyên lý hoạt động cơ bản vẫn giống như BJT công suất nhỏ. Sau đây là các đặc tính riêng của BJT công suất mà ta cần lưu ý:

③ Hệ số khuếch đại dòng  $\beta = \frac{I_C}{I_B}$  của BJT công suất thường khá nhỏ (khoảng điện vài chục).

③ Khi dùng BJT như một chuyển mạch, các điểm cần quan tâm là: thời gian chuyển mạch (thời gian chuyển từ trạng thái dẫn bão hòa sang trạng thái ngưng dẫn và ngược lại) càng ngắn càng tốt; ở trạng thái đóng, mạch kích phải tạo dòng  $I_B$  đủ lớn (trong thực tế  $I_B$  lớn từ 2 đến 5 lần  $I_{BSAT}$ ) để bảo đảm BJT dẫn điện tốt. Tất nhiên, ta phải thiết kế sao cho BJT hoạt động không vượt quá các định mức.

③ BJT là loại linh kiện công suất có thể kích ngắt.

**Ví dụ:**

**a) Tải đặt ở chân E** (Hình 1.1)

- Khi SW ở vị trí 1 (nối mass), BJT ngưng dẫn (ngắt):

$$R_{CE} = \frac{V_{CE}}{I_C} \rightarrow \infty$$

BJT như một SW ở vị trí hở (OFF, ) và  $V_o = 0, I_L = 0$ .

- Khi SW ở vị trí 2, BJT chuyển sang trạng thái dẫn:  $R_{V_{CE}} = \frac{V_{CE}}{I_C}$

Khi BJT dẫn bão hòa ( $V_{CE} \approx 0$ , thực tế từ  $0.1V \rightarrow 0.2V$ ) thì  $R_{CE} \approx 0$  (BJT như

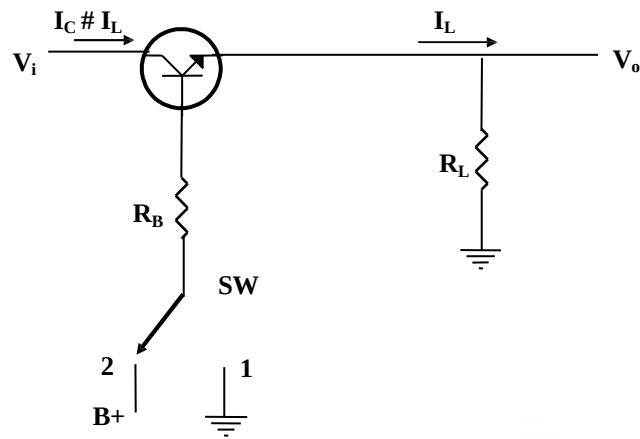
## Bài 1: Khảo sát linh kiện công suất cơ

Tài liệu chỉ xem được một số trang đầu. Vui lòng download file gốc để xem toàn bộ các trang

một

SW đóng mạch - ON),  $V_0 \approx V_i$

TaiLieu.vn

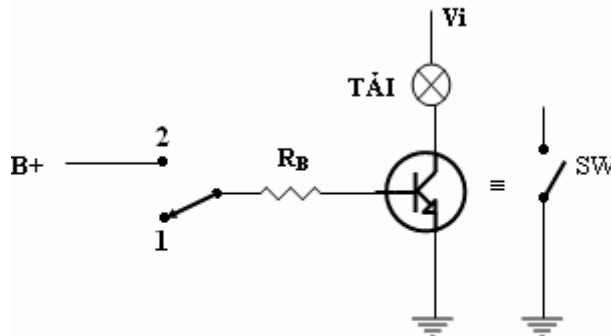


Hình 1.1

- Việc điều khiển như trên có bất lợi là B+ phải lớn hơn  $V_{CC}$  nếu không thì BJT không bão hòa tuyệt đối (phải phân cực thuận cả nối BC và BE).

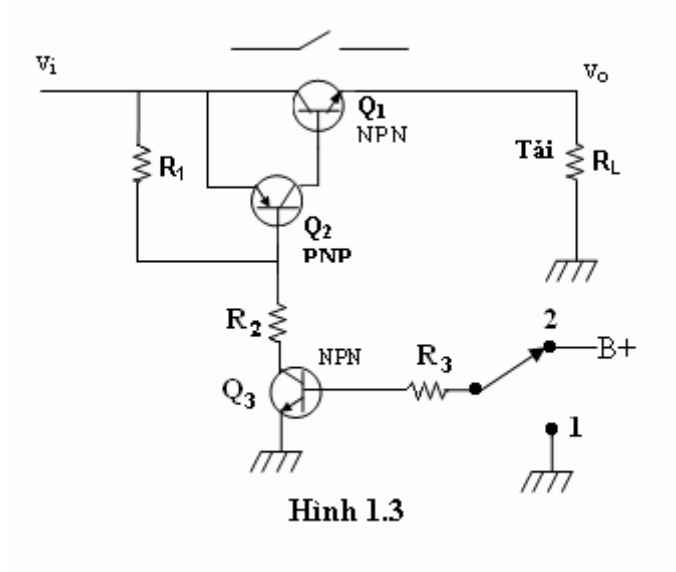
Để cải thiện ta có thể:

**b) Đặt tải ở chân C** (Hình 1.2)



Hình 1.2

**c) Điều khiển gián tiếp** (Hình 1.3):



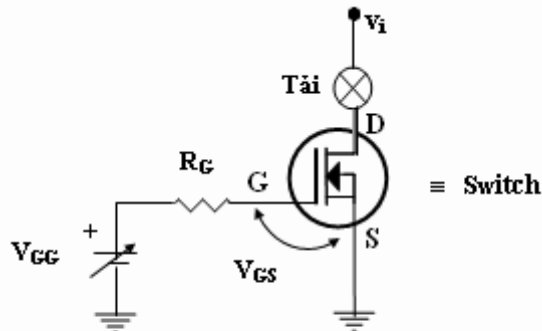
TaiLieu.vn



- \*  $R_3$  nối B+  $\Rightarrow Q_3, Q_2, Q_1$  dẫn bảo hòa, SW ở trạng thái ON
  - \*  $R_3$  nối mass  $\Rightarrow Q_3, Q_2, Q_1$  ngưng, SW ở trạng thái OFF
- Trong hai trường hợp trên B+ chỉ cần khoảng vài volt

### 1.2.2. MOSFET công suất:

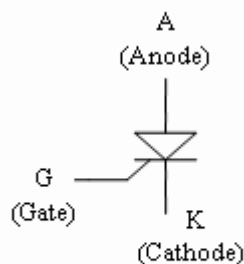
- ③ Bài thí nghiệm này khảo sát MOSFET loại tăng (E-MOSFET) chế tạo dưới dạng V-MOSFET (Vertical MOSFET) hay D-MOSFET (Double-diffused MOSFET)
- ③ MOSFET kênh N dẫn khi  $V_{GS} > V_{GS(th)} > 0$  và  $V_{DS} > 0$ .
- ③ MOSFET kênh P dẫn khi  $V_{GS} < V_{GS(th)} < 0$  và  $V_{DS} < 0$ .
- ③ Ở MOSFET kênh N do  $V_{GS} > 0$  nên tải thường phải mắc ở cực D khi sử dụng MOSFET như một chuyển mạch (Hình 1.4).
- ③ MOSFET có ưu điểm là khi bảo hòa là  $V_{DS}$  xuống rất thấp nên công suất tiêu tán bên trong (dưới dạng nhiệt) nhỏ hơn nhiều so với BJT
- ③ Chú ý: BJT được điều khiển bằng dòng điện  $I_B$ , còn FET thì được điều khiển bằng điện áp  $V_{GS}$  và điện áp này tùy thuộc FET nên phải thật cẩn thận tránh để  $I_D$  vượt quá  $I_{DMAX}$  mà FET có thể chịu được.



Hình 1.4

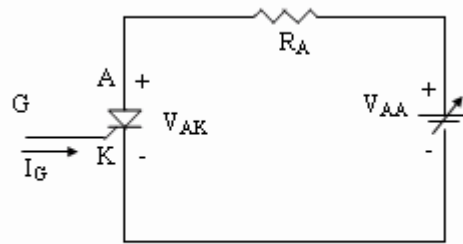
### 1.2.3. SCR

#### a. Ký hiệu (Hình 1.5)



Hình 1.5

**b. Khi phân cực thuận:**  $V_A > V_K$  (Hình 1.6)



Hình 1.6

- SCR không dẫn điện khi  $V_{AK}$  còn nhỏ, khi tăng  $V_{AK}$  (bằng cách tăng  $V_{AA}$ ) đến trị số  $V_{BO}$  (điện thế quay về) thì SCR chuyển sang trạng thái dẫn, lúc này  $V_{AK}$  giảm xuống còn khoảng 0.7V và hoạt động như Diode chỉnh lưu. Điện áp  $V_{BO}$  thường khá lớn (từ vài chục volt đến vài trăm volt tùy SCR).

- Thực tế người ta thường tạo dòng kích  $I_G$  để SCR có thể dẫn điện ngay mà không chờ điện thế cao. Dòng kích  $I_G$  tối thiểu và tối đa tùy thuộc vào mỗi SCR nhưng nói chung các dòng này càng lớn (từ vài mA đến vài chục mA) khi SCR có công suất càng lớn.

- Khi SCR đã dẫn, nếu ta bỏ dòng kích thì SCR vẫn tiếp tục dẫn điện (không thể tắt SCR bằng cực cổng).

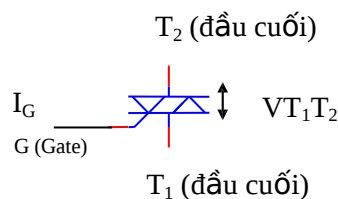
**c. Khi phân cực nghịch:**  $V_A < V_K$

SCR không dẫn điện cho dù có dòng kích  $I_G$

**d. Tóm lại:** SCR chỉ dẫn điện một chiều từ Anode sang Cathode khi có dòng kích  $I_G$  thích hợp.

#### 1.2.4. TRIAC

Ký hiệu (Hình 1.7)



Hình 1.7

Triac còn được gọi là SCR lưỡng hướng.

Khi  $V_{T2} > V_{T1}$ , Triac dẫn điện từ  $T_2$  sang  $T_1$  khi kích bằng dòng cổng  $I_G$  dương ( $V_{GT1} > 0$ )

Khi  $V_{T1} > V_{T2}$ , Triac dẫn điện từ  $T_1$  sang  $T_2$  khi kích bằng dòng cổng âm.

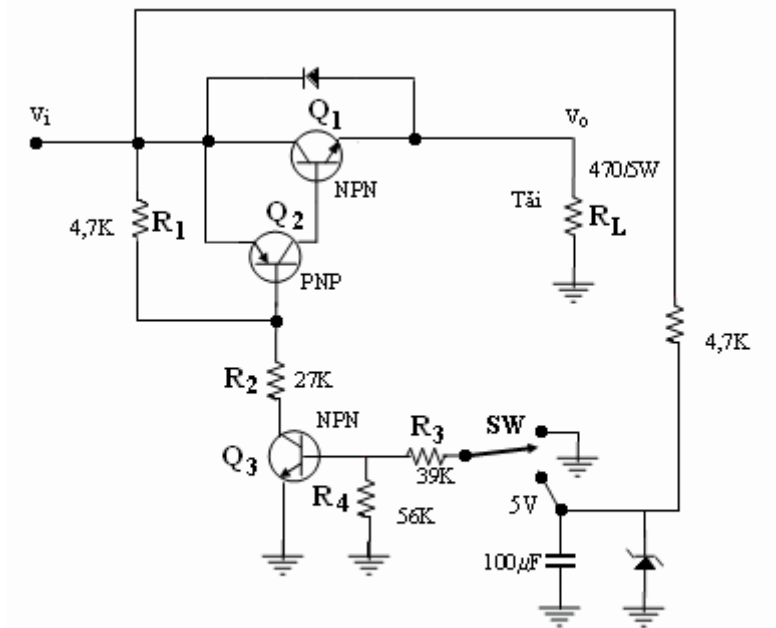
Khi Triac  $V_{T2T1} \approx 0,7V$

Như vậy Triac dùng trong điện xoay chiều thuận lợi hơn SCR. Cũng như SCR, dòng cổng tối thiểu và tối đa cũng tùy thuộc vào mỗi Triac.

### 1.3. THỰC HÀNH:

#### 1.3.1. BJT:

Ta khảo sát một công tắc điện tử dùng BJT. Mạch thực hành như hình sau (Hình 1.8):

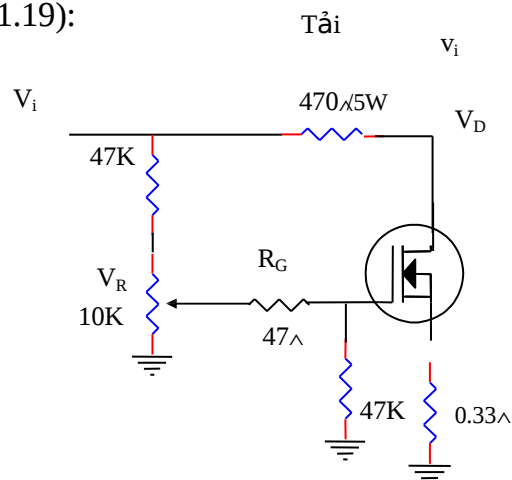


Hình 1.8

- Bật SW về vị trí mass. Đo điện thế của các chân  $Q_1, Q_2, Q_3$ . Giải thích kết quả.
- Bật SW về vị trí +5V. Lập lại câu 1.
- Bật SW về vị trí +5V. Đo  $V_{CE}$  suy ra  $I_C$  của  $Q_1$  ( $I_C = \frac{V_0}{R_L}$ ).
- Bật SW về vị trí +5V. Đo  $V_{CE}$  suy ra  $R_{CE}$  của  $Q_1$ .

#### 1.3.2. MOSFET:

Mạch thực tập có dạng (Hình 1.19):



Hình 1.19

- Đo  $V_D$  chỉnh  $V_R$  xác định điện thế thêm  $V_{GS(th)}$

*Tài liệu chỉ xem được một số trang đầu. Vui lòng download file gốc để xem toàn bộ các trang*

- b) Đo  $V_D$  chỉnh  $V_R$  đến khi MOSFET bảo hòa. Xác định thị số tối thiểu của  $V_{GS}$  làm FET bảo hòa. Suy ra  $I_{DSAT}$ .  
So sánh  $V_{DS(SAT)}$  với  $V_{CESAT}$  của BJT. Nhận xét.

TaiLieu.vn