

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
KHOA CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG HÓA

-----o0o-----



BÀI GIẢNG
THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Hệ đào tạo: Đại học

Bộ môn Điều khiển Tự động

Khoa Công nghệ Tự Động hóa

Họ tên giáo viên: ThS. Đào Tô Hiệu

Năm học: 2020-2021

Thái Nguyên, tháng 12 năm 2020

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
KHOA CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG HÓA

-----o0o-----



BÀI GIẢNG
THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Bộ môn Điều khiển Tự động
Khoa Công nghệ Tự Động hóa
Họ tên giáo viên: ThS. Đào Tô Hiệu

KHOA CNTTĐH

BỘ MÔN

BIÊN SOẠN

Thái Nguyên, tháng 12 năm 2020

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: NHỮNG THÀNH PHẦN MẠCH ĐIỆN VÀ CHUẨN GIAO TIẾP CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỀU KHIỂN	1
1.1. Linh kiện điện tử cơ bản	1
1.1.1. Diode	1
1.1.2. Điện trở.....	3
1.1.3. Transistor	6
1.1.4. Tụ điện.....	9
1.1.5. IC	12
1.1.6. Cuộn cảm.....	14
1.1.7. Bộ dao động.....	16
1.2. Chuẩn giao tiếp thông dụng.....	17
1.2.1. OneWire.....	17
1.2.2. I2C	18
1.2.3. SPI	20
1.2.4. RS232	22
1.2.5. RS485	24
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN	28
2.1. Nguyên tắc thiết kế mạch điều khiển	28
2.1.1. Nguyên tắc chung	28
2.1.2. Thiết kế và bố trí linh kiện	28
2.1.3. Quy tắc thiết kế dây truyền dẫn trên mạch	29
2.2. Các bước thiết kế mạch điều khiển.....	30
2.3. Một số cơ cấu điều khiển thông dụng	32
2.3.1. Cơ cấu khí nén.....	32
2.3.2. Động cơ DC.....	37
2.3.3. Động cơ Servo	40
2.3.4. Động cơ bước	42
2.4. Thiết kế mạch điều khiển tự động cơ bản	48
2.4.1. Mạch cơ bản	48

2.4.2. Thiết kế mạch điều khiển relay	49
2.4.3. Thiết kế mạch điều khiển cách ly nguồn	51
2.4.4. Mạch điều khiển tốc độ động cơ	53
2.4.5. Mạch điều khiển trung tâm.....	61
2.4.6. Mạch đồng hồ thời gian thực.....	63
2.4.7. Mạch điều khiển ánh sáng và nhiệt độ	65
2.4.8. Mạch điều khiển không dây	67
CHƯƠNG 3: THUẬT TOÁN PID TRONG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG.....	75
3.1. Giới thiệu PID.....	75
3.2. PID Speed	77
3.2. PID position.....	77
3.3. Ứng dụng PID trong tính toán tham số tự động.....	78
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	81

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Một số ký hiệu tụ điện	10
Bảng 2.1: Kết nối chân giữa USB to serial với bluetooth	70
Bảng 2.2: Cấu hình BLE ở chế độ Master.....	70
Bảng 2.3: Cấu hình BLE ở chế độ Slave.....	71
Bảng 2.4: Kết nối BLE với vi điều khiển.....	71
Bảng 3.1: Tác động của mỗi bộ điều khiển K_P , K_I , K_D	76

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1 Diot bán dẫn chỉ cho phép dòng điện đi qua nó	1
Hình 1.2: Biểu tượng, ký hiệu diot bán dẫn và chiều đi của dòng điện	1
Hình 1.3a: diot cho dòng điện đi qua và bóng đèn sáng	2
Hình 1.3b: diot ngăn dòng điện đi qua và bóng đèn tối	2
Hình 1.4: Cấu tạo diot	2
Hình 1.5: Mạch chỉnh lưu nửa sóng cơ bản	3
Hình 1.6: Mạch chỉnh lưu toàn sóng cơ bản.....	3
Hình 1.7: Ký hiệu điện trở.....	4
Hình 1.8: Cấu tạo Transistor	6
Hình 1.9: Cấu trúc transistor thuận và nghịch.....	7
Hình 1.10: Hoạt động của 3 lớp bán dẫn trên transistor nghịch.....	7
Hình 1.11 Cấu tạo Mosfet ngược kênh N.....	8
Hình 1.12: Tụ điện.....	9
Hình 1.13: Cấu tạo tụ điện.....	10
Hình 1.14a: Tụ bắt đầy nạp khi khóa S1 đóng, S2 hở.....	11
Hình 1.14b: Tụ nạp đến khi đầy thì ngưng nạp.....	11
Hình 1.15: Các vi mạch nhỏ được tích hợp trên 1 IC	12
Hình 1.16: Cuộn cảm.....	14
Hình 1.17: Nam châm điện.....	15
Hình 1.18: Cuộn cảm trong nguồn xung	16
Hình 1.19: Thạch anh	16
Hình 1.20: Chuẩn OneWire.....	17
Hình 1.21: Giao tiếp nhiều thiết bị qua bus I2C.....	19
Hình 1.22a: Một Master và nhiều Slave.....	20
Hình 1.22b: Nhiều Master và nhiều Slave.....	20
Hình 1.23: Giao tiếp SPI	20
Hình 1.24: Giao tiếp Master – Slave trong SPI.....	21
Hình 1.25: Một Master và nhiều Slave trong giao tiếp SPI	22
Hình 1.26: Kiểu truyền cân bằng 2 dây.....	25
Hình 2.1 Dựa trên khảo sát yêu cầu chế tạo để thực hiện quy trình thiết kế phù hợp...31	31
Hình 2.2: Cấu trúc hệ thống điều khiển bằng khí nén.....	33
Hình 2.3: Cấu trúc hệ thống điều khiển điện – khí nén.....	34
Hình 2.4: Xylanh dạng thẳng.....	34
Hình 2.5: Khí nén chiếm không gian trong xylanh và trục xylanh đẩy ra	35
Hình 2.6: Khí nén trong xylanh được rút ra ngoài và trục xylanh thụt vào	35
Hình 2.7: Cấu tạo van điện từ.....	36
Hình 2.8: Van điện từ khí nén AirTac	37
Hình 2.9: Động cơ DC.....	38
Hình 2.10: Cấu tạo động cơ DC	38
Hình 2.11: Nguyên lý hoạt động của động cơ DC	39
Hình 2.12: Cấu tạo Servo	41
Hình 2.13: Xung PWM điều khiển góc quay động cơ Servo.....	42
Hình 2.14: Động cơ bước nam châm vĩnh cửu	43
Hình 2.15: Hoạt động của động cơ bước nam châm vĩnh cửu	44

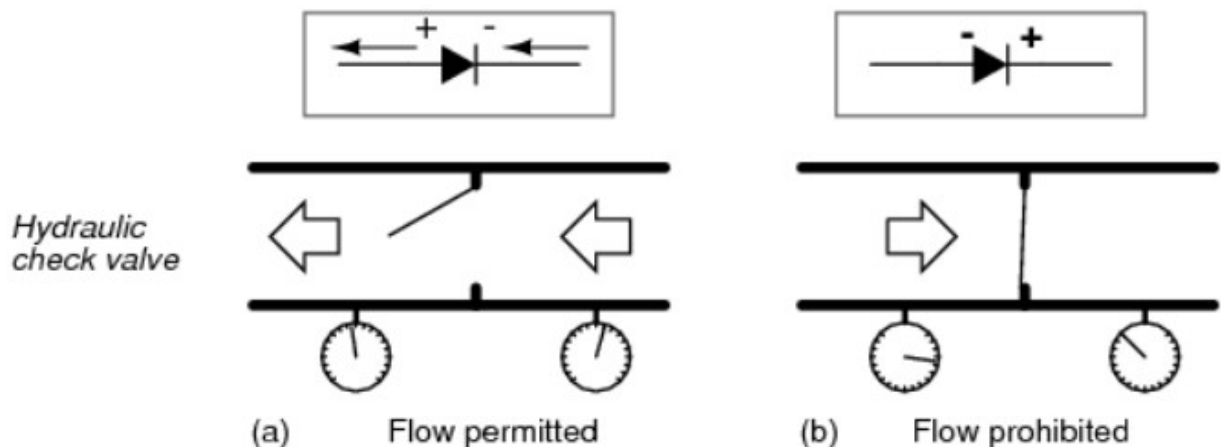
Hình 2.16: Động cơ biến trở từ	45
Hình 2.17: Cấu tạo động cơ bước hỗn hợp.....	46
Hình 2.18: Phương pháp điều khiển động cơ bước.....	47
Hình 2.19: Họ IC ổn áp 78xx	48
Hình 2.20: Mạch nguyên lý hạ áp 5V.....	48
Hình 2.21: Cấu tạo cơ bản của relay	49
Hình 2.22: Relay mở	49
Hình 2.23: Mạch điều khiển relay	50
Hình 2.24: Biến áp cách ly	51
Hình 2.25: Mạch điều khiển relay có cách ly	52
Hình 2.26: Mạch zero crossing.....	53
Hình 2.27: Sơ đồ 4 công tắc theo hình chữ H	53
Hình 2.28: Điều khiển đường đi dòng điện bằng cách bật/tắt công tắc tương ứng.....	54
Hình 2.29: Sơ đồ tổng quát của một mạch cầu H sử dụng transistor BJT	54
Hình 2.30: Dòng điện trường hợp A ở mức LOW và B ở mức HIGH	55
Hình 2.31: Dòng điện trường hợp A ở A ở mức HIGH và B ở mức LOW	56
Hình 2.32: Sơ đồ mạch cầu H sử dụng nguồn 12V và Mosfet.....	57
Hình 2.33: Điều khiển ở chế độ quá độ động cơ.....	59
Hình 2.34: Tính toán tham số điện trở R10 phù hợp.....	60
Hình 2.35: Xác định thành phần cho mạch điều khiển trung tâm	61
Hình 2.36: Mạch reset trên 1 số dòng VDK.....	62
Hình 2.37: Mạch RTC DS1307	64
Hình 2.38: Mạch RTC DS1302	64
Hình 2.39: Sơ đồ mạch cảm biến ánh sáng với quang trở LDR.....	65
Hình 2.40: Ngõ ra tín hiệu mạch cảm biến ánh sáng	65
Hình 2.41: LM35	66
Hình 2.42: Mạch cảm biến nhiệt độ cách hoạt relay	67
Hình 2.43: Mạch điều khiển qua RF	67
Hình 2.44: Kết nối BLE.....	69
Hình 2.45: Bluetooth HC05.....	69
Hình 2.46: Dùng giao diện Serial Monitor của Arduino IDE để cấu hình BLE	70
Hình 2.47: Module SIM 900A.....	72
Hình 2.48: Kết nối Module Sim với USB TTL	73
Hình 2.49: Kết nối Module SIM với vi điều khiển	73
Hình 2.51a: ENC28J60.....	74
Hình 2.52b: W5100	74
Hình 3.1: Cấu trúc PID	75
Hình 3.2: PID Speed.....	77
Hình 3.3: Mô hình hệ thống	78
Hình 3.4: PID trong điều khiển mực nước	79
Hình 3.5: PID trong điều khiển nhiệt độ	79
Hình 3.6: Hệ thống điều khiển PID cơ bản	80

CHƯƠNG 1: NHỮNG THÀNH PHẦN MẠCH ĐIỆN VÀ CHUẨN GIAO TIẾP CƠ BẢN TRONG MẠCH ĐIỀU KHIỂN

1.1. Linh kiện điện tử cơ bản

1.1.1. Diode

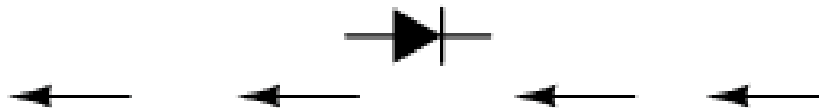
Điốt (Diode) bán dẫn hay còn gọi là Điốt, là một linh kiện điện tử bán dẫn chỉ cho phép dòng điện đi qua nó theo một chiều duy nhất mà không chạy ngược lại. Điốt bán dẫn thường đều có nguyên lý cấu tạo chung là một khối bán dẫn loại P ghép với một khối bán dẫn loại N và được nối với 2 chân ra là anode và cathode.



Hình 1.1 Diot bán dẫn chỉ cho phép dòng điện đi qua nó

Điốt (diode) và bộ chỉnh lưu

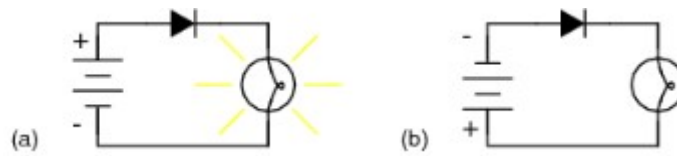
Loại **Điốt** phổ biến nhất trong thiết kế mạch là diode bán dẫn. Điốt bán dẫn được tượng trưng trong sơ đồ sơ đồ như hình bên dưới (hình 1.2). Thuật ngữ “diode” được dành riêng cho các thiết bị tín hiệu nhỏ, cường độ dòng điện $I \leq 1$ A. **Bộ chỉnh lưu** là thuật ngữ được sử dụng cho điốt ứng dụng thiết kế nguồn công suất cao hơn, $I > 1$ A.



Hình 1.2: Biểu tượng, ký hiệu diốt bán dẫn và chiều đi của dòng điện

Trong một mạch điện cơ bản, diode sẽ cho phép hoặc ngăn dòng điện qua tải (đèn), tùy thuộc vào chiều của nguồn điện áp được đặt.

Thiết kế mạch điều khiển tự động

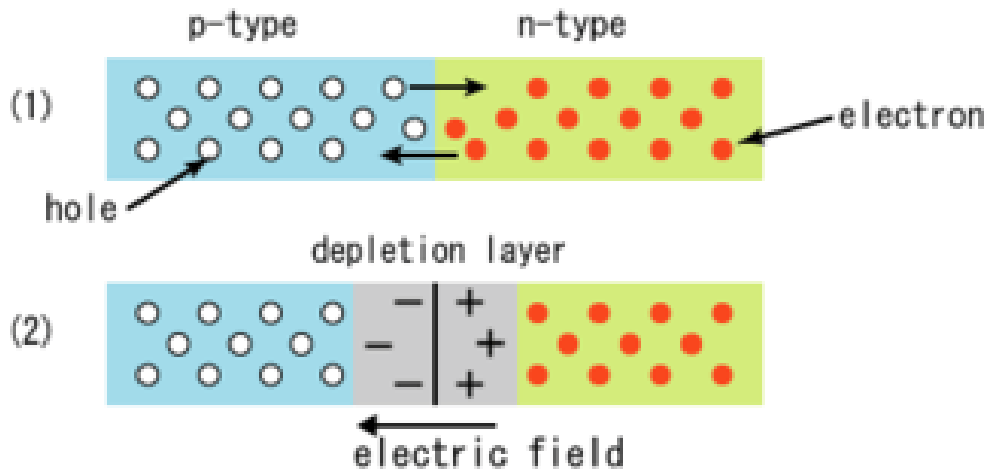


Hình 1.3a: diốt cho dòng điện đi qua và bóng đèn sáng

Hình 1.3b: diốt ngăn dòng điện đi qua và bóng đèn tối

Nguyên tắc hoạt động

Diode cấu tạo bởi 2 khối P và khối N. Khối P mang nhiều lỗ trống (hole) mang điện tích dương. Khối N mang nhiều electron âm nên khi ghép nối với nhau. Sự chênh lệch điện áp xuất hiện. Các lỗ trống sẽ có xu hướng khuếch tán sang vùng khối N. Cùng lúc khối P lại nhận thêm các electron (điện tích âm) từ khối N chuyển sang. Kết quả là khối P tích điện âm (thiếu hụt lỗ trống và dư thừa electron) trong khi khối N tích điện dương (thiếu hụt electron và dư thừa lỗ trống).



Hình 1.4: Cấu tạo diốt

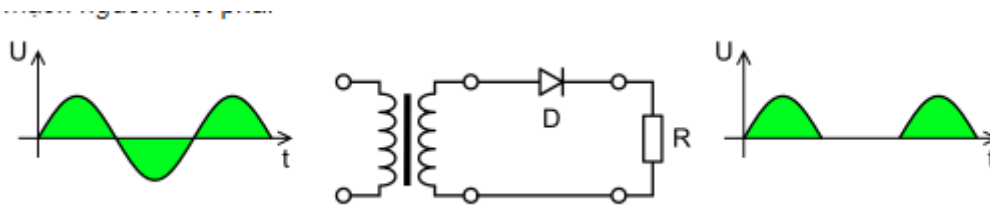
Ở vùng tiếp giáp P và N, một số electron bị hút vào lỗ trống và lấp đầy lỗ trống. Chúng tạo thành các nguyên tử trung hòa. Quá trình này sẽ giải phóng năng lượng dạng ánh sáng hay các bức xạ điện từ. Diốt chỉ cho dòng electron chạy qua anode sang cathode điều kiện điện áp anode cao hơn cathode. Khi đó, $U_{AK} > 0$ và ngược chiều với điện áp tiếp xúc ($U_{\text{tiếp xúc}}$). Như vậy muốn có dòng điện qua diốt thì điện trường do U_{AK} sinh ra phải mạnh hơn điện trường tiếp xúc ($U_{AK} > U_{TX}$). Một phần của điện áp U_{AK} dùng để cân bằng với điện áp tiếp xúc ($U_{TX} \approx 0.6V$), phần còn lại dùng để tạo dòng điện thuận qua diốt. Nếu $U_{AK} > 0$ thì diốt phân cực thuận và dòng điện qua diốt lúc này gọi là dòng điện thuận (thường được ký hiệu là IF tức I-FORWARD hoặc ID tức I-DIODE). Dòng điện thuận có chiều từ anode sang cathode.

Thiết kế mạch điều khiển tự động

Mạch chỉnh lưu

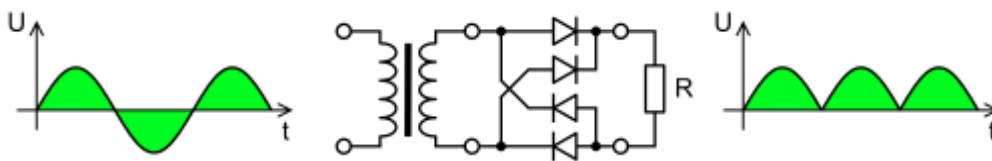
Một mạch chỉnh lưu là một mạch điện bao gồm các linh kiện điện – điện tử, dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Mạch chỉnh lưu có thể được sử dụng trong các bộ nguồn cung cấp dòng điện một chiều, hoặc trong các mạch tách sóng tín hiệu vô tuyến điện trong các thiết bị vô tuyến. Phần tử tích cực trong mạch chỉnh lưu có thể là các điốt bán dẫn, các đèn chỉnh lưu thủy ngân hoặc các linh kiện khác.

+ Mạch chỉnh lưu nửa sóng: Một mạch chỉnh lưu nửa sóng chỉ một trong nửa chu kỳ dương hoặc âm có thể dễ dàng đi ngang qua điốt, trong khi nửa kia sẽ bị khóa, tùy thuộc vào chiều lắp đặt của điốt. Vì chỉ có một nửa chu kỳ được chỉnh lưu nên mạch chỉnh lưu nửa sóng có hiệu suất truyền công suất rất thấp. Mạch chỉnh lưu nửa sóng có thể lắp bằng chỉ một điốt bán dẫn trong các mạch nguồn một pha.



Hình 1.5: Mạch chỉnh lưu nửa sóng cơ bản

+ Mạch chỉnh lưu toàn sóng: Mạch chỉnh lưu toàn sóng biến đổi cả hai thành phần cực tính của dạng sóng đầu vào thành một chiều, hiệu suất cao hơn mạch chỉnh lưu nửa sóng. Để lọc được nguồn cần đến 4 điốt, khác với mạch chỉnh lưu nửa sóng chỉ cần 1 điốt. 4 điốt dùng như hình 1.6 gọi là cầu chỉnh lưu.



Hình 1.6: Mạch chỉnh lưu toàn sóng cơ bản

1.1.2. Điện trở

Khái niệm

Điện trở (Resistor) là một linh kiện điện tử thụ động với 2 tiếp điểm kết nối, chức năng dùng để điều chỉnh mức độ tín hiệu, hạn chế cường độ dòng điện chảy trong