

# Môn học ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT II A

THIẾT KẾ - ĐIỀU KHIỂN - ỨNG DỤNG

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Power Electronics : Converters , Applications , and Design , NED MOHAN , New York, John Wiley, 3<sup>rd</sup> edition 2003 .
- Electric drives, Ion Boldea, CRC, 2<sup>nd</sup> edition 2005
- Modern Power Electronics and AC Drives, B.K.Bose, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 2003
- Điều chỉnh Tự động Truyền động điện, Bùi Quốc Khánh và một số tác giả khác, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà nội, in lần 2, 2001
- Điều khiển số động cơ điện, Vũ văn Doanh, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà nội, 1999

## CHƯƠNG TRÌNH

**Chương một :** Các ngắt điện bán dẫn

Tính chọn và bảo vệ – Mạch lái ngắt điện.

**Chương hai :** Bộ nguồn một chiều bán dẫn

Các bộ nguồn một chiều điều khiển pha : Sơ đồ khối - phạm vi ứng dụng – Các bước thiết kế – Tính toán mạch lọc

Mạch phát xung điều khiển pha

Hệ thống điều khiển nhiều vòng.

Cấp điện đóng ngắt: Sơ đồ khối – Khảo sát cấp điện dùng bộ biến đổi loại Flyback. – Mạch điều khiển.

**Chương ba:** Hệ thống điều khiển động cơ một chiều dùng bộ biến đổi

Các vấn đề của truyền động điện tự động dùng bộ biến đổi

Sơ đồ hệ thống chỉnh lưu động cơ và các chế độ làm việc – Giới thiệu bộ biến đổi đảo chiều và truyền động điện đảo chiều quay.

Hệ thống dùng bộ biến đổi áp một chiều (Chopper) – Hệ thống điều khiển động cơ chấp hành một chiều.

HT điều khiển động cơ bước.

**Chương bốn :** Hệ thống điều khiển động cơ xoay chiều dùng bộ biến đổi

Đặc tính động cơ xoay chiều : Phương trình đặc tính cơ - sự làm việc ở nguồn không hình sin.

Điều chỉnh áp động cơ xoay chiều : sơ đồ khởi động động cơ KĐB.

Điều chỉnh tần số động cơ xoay chiều : các nguyên tắc thay đổi điện áp , hạn chế sóng hài - sơ đồ điều khiển nghịch lưu nguồn áp - sơ đồ điều khiển biến tần V/F . Điều khiển vectơ. Điều khiển động cơ đồng bộ.

**Chương năm:** Bộ nguồn xoay chiều bán dẫn

Nguồn tần số công nghiệp : Nguyên lý Ổn áp AC và UPS.

Nguồn tần số cao và gia nhiệt cảm ứng : nguyên tắc gia nhiệt cảm ứng - nghịch lưu nối tiếp - nghịch lưu song song . Các bộ nguồn tần số cao dùng thyristor

\*\*\*\*\*

## CHƯƠNG MỘT : NGẮT ĐIỆN BÁN DẪN

### I. TÍNH CHỌN NĐBD :

#### 1. Loại linh kiện công suất:

- a. Diod: - Chỉnh lưu (+ tần số thấp),  
phục hồi nhanh (fast recovery) làm việc ở tần số cao.  
- công nghệ thường – sụt áp mỗi nối pn  $\approx 0.7$  V, Schottky – sụt áp mỗi nối pn  $\approx 0.3$  V, chỉnh lưu tần số cao nhưng áp khóa thấp.
- b. SCR: - Chỉnh lưu, Nghịch lưu.  
- Đặc tính cực cổng: amplified: dòng kích bé, LASCR: kích bằng quang
- c. GTO và Thyristor-có-cấu-trúc-phức-tạp: Sử dụng cho bộ biến đổi dùng NĐBD một chiều (tắt cưỡng bức) ở công suất lớn, áp rất cao.
- BJT: - SW: đóng ngắt, AF: âm tần, IF hay HF: cao tần, low noise: ít nhiễu.  
- Chọn theo hệ số khuếch đại, Darlington
- MosFET: AF (ít gặp), SW (thông dụng), dòng < 60A (dòng định mức giảm nhanh khi áp khóa tăng).
- IGBT: có thể xem là nối tầng MosFET + BJT, chỉ có công dụng đóng ngắt, chế tạo ở dòng lớn (> vài chục A).

**2. Định mức áp:**  $V_{DRM} > k_{atV} * V_{lvmax}$

$V_{lvmax}$  : Áp làm việc max.  $V_{DRM}$  : Áp khóa.

$k_{atV}$  : hệ số an toàn áp  $\geq 2$ .

#### 3. Định mức dòng:

Cơ sở cho việc tính chọn định mức dòng là sự phát nóng của linh kiện khi làm việc.

Điều kiện:

Nhiệt độ mối nối  $\theta_J <$  Nhiệt độ cho phép  $\theta_{cp}$

- Sự truyền nhiệt từ tinh thể bán dẫn ra môi trường xung quanh:

$mối\ nối\ \theta_J \rightarrow vỏ\ SCR\ \theta_C \rightarrow tản\ nhiệt\ \theta_H \rightarrow môi\ trường\ \theta_A.$

tương ứng phương trình:

$$\theta_J - \theta_A = \Delta P \cdot (R_{JC} + R_{CH} + R_{HA})$$

+  $R_{JC}$ : điện trở nhiệt mối nối (Junction) – vỏ (Case)

+  $R_{CH}$ : điện trở nhiệt vỏ – tản nhiệt (Heatsink)

+  $R_{HA}$ : điện trở nhiệt tản nhiệt – môi trường (Ambience)

Giải mạch ĐTCS => tổn hao công suất  $\Delta P$

Tính toán nhiệt =>  $\theta_J$  .

Nếu  $\theta_J < \theta_{cp}$  thì nâng định mức linh kiện (giảm  $R_{JC}$ ) hay cải thiện điều kiện tản nhiệt (giảm  $R_{HA}$ ,  $R_{CH}$ ).

- Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tải:

Lực ép và bề mặt tiếp xúc linh kiện – tản nhiệt.

Nhiệt độ môi trường.

Chế độ tản nhiệt: trong buồng kín, đối lưu tự nhiên, cưỡng bức.

- Phương pháp tính gần đúng: Chọn theo dòng trung bình hay hiệu dụng + kiểm tra nhiệt độ vỏ linh kiện.

Dòng làm việc trung bình  $I_O < \text{Giá trị trung bình định mức } I_{AVE}$  hay

Dòng làm việc hiệu dụng  $I_R < \text{Giá trị hiệu dụng định mức } I_{RMS}$

Quan hệ giữa hai giá trị này của chỉnh lưu (D hay SCR):

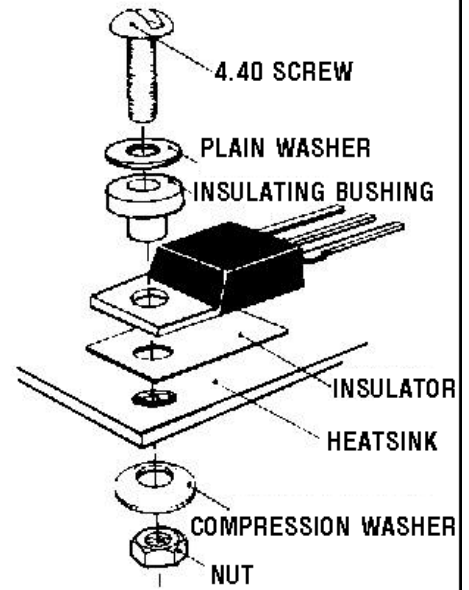
$$I_{RMS} = 1.57 I_{AVE}$$

Đối với transistor (BJT, MosFET): xem các đồ thị của nhà sản xuất,  $I_{RMS}$ ,  $I_{AVE}$  là hàm số của dạng dòng điện.

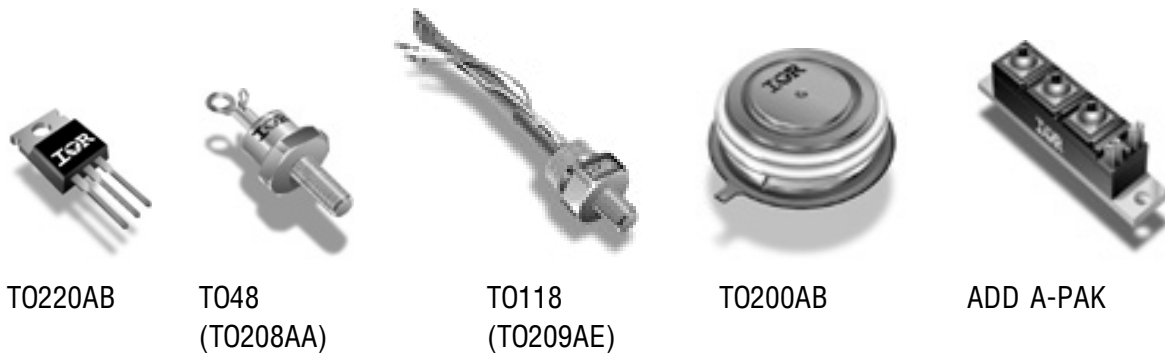
Hệ số an toàn dòng 1.3 – 2.

- Sử dụng dòng điện max cho các linh kiện gắn mạch in hay định mức bé (< 20A).

#### 4. Cách lắp đặt (vỏ – case), chế độ tản nhiệt (SCR), chế độ cách điện với vỏ.



Cách lắp linh kiện công suất vỏ TO220AB vào tản nhiệt



#### 5. Phân loại theo chất lượng:

Hàng không, quân sự – công nghiệp – thương mại.

## II. BẢO VỆ LINH KIỆN VÀ BBD:

### 1. Bảo vệ dòng:

+ Bảo vệ dòng cực đại (ngắn mạch – quá dòng tức thời):

Cầu chì tác động nhanh: thông số  $\int_T i^2 dt$  (tích phân dòng bình phương): bảo vệ linh kiện công suất.

Cầu chì thông thường: Tách rời phần hư hỏng, hạn chế lan truyền.

CB (ngắt mạch tự động – Aptomat): như cầu chì thông thường

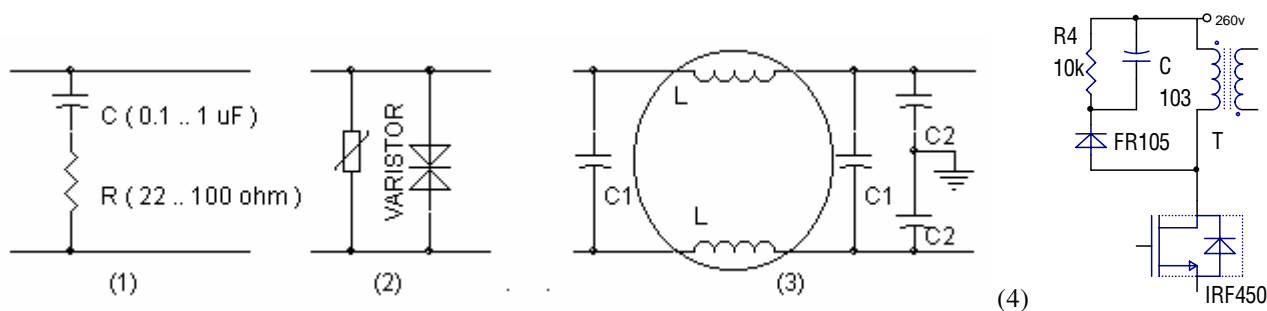
+ Bảo vệ quá tải (quá dòng có thời gian):

CB (ngắt mạch tự động – Aptomat)

Rơ le nhiệt

Mạch hạn dòng của bộ điều khiển vòng kín.

### 2. Bảo vệ áp: (quá áp dạng xung)

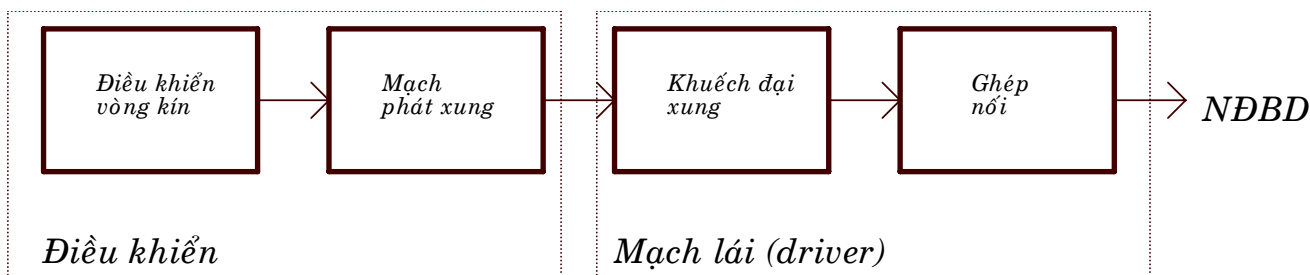


RC nối tiếp mắc song song (1), Varistor là loại điện trở giảm nhanh khi áp lớn hơn trị số ngưỡng (2), và các bộ lọc nhiễu nguồn (3) gồm các mắc lọc LC hình  $\pi$ . Có thể chống các xung áp ở mạch DC bằng mạch D + R + C như hình (4).

RC (Snubber) song song ngắt điện.

## II. MẠCH LÁI NĐBD:

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển BBD:



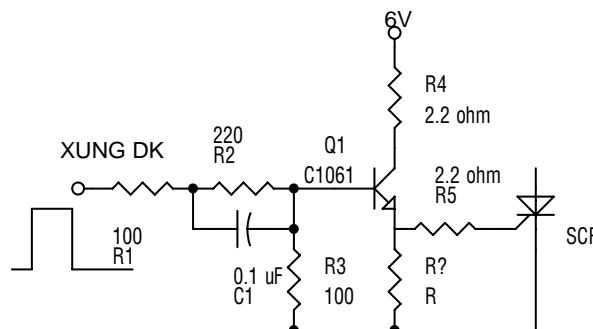
**1. Mạch lái Thyristor:** Phân loại theo cách ghép.

a. Ghép trực tiếp:

Mạch lái = mạch khuếch đại dòng, thường tải cực E, cung cấp  $I_G > I_{GT}$

Số liệu thường gặp:

$V_{GT} = 2 \text{ volt}$ ;  $I_G = I_{dm} / K_I$  với  $K_I = 100..300$



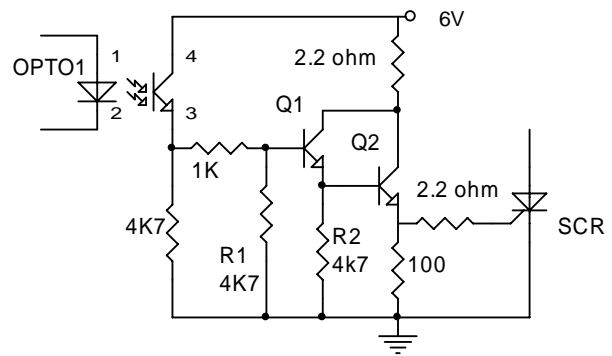
b. Ghép quang:

Mục đích: cách ly Điều khiển - Động lực

Dùng OPTRON (Optocoupler) transistor (thông dụng) và OPTRON Triac họ MOC để điều khiển ở áp AC bé hơn hay bằng 220 V.

OPTRON = LED + linh kiện quang điện; dùng để truyền xung qua môi trường quang.

OPTRON thông thường có thời gian trễ lớn hơn vài micro giây => tần số tối đa đến vài chục KHz.



Sơ đồ kích SCR dùng OPTRON thông thường.

OPTRON họ MOC của Motorola có linh kiện quang điện là phototriac có áp khoá đến 400 volt, dòng vài chục mA cho phép kích TRIAC < 10 A trực tiếp ở điện 220 VAC

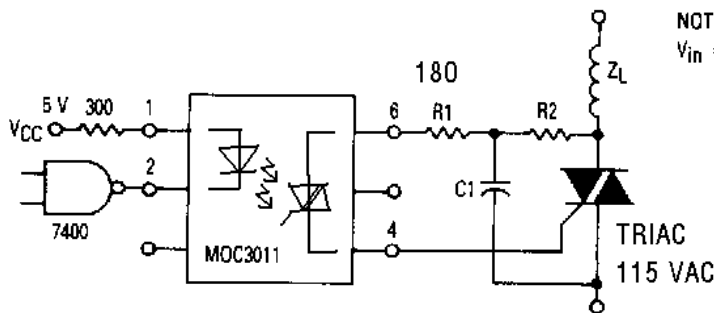
Hướng dẫn sử dụng OPTRON họ MOC (của Motorola) để lái TRIAC.



**Triac Drivers**

Peak Blocking Voltage Volts	LED Trigger Current $I_{FT}$ mA, Max	Device
250	30	MOC3009
	15	3010
	10	3011
400	30	3020
	15	3021
For Zero Crossover Firing		
250	30	MOC3030
	15	3031
400	30	3040
	15	3031
600	30	3060
	15	3061

Indicates UL Recognized — File #E54915

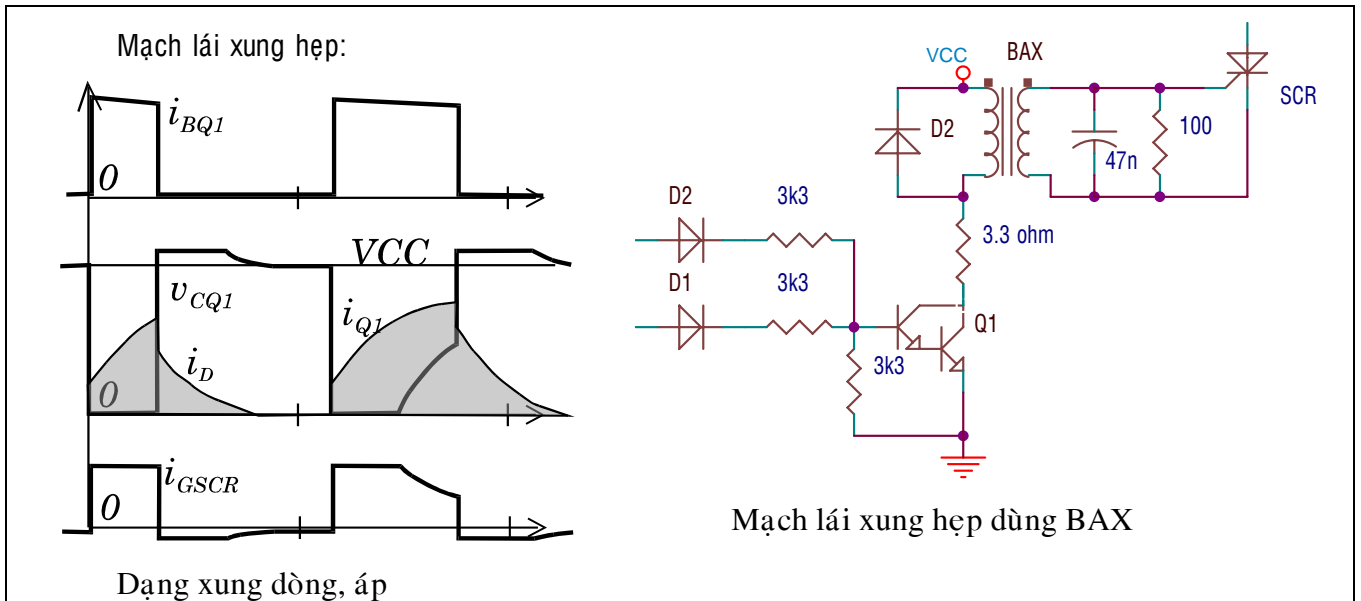


NOTE: CIRCUIT SUPPLIES 25 mA DRIVE TO GATE OF TRIAC AT  $V_{in} = 25 V$  AND  $T_A \leq 70^\circ C$ .

TRIAC		
$I_{GT}$	R2	C
15 mA	2400	0.1
30 mA	1200	0.2
50 mA	800	0.3

c. Ghép biến áp:

Nguyên tắc biến áp xung (BAX): Khi đặt hàm nấc vào sơ cấp BAX, dòng từ hóa sơ cấp và từ thông lõi thép tăng theo hàm mũ và ở thứ cấp sẽ có áp cảm ứng tỉ lệ với đạo hàm từ thông lõi thép này. Khi áp sơ cấp bằng 0 (hết xung), dòng từ hoá của BAX cần có đường phóng điện (thường qua D phóng điện song song ngược sơ cấp).

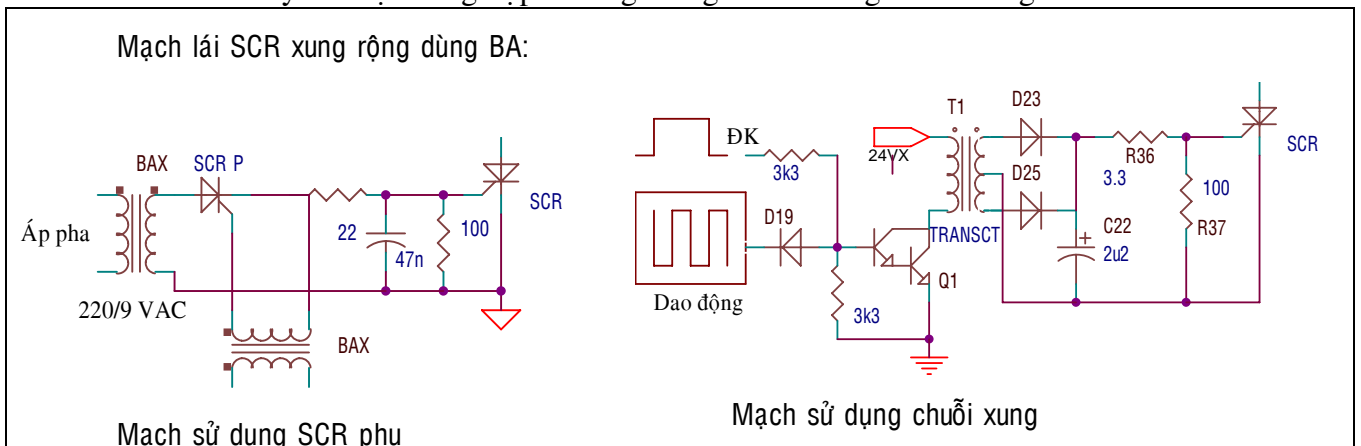


Yêu cầu của dạng xung để BAX làm việc:

+ Thời gian có xung đủ nhỏ để mạch từ không bão hòa.

+ Thời gian nghỉ đủ lớn để dòng từ hoá biến áp (khép mạch qua diod phóng điện D2) về 0.

=> BAX truyền được xung hẹp: thời gian nghỉ >> thời gian có xung.



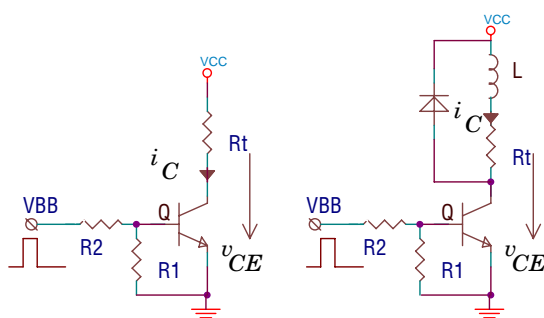
Mạch sử dụng SCR phụ

Mạch sử dụng chuỗi xung

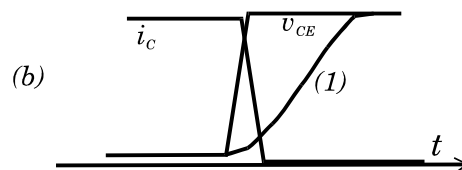
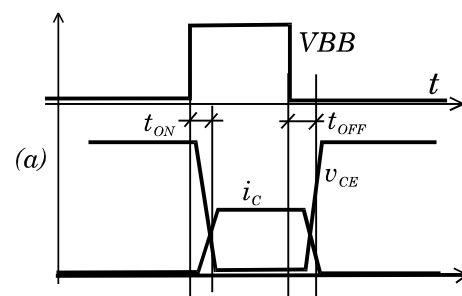
## 2. Mạch lái Transistor:

a. Dạng xung điều khiển tối ưu:

- Thí nghiệm đóng ngắt tải R và RL:

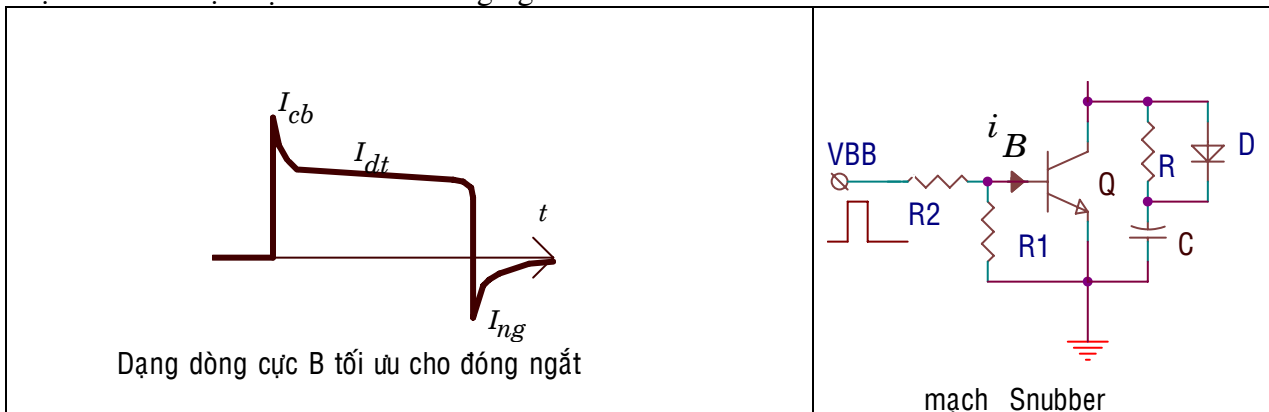


(a) Dòng áp tải R



(b) Dạng dòng áp không và có Snubber (1) tải RL

Nhận xét dòng áp trên transistor không thay đổi tức thời khi đóng ngắt chứng tỏ là công suất tức thời tiêu tán trên linh kiện rất lớn lúc này. Sự phát nhiệt này không đáng kể khi tần số đóng ngắt bé nhưng trở lên là tiêu hao chính của transistor khi làm việc trong các bộ biến đổi hiện đại có tần số đóng ngắt lớn.



Để giảm tối thiểu tổn hao công suất nhằm nâng tần số làm việc lên cao:

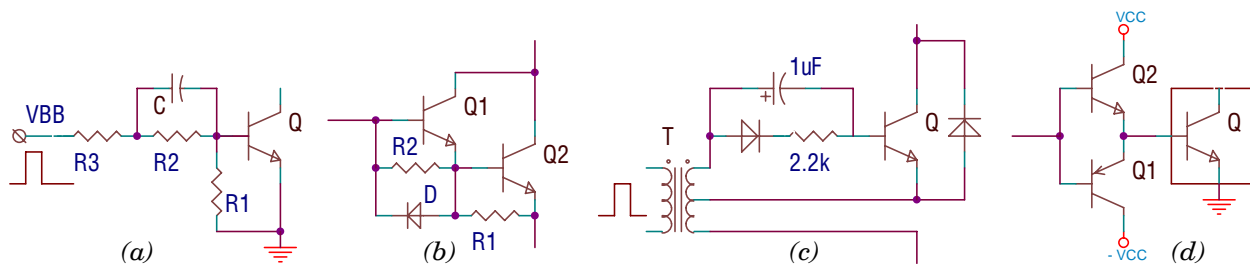
- + Dùng mạch hỗ trợ chuyển mạch (ví dụ như mạch Snubber cho quá trình ngắt)
- + Dùng mạch lái tạo dòng cực B tối ưu để transistor có thể chuyển mạch nhanh.

Tụ mối nối BE có ảnh hưởng lớn đến quá trình đóng ngắt của BJT. Dòng  $I_B$  tối ưu phải có khả năng nạp và xả nhanh tụ điện này.

$I_{cb}$  là trị số dòng điện cưỡng bức nạp tụ để BJT đóng nhanh,  $I_{dt}$  là dòng điện vừa đủ duy trì sự bảo hòa của transistor (không bảo hòa sâu) và  $I_{ng}$  là dòng xả tụ, giúp tắt nhanh.

b. Sơ đồ ghép trực tiếp:

- Tác dụng RB, tụ gia tốc.(a)
- Transistor Darlington và nguyên lý mạch kẹp Baker (b)
- Mạch lái tích cực (d)



c. Ghép biến áp và mạch lái tỉ lệ (c)

d. Ghép bằng quang (OPTRON): Dùng nguồn độc lập cho mạch lái.

OPTRON (Cách ly tín hiệu ĐK) + sửa dạng + khuếch đại công suất (Ghép trực tiếp).

Mạch điện tương tự như lái SCR.

### 3. Mạch lái MosFET và IGBT:

- Điều khiển bằng áp.

- Các thông số:

Ngưỡng điện áp điều khiển 3 – 5 V

Tiêu biểu 0 – 10 V (hay 15 V)

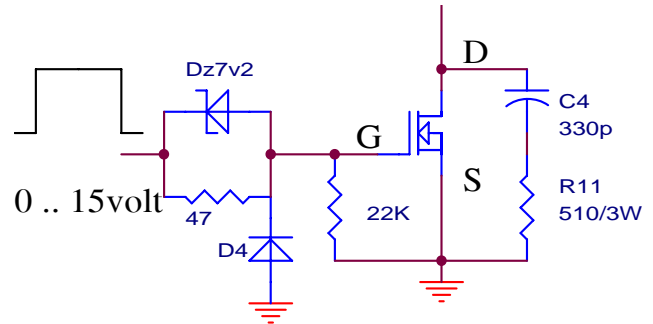
+/- 10 V (hay 15 V)

Giới hạn hư hỏng cực cổng (thông thường) +/- 20 V

- Mạch lái:

Tần số thấp: lái trực tiếp từ vi mạch 12V

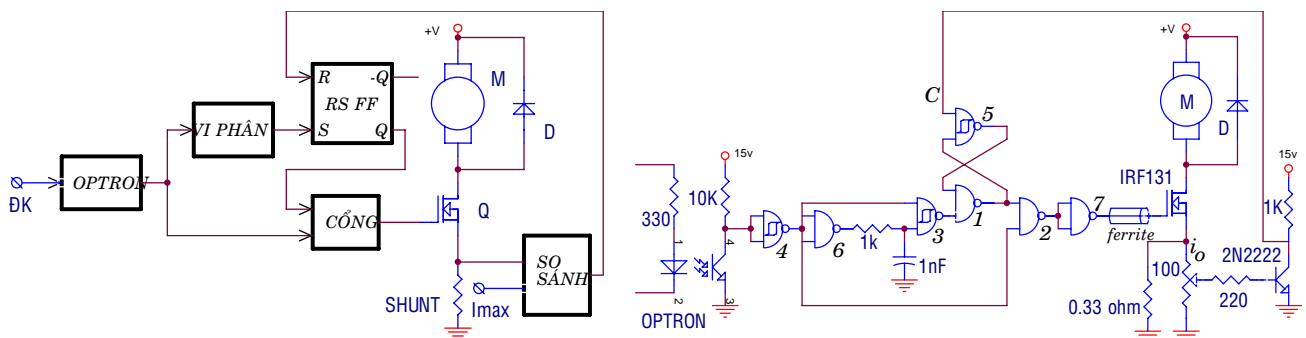
Tần số cao: Mạch lái tương tự BJT nhưng cấp điện 15 – 20V.



Mạch lái MOSFET 5 – 7 A làm việc ở BBD Flyback 50 kHz.

### 4. Mạch lái MOSFET công suất có bảo vệ dòng:

Hình 4.19 được trích từ một tạp chí điện tử công nghiệp để tham khảo một mạch lái MosFET công suất có bảo vệ dòng. Động cơ một chiều M là tải của BBD xung điện áp với ngắt điện là MosFET 12A / 60V, mã hiệu IRF131. Tác động bảo vệ dòng được thực hiện qua R - S Flip Flop. Nguyên lý này còn gặp trong các vi mạch điều khiển bộ nguồn xung.



Hình 4.19

(a)

(b)

R - S flip flop, được set ở mỗi đầu chu kỳ đóng ngắt và reset khi dòng vượt quá giá trị cho phép. Như vậy khi có quá dòng, MosFET sẽ bị khóa ngay, nhưng lại được cho phép ở chu kỳ đóng ngắt kế tiếp.

Kết quả là khi có quá dòng, độ rộng xung tương đối sẽ giảm để hạn chế dòng cực đại. Các dạng sóng cho ở hình 4.19.c:

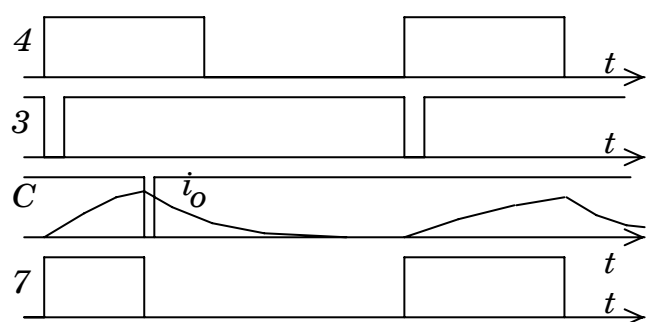
4: ngõ ra cổng NAND 4, là tín hiệu điều rộng xung từ mạch điều khiển, qua optron.

3: ngõ ra cổng NAND 3, tín hiệu set của RS flip flop.

C: cực C của BJT 2N2222, xuống thấp khi dòng vượt quá giá trị đặt xác định bằng biến trở 100 ohm, nối song song với shunt 0.33 ohm để lấy tín hiệu dòng  $i_o$ .

7: tín hiệu cực cổng MosFET.

Các cổng NAND 6, 1, 2, 7 sử dụng CD4011 là CMOS cấp điện 15V, lái trực tiếp MosFET bằng dây dẫn đi qua ống ferrite để chống dao động và nhiễu tần số cao, ở vị trí của 7 có thể dùng cổng NAND song song để tăng khả năng tải dòng. Các cổng 4, 3, 5 là các

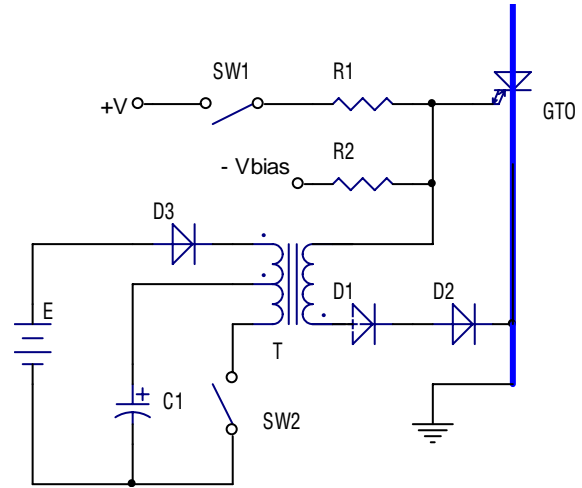


Hình 4.19.c

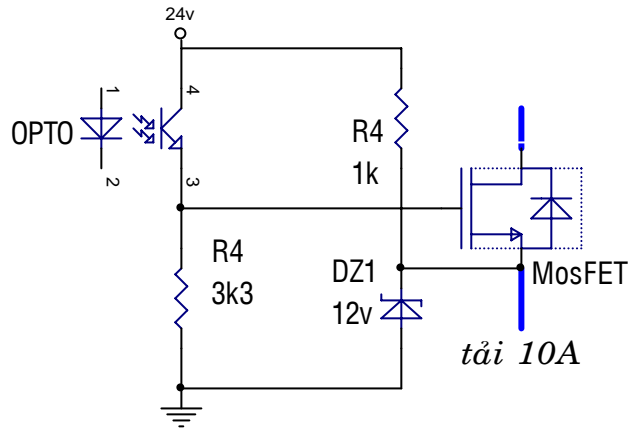
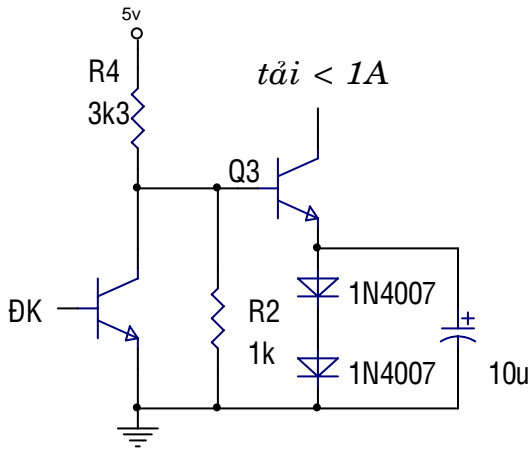
cổng NAND Smit-tri-gơ CD4093 cho phép sửa dạng xung.

### 5. Mạch lái GTO:

- Nguyên lý điều khiển:  
kích dẫn  $I_A/I_G = \text{vài chục}$   
kích ngắt  $I_A/I_G < 10$  nhờ  $-V_{bias}$ .
  - Snubber có C lớn khắc phục nhược điểm  $du/dt$  thấp
  - Xung  $-I_G$  có biên độ lớn do C phóng điện,  $-I_A/I_G < 10$ .
- Mạch ví dụ.



### 6. Cách tạo nguồn âm cho BJT, IGBT và GTO:



SO SÁNH 2 MẠCH LÁI SAU:

