

---

*GIÁO TRÌNH*

**THỰC HÀNH ĐIỆN  
TỬ CÔNG SUẤT**

*Trường đại học công nghiệp TP Hồ Chí Minh*

---

## BÀI 1 :MỞ ĐẦU VỀ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT

### A Điện tử công suất

Các thiết bị điện tử công suất cho phép , điều khiển và chuyển đổi các tín hiệu điện tử công suất nhỏ thành công suất lớn để điều khiển cho các thiết bị chấp hành như máy điện , các thiết bị công nghệ

Các áp dụng chủ yếu của điện tử công suất gồm :

1. Sơ đồ chỉnh lưu công suất ,thực hiện phép biến đổi dòng điện xoay chiều (AC)thành dòng điện 1 chiều (DC). Ứng dụng chủ yếu của sơ đồ này là điều khiển các động cơ DC bằng nguồn điện lưới xoay chiều.
2. Sơ đồ nghịch lưu , thực hiện phép biến đổi dòng điện 1 chiều thành xoay chiều, sử dụng trong các sơ đồ công suất.
3. Sơ đồ biến đổi điện áp một chiều, sử dụng trong các sơ đồ điều khiển công suất.
4. Sơ đồ biến đổi điện áp xoay chiều với ứng dụng chính là điều khiển tốc độ động cơ AC
5. Sơ đồ biến tần , thực hiện biến đổi cả về tần số và điện áp xoay chiều, sử dụng chính để điều khiển chính xác tốc độ động cơ AC

### B Các linh kiện công suất

Các linh kiện công suất chủ yếu được sử dụng hiện nay là diode công suất , thyristor, triac, transistor MOS công suất.

### I. LÝ THUYẾT

#### 1. Diode công suất

Diode bán dẫn được cấu tạo trên lớp tiếp xúc bán dẫn khác loại (hình 1a), thường là bán dẫn loại P loại N. Trên hình 1b là ký hiệu quy ước cho diode và hình 1c –hình dáng diode công suất.

Do hiệu ứng khuyết tán các phân tử tải điện cơ bản giữa hai miền , tại lớp tiếp xúc (phần truyền) sẽ hình thành điện thế tiếp xúc ,tạo ra điện trường  $E_c$  có tác dụng ngăn ngừa sự khuyết tán tiếp tục làm các phân tử tải điện cơ bản. Kết quả , ở trạng thái cân bằng , ở ranh giới tiếp xúc tạo ra miền nghèo các phân tử tải điện.

Khi đặt vào diode một điện trường ngoài ( $U$ ) , trạng thái cân bằng bị phá vỡ. Nếu nối điện thế ngoài theo chiều dương + với K và - với A của diode, sẽ tạo ra điện trường ngoài cùng chiều với điện thế tiếp xúc, điện trường tổng cộng sẽ làm tăng rào thế làm mở rộng miền nghèo của lớp tiếp xúc không cho phép các phân tử

tải điện chuyển quaphần truyền và dòng qua phần truyền chỉ là dòng dò (dòng ngược)

- I. Nối điện thế ngoài theo chiều + với A và - với K của diode , điện trường ngoài sẽ ngược chiều với trường của điện tiếp xúc, điện trường tổng cộng sẽ làm giảm hàng rào thế, cho phép các phần tử tải điện chuyển quaphần truyền và tạo thành dòng của diode .trên hình 1b mô tả đường đặc trưng Volt-Ampere của diode tương ứng với quá trình mô tả trên . ứng với nhánh phân cực ngược , dòng dò là không đáng kể song phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ

Diode công suất làm việc ở dòng thuận lớn vì vậy đòi hỏi chế độ giải nhiệt thích hợp. Thông thường cathode của diode được gắn vào vỏ sắt có ốc để gắn trực tiếp vào miếng tỏa nhiệt.

Các diode công suất sử dụng cho các thiết bị công nghiệp thường đòi hỏi điện áp ngược cực đại từ vài trăm đến vài ngàn Volt . Dòng định mức (dòng thuận) từ vài đến vài ngàn ampere

## 2. Thyristor (SCR)

Thyristor (tên ghép từ thyatron và transistor) được cấu tạo từ bốn lớp bán dẫn p-n-p-n (hình 2a), có các điện cực ra Anode (A), cathode (K) và điện cực khiển (G) ký hiệu quy ước cho trên hình 1b và hình dáng bên ngoài – hình 2c

Thyristor có 3 lớp tiếp xúc J1, J2, J3 với các điện trường nội (gây ra bởi hiệu ứng tiếp xúc giữa hai lớp bán dẫn) E1, E2, E3 có chiều như trên hình 2a. khi nối anode với cực (+) và cathode với cực (-) của nguồn một chiều , J1 và J3 được phân cực thuận và J2 phân cực ngược. Kết quả gần như toàn bộ điện thế nguồn đặt lên lớp tiếp xúc J2

Nếu tác động vào cực G một điện thế dương so với K, sẽ làm cho các phần tử tải điện cơ bản của N2 (điện tử) chảy sang P2. một phần điện tử chảy vào cực G (tạo thành dòng điều khiển), đa số còn lại chịu lực hút của điện trường tổng hợp trên J2 và chuyển động qua J2. nhận năng lượng đủ lớn của điện trường tổng cộng, các điện tử sẽ bị ion hóa các nguyên tử bán dẫn, tạo ra các điện tử mới (thứ cấp). Các điện tử thứ cấp lại nhận năng lượng và gây ion hoá tiếp theo. Kết quả là tạo ra một thác lũ điện tử trong lớp tiếp xúc J2 chảy vào N1, sau đó qua P1 tới cực A tạo thành dòng qua thyristor. Thyristor làm việc trong chế độ này là chế độ mở, có điện

trở thuầnnhỏ và dòng dẫn lớn nhất. Khi thyristor đả mở, tín hiệu điều khiển trở nên mất tác dụng.

Trong trường hợp không có tín hiệu điều khiển ở cực G hiện tượng thác lũ như trên cũng có thể xảy ra khi tăng điện thế U đặt lên thyristor. Khi điện thế U đủ lớn ( $U > U_{môi}$ ) các điện tử nhận đủ năng lượng để gây nên hiện tượng ion hóa do va chạm, làm mở thyristor trong trường hợp này hoạt động của thyristor gần giống hoạt động của đèn neon.

Để đưa thyristor về trạng thái cấm(khóa), cần tiến hành theo hai cách như sau:

- Giảm dòng dẫn I xuống giá trị duy trì dẫn.
- Đảo chiều điện thế phân áp U hoặc tạo điện thế phân cực ngược cho thyristor.

Khi đặt điện áp ngược lên thyristor đang dẫn (A nối "+", K nối "-"), hai lớp tiếp xúc J1 và J3 bị phân cực ngược, J2 được phân cực thuận. Các điện tử đang hiện diện trong thyristors sẽ đảo chiều hành trình, tạo dòng điện ngược từ A về K và về cực - của nguồn. Tại thời điểm từ mở sang cấm, dòng ngược này khá lớn sau đó khi J1 và J3 bị cấm, các điện tử giữa chúng sẽ dần bị tiêu tán, cấu trúc phần truyền của thyristor được khôi phục lại, thyristor chuyển sang trạng thái cấm với dòng nhỏ. Quá trình thay đổi dòng thyristor từ mở sang cấm được mô tả trên hình 3a. sau khi thyristor cấm, việc đảo cực lại thế U ( $U < U_{môi}$  trên thyristor (A sang +, K sang -)) không làm thyristor dẫn. Cần lưu ý khi thyristor chuyển từ dẫn sang cấm trong khoảng thời gian đầu khoảng vài chục  $\mu s$ , thyristor còn dẫn với dòng ngược lớn. Nếu trong khoảng thời gian này đặt ngay thế ngược, có thể làm hỏng thyristor.

Đặc trưng Volt Ampere của thyristor được mô tả trên hình 3b.

Thyristor có cấu trúc và hoạt động tương đương với cặp transistor mắc liên kết collector-base (hình 3c)

Một số đặc điểm lưu ý khi sử dụng thyristor:

\* Mỗi loại thyristor có cấu tạo đặc trưng khác nhau, cần lựa chọn loại thích hợp với yêu cầu sử dụng:

- Dòng điện định mức  $I_n$  : (tùy loại)  $\sim 1A - 1000A$ .
- Dòng điện dò  $\sim mA$ .
- Điện áp ngược cực đại  $U_{in,max}$  : (tùy loại) vài trăm Volt đến vài kV.
- Dòng điện điều khiển  $I_g$ .
- Tốc độ tăng dòng điện  $dI/dt$  :  $A/\mu s$
- Tốc độ tăng điện áp  $dv/dt$  :  $V/\mu s$

- Thời gian khoá :vài chục  $\mu$ s

- Thời gian mở : vài chục  $\mu$ s

\* Quá trình chuyển từ mở sang cấm không xảy ra tức thời. Nếu thyristor chưa cấm hẳn mà xác lập thế U để  $U_{A-K}$  dương, sẽ làm đoản mạch nguồn làm hỏng thyristor.

\* Khi đặt vào thyristor điện thế xoay chiều, thyristor chỉ làm việc với bán kỳ dương mà không làm việc với bán kỳ âm của điện thế nuôi. Ở bán kỳ âm, thyristor tự động chuyển về chế độ cấm do sự đảo cực của điện thế nuôi

### 3. Triac (Triode Alternative Current)

Như đã trình bày ở trên, thyristor là dụng cụ chỉ mở khi phân áp  $U_{A-K}$  dương. Nếu như mắc hai thyristor ngược chiều nhau, có thể điều khiển mở hai chiều, có thể điều khiển chúng mở tương ứng với cả chiều thế phân cực âm dương. Trong trường hợp này cần có hai tín hiệu điều khiển đồng bộ với nhau. Triac là dụng cụ tương đương với hai thyristor mắc ngược nhau có chung một cực điều khiển

Do làm việc với cả nguồn phân cực âm và dương, khái niệm của Anode và Cathode của triac không phù hợp. Được quy ước sử dụng ký hiệu T2 (hoặc B2) và T1 (B1) cho các cực đối và các cực điều khiển G ở gần T1.

Cấu trúc bán dẫn của triac có thể mô tả bằng hai cấu trúc chứa bốn lớp tiếp xúc bán dẫn Ta và Tb (hình 4a). trong trường hợp nối T2 với nguồn(+) và T1 với (-), G với (+), nửa Ta của triac làm việc như một thyristor thông thường. Nếu phân cực nguồn ngược lại, điện tử N3 sẽ phóng vào P2, gây ra quá trình thác lũ do va chạm làm dẫn Tb. Trong thực tế, triac được thiết kế với cấu trúc liên kết với các lớp chất bán dẫn N1, P1, N2, P2 là chung cho cả hai nửa. Ký hiệu quy ước của triac cho trên hình 4b

Đặc trưng Volt – Ampere của triac (hình5) có tính đối xứng. Nhánh ở cung phần tư thứ nhất tương ứng với T2 nối (+) và T1 nối(-). Ở nhánh cung phần tư thứ ba, đặc trưng tương ứng với sự đảo chiều điện thế trên T1 và T2

Khác với thyristor, triac có thể làm việc với điện thế điều khiển âm và không đảo trạng thái khi đảo cực nguồn thế nuôi.

### 4. Transistor MOS công suất

Transistor trường (FET : Field – Effect transistor) được chế tạo theo công nghệ MOS(Metal- Oxide-semiconductor) là một dụng cụ chuyển mạch điện tử có công suất lớn .

Cấu trúc transistor MOS các cực chính : Drain (máng) – Source (nguồn) và Gate (cửa). Khác với transistor lưỡng cực thông thường. Khi điện áp giữa Cửa và Nguồn = 0, transistor MOS không dẫn dòng - bị cấm cho dù thế giữa máng và cực nguồn đạt tới vài trăm Volt

## II. THỰC HÀNH:

### 1. Khảo sát diode:

- Phân cực thuận cho diode bằng nguồn DC :
  - \_ Đo điện áp trên tải .
  - \_ Đo sụt áp trên diode

### C Đặc điểm sử dụng transistor lưỡng cực, thyristor và transistor MOS

Do các điện áp chịu điện thế cao , dòng lớn , các đặc tính cách điện cao khi ngắt và điện trở dẫn nhỏ bé , khả năng chuyển mạch nhanh , dễ ghép với sơ đồ điện tử , ... các linh kiện công suất được ứng dụng rộng rãi thay cho các chuyển mạch tiếp điểm.

Việc lựa chọn linh kiện loại nào cho ứng dụng cụ thể phụ thuộc vào các trị số giới hạn , các tổn hao ,thời gian chuyển mạch, giá thành...

Thyristor có trị số giới hạn cao nhất, tổn hao nhỏ nhất rẻ tiền, song có thời gian chuyển mạch chậm vì vậy thích hợp cho các sơ đồ biến đổi điện lưới(50Hz – 60 Hz) như các bộ phận chỉnh lưu , biến tần nghịch lưu tần số thấp

Đối với sơ đồ nghịch lưu tần số cao(>15kHz) sử dụng transistor CMOS thích hợp hơn. Ở dải tần 20-100kHz, transistor công suất lưỡng cực được sử dụng vì các đặc tính tác động nhanh , tuy tổn hao điều khiển lớn hơn transistor CMOS

Về chế độ nhiệt, các transistor công suất có thể chịu tới 200<sup>0</sup>C, trong khi thyristor 125<sup>0</sup>C

Trong khi các mạch công suất hay có sự cố , thyristor có tính bảo vệ chống lại sự cố nên thường được chọn sử dụng.

Triac thường có công suất nhỏ hơn so với thyristor nên khả năng sử dụng của chúng bị giới hạn.

### D Các sơ đồ kích thyristor và triac

Thyristor và triac có thể được kích bằng nguồn 1 chiều như đã khảo sát trong mục C. cần lưu ý khác với thyristor, triac được kích dẫn cả thế âm hoặc dương, với điện thế nuôi là âm dương bất kỳ

Thời gian kích để chuyển trạng thái thyristor và triac là không lớn, sau khi được kích dẫn tín hiệu điều khiển bị mất tác dụng. Chính vì vậy có thể điều khiển các linh kiện này bằng xung có biên độ và thời gian kéo dài tương ứng với từng loại sử dụng.

Một đặc điểm ứng dụng quan trọng của điện tử công suất là quá trình kích dẫn thyristor đồng bộ với điện lưới cấp. Nhờ vậy có thể thay đổi điện thế xoay chiều hoặc biến đổi chúng theo nhu cầu sử dụng.

Trên hình 6 giới thiệu một số kiểu sơ đồ điều khiển đồng bộ pha cho thyristor và trên hình 7 giản đồ thời gian hoạt động tương ứng

Tín hiệu xoay chiều cấp cho lối vào A của sơ đồ hình 6 là đồng pha với tín hiệu xoay chiều cấp cho tải  $R_t$  mắc trên thyristor. Sơ đồ sẽ khuyết đại tín hiệu sin lối vào thành xung vuông góc có độ rộng tương ứng, sử dụng để đóng khoá K1, cho phép dòng I nạp cho tụ C2. tương ứng với tín hiệu dương của tín hiệu vào, trên tụ C2 sẽ có xung dạng răng cưa. bộ so sánh A1 thực hiện thế so sánh thế răng cưa với thế đặt  $V_p$ . Khi thế răng cưa lớn hơn thế đặt, bộ so sánh tạo xung dương lối ra, sử dụng để điều khiển thyristor SCR1.

Như vậy khi thay đổi  $V_p$ , sẽ làm dịch thời điểm mở SCR. Giá trị  $V_p$  được quy ước tương ứng với giá trị đại lượng góc cắt.

Giá trị  $\alpha = 0$  (tương ứng với  $V_p = 0$ ), thyristor mở toàn bộ 100% theo mỗi bán kỳ dương.

Với  $\alpha = 45^\circ$ , thyristor mở 75%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 25%

Với  $\alpha = 90^\circ$ , thyristor mở 50%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 50%

Với  $\alpha = 135^\circ$ , thyristor mở 25%, bán kỳ dương trên tải bị lấy đi 75%

Kết quả là với việc thay đổi góc cắt, có thể điều khiển mở SCR tương ứng với giá trị pha điện lưới, làm thay đổi tương ứng điện thế AC trên tải.

Trong phần thực hành các sơ đồ ứng dụng thyristor và triac để chỉnh lưu và biến đổi điện thế AC

Học viên có thể tham khảo thêm các tài liệu về điện tử công suất :

1. Cyril W.lander : Điện tử công suất và điều khiển động cơ điện. Nhà xuất bản KH&KT, 11.07.1997
2. Nguyễn bính : Điện tử công suất. Nhà xuất bản KH&KT, 10.1997

## BÀI 2 : THYRISTOR, TRIAC & SƠ ĐỒ KÍCH

### A. THIẾT BỊ SỬ DỤNG.

1. Thiết bị cho thực tập cho điện tử công suất PE-501(hình A.1)chứa các bảng chức năng:

- Bảng nguồn, cầu dao tự động 220VAC , cầu chì (~ 24V), đèn báo nguồn , đồng hồ đo dòng(~30A), các lối ra cho nguồn ~24VAC/20A, tải (bóng đèn 24V/1A), tải cảm (biến thế ~24VAC: 24VAC/10A)
- Bảng công suất , chứa diode D1(10A),D2(50A),Thyristor SCR1(5A),SCR2(20A), Triac TR1(5A), TR2(20A).
- Bảng 1 chứa 1 bộ liên kết quang, nguồn kích 1 chiều và bộ liên kết biến thế.
- Bảng 2 chứa máy phát xung UJT, máy phát đa hài máy phát 555.
- Bảng 3 chứa bộ điều khiển tạo xung đồng bộ.

2. Dao động ký 2 tia.

3. Dụ từng dây có chốt cắm 2 đầu.

### B. CÁC BÀI THỰC TẬP.

#### PHẦN I: CÁC NGUỒN KÍCH THÍCH SCR & TRIAC.

1. Nguồn kích DC.

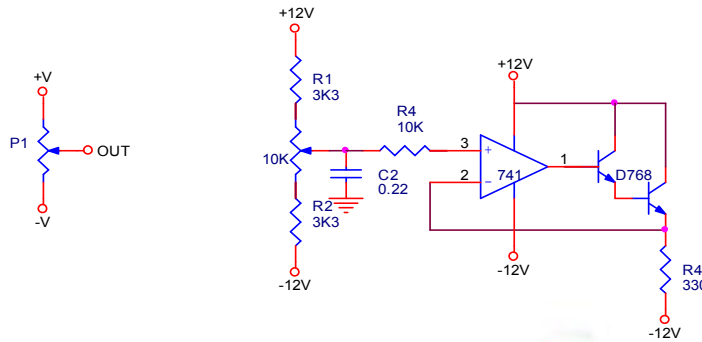
Nhiệm vụ

Biến trở là sơ đồ đơn giản cấp nguồn một chiều điều chỉnh được (hình I.1). tuy nhiên, đây là một nguồn có trở kháng lối ra biến đổi theo điện thế ra. Để tạo nguồn lối ra ổn định cao và có trở kháng ra nhỏ và không đổi, dùng để kích thyristor, triac các loại, cần sử dụng bộ khuếch đại thuật toán với sơ đồ phản hồi âm (hình I.b).

Sơ đồ với phản hồi âm 100% giữa lối ra (Emitter T1)với lối vào âm của bộ khuếch đại thuật toán IC1 cho phép truyền thế từ biến trở P1 tới lối ra của sơ đồ. Khi vặn biến trở P1,thế ra cũng thay đổi tương ứng theo. Trở kháng lối ra của sơ đồ là trở kháng của tầng Dralington trên T1 khá nhỏ.

Trong phần thực hiện này sẽ tìm hiểu hoạt động của bộ nguồn ổn định có chứa bộ khuếch đại thuật toán.





a) Sơ đồ đơn giản

b) Sơ đồ nguồn ổn định

Hình I.1 nguồn kích một chiều

### Các bước thực hiện

1. Cấp nguồn  $\pm 12V$  mảng sơ đồ nguồn kích một chiều (hình I.1b). đất đã được nối sẵn.
2. Sử dụng đồng hồ hoặc dao động ký để đo thế lối ra.  
Dùng đồng hồ đo thế (khoảng đo DC – 20V) để đo thế tại P1 và thế lối ra
3. Vận biến trở P1, đo thế đặt ở P1 và thế lối ra (OUT), ghi vào giá trị thế đo vào bảng I.1

Thế ra P1	-4V	-3V	-2V	-1V	0V	1V	2V	3V	4V
Thế lối ra									

4. Nhận xét về sự phụ thuộc giữa thế ra và thế đặt trên P1. Tính độ lệch giữa chúng

### II. Sơ đồ dao động đa hài.

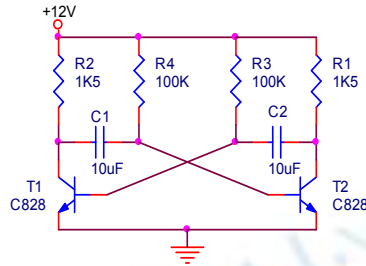
Tìm hiểu nguyên tắc làm việc của bộ dao động đa hài đối xứng dùng transistor.

#### Các bước thực hiện.

1. Cấp nguồn +12V cho mảng sơ đồ máy phát đa hài (hình I.2). nối đất bảng 1 và 2 thiết bị PE – 501
2. đặt thang đo thế lối vào của dao động ký ở 5V/cm.  
Đặt thời gian quét của dao động ký ở 1ms/cm.  
Chỉnh cho cả hai tia nằm khoảng phần trên và phần dưới của màn dao động ký.  
Sử dụng các nút chỉnh vị trí để định vị trí để dịch tia theo chiều X và Y về vị trí để quan sát.

Nối kênh 1 dao động ký với collector của transistor T2 (lối ra). Sử dụng kênh 2 để quan sát dạng tín hiệu tại các điểm sơ đồ.

4. Quan sát và vẽ dạng tín hiệu tại collector và base của T1 và T2. Vẽ giản đồ xung tương ứng. Đo chu kì T xung ra, tính tần số máy phát :  $f=1/T$ (giây).



Hình I.2. Bộ dao động đa hài

5. Giải thích nguyên tắc hoạt động của sơ đồ. Kết luận về vai trò của mạch CR trong việc hình thành độ rộng xung ra.

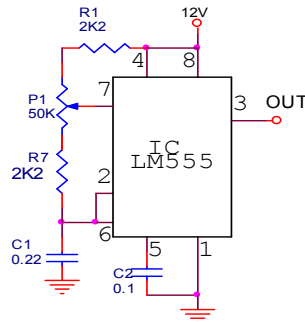
### III. Sơ đồ xung trên IC 555

Nhiệm vụ

Tìm hiểu nguyên tắc sử dụng vi mạch 555 để hình thành xung vuông góc.

Các bước thực hiện

1. Cấp nguồn +12V cho mảng sơ đồ máy phát xung 555 (hình I.3). Nối đất bảng 1 và bảng 2 thiết bị PE -501.



2. Đặt thang đo thế lối vào của dao động ký ở 5V/cm.

Đặt thời gian quét của dao động ký ở 1ms/cm.

Chỉnh cho cả hai tia nằm giữa khoảng phần trên và phần dưới của dao động ký.

Sử dụng các nút chỉnh vị trí để dịch tia theo chiều X và Y về vị trí để quan sát.

Nối một kênh ra với lối ra OUTPUT. Sử dụng 2 kênh dao động ký để quan sát tín hiệu tại hai điểm sơ đồ