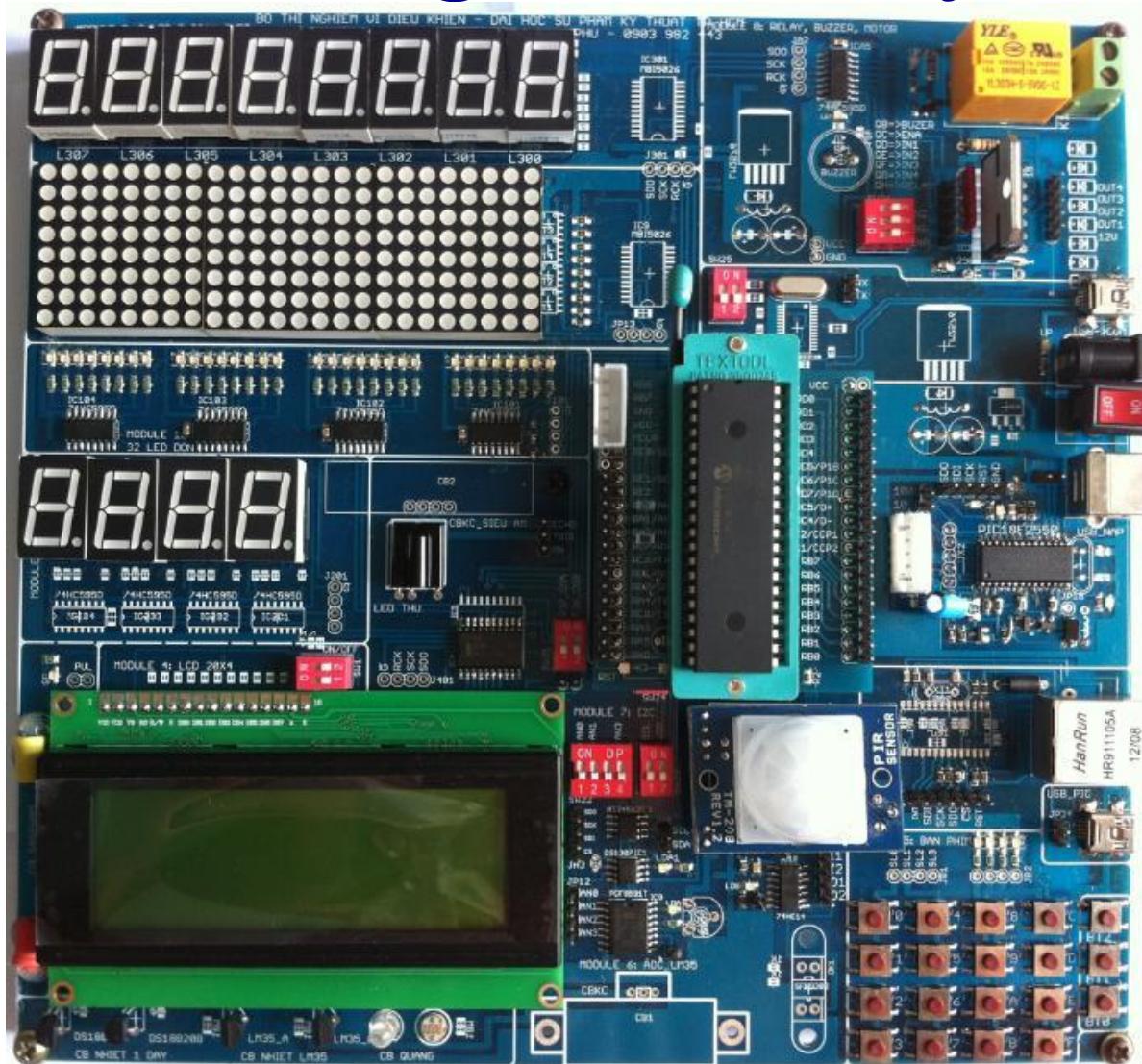


ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ – BỘ MÔN ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP

GIÁO TRÌNH VI XỬ LÝ

VI ĐIỀU KHIỂN PIC



PIC16F887

NGUYỄN ĐÌNH PHÚ
NĂM 2014

LỜI NÓI ĐẦU

Bộ vi xử lý ngày càng phát triển hoàn thiện và được sử dụng hầu hết trong các hệ thống điều khiển trong công nghiệp cũng như trong các thiết bị điện tử dân dụng. Chính nhờ vai trò, chức năng của vi xử lý đã đem lại nhiều ưu điểm, nhiều tính năng đặc biệt cho các hệ thống điều khiển.

Các nhà nghiên cứu không ngừng nghiên cứu các hệ thống điều khiển và sử dụng vi xử lý để thay thế nhằm nâng cao khả năng tự động thay thế cho con người, và cũng chính vì thế đã thúc đẩy lĩnh vực vi xử lý ngày càng phát triển không ngừng, thích nghi với yêu cầu điều khiển. Để đơn giản hóa sự phức tạp của phần cứng khi dùng vi xử lý nên các nhà nghiên cứu đã tích hợp hệ vi xử lý, bộ nhớ, các ngoại vi thành một vi mạch duy nhất gọi là vi điều khiển.

Nội dung giáo trình này nghiên cứu các kiến thức cơ bản của vi điều khiển. Do có nhiều họ vi điều khiển khác nhau, từ hệ 8 bit cho đến hệ 32 bit, mức độ tích hợp từ đơn giản đến phức tạp, nhiều hãng chế tạo khác nhau, nhiều chủng loại khác nhau sẽ làm cho người bắt đầu học hay nghiên cứu sẽ gặp nhiều bỡ ngỡ không biết bắt đầu từ hệ nào cho phù hợp, chính vì thế giáo trình này chỉ trình bày họ vi điều khiển 8 bit của hãng Microchip nhằm giúp các bạn sinh viên ngành điện tử chung có một giáo trình để học tập và nghiên cứu một cách dễ dàng.

Các ứng dụng dùng vi điều khiển ở nhiều cấp độ khác nhau từ đơn giản đến phức tạp, giáo trình này chỉ trình bày các ứng dụng đơn giản để các bạn có thể đọc hiểu, từ các kiến thức cơ bản đó bạn có thể thực hiện các ứng dụng điều khiển phức tạp hơn, phần bài tập kèm theo giúp bạn giải quyết các yêu cầu phức tạp. Từ các kiến thức cơ bản của vi điều khiển 8 bit có thể giúp các bạn tự nghiên cứu các vi điều khiển nhiều bit hơn như 16 bit, 32 bit.

Giáo trình biên soạn chia thành 10 chương, chủ yếu trình bày vi điều khiển PIC 16F887:

Chương 1. Đặc tính, cấu trúc, chức năng các port.

Chương 2. Tổ chức bộ nhớ, thanh ghi.

Chương 3. Lệnh hợp ngữ.

Chương 4. Ngôn ngữ lập trình C.

Chương 5. Giao tiếp LED, LCD, phím đơn, ma trận phím.

Chương 6. Timer - Counter.

Chương 7. Chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số.

Chương 8. Ngắt.

Chương 9. Truyền dữ liệu UART.

Chương 10. Điều chế độ rộng xung - PWM.

Nội dung chương 1 chủ yếu giới thiệu đặc tính, cấu trúc và chức năng các port của vi điều khiển, người đọc cần phải biết đặc tính của vi điều khiển đang nghiên cứu. Để so sánh khả năng của các vi điều khiển khác nhau ta phải dựa vào đặc tính. Phần cấu trúc bên trong cho bạn biết được tổ chức,

mỗi quan hệ giữa các khối với nhau, chức năng của từng khối. Bạn phải biết tên, ký hiệu đặt tên cho từng port, chức năng của từng port để giúp bạn sử dụng port kết nối đúng với các đối tượng điều khiển.

Nội dung chương 2 giới thiệu cấu trúc tổ chức các loại bộ nhớ tích hợp bên trong vi điều khiển bao gồm bộ nhớ chương trình, bộ nhớ dữ liệu RAM, bộ nhớ ngăn xếp, bộ nhớ Eeprom, các cách truy xuất bộ nhớ.

Nội dung chương 3 giới thiệu về tập lệnh hợp ngữ của vi điều khiển để viết các chương trình bằng hợp ngữ nhưng do lập trình bằng hợp ngữ rất khó và dài khi giải quyết các yêu cầu tính toán phức tạp nên phần này chỉ giới thiệu chứ không nghiên cứu sâu.

Nội dung chương 4 giới thiệu về ngôn ngữ lập trình C cho vi điều khiển PIC, có nhiều trình biên dịch ngôn ngữ lập trình C cho vi điều khiển nhưng tài liệu này trình bày trình biên dịch CCS. Lập trình bằng ngôn ngữ C giúp các bạn viết chương trình dễ hơn so với hợp ngữ, toàn bộ các chương trình trong tài liệu này đều viết bằng ngôn ngữ lập trình C. Để hiểu các chương trình trong giáo trình và viết các chương trình theo yêu cầu thì bạn cần phải nắm rõ tổ chức của môt chương trình C, các kiểu dữ liệu, các toán tử, các thư viện viết sẵn và các lệnh C cơ bản.

Nội dung chương 5 khảo sát chi tiết chức năng các port, sơ đồ mạch của các port, sử dụng các port để xuất nhập tín hiệu điều khiển như led đơn, led 7 đoạn trực tiếp, led 7 đoạn quét, LCD, nút nhấn, bàn phím ma trận. Trong từng yêu cầu sẽ cho bạn biết cách kết nối phần cứng, nguyên lý hoạt động, viết lưu đồ hay trình tự điều khiển và chương trình mẫu, có giải thích từng lệnh hoặc cả chương trình.

Nội dung chương 6 khảo sát chi tiết chức năng của timer-counter tích hợp trong vi điều khiển, cách sử dụng timer – counter để định thời và đếm sự kiện.

Nội dung chương 7 khảo sát chi tiết chức năng của bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số (ADC) tích hợp trong vi điều khiển, cách sử dụng ADC để chuyển đổi các tín hiệu tương tự như cảm biến nhiệt để thực hiện các ứng dụng đo nhiệt độ, cảnh báo quá nhiệt độ trong điều khiển và nhiều ứng dụng khác.

Nội dung chương 8 khảo sát chi tiết chức năng ngắn của vi điều khiển, biết được tính năng ưu việt của ngắn, cách sử dụng ngắn để đáp ứng tối ưu các yêu cầu điều khiển nhằm đáp ứng nhanh các sự kiện xảy ra.

Nội dung chương 9 khảo sát chi tiết chức năng truyền dữ liệu nối tiếp UART của vi điều khiển, biết được trình tự thực hiện gửi dữ liệu và nhận dữ liệu, thực hiện các yêu cầu truyền dữ liệu giữa vi điều khiển với máy tính và giữa các vi điều khiển với nhau.

Nội dung chương 10 khảo sát chi tiết chức năng điều chế độ rộng xung PWM của vi điều khiển, biết được nguyên lý hoạt động, tính toán các thông số của xung điều chế, biết lập trình sử dụng

chức năng PWM để điều khiển thay đổi độ sáng của đèn, thay đổi tốc độ của động cơ DC và nhiều ứng dụng khác.

Ngoài các kiến thức cơ bản mà tác giả đã trình bày thì còn nhiều chức năng khác của vi điều khiển mà tác giả chưa trình bày thì các bạn có thể tham khảo thêm ở các tài liệu nhà chế tạo cung cấp.

Trong quá trình biên soạn không thể tránh được các sai sót nên rất mong các bạn đọc đóng góp xây dựng và xin hãy gửi về tác giả theo địa chỉ phu_nd@yahoo.com.

Tác giả xin cảm ơn các bạn bè đồng nghiệp đã đóng góp nhiều ý kiến, xin cảm ơn người thân trong gia đình cho phép tác giả có nhiều thời gian thực hiện biên soạn giáo trình này.

Nguyễn Đình Phú.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

CHƯƠNG 1. ĐẶC TÍNH, CẤU TRÚC, CHỨC NĂNG CÁC PORT

| | | |
|------|--|----|
| I. | GIỚI THIỆU | 1 |
| II. | KHẢO SÁT VI ĐIỀU KHIỂN MICROCHIP | 2 |
| 1. | Cấu hình của vi điều khiển PIC 16F887 | 2 |
| 2. | Sơ đồ cấu trúc vi điều khiển PIC 16F887 | 5 |
| 3. | Khảo sát sơ đồ chân vi điều khiển PIC 16F887 | 7 |
| III. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP | 12 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 12 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 13 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 13 |
| 4. | Bài tập | 14 |

CHƯƠNG 2. TỔ CHỨC BỘ NHỚ, THANH GHI

| | | |
|------|---|----|
| I. | GIỚI THIỆU | 15 |
| II. | KIẾN TRÚC BỘ NHỚ | 16 |
| III. | TỔ CHỨC BỘ NHỚ CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887 | 16 |
| 1. | Tổ chức bộ nhớ chương trình | 17 |
| 2. | Mã lệnh 14 bit | 17 |
| 3. | Khảo sát bộ nhớ dữ liệu và thanh ghi trạng thái | 18 |
| 4. | Bộ nhớ dữ liệu Eeprom | 20 |
| IV. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP | 20 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 20 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 20 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 20 |
| 4. | Bài tập | 22 |

CHƯƠNG 3. LỆNH HỢP NGỮ

| | | |
|------|--|----|
| I. | GIỚI THIỆU | 24 |
| II. | LỆNH HỢP NGỮ CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887 | 24 |
| 1. | Giới thiệu | 24 |
| 2. | Khảo sát tập lệnh tóm tắt vi điều khiển PIC 16F887 | 25 |
| 3. | Tập lệnh chi tiết | 26 |
| III. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP | 31 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 31 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 31 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 32 |
| 4. | Bài tập | 33 |

CHƯƠNG 4. NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH C

| | | |
|------|--|----|
| I. | GIỚI THIỆU | 36 |
| II. | CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA NGÔN NGỮ C | 36 |
| 1. | Các kiểu dữ liệu của biến | 36 |
| 2. | Các toán tử | 36 |
| 3. | Các lệnh C cơ bản | 39 |
| 4. | Cấu trúc của chương trình C | 41 |
| 5. | Các thành phần cơ bản của chương trình C | 41 |
| 6. | Con trỏ dữ liệu | 42 |
| 7. | Khai báo mảng | 42 |
| III. | TRÌNH BIÊN DỊCH CCS-C | 42 |

| | | |
|-----|--|----|
| IV. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP | 50 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 50 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 50 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 50 |
| 4. | Bài tập | 52 |

CHƯƠNG 5. GIAO TIẾP LED, LCD, PHÍM ĐƠN, BÀN TRẠM PHÍM

| | | |
|-------|---|-----|
| I. | GIỚI THIỆU | 54 |
| II. | CHỨC NĂNG CÁC PORT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN | 54 |
| III. | CÁC PORT CỦA PIC 16F887 | 54 |
| 1. | Port A và thanh ghi TrisA | 55 |
| 2. | Port B và thanh ghi TrisB | 57 |
| 3. | Port C và thanh ghi TrisC | 61 |
| 4. | Port D và thanh ghi TrisD | 64 |
| 5. | Port E và thanh ghi TrisE | 65 |
| IV. | LỆNH TRUY XUẤT PORT DÙNG NGÔN NGỮ CCS-C | 66 |
| 1. | Lệnh set_tris_x(value) | 66 |
| 2. | Lệnh output_x(value) | 66 |
| 3. | Lệnh output_high(pin) | 67 |
| 4. | Lệnh output_low(pin) | 67 |
| 5. | Lệnh output_toggle(pin) | 67 |
| 6. | Lệnh output_bit(pin,value) | 67 |
| 7. | Lệnh value = get_tris_x() | 67 |
| 8. | Lệnh value = input(pin) | 67 |
| 9. | Lệnh value = input_state() | 68 |
| 10. | Lệnh value=input_x() | 68 |
| 11. | Lệnh output_drive(pin) | 68 |
| 12. | Lệnh output_float(pin) | 68 |
| 13. | Lệnh port_b_pullup() | 68 |
| V. | CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED ĐƠN | 69 |
| VI. | CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN TRỰC TIẾP | 72 |
| VII. | CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN QUÉT | 76 |
| VIII. | CÁC ỨNG DỤNG GIAO TIẾP VỚI NÚT NHẤN, BÀN PHÍM | 79 |
| 1. | Hệ thống ít phím | 79 |
| 2. | Hệ thống nhiều phím | 86 |
| IX. | CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LCD | 93 |
| 1. | Giới thiệu LCD | 93 |
| 2. | Sơ đồ chân LCD | 93 |
| 3. | Sơ đồ mạch giao tiếp vi điều khiển với LCD | 94 |
| 4. | Các lệnh điều khiển LCD | 95 |
| 5. | Địa chỉ của từng ký tự trên LCD | 96 |
| 6. | Các chương trình hiển thị trên LCD | 96 |
| X. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM | 100 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 100 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 100 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 100 |

CHƯƠNG 6. TIMER - COUNTER

| | | |
|------|--------------------------------|-----|
| I. | GIỚI THIỆU | 104 |
| II. | KHẢO SÁT TIMER0 CỦA PIC 16F887 | 104 |
| 1. | Ngắt của Timer0 | 105 |
| 2. | Timer0 đếm xung ngoại | 106 |
| 3. | Bộ chia trước | 106 |
| III. | KHẢO SÁT TIMER1 CỦA PIC 16F887 | 106 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 1. | Timer1 ở chế độ định thời | 108 |
| 2. | Timer1 ở chế độ đếm xung ngoại | 108 |
| 3. | Hoạt động của Timer1 ở chế độ counter đồng bộ | 109 |
| 4. | Hoạt động của Timer1 ở chế độ counter bắt đồng bộ | 110 |
| 5. | Đọc và ghi Timer1 trong chế độ đếm không đồng bộ | 110 |
| 6. | Bộ dao động của Timer1 | 110 |
| 7. | Reset timer1 sử dụng ngõ ra CCP trigger | 110 |
| 8. | Reset cặp thanh ghi TMR1H, TMR1L của Timer1 | 111 |
| IV. | KHẢO SÁT TIMER2 CỦA PIC 16F887 | 111 |
| 1. | Bộ chia trước và chia sau của Timer2 | 112 |
| 2. | Ngõ ra của TMR2 | 112 |
| V. | CÁC LỆNH CỦA TIMER – COUNTER TRONG NGÔN NGỮ CCS-C | 112 |
| 1. | Lệnh setup_timer_0(mode) | 112 |
| 2. | Lệnh setup_timer_1(mode) | 113 |
| 3. | Lệnh setup_timer_2(mode) | 113 |
| 4. | Lệnh set_timerx(value) | 116 |
| 5. | Lệnh get_timerx() | 116 |
| 6. | Lệnh setup_wdt(mode) | 116 |
| 7. | Lệnh restart_wdt() | 117 |
| VI. | CÁC ỨNG DỤNG ĐỊNH THỜI DÙNG TIMER | 117 |
| VII. | CÁC ỨNG DỤNG ĐÉM XUNG NGOẠI DÙNG COUNTER | 121 |
| VIII. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM | 126 |
| 1. | Câu hỏi ôn tập | 126 |
| 2. | Câu hỏi mở rộng | 127 |
| 3. | Câu hỏi trắc nghiệm | 127 |

CHƯƠNG 7. CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ SANG SỐ

| | | |
|------|--|-----|
| I. | GIỚI THIỆU | 130 |
| II. | ADC CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887 | 130 |
| 1. | Khảo sát adc của pic 16F887 | 130 |
| 2. | Khảo sát các thanh ghi của PIC 16F887 | 131 |
| 3. | Trình tự thực hiện chuyển đổi ADC | 133 |
| 4. | Lựa chọn nguồn xung cho chuyển đổi ADC | 133 |
| III. | CÁC LỆNH CỦA ADC TRONG NGÔN NGỮ CCS-C | 134 |
| 1. | Lệnh setup_adc (mode) | 134 |
| 2. | Lệnh setup_adc_port (value) | 134 |
| 3. | Lệnh set_adc_channel (chan) | 134 |
| 4. | Lệnh value = read_adc (mode) | 134 |
| IV. | CÁC ỨNG DỤNG ADC CỦA PIC 16F887 | 135 |
| V. | CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP | 140 |
| 4. | Câu hỏi ôn tập | 140 |
| 5. | Câu hỏi mở rộng | 140 |
| 6. | Câu hỏi trắc nghiệm | 140 |
| 7. | Bài tập | 141 |

CHƯƠNG 8. NGẮT

| | | |
|------|--|-----|
| I. | GIỚI THIỆU | 144 |
| II. | TỔNG QUAN VỀ NGẮT | 144 |
| III. | NGẮT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887 | 144 |
| 1. | Các nguồn ngắt của PIC16F887 | 144 |
| 2. | Các thanh ghi ngắt của PIC16F887 | 145 |
| IV. | CÁC LỆNH NGẮT CỦA PIC16F887 TRONG NGÔN NGỮ CCS-C | 148 |
| 1. | lệnh enable_interrupt (level) | 148 |

| | |
|--|------------|
| 2. lệnh disable_interrupt (level) | 148 |
| V. CÁC ỨNG DỤNG NGẮT CỦA PIC 16F887 | 148 |
| VI. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM | 157 |
| 1. Câu hỏi ôn tập | 157 |
| 2. Câu hỏi mở rộng | 157 |
| 3. Câu hỏi trắc nghiệm | 157 |

CHƯƠNG 9. TRUYỀN DỮ LIỆU UART

| | |
|--|------------|
| I. GIỚI THIỆU | 160 |
| II. TỔNG QUAN VỀ CÁC KIỀU TRUYỀN DỮ LIỆU | 160 |
| III. TRUYỀN DỮ LIỆU NÓI TIẾP ĐỒNG BỘ VÀ KHÔNG ĐỒNG BỘ | 160 |
| IV. TRUYỀN DỮ LIỆU CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887 | 161 |
| 1. Truyền dữ liệu EUSART | 161 |
| 2. Các thanh ghi phục vụ cho khối ESUART của PIC16F887 | 161 |
| V. CÁC LỆNH TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART | 168 |
| 1. Lệnh setup_uart(baud,stream) | 168 |
| 2. Lệnh puts(string) | 169 |
| 3. Lệnh value = getc(), value = fgetc(stream), value = getch() | 169 |
| 4. Lệnh value = kbhit() | 169 |
| VI. ỨNG DỤNG TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART | 169 |
| VII. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM | 175 |
| 1. Câu hỏi ôn tập | 176 |
| 2. Câu hỏi mở rộng | 176 |
| 3. Câu hỏi trắc nghiệm | 176 |

CHƯƠNG 10. ĐIỀU CHỈ ĐỘ RỘNG XUNG

| | |
|--|------------|
| I. GIỚI THIỆU | 178 |
| II. KHẢO SÁT PWM | 178 |
| 1. Nguyên lý điều chế độ rộng xung PWM | 178 |
| 2. Cấu trúc khối điều chế độ rộng xung PWM | 179 |
| 3. Tính chu kỳ xung PWM | 180 |
| 4. Tính hệ số chu kỳ PWM | 180 |
| III. CÁC LỆNH ĐIỀU KHIỂN PWM | 180 |
| 1. Lệnh định cấu hình khối ccp setup_ccp(mode) | 180 |
| 2. Lệnh thiết lập hệ số chu kỳ set_pmwx_duty(value) | 180 |
| 3. Lệnh định cấu hình cho timer_2 setup_timer_2 (mode, period, prescale) | 181 |
| 4. Lệnh thiết lập giá trị bắt đầu cho timer set_timerx(value) | 181 |
| IV. CÁC CHƯƠNG TRÌNH ỨNG DỤNG PWM | 190 |
| V. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM | 190 |
| 1. Câu hỏi ôn tập | 190 |
| 2. Câu hỏi mở rộng | 190 |
| 3. Câu hỏi trắc nghiệm | 190 |
| Tài liệu tham khảo. | 191 |

HÌNH ẢNH

| | |
|--|----|
| Hình 1-1: Các thiết bị sử dụng vi xử lý. | 2 |
| Hình 1-2: Hệ thống vi xử lý. | 2 |
| Hình 1-3: Cấu hình của vi điều khiển. | 5 |
| Hình 1-4: Cấu trúc bên trong của vi điều khiển. | 6 |
| Hình 1-5: Sơ đồ chân của PIC 16F887. | 7 |
| | |
| Hình 2-1: Kiến trúc Von Neumann và Harvard. | 16 |
| Hình 2-2: Sơ đồ bộ nhớ chương trình và ngăn xếp. | 17 |
| Hình 2-3: Tổ chức bộ nhớ theo byte. | 18 |
| Hình 2-4: Tổ chức bộ nhớ chứa cả mã lệnh và dữ liệu. | 18 |
| Hình 2-5: Thanh ghi trạng thái. | 18 |
| Hình 2-6: Tổ chức File thanh ghi. | 19 |
| | |
| Hình 3-1: Các dạng mã lệnh. | 25 |
| | |
| Hình 5-1: Sơ đồ kết nối port với đối tượng điều khiển. | 54 |
| Hình 5-2: Sơ đồ kết nối port: xuất nhập tín hiệu điều khiển. | 54 |
| Hình 5-3: PortA và thanh ghi định hướng port A. | 55 |
| Hình 5-4: Cấu hình chân RA0. | 55 |
| Hình 5-5: Cấu hình chân RA1. | 55 |
| Hình 5-6: Cấu hình chân RA2. | 56 |
| Hình 5-7: Cấu hình chân RA3. | 56 |
| Hình 5-8: Cấu hình chân RA4. | 57 |
| Hình 5-9: Cấu hình chân RA5. | 57 |
| Hình 5-10: Cấu hình chân RA6. | 57 |
| Hình 5-11: Cấu hình chân RA7. | 57 |
| Hình 5-12: PortB và thanh ghi định hướng port B. | 58 |
| Hình 5-13: Thanh ghi ANSELH định cấu hình số tương tự cho portB. | 58 |
| Hình 5-14: Thanh ghi WPUB thiết lập cho phép/cấm điện trở treo. | 58 |
| Hình 5-15: Thanh ghi IOCB cho phép/cấm ngắt portB thay đổi. | 58 |
| Hình 5-16: Cấu hình chân RB<3:0>. | 60 |
| Hình 5-17: Cấu hình chân RB<7:4>. | 61 |
| Hình 5-18: Các chân PortB giao tiếp với mạch nạp, gỡ rói. | 61 |
| Hình 5-19: Port C và thanh ghi TRISC. | 62 |
| Hình 5-20: Cấu hình chân RC0. | 62 |
| Hình 5-21: Cấu hình chân RC1. | 62 |
| Hình 5-22: Cấu hình chân RC2. | 63 |
| Hình 5-23: Cấu hình chân RC3. | 63 |
| Hình 5-24: Cấu hình chân RC4. | 63 |
| Hình 5-25: Cấu hình chân RC5. | 63 |
| Hình 5-26: Cấu hình chân RC6. | 64 |
| Hình 5-27: Cấu hình chân RC7. | 64 |
| Hình 5-28: Port D và thanh ghi TRISD. | 65 |
| Hình 5-29: Cấu hình chân RD<4:0>. | 65 |
| Hình 5-30: Cấu hình chân RD<7:5>. | 65 |
| Hình 5-31: Port E và thanh ghi TRISE. | 65 |
| Hình 5-32: Cấu hình chân RE<2:0>. | 66 |
| Hình 5-33: Cấu hình chân RE<3>. | 66 |
| Hình 5-34: Sơ đồ điều khiển led đơn. | 69 |
| Hình 5-35: Lưu đồ điều khiển led đơn chớp tắt. | 69 |
| Hình 5-36: Lưu đồ điều khiển led đơn chớp tắt 10 lần. | 70 |
| Hình 5-37: Lưu đồ điều khiển led đơn sáng dần tắt dần từ phải sang trái. | 71 |
| Hình 5-38: Sơ đồ kết nối portB với 1 led 7 đoạn. | 72 |
| Hình 5-39: Hình led 7 đoạn | 72 |
| Hình 5-40: Lưu đồ đếm từ 0 đến 9. | 73 |
| Hình 5-41: Sơ đồ kết nối portB, C điều khiển 2 led 7 đoạn. | 75 |

| | |
|--|-----|
| Hình 5-42: Lưu đồ đếm từ 00 đến 99. | 75 |
| Hình 5-43: Sơ đồ kết nối 2 port B và D điều khiển 8 led 7 đoạn quét. | 76 |
| Hình 5-44: Lưu đồ điều khiển 8 led quét sáng 8 số. | 77 |
| Hình 5-45: Sơ đồ kết nối 2 port B và D điều khiển 2 led 7 đoạn quét. | 78 |
| Hình 5-46: Lưu đồ đếm từ 00 đến 99 hiển thị trên 2 led quét. | 78 |
| Hình 5-47: Sơ đồ điều khiển led và nút nhấn. | 80 |
| Hình 5-48: Lưu đồ điều khiển led đơn bằng nút nhấn ON-OFF. | 80 |
| Hình 5-49: Sơ đồ điều khiển led và 3 nút nhấn. | 81 |
| Hình 5-50: Lưu đồ điều khiển led bằng 3 nút ON-OFF-INV. | 82 |
| Hình 5-51: Lưu đồ điều khiển led có chống dội phím INV. | 83 |
| Hình 5-52: Sơ đồ kết nối 2 port điều khiển 2 led 7 đoạn, 2 nút nhấn. | 84 |
| Hình 5-53: Lưu đồ đếm có điều khiển bằng nút nhấn Start-Stop. | 85 |
| Hình 5-54: Bàn phím ma trận 4×4. | 86 |
| Hình 5-55: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C1 bằng 0. | 87 |
| Hình 5-56: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C2 bằng 0. | 87 |
| Hình 5-57: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C3 bằng 0. | 87 |
| Hình 5-58: Lưu đồ quét bàn phím ma trận 4×4. | 88 |
| Hình 5-59: Lưu đồ quét bàn phím ma trận 4×4 có chống dội. | 89 |
| Hình 5-60: Vi điều khiển giao tiếp bàn phím ma trận. | 89 |
| Hình 5-61: Lưu đồ quét hiển thị ma trận phím. | 90 |
| Hình 5-62: Vi điều khiển giao tiếp bàn phím ma trận và 2 led 7 đoạn. | 92 |
| Hình 5-63: Lưu đồ quét ma trận phím và hiển thị mã phím. | 92 |
| Hình 5-64: Hình ảnh của LCD. | 93 |
| Hình 5-65: Giao tiếp vi điều khiển PIC16F887 với LCD. | 95 |
| Hình 5-66: Dạng sóng điều khiển của LCD. | 96 |
| Hình 5-67: Lưu đồ hiển thị thông tin trên 2 hàng. | 97 |
| Hình 5-68: Lưu đồ hiển thị thông tin và đếm giây. | 99 |
| Hình 6-1: Sơ đồ khói của timer0 của PIC16F887. | 104 |
| Hình 6-2: Thanh ghi OPTION_REG. | 105 |
| Hình 6-3: Thanh ghi INTCON. | 106 |
| Hình 6-4: Bộ chia trước được gán cho timer. | 106 |
| Hình 6-5: Bộ chia trước được gán cho WDT. | 106 |
| Hình 6-6: Thanh ghi lưu kết quả của T1. | 107 |
| Hình 6-7: Cấu trúc timer T1. | 107 |
| Hình 6-8: Thanh ghi T1CON. | 107 |
| Hình 6-9: Timer1 hoạt động định thời. | 108 |
| Hình 6-10: T1 hoạt động đếm xung ngoại từ mạch dao động T1. | 109 |
| Hình 6-11: T1 hoạt động đếm xung ngoại đưa đèn ngõ vào T1CKI. | 109 |
| Hình 6-12: Giản đồ thời gian xung đếm của Counter1. | 109 |
| Hình 6-13: Kết nối thạch anh tạo dao động. | 110 |
| Hình 6-14: Sơ đồ khói của Timer2. | 111 |
| Hình 6-15: Thanh ghi T2CON. | 112 |
| Hình 6-15: PIC điều khiển 8 led sáng tắt. | 114 |
| Hình 6-16: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt – định thời 210ms. | 115 |
| Hình 6-17: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt dùng ngắn – định thời 200ms. | 116 |
| Hình 6-18: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt – định thời 1s. | 117 |
| Hình 6-19: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 13,107ms dùng T0. | 118 |
| Hình 6-20: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 1s dùng T0. | 119 |
| Hình 6-21: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 13,107ms dùng T2. | 120 |
| Hình 6-22: Đếm xung ngoại dùng counter T0. | 121 |
| Hình 6-23: Lưu đồ đếm xung ngoại dùng counter T0. | 122 |
| Hình 6-24: Đếm xung ngoại dùng counter T0. | 123 |
| Hình 6-25: Lưu đồ đếm xung ngoại dùng counter T1. | 124 |
| Hình 6-26: Đếm xung ngoại dùng counter T1 hiển thị trên 3 led quét. | |
| Hình 6-22: Lưu đồ chương trình đếm dùng counter T1 của PIC 16F887. | 125 |
| Hình 7-1: Sơ đồ khói của ADC PIC 16F887. | 130 |
| Hình 7-2: Thanh ghi ADCON0. | 131 |

| | |
|---|-----|
| Hình 7-3: Thanh ghi ADCON1. | 132 |
| Hình 7-4: Định dạng cắp thanh ghi lưu kết quả. | 132 |
| Hình 7-5: Thời gian chuyển đổi 10 bit. | 134 |
| Hình 7-6: Sơ đồ mạch đo nhiệt độ dùng PIC16F887 hiển thị trên 3 led trực tiếp. | 135 |
| Hình 7-7: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ kênh thứ 0. | 136 |
| Hình 7-8: Sơ đồ mạch giao tiếp điều khiển relay, triac, buzzer. | 137 |
| Hình 7-9: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ kênh thứ 0. | 138 |
| Hình 7-10: Sơ đồ mạch đo nhiệt độ dùng PIC16F887, hiển thị 3 led quét. | 138 |
| Hình 7-11: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ hiển thị led quét. | 139 |
| | |
| Hình 8-1: Vi điều khiển thực hiện chương trình chính trong 2 trường hợp không và có ngắt. | 144 |
| Hình 8-2: Thanh ghi INTCON. | 145 |
| Hình 8-3: Thanh ghi PIE1 và PIR1. | 146 |
| Hình 8-4: Thanh ghi PIE2 và PIR2. | 145 |
| Hình 8-5: Mạch điện ngắt của PIC16F887. | 148 |
| Hình 8-6: Điều khiển 8 led sáng tắt. | 149 |
| Hình 8-7: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt– định thời 262ms dùng ngắt. | 149 |
| Hình 8-8: Mạch giao tiếp 2 led 7 đoạn quét hiển thị đêm giây. | 150 |
| Hình 8-9: Lưu đồ đêm giây dùng Timer định thời báo ngắt. | 150 |
| Hình 8-10: Mạch đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35. | 152 |
| Hình 8-11: Lưu đồ chuyển đổi ADC có báo ngắt. | 153 |
| Hình 8-12: Đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35 và đêm giây. | 154 |
| Hình 8-13: Lưu đồ chuyển đổi ADC có báo ngắt và đêm giây dùng timer báo ngắt. | 155 |
| | |
| Hình 9-1: Hệ thống truyền đồng bộ. | 160 |
| Hình 9-2: Hệ thống truyền bắt đồng bộ. | 160 |
| Hình 9-3: Thanh ghi TXSTA. | 162 |
| Hình 9-4: Sơ đồ khôi của khói phát dữ liệu của PIC16F887. | 163 |
| Hình 9-5: Dạng sóng truyền dữ liệu. | 163 |
| Hình 9-6: Dạng sóng truyền 2 byte dữ liệu. | 163 |
| Hình 9-7: Thanh ghi RCSTA. | 164 |
| Hình 9-8: Sơ đồ khôi của khói nhận dữ liệu của PIC16F887. | 166 |
| Hình 9-9: Dạng sóng nhận dữ liệu. | 166 |
| Hình 9-10: Thanh ghi RCSTA. | 167 |
| Hình 9-11: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển. | 170 |
| Hình 9-12: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu. | 170 |
| Hình 9-13: Giao diện phần mềm Terminal để gửi dữ liệu. | 171 |
| Hình 9-14: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển, hiển thị LCD. | 172 |
| Hình 9-15: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu, hiển thị trên LCD. | 172 |
| Hình 9-16: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển, có LCD, bàn phím. | 173 |
| Hình 9-17: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu, có thêm LCD và bàn phím. | 174 |
| | |
| Hình 10-1: Dạng sóng điều chế độ rộng xung. | 178 |
| Hình 10-2: Sơ đồ khôi của PWM PIC 16F887. | 179 |
| Hình 10-3: Dạng sóng PWM. | 180 |
| Hình 10-4: Mạch điều khiển thay đổi cường độ sáng của đèn dùng PWM. | 182 |
| Hình 10-5: Lưu đồ điều khiển đèn sáng dùng PWM. | 183 |
| Hình 10-6: Mạch thay đổi cường độ sáng của đèn dùng PWM và 2 nút nhấn. | 184 |
| Hình 10-7: Lưu đồ điều khiển đèn sáng dùng PWM và 2 nút nhấn. | 184 |
| Hình 10-8: Mạch điều khiển thay đổi tốc độ động cơ dùng PWM. | 186 |
| Hình 10-9: Lưu đồ điều khiển thay đổi tốc độ động cơ dùng PWM. | 187 |

BẢNG

| | |
|---|-----|
| Hình 1-1: Các thiết bị sử dụng vi xử lý. | 2 |
| Hình 1-2: Hệ thống vi xử lý. | 2 |
| Bảng 3-1: Các tác tố. | 25 |
| Bảng 3-2: Tóm tắt tập lệnh của PIC. | 25 |
| Bảng 4-1: Các kiểu dữ liệu của phần mềm PIC-C. | 36 |
| Bảng 4-2: Các toán tử phổ biến trong ngôn ngữ C. | 36 |
| Bảng 5-1: Mã 7 đoạn cho các số thập phân. | 72 |
| Bảng 5-2: Các chân của LCD. | 94 |
| Bảng 5-3: Các lệnh điều khiển LCD. | 95 |
| Bảng 5-4: Địa chỉ của từng kí tự. | 96 |
| Bảng 5-7: Thông tin hiển thị 2 hàng kí tự. | 98 |
| Bảng 6-1. Lựa chọn hệ số chia của Timer0. | 105 |
| Bảng 6-2. Lựa chọn tần số và tụ tương ứng của Timer1. | 110 |
| Bảng 7-1: Tần số xung clock tùy chọn phụ thuộc vào tần số bộ dao động. | 133 |
| Bảng 8-1: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt INTCON có địa chỉ 0x0B. | 145 |
| Bảng 8-2: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIE1 có địa chỉ 0x8C. | 146 |
| Bảng 8-3: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIR1 có địa chỉ 0x0C. | 146 |
| Bảng 8-4: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIE2 có địa chỉ 0x8D. | 147 |
| Bảng 8-5: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIR2 có địa chỉ 0x0D. | 147 |
| Bảng 9-1: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi TXSTA. | 162 |
| Bảng 9-2: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi RCSTA. | 164 |
| Bảng 9-3: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi BAUDCTL. | 167 |
| Bảng 9-4: Tóm tắt các công thức tính tốc độ baud. | 168 |
| Bảng 10-1: Các trạng thái điều khiển động cơ DC. | 186 |

VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: ĐẶC TÍNH, CẤU TRÚC, CHỨC NĂNG CÁC PORT

- **GIỚI THIỆU**
- **KHẢO SÁT VI ĐIỀU KHIỂN MICROCHIP**
 - CÁU HÌNH CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - SƠ ĐỒ CẤU TRÚC CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - KHẢO SÁT SƠ ĐỒ CHÂN VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
- **CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP**
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - BÀI TẬP

I. GIỚI THIỆU

Vi xử lý có rất nhiều loại bắt đầu từ 4 bit cho đến 32 bit, vi xử lý 4 bit hiện nay không còn nhưng vi xử lý 8 bit vẫn còn mặc dù đã có vi xử lý 64 bit.

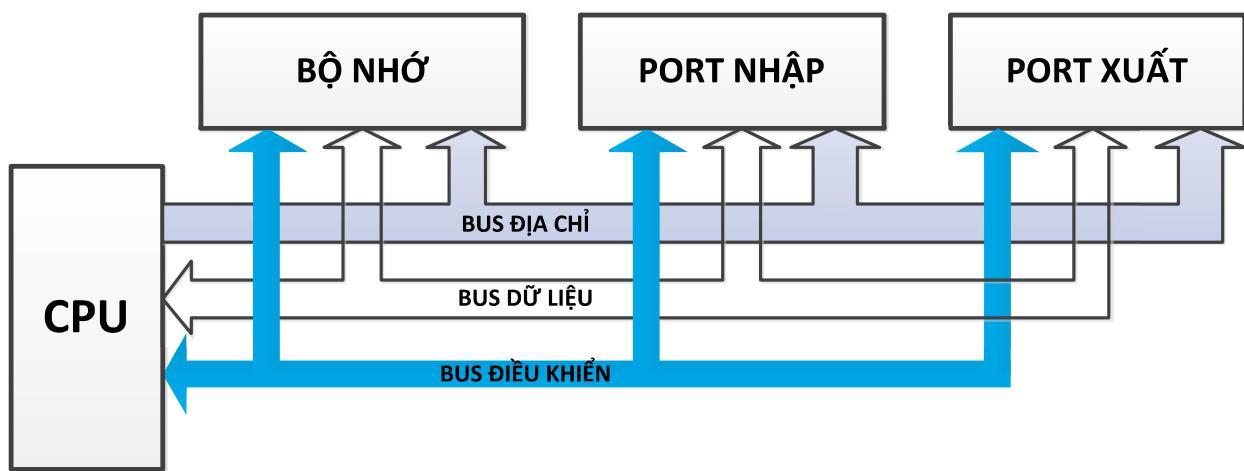
Lý do sự tồn tại của vi xử lý 8 bit là phù hợp với một số yêu cầu điều khiển trong công nghiệp. Các vi xử lý 32 bit, 64 bit thường sử dụng cho các máy tính vì khối lượng dữ liệu của máy tính rất lớn nên cần các vi xử lý càng mạnh càng tốt.

Các hệ thống điều khiển trong công nghiệp sử dụng các vi xử lý 8 bit hay 16 bit như hệ thống điện của xe hơi, hệ thống điều hòa, hệ thống điều khiển các dây chuyền sản xuất,...



Hình 1-1: Các thiết bị sử dụng vi xử lý.

Khi sử dụng vi xử lý thì phải thiết kế một hệ thống gồm có: Vi xử lý, bộ nhớ, các ngoại vi.



Hình 1-2: Hệ thống vi xử lý.

Bộ nhớ dùng để lưu chương trình cho vi xử lý thực hiện và lưu dữ liệu cần xử lý, các ngoại vi dùng để xuất nhập dữ liệu từ bên ngoài vào xử lý và điều khiển trở lại. Các khối này liên kết với nhau tạo thành một hệ thống vi xử lý.

Yêu cầu điều khiển càng cao thì hệ thống càng phức tạp và nếu yêu cầu điều khiển đơn giản thì hệ thống vi xử lý cũng phải có đầy đủ các khối trên.

Để kết nối các khối trên tạo thành một hệ thống vi xử lý đòi hỏi người thiết kế phải rất hiểu biết về tất cả các thành phần vi xử lý, bộ nhớ, các thiết bị ngoại vi. Hệ thống tạo ra khá phức tạp, chiếm nhiều không gian, mạch in, và vân đề chính là đòi hỏi người thiết kế hiểu thật rõ về hệ thống. Một lý do nữa là vi xử lý thường xử lý dữ liệu theo byte hoặc word trong khi đó các đối tượng điều khiển trong công nghiệp thường điều khiển theo bit.

Chính vì sự phức tạp nên các nhà chế tạo đã tích hợp bộ nhớ và một số các thiết bị ngoại vi cùng với vi xử lý tạo thành một IC gọi là vi điều khiển – Microcontroller.

Khi vi điều khiển ra đời đã mang lại sự tiện lợi là dễ dàng sử dụng trong điều khiển công nghiệp, việc sử dụng vi điều khiển không đòi hỏi người sử dụng phải hiểu biết một lượng kiến thức quá nhiều như người sử dụng vi xử lý.

Phản tiếp theo chúng ta sẽ khảo sát vi điều khiển để thấy rõ sự tiện lợi trong điều khiển.

Có rất nhiều hãng chế tạo được vi điều khiển, hãng sản xuất nổi tiếng là TI, Microchip, ATMEL, tài liệu này sẽ trình bày vi điều khiển tiêu biểu là PIC16F887 của MICROCHIP.

II. KHẢO SÁT VI ĐIỀU KHIỂN MICROCHIP

Vi điều khiển hãng Microchip có rất nhiều chủng loại, tích hợp nhiều chức năng, người dùng có thể chọn một vi điều khiển phù hợp với yêu cầu điều khiển. Tài liệu này khảo sát vi điều khiển PIC16F887.

1. CẤU HÌNH CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887

Trong tài liệu này trình bày vi điều khiển PIC16F887, các thông số của vi điều khiển như sau:

Đặc điểm thực thi tốc độ cao CPU RISC là:

- Có 35 lệnh đơn.
- Thời gian thực hiện tất cả các lệnh là 1 chu kỳ máy, ngoại trừ lệnh rẽ nhánh là 2.
- Tốc độ hoạt động:
 - Ngõ vào xung clock có tần số 20MHz.
 - Chu kỳ lệnh thực hiện lệnh 200ns.
- Có nhiều nguồn ngắt.
- Có 3 kiểu định địa chỉ trực tiếp, gián tiếp và tức thời.

Reduced Instructions Set Computer - Tap lèn tối giản
So sánh với tap lèn CISC (Complex ...) - >200 lèn -
AT89xx - ATMEL

Thời gian thực hiện lệnh --> tốc độ
T = 1/(1/4 f Thach anh)
T = 1/5MHz = 0.2 x 10⁻⁶ = 0.2 uS
T = 200 ns

Cấu trúc đặc biệt của vi điều khiển

- Bộ dao động nội bộ chính xác:
 - Sai số ± 1%
 - Có thể lựa chọn tần số từ 31 kHz đến 8 MHz bằng phần mềm.
 - Công hưởng bằng phần mềm.
 - Chế độ bắt đầu 2 cấp tốc độ.
 - Mạch phát hiện hỏng dao động thạch anh cho các ứng dụng quan trọng.
 - Có chuyển mạch nguồn xung clock trong quá trình hoạt động để tiết kiệm công suất.
- Có chế độ ngủ để tiết kiệm công suất.
- Dãy điện áp hoạt động rộng từ 2V đến 5,5V.
- Tầm nhiệt độ làm việc theo chuẩn công nghiệp.
- Có mạch reset khi có điện (Power On Reset – POR).
- Có bộ định thời chờ ổn định điện áp khi mới có điện (Power up Timer – PWRT) và bộ định thời chờ dao động hoạt động ổn định khi mới cấp điện (Oscillator Start-up Timer – OST).
- Có mạch tự động reset khi phát hiện nguồn điện cấp bị sụt giảm, cho phép lựa chọn bằng phần mềm (Brown out Reset – BOR).

Không dùng thạch anh
ben ngoai
-> Tích hợp

Sử dụng nguồn pin hoặc
giao tiếp với các linh
kiện 3.3V (SMD - dan)

Reset ben trong - tu
dong

- Có bộ định thời giám sát (Watchdog Timer – WDT) dùng dao động trong chip cho phép bằng phần mềm (có thể định thời lên đến 268 giây).
- Đa hợp ngõ vào reset với ngõ vào có điện trở kéo lên.
- Có bảo vệ code đã lập trình.
- Bộ nhớ Flash cho phép xóa và lập trình 100,000 lần.
- Bộ nhớ Eeprom cho phép xóa và lập trình 1,000,000 lần và có thể tồn tại trên 40 năm.
- Cho phép đọc/ghi bộ nhớ chương trình khi mạch hoạt động.
- Có tích hợp mạch gỡ rối.

Cấu trúc nguồn công suất thấp

- Chế độ chờ: dòng tiêu tán khoảng 50nA, sử dụng nguồn 2V.
- Dòng hoạt động:
 - 11 μ A ở tần số hoạt động 32kHz, sử dụng nguồn 2V.
 - 220 μ A ở tần số hoạt động 4MHz, sử dụng nguồn 2V.
- Bộ định thời Watchdog Timer khi hoạt động tiêu thụ 1,4 μ A, điện áp 2V.

Cấu trúc ngoại vi

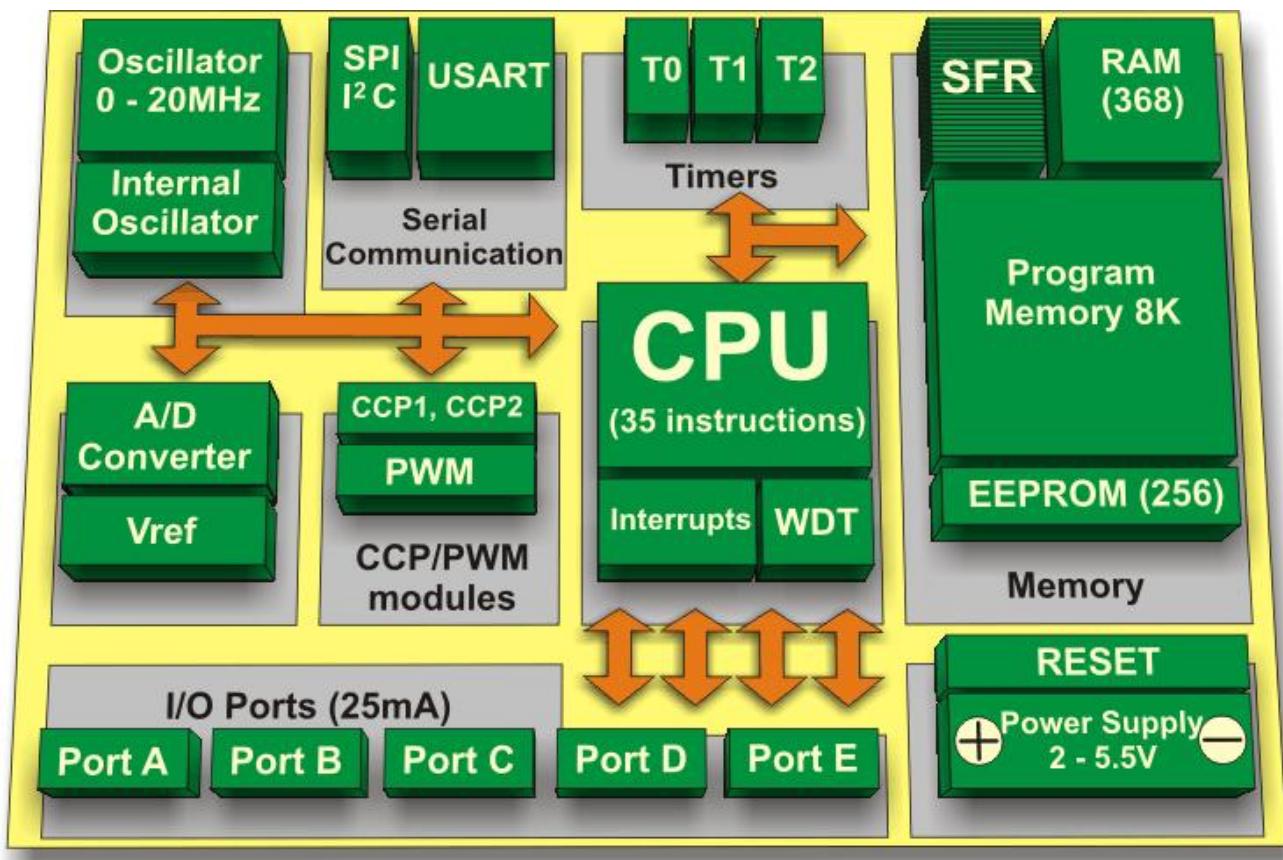
- Có 35 chân I/O cho phép lựa chọn hướng độc lập:
 - Mỗi ngõ ra có thể nhận/cấp dòng lớn khoảng 25mA nên có thể trực tiếp điều khiển led.
 - Có các port báo ngắt khi có thay đổi mức logic.
 - Có các port có điện trở kéo lên bên trong có thể lập trình.
 - Có ngõ vào báo thức khỏi chế độ công suất cực thấp.
- Có module so sánh tương tự:
 - Có 2 bộ so sánh điện áp tương tự
 - Có module nguồn điện áp tham chiếu có thể lập trình.
 - Có nguồn điện áp tham chiếu cố định có giá trị bằng 0,6V.
 - Có các ngõ vào và các ngõ ra của bộ so sánh điện áp.
 - Có chế độ chốt SR.
- Có bộ chuyển đổi tương tự sang số:
 - Có 14 bộ chuyển đổi tương tự với độ phân giải 10 bit.
- Có timer0: 8 bit hoạt động định thời/đếm xung ngoại có bộ chia trước có thể lập trình.
- Có timer1:
 - 16 bit hoạt động định thời/đếm xung ngoại có bộ chia trước có thể lập trình.
 - Có ngõ vào cổng của timer1 để có thể điều khiển timer1 đếm từ tín hiệu bên ngoài.
 - Có bộ dao động công suất thấp có tần số 32kHz.
- Có timer2: 8 bit hoạt động định thời với thanh ghi chu kỳ, có bộ chia trước và chia sau.
- Có module capture, compare và điều chế xung PWM+ nâng cao
 - Có bộ capture 16 bit có thể đếm được xung với độ phân giải cao nhất là 12,5ns.
 - Có bộ điều chế xung PWM với số kênh ngõ ra là 1, 2 hoặc 4, có thể lập trình với tần số lớn nhất là 20kHz.
 - Có ngõ ra PWM điều khiển lái.
- Có module capture, compare và điều chế xung PWM
 - Có bộ capture 16 bit có thể đếm được xung với chu kỳ cao nhất là 12,5ns.
 - Có bộ so sánh 16 bit có thể so sánh xung đếm với chu kỳ lớn nhất là 200ns
 - Có bộ điều chế xung PWM có thể lập trình với tần số lớn nhất là 20kHz.
- Có thể lập trình trên bo ISP thông qua 2 chân.

- Có module truyền dữ liệu nối tiếp đồng bộ MSSP hỗ trợ chuẩn truyền 3 dây SPI, chuẩn I2C ở 2 chế độ chủ và tớ.

Bảng 1-1 trình bày tóm tắt cấu trúc của 5 loại PIC16F88X.

| Device | Program Memory | Data Memory | | I/O | 10-bit A/D (ch) | ECCP/ CCP | EUSART | MSSP | Comparators | Timers 8/16-bit |
|-----------|----------------|--------------|----------------|-----|-----------------|-----------|--------|------|-------------|-----------------|
| | Flash (words) | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) | | | | | | | |
| PIC16F882 | 2048 | 128 | 128 | 28 | 11 | 1/1 | 1 | 1 | 2 | 2/1 |
| PIC16F883 | 4096 | 256 | 256 | 24 | 11 | 1/1 | 1 | 1 | 2 | 2/1 |
| PIC16F884 | 4096 | 256 | 256 | 35 | 14 | 1/1 | 1 | 1 | 2 | 2/1 |
| PIC16F886 | 8192 | 368 | 256 | 24 | 11 | 1/1 | 1 | 1 | 2 | 2/1 |
| PIC16F887 | 8192 | 368 | 256 | 35 | 14 | 1/1 | 1 | 1 | 2 | 2/1 |

Cấu hình được minh họa như hình sau:



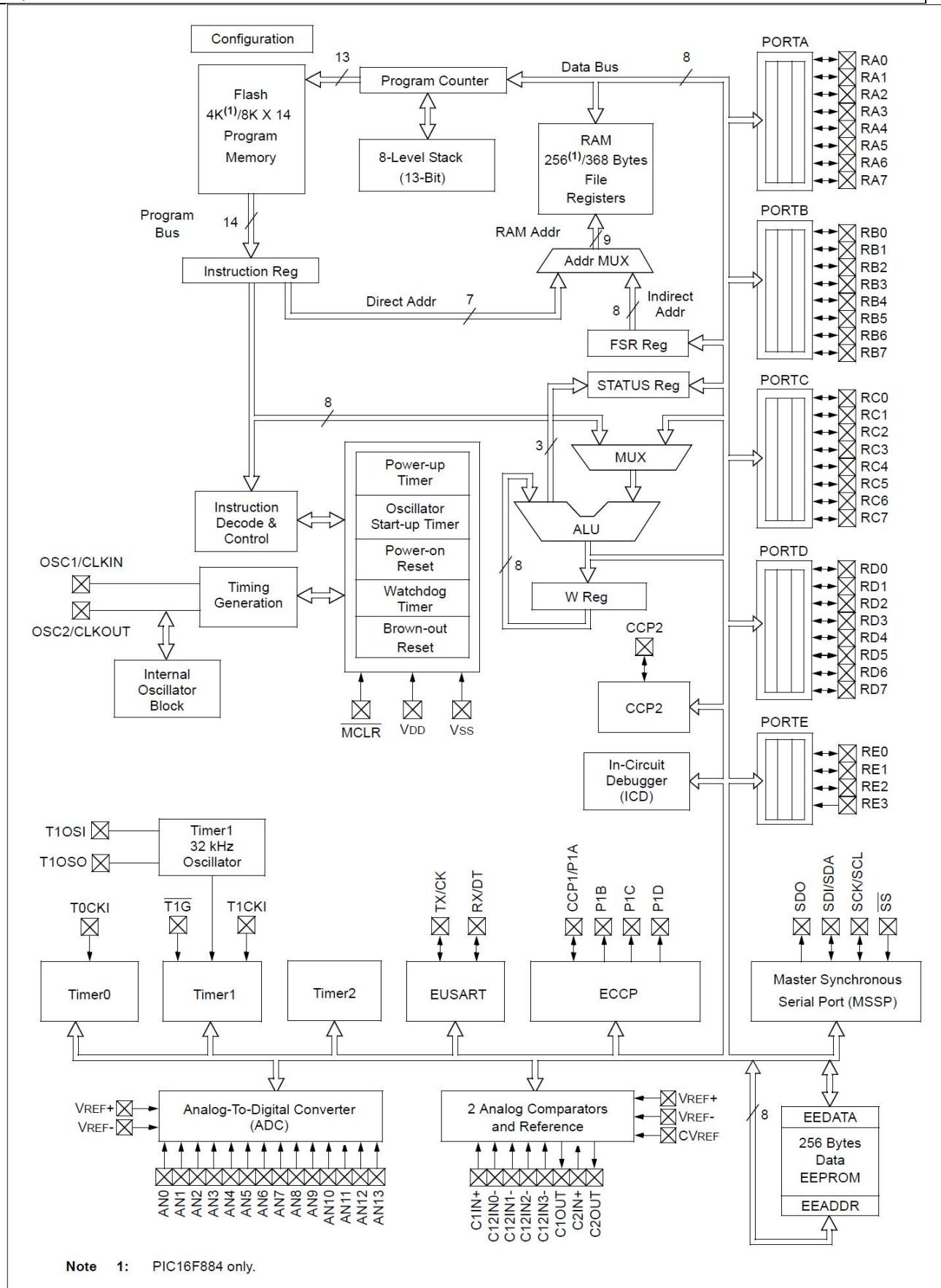
Hình 1-3: Cấu hình của vi điều khiển.

2. SƠ ĐỒ CẤU TRÚC CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

Sơ đồ cấu trúc vi điều khiển được trình bày ở hình 1-4.

Các khôi bên trong vi điều khiển bao gồm:

- Có khôi thanh ghi định cấu hình cho vi điều khiển.
- Có khôi bộ nhớ chương trình có nhiều dung lượng cho 5 loại khác nhau.
- Có khôi bộ nhớ ngăn xếp 8 cấp (8 level stack).
- Có khôi bộ nhớ Ram cùng với thanh ghi FSR để tính toán tạo địa chỉ cho 2 cách truy xuất gián tiếp và trực tiếp.
- Có thanh ghi lệnh (Instruction register) dùng để lưu mã lệnh nhận về từ bộ nhớ chương trình.
- Có thanh ghi bộ đếm chương trình (PC) dùng để quản lý địa chỉ của bộ nhớ chương trình.



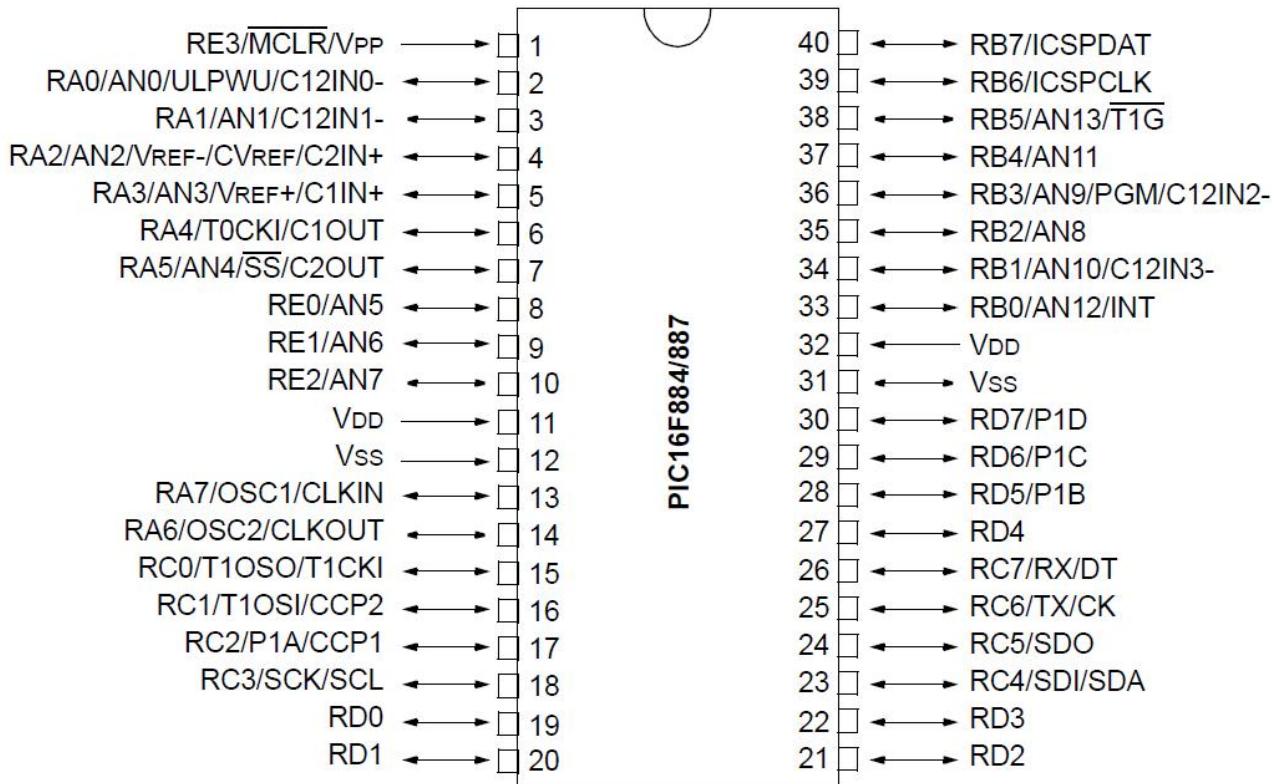
Hình 1-4: Cấu trúc bên trong của vi điều khiển.

- Có thanh ghi trạng thái (status register) cho biết trạng thái sau khi tính toán của khối ALU.
- Có thanh ghi FSR.

- Có khối ALU cùng với thanh ghi working hay thanh ghi A để xử lý dữ liệu.
- Có khối các bộ định thời khi cấp điện PUT, có bộ định thời chờ dao động ổn định, có mạch reset khi có điện, có bộ định thời giám sát watchdog, có mạch reset khi phát hiện sụt giảm nguồn.
- Có khối giải mã lệnh và điều khiển (Instruction Decode and Control).
- Có khối dao động nội (Internal Oscillator Block).
- Có khối dao động kết nối với 2 ngõ vào OSC1 và OSC2 để tạo dao động.
- Có khối bộ dao động cho timer1 có tần số 32kHz kết nối với 2 ngõ vào T1OSI và T1OSO.
- Có khối CCP2 và ECCP.
- Có khối mạch gỡ rối (In-Circuit Debugger IDC).
- Có khối timer0 với ngõ vào xung đếm từ bên ngoài là T0CKI.
- Có khối truyền dữ liệu đồng bộ/bát đồng bộ nâng cao.
- Có khối truyền dữ liệu đồng bộ MSSP cho SPI và I2C.
- Có khối bộ nhớ Eeprom 256 byte và thanh ghi quản lý địa chỉ EEADDR và thanh ghi dữ liệu EEDATA.
- Có khối chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số ADC.
- Có khối 2 bộ so sánh với nhiều ngõ vào ra và điện áp tham chiếu.
- Có khối các port A, B, C, E và D

3. KHẢO SÁT SƠ ĐỒ CHÂN VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887

Sơ đồ chân của vi điều khiển PIC16F887 loại 40 chân được trình bày ở hình 1-5.



Hình 1-5: Sơ đồ chân của PIC 16F887.

Vi điều khiển PIC16F887 loại 40 chân, trong đó các chân đều tích hợp nhiều chức năng, chức năng của từng chân được khảo sát theo port.

a. Chức năng các chân của portA

- Chân RA0/AN0/ULPWU/C12IN0- (2): có 4 chức năng:

- RA0: xuất/nhập số - bit thứ 0 của port A.
- AN0: ngõ vào tương tự của kênh thứ 0.
- ULPWU (Ultra Low-power Wake up input): ngõ vào đánh thức CPU công suất cực thấp.
- C12IN0- (Comparator C1 or C2 negative input): ngõ vào âm thứ 0 của bộ so sánh C1 hoặc C2.
- Chân RA1/AN1/C12IN1- (3): có 3 chức năng:
 - RA1: xuất/nhập số - bit thứ 1 của port A.
 - AN1: ngõ vào tương tự của kênh thứ 1.
 - C12IN1- (Comparator C1 or C2 negative input): ngõ vào âm thứ 1 của bộ so sánh C1 hoặc C2.
- Chân RA2/AN2/VREF-/CVREF/C2IN+ (4): có 5 chức năng:
 - RA2: xuất/nhập số - bit thứ 2 của port A.
 - AN2: ngõ vào tương tự của kênh thứ 2.
 - VREF-: ngõ vào điện áp chuẩn (thấp) của bộ ADC.
 - CVREF: điện áp tham chiếu VREF ngõ vào bộ so sánh.
 - C2IN+: ngõ vào dương của bộ so sánh C2.
- Chân RA3/AN3/VREF+/C1IN+ (5): có 4 chức năng:
 - RA3: xuất/nhập số - bit thứ 3 của port A.
 - AN3: ngõ vào tương tự kênh thứ 3.
 - VREF+: ngõ vào điện áp chuẩn (cao) của bộ A/D.
 - C1IN+: ngõ vào dương của bộ so sánh C1.
- Chân RA4/TOCKI/C1OUT (6): có 3 chức năng:
 - RA4: xuất/nhập số – bit thứ 4 của port A.
 - TOCKI: ngõ vào xung clock từ bên ngoài cho Timer0.
 - C1OUT: ngõ ra bộ so sánh 1.
- Chân RA5/AN4/ \overline{SS} / C2OUT (7): có 4 chức năng:
 - RA5: xuất/nhập số – bit thứ 5 của port A.
 - AN4: ngõ vào tương tự kênh thứ 4.
 - \overline{SS} : ngõ vào chọn lựa SPI tớ (Slave SPI device).
 - C2OUT: ngõ ra bộ so sánh 2.
- Chân RA6/OSC2/CLKOUT (14): có 3 chức năng:
 - RA6: xuất/nhập số – bit thứ 6 của port A.
 - OSC2: ngõ ra dao động thạch anh. Kết nối đến thạch anh hoặc bộ cộng hưởng.
 - CLKOUT: ở chế độ RC, ngõ ra của OSC2, bằng $\frac{1}{4}$ tần số của OSC1.
- Chân RA7/OSC1/CLKIN (13): có 3 chức năng:
 - RA7: xuất/nhập số – bit thứ 7 của port A.
 - OSC1: ngõ vào dao động thạch anh hoặc ngõ vào nguồn xung ở bên ngoài.
 - CLKI: ngõ vào nguồn xung bên ngoài.

b. Chức năng các chân của portB

- Chân RB0/AN12/INT (33): có 3 chức năng:
 - RB0: xuất/nhập số – bit thứ 0 của port B.
 - AN12: ngõ vào tương tự kênh thứ 12.
 - INT: ngõ vào nhận tín hiệu ngắn ngoài.
- Chân RB1/AN10/C12IN3- (34): có 3 chức năng:
 - RB1: xuất/nhập số – bit thứ 1 của port B.
 - AN10: ngõ vào tương tự kênh thứ 10.
 - C12IN3-: ngõ vào âm thứ 3 của bộ so sánh C1 hoặc C2.
- Chân RB2/AN8 (35): có 2 chức năng:
 - RB2: xuất/nhập số – bit thứ 2 của port B.
 - AN8: ngõ vào tương tự kênh thứ 8.
- Chân RB3/AN9/PGM/C12IN2 (36): có 4 chức năng:
 - RB3: xuất/nhập số – bit thứ 3 của port B.
 - AN9: ngõ vào tương tự kênh thứ 9.
 - PGM: Chân cho phép lập trình điện áp thấp ICSP.
 - C12IN1-: ngõ vào âm thứ 2 của bộ so sánh C1 hoặc C2
- Chân RB4/AN11 (37): có 2 chức năng:
 - RB4: xuất/nhập số – bit thứ 4 của port B.
 - AN9: ngõ vào tương tự kênh thứ 9.
- Chân RB5/ AN13/ $\overline{T1G}$ (38): có 3 chức năng:
 - RB5: xuất/nhập số – bit thứ 5 của port B.
 - KPI1: ngõ vào phát sinh ngắn khi thay đổi trạng thái – thứ 1.
 - $\overline{T1G}$ (Timer1 gate input): ngõ vào Gate cho phép time1 đếm dùng để đếm độ rộng xung.
- Chân RB6/ICSPCLK (39): có 2 chức năng:
 - RB6: xuất/nhập số.
 - ICSPCLK: xung clock lập trình nối tiếp.
- Chân RB7/ICSPDAT (40): có 2 chức năng:
 - RB7: xuất/nhập số.
 - ICSPDAT: ngõ xuất nhập dữ liệu lập trình nối tiếp.

c. Chức năng các chân của portC

- Chân RC0/T1OSO/T1CKI (15): có 3 chức năng:
 - RC0: xuất/nhập số – bit thứ 0 của port C.
 - T1OSO: ngõ ra của bộ dao động Timer1.
 - T1CKI: ngõ vào xung clock từ bên ngoài Timer1.
- Chân RC1/T1OSI/CCP2 (16): có 3 chức năng:
 - RC1: xuất/nhập số – bit thứ 1 của port C.
 - T1OSI: ngõ vào của bộ dao động Timer1.

- CCP2: ngõ vào Capture2, ngõ ra compare2, ngõ ra PWM2.
- Chân RC2 /P1A/CCP1 (17): có 3 chức năng:
 - RC2: xuất/nhập số – bit thứ 2 của port C.
 - P1A: ngõ ra PWM.
 - CCP1: ngõ vào Capture1, ngõ ra compare1, ngõ ra PWM1.
- Chân RC3/SCK/SCL (18): có 3 chức năng:
 - RC3: xuất/nhập số – bit thứ 3 của port C.
 - SCK: ngõ vào xung clock nối tiếp đồng bộ/ngõ ra của chế độ SPI.
 - SCL: ngõ vào xung clock nối tiếp đồng bộ/ngõ ra của chế độ I²C.
- Chân RC4/SDI/SDA (23): có 3 chức năng:
 - RC4: xuất/nhập số – bit thứ 4 của port C.
 - SDI: ngõ vào dữ liệu trong truyền dữ liệu kiểu SPI.
 - SDA: xuất/nhập dữ liệu I²C.
- Chân RC5/SDO (24): có 2 chức năng:
 - RC5: xuất/nhập số – bit thứ 5 của port C.
 - SDO: ngõ xuất dữ liệu trong truyền dữ liệu kiểu SPI.
- Chân RC6/TX/CK (25): có 3 chức năng:
 - RC6: xuất/nhập số – bit thứ 6 của port C.
 - TX: ngõ ra phát dữ liệu trong chế độ truyền bát đồng bộ USART.
 - CK: ngõ ra cấp xung clock trong chế độ truyền đồng bộ USART.
- Chân RC7/RX/DT (26): có 3 chức năng:
 - RC7: xuất/nhập số – bit thứ 7 của port C.
 - RX: ngõ vào nhận dữ liệu trong chế độ truyền bát đồng bộ EUSART.
 - DT: ngõ phát và nhận dữ liệu ở chế độ truyền đồng bộ EUSART.

d. Chức năng các chân của portD

- Chân RD0 (19): có 1 chức năng:
 - RD0: xuất/nhập số – bit thứ 0 của port D.
- Chân RD1 (20): có 1 chức năng:
 - RD1: xuất/nhập số – bit thứ 1 của port D.
- Chân RD2 (21): có 1 chức năng:
 - RD2: xuất/nhập số – bit thứ 2 của port D.
- Chân RD3 (22): có 1 chức năng:
 - RD3: xuất/nhập số – bit thứ 3 của port D.
- Chân RD4 (27): có 1 chức năng:
 - RD4: xuất/nhập số – bit thứ 4 của port D.
- Chân RD5/ P1B (28): có 2 chức năng:
 - RD5: xuất/nhập số – bit thứ 5 của port D.
 - P1B: ngõ ra PWM.

- Chân RD6/ P1C (29): có 2 chức năng:
 - RD6: xuất/nhập số – bit thứ 6 của port D.
 - P1C: ngõ ra PWM.
- Chân RD7/P1D (30): có 2 chức năng:
 - RD7: xuất/nhập số – bit thứ 7 của port D.
 - P1D: ngõ ra tăng cường CPP1
- Chân RE0/AN5 (8): có 2 chức năng:
 - RE0: xuất/nhập số.
 - AN5: ngõ vào tương tự 5.
- Chân RE1/AN6 (9): có 2 chức năng:
 - RE1: xuất/nhập số.
 - AN6: ngõ vào tương tự kênh thứ 6.
- Chân RE2/AN7 (10): có 2 chức năng:
 - RE2: xuất/nhập số.
 - AN7: ngõ vào tương tự kênh thứ 7.
- Chân RE3/MCLR/V_{PP} (1): có 3 chức năng:
 - RE3: xuất/nhập số - bit thứ 3 của port E.
 - MCLR: là ngõ vào reset tích cực mức thấp.
 - V_{PP}: ngõ vào nhận điện áp khi ghi dữ liệu vào bộ nhớ nội flash.
- Chân VDD (11), (32):
 - Nguồn cung cấp dương từ 2V đến 5V.
- Chân VSS (12), (31):
 - Nguồn cung cấp 0V.

e. Chức năng các chân phân chia theo nhóm chức năng

- Chức năng là port I/O:
 - PortA gồm các tín hiệu từ RA0 đến RA7.
 - PortB gồm các tín hiệu từ RB0 đến RB7.
 - PortC gồm các tín hiệu từ RC0 đến RC7.
 - PortD gồm các tín hiệu từ RD0 đến RD7.
 - PortE gồm các tín hiệu từ RE0 đến RE3.
- Chức năng tương tự là các ngõ vào bộ chuyển đổi ADC: có 14 kênh
 - 14 kênh ngõ vào tương tự từ AN0 đến AN13.
 - Hai ngõ vào nhận điện áp tham chiếu bên ngoài là Vref+ và Vref-.
- Chức năng tương tự là các ngõ vào bộ so sánh C1 và C2: có 2 bộ so sánh
 - Có 4 ngõ vào nhận điện áp ngõ vào âm của 2 bộ so sánh là: C12IN0-, C12IN1-, C12IN2-, C12IN3-.
 - Có 2 ngõ vào nhận điện áp tương tự dương cho 2 bộ so sánh là: C1IN+ và C2IN+.
 - Có 2 ngõ ra của 2 bộ so sánh là: C1OUT và C2OUT.
 - Có 1 ngõ vào nhận điện áp tham chiếu chuẩn cấp cho 2 bộ so sánh là: C_{VREF}.

- Chức năng dao động cấp xung cho CPU hoạt động:
 - Có 2 ngõ vào nối với tụ thạch anh để tạo dao động là OSC1 và OSC2.
 - Có 1 ngõ vào nhận tín hiệu dao động từ nguồn khác là CLKIN nếu không dùng tụ thạch anh, có 1 ngõ ra cấp xung clock cho thiết bị khác là CLKOUT.
- Chức năng nhận xung ngoại của T0 và T1:
 - Có 1 ngõ vào nhận xung ngoại cho timer/counter T0 có tên là T0CKI.
 - Có 1 ngõ vào nhận xung ngoại cho timer/counter T1 có tên là T1CKI.
 - Có 2 ngõ vào tạo dao động riêng cho Timer1 hoạt động độc lập có tên là T1OSO và T1OSI.
- Chức năng truyền dữ liệu SPI:
 - Có 1 ngõ vào nhận dữ liệu là SDI.
 - Có 1 ngõ ra phát dữ liệu là SDO.
 - Có 1 ngõ ra phát xung clock là SCK.
 - Có 1 ngõ vào chọn chip khi hoạt động ở chế độ tách SS.
- Chức năng truyền dữ liệu I2C:
 - Có 1 ngõ truyền/nhận dữ liệu là SDA.
 - Có 1 ngõ ra phát xung clock là SCL.
- Chức năng truyền dữ liệu đồng bộ ESUART:
 - Có 1 ngõ truyền/nhận dữ liệu là DT.
 - Có 1 ngõ ra phát xung clock là CK.
- Chức năng truyền dữ liệu không đồng bộ ESUART:
 - Có 1 ngõ nhận dữ liệu là RX.
 - Có 1 ngõ phát dữ liệu là TX.
- Chức năng ngắn:
 - Có 1 ngõ nhận tín hiệu ngắn cứng là INT.
- Chức năng CCP (capture, compare, pulse width modulation):
 - Có 2 tín hiệu cho khối CCP là CCP1 và CCP2.
 - Có 4 tín hiệu cho khối PWM là P1A, P1B, P1C, P1D.
- Chức năng nạp chương trình vào bộ nhớ flash:
 - Có 1 tín hiệu để truyền dữ liệu là ICSPDAT.
 - Có 1 tín hiệu để nhận xung clock là ICSPCLK.
 - Có 1 tín hiệu để điều khiển nạp là PGM.
 - Có 1 tín hiệu để nhận điện áp lập trình là V_{PP}.
- Có 1 ngõ vào reset có tên là MCLR (master clear).
- Có 4 chân cấp nguồn: VDD cấp nguồn dương, VSS nối với 0V.

III. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM – BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 1-1: Hãy nêu cấu hình của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-2: Hãy cho biết các loại bộ nhớ mà vi điều khiển PIC16F887 tích hợp.

Câu số 1-3: Hãy trình bày tên và chức năng portA của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-4: Hãy trình bày tên và chức năng portB của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-5: Hãy trình bày tên và chức năng portC của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-6: Hãy trình bày tên và chức năng portD của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-7: Hãy trình bày tên và chức năng portE của vi điều khiển PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu số 1-8: Hãy nêu cấu hình của vi điều khiển AT89S52.

Câu số 1-9: Hãy cho biết các loại bộ nhớ mà vi điều khiển AT89S52 tích hợp và mở rộng.

Câu số 1-10: Hãy trình bày tên và chức năng các port của vi điều khiển AT89S52.

Câu số 1-11: Hãy tìm hiểu quá trình phát triển của họ vi điều khiển MCS51 và MCS52.

Câu số 1-12: Hãy tìm hiểu các port vi điều khiển AT89C52 và so sánh với vi điều khiển AT89S52.

Câu số 1-13: Hãy tìm hiểu cấu hình vi điều khiển AT89S8252 và so sánh với vi điều khiển AT89S52.

Câu số 1-14: Hãy tìm hiểu cấu hình vi điều khiển AT89C51RD2 và so sánh với vi điều khiển AT89S52.

Câu số 1-15: Hãy tìm hiểu cấu hình vi điều khiển PIC16F877A và so sánh với vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 1-16: Hãy tìm hiểu cấu hình vi điều khiển PIC18F4550 và so sánh với vi điều khiển PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 1-1: PIC 16F887 có bao nhiêu port:

- | | |
|-------|-------|
| (a) 3 | (b) 4 |
| (c) 5 | (d) 6 |

Câu 1-2: Port nào của PIC 16F887 có 4 đường:

- | | |
|-------|-------|
| (a) A | (b) B |
| (c) C | (d) E |

Câu 1-3: PIC 16F887 có tích hợp ADC bao nhiêu bit:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 8 bit | (b) 9 bit |
| (c) 10 bit | (d) 12 bit |

Câu 1-4: PIC 16F887 có tích hợp bao nhiêu kênh ADC:

- | | |
|-------------|-------------|
| (a) 8 kênh | (b) 14 kênh |
| (c) 10 kênh | (d) 12 kênh |

Câu 1-5: Các tín hiệu truyền dữ liệu I2C của PIC 16F887 có tên là:

- | | |
|--------------|--------------|
| (a) SDI, SCL | (b) SDI, SDO |
| (c) SCL, SDA | (d) SDA, SDI |

Câu 1-6: Các tín hiệu truyền dữ liệu SPI của PIC 16F887 có tên là:

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| (a) SDI, SCL, SDO, SS | (b) SDI, SDO, SS |
| (c) SDI, SCK, SDO, SS | (d) SDA, SDI, SCK |

Câu 1-7: Các tín hiệu truyền dữ liệu UART của PIC 16F887 có tên là:

- | | |
|----------------|----------------|
| (a) TX, RX, CK | (b) TX, DT, CK |
| (c) TX, RX | (d) DT, CK |

Câu 1-8: Các tín hiệu truyền dữ liệu SART của PIC 16F887 có tên là:

- | | |
|----------------|----------------|
| (a) TX, RX, CK | (b) TX, DT, CK |
| (c) TX, RX | (d) DT, CK |

Câu 1-9: Các tín hiệu nào nhận xung CK cho timer0:

- | | |
|-----------|-----------|
| (a) T0SCK | (b) T0SCL |
| (c) T0CKI | (d) T0CK |

Câu 1-10: Các tín hiệu nào thiết lập điện áp tham chiếu cho ADC:

- | | |
|--|---|
| (a) CV _{REF} và V _{REF+} | (b) CV _{REF} và V _{REF-} |
| (c) V _{REF+} và V _{REF-} | (d) CV _{REF-} và V _{REF-} |

4. BÀI TẬP

VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC16F887:

TỔ CHỨC BỘ NHỚ, THANH GHI

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ KIẾN TRÚC BỘ NHỚ
- ❑ TỔ CHỨC BỘ NHỚ CỦA VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC16F887
 - TỔ CHỨC BỘ NHỚ
 - MÃ LỆNH 14 BIT
 - KHẢO SÁT BỘ NHỚ DỮ LIỆU VÀ THANH GHI TRẠNG THÁI CỦA PIC
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - BÀI TẬP

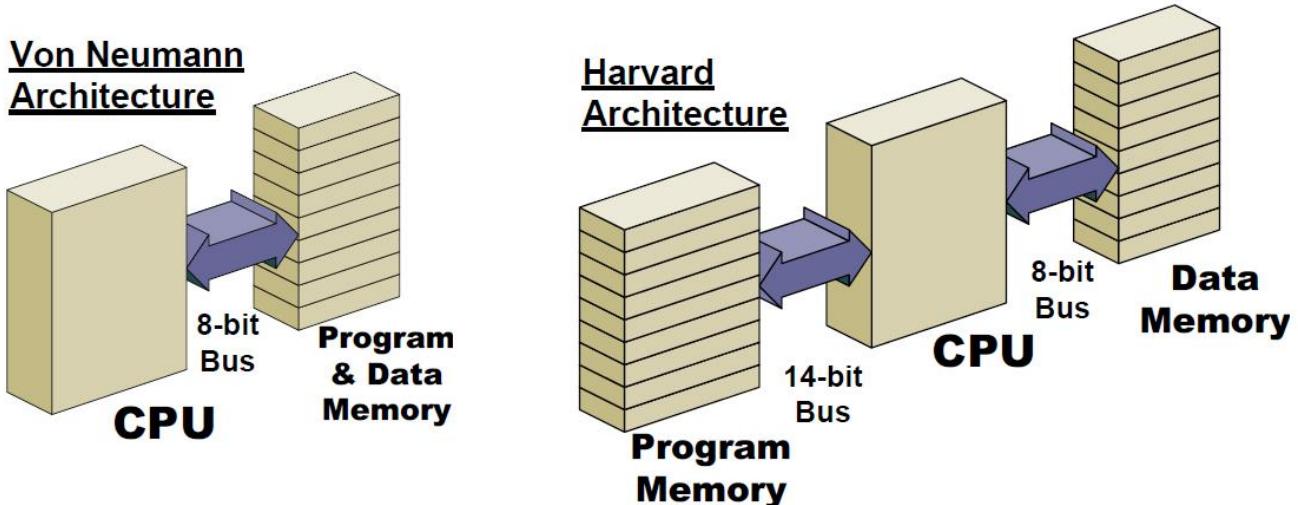
I. GIỚI THIỆU

Ở chương này khảo sát tổ chức bộ nhớ bên trong, các thanh ghi của vi điều khiển 8 bit. Sau khi kết thúc chương này thì người đọc có thể biết tổ chức bộ nhớ bên trong, chức năng của từng loại bộ nhớ, tên và chức năng của các thanh ghi đặc biệt.

II. KIẾN TRÚC BỘ NHỚ

Có 2 loại kiến trúc bộ nhớ cơ bản là kiến trúc Von Neumann và Harvard.

Hình 2-1 trình bày hai kiến trúc:



Hình 2-1: Kiến trúc Von Neumann và Harvard.

Kiến trúc Von Neumann: với kiến trúc này thì bộ nhớ giao tiếp với CPU thông qua 1 bus dữ liệu 8 bit, bộ nhớ có các ô nhớ chứa dữ liệu 8 bit, bộ nhớ vừa lưu trữ chương trình và dữ liệu.

Ưu điểm: kiến trúc đơn giản.

Khuyết điểm: do chỉ có 1 bus nên tốc độ truy suất chậm, khó thay đổi dung lượng lưu trữ của ô nhớ.

Kiến trúc Harvard: với kiến trúc này thì bộ nhớ được tách ra làm 2 loại bộ nhớ độc lập: bộ nhớ lưu chương trình và bộ nhớ lưu dữ liệu, CPU giao tiếp với 2 bộ nhớ độc lập nên cần 2 bus độc lập. Vì độc lập nên có thể thay đổi số bit lưu trữ của từng bộ nhớ mà không ảnh hưởng lẫn nhau.

Ưu điểm: do chỉ có 2 bus nên tốc độ truy suất nhanh, tùy ý thay đổi số bit của ô nhớ.

Khuyết điểm: kiến trúc phức tạp.

III. TỔ CHỨC BỘ NHỚ CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

1. TỔ CHỨC BỘ NHỚ CHƯƠNG TRÌNH

Bộ nhớ chương trình của PIC16F8xx có dung lượng 8K được chia làm 4 trang bộ nhớ, mỗi trang 2K, xem hình 2-2.

Thanh ghi bộ đếm chương trình PC (Program Counter) sẽ quản lý địa chỉ của bộ nhớ chương trình, thanh ghi PC có độ dài 13 bit sẽ quản lý 8192 ô nhớ tương đương với 8K ô nhớ. Mỗi ô nhớ chương trình lưu 14 bit dữ liệu.

Khi PIC bị reset thì thanh ghi PC có giá trị là 0000H và PIC sẽ bắt đầu thực hiện chương trình tại địa chỉ 0000H.

Khi có bất kỳ ngắt nào tác động thì PIC sẽ thực hiện chương trình phục vụ ngắt tại địa chỉ 0004H.

Mỗi trang của bộ nhớ chương trình có địa chỉ xác định như trong hình 2-6, việc phân chia theo trang bộ nhớ chỉ có tác dụng đối với lệnh nhảy và lệnh gọi chương trình con. Khi nới nhảy đến hoặc

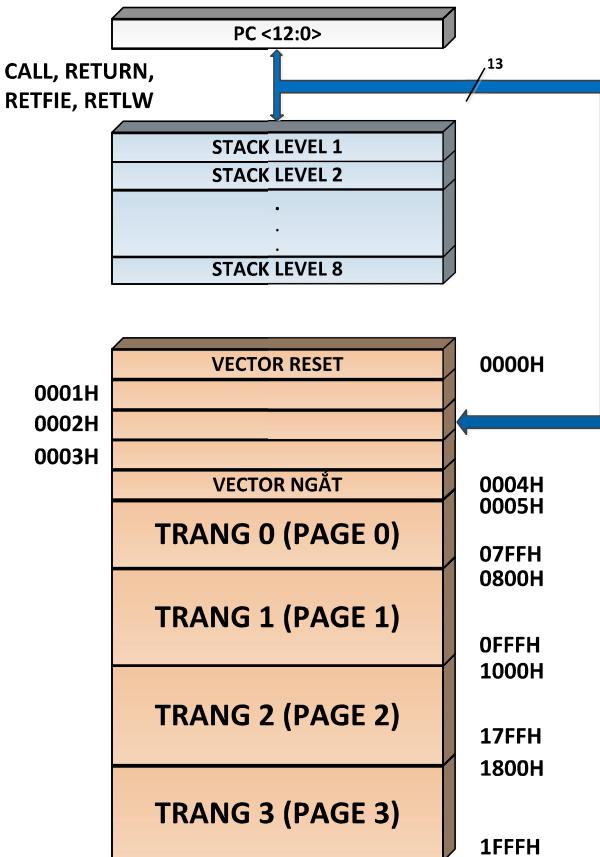
khi gọi chương trình con nằm trong cùng 1 trang thì lệnh sẽ viết ngắn gọn hơn, mã lệnh ít hơn so với trường hợp nằm khác trang.

Trong các họ vi điều khiển khác thì bộ nhớ ngắn xếp dùng chung với bộ nhớ dữ liệu, ưu điểm là cấu trúc đơn giản, khuyết điểm là việc dùng chung nếu không biết giới hạn sẽ lấn chiếm lẫn nhau và làm mất dữ liệu lưu trong bộ nhớ ngắn xếp và chương trình thực thi sai.

Ở vi điều khiển PIC thì nhà thiết kế tách bộ nhớ ngắn xếp độc lập với bộ nhớ dữ liệu và chỉ để dùng lưu địa chỉ trả về khi thực hiện lệnh gọi chương trình con và khi thực hiện ngắt. Dung lượng bộ nhớ bộ nhớ ngắn xếp chỉ có 8 ô nhớ từ stack level 1 đến stack level 8 - xem hình 2-2. **Do chỉ có 8 ô nhớ nên khi thực hiện các chương trình con lồng vào nhau tối đa là 8 cấp.** Do lưu địa chỉ trả về trong thanh ghi PC, mà thanh ghi PC có chiều dài 13 bit nên mỗi ô nhớ ngắn xếp có số bit là 13.

Khi không sử dụng ngắt thì chương trình có thể viết bắt đầu và liên tục tại địa chỉ 0000H, nhưng nếu sử dụng ngắt thì nên dùng lệnh nhảy để tránh vùng nhớ bắt đầu tại địa chỉ 0004H - vì vùng nhớ này dùng để viết chương trình phục vụ ngắt.

Bộ nhớ chương trình có chức năng lưu trữ chương trình. Chương trình sau khi viết xong trên máy tính, dịch ra số nhị phân sẽ được nạp vào bộ nhớ chương trình để vi điều khiển thực hiện.



Hình 2-2: Sơ đồ bộ nhớ chương trình và ngắn xếp.

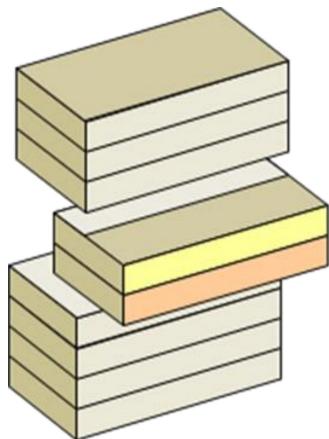
2. MÃ LỆNH 14 BIT

Với các vi điều khiển 8 bit của các hãng khác thì bộ nhớ chương trình tổ chức theo đơn vị là byte, mỗi ô nhớ lưu trữ dữ liệu 1 byte – xem hình 2-3. Nếu mã lệnh 2 byte (gồm 1 byte mã lệnh và 1 byte dữ liệu hay địa chỉ) thì dùng 2 ô nhớ liên tiếp để lưu và khi CPU đọc mã lệnh để thực hiện lệnh thì CPU phải thực hiện 2 lần đọc - mỗi lần 1 byte.

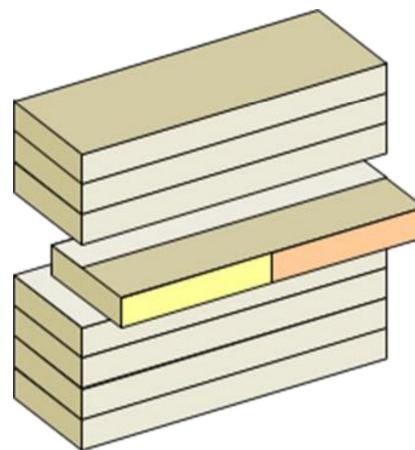
Với vi điều khiển PIC thì mỗi ô nhớ của bộ nhớ chương trình có thể lưu trữ dữ liệu nhiều bit bao gồm cả mã lệnh và dữ liệu – xem hình 2-4. Khi CPU đọc mã lệnh để thực hiện thì CPU chỉ thực hiện 1 lần đọc cả mã lệnh và dữ liệu.

Vậy với tổ chức bộ nhớ của PIC thì tiết kiệm được 1 chu kỳ đọc dữ liệu vì thẻ PIC sẽ có tốc độ thực hiện chương trình nhanh hơn.

Tập lệnh của PIC là tập lệnh rút gọn nên chỉ dùng có 6 bit nhị phân để mã hóa các lệnh, cùng với dữ liệu xử lý là byte - 8 bit nên tổng cộng là 14 bit.



Hình 2-3: Tô chúc bộ nhớ theo byte.



Hình 2-4: Tổ chức bộ nhớ chứa cả mã lệnh và dữ liệu.

3. KHẢO SÁT BỘ NHỚ DỮ LIỆU VÀ THANH GHI TRẠNG THÁI

a. Cấu trúc bộ nhớ dữ liệu

Bộ nhớ dữ liệu được phân chia thành 4 Bank, mỗi bank có 128byte bao gồm một số thanh ghi chức năng đặc biệt, còn lại là các ô nhớ thông dụng có chức năng lưu trữ dữ liệu.

Toàn bộ các ô nhớ của bộ nhớ dữ liệu được gọi là File thanh ghi.

Các thanh ghi có chức năng đặc biệt nằm ở vùng địa chỉ thấp, các ô nhớ còn lại không có gì đặc biệt nằm ở cùng địa chỉ bên trên các thanh ghi chức năng đặc biệt – xem như các ô nhớ RAM dùng để lưu dữ liệu. Tất cả các bank thanh ghi đều chứa những thanh ghi đặc biệt - xem hình 2-4.

Theo hình 2-4 thì bộ nhớ dữ liệu được chia làm 4 bank thanh ghi, mỗi bank có 128, tổng cộng là 512 ô nhớ, nhưng do có 1 số thanh ghi có chức năng đặc biệt ở bank nào cũng có nên làm giảm số lượng. Ví dụ thanh ghi trạng thái (status) ở 4 bank đều có, thay vì 4 thanh ghi thì chỉ xem là 1, tương tự cho các thanh ghi khác. Số lượng thực chỉ còn 368 ô nhớ.

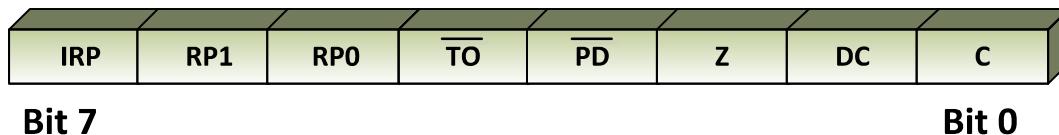
Có 2 cách truy xuất bộ nhớ dữ liệu: truy xuất trực tiếp và truy xuất gián tiếp.

Khi truy xuất trực tiếp: thì các lệnh chỉ được phép truy xuất 1 bank, muốn truy xuất các ô nhớ hay thanh ghi nằm ở bank khác thì phải đổi bank. Có 2 bit chọn bank là RP1 và RP0 nằm trong thanh ghi trạng thái.

Khi truy xuất gián tiếp: thì các lệnh truy xuất được phép truy xuất 2 bank: bank 0, 1 hoặc bank 2, 3. Khi đang ở bank 0, 1 nếu muốn truy xuất các ô nhớ ở bank 2, 3 thì phải đổi bank. Có 1 bit chọn bank 0, 1 hoặc bank 2, 3 là IRP nằm trong thanh ghi trạng thái.

b. Thanh ghi trạng thái – STATUS REGISTER ĐỊA CHỈ 03H, 83H, 103H, 83H

TGTT chứa trạng thái của khối ALU, trạng thái Reset và các bit chọn bank bộ nhớ dữ liệu.



Hình 2-5: Thanh ghi trạng thái.

Chức năng của các bit trong thanh ghi trạng thái:

Bit 7 **IRP:** bit lựa chọn thanh ghi (dùng địa chỉ gián tiếp).

1 = bank 2, 3 (100h-1FFh)

0 = bank 0, 1 (000h- 0FFh)

| | FILE ADDRESS | FILE ADDRESS | FILE ADDRESS | FILE ADDRESS | |
|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|--|
| Indirect addr(*) | 00H | Indirect addr(*) | 80H | Indirect addr(*) | |
| TMR0 | 01H | OPTION_REG | 81H | TMR0 | |
| PCL | 02H | PCL | 82H | PCL | |
| STATUS | 03H | STATUS | 83H | STATUS | |
| FSR | 04H | FSR | 84H | FSR | |
| PORTA | 05H | TRISA | 85H | WDTCON | |
| PORTB | 06H | TRISB | 86H | PORTB | |
| PORTC | 07H | TRISC | 87H | CM1CON0 | |
| PORTD | 08H | TRISD | 88H | CM2CON0 | |
| PORTE | 09H | TRISE | | | |
| PCLATH | 0AH | PCLATH | | | |
| INTCON | 0BH | INTCON | | | |
| PIR1 | 0CH | PIE1 | | | |
| PIR2 | 0DH | PIE2 | | | |
| TMR1L | 0EH | PCON | | | |
| TMR1H | 0FH | OSCCON | | | |
| T1CON | 10H | OSCTUNE | | | |
| TMR2 | 11H | SSPCON2 | | | |
| T2CON | 12H | PR2 | | | |
| SSPBUF | 13H | SSPADD | | | |
| SSPCON | 14H | SSPSTAT | | | |
| CCPR1L | 15H | WPUB | | | |
| CCPR1H | 16H | IOCB | | | |
| CCP1CON | 17H | VRCON | | | |
| RCSTA | 18H | TXSTA | | | |
| TXREG | 19H | SPBRG | | | |
| RCREG | 1AH | SPBRGH | | | |
| CCPR2L | 1BH | PWM1CON | | | |
| CCPR2H | 1CH | ECCPAS | | | |
| CCP2CON | 1DH | PSTRCON | | | |
| ADRESH | 1EH | ADRESL | | | |
| ADCON0 | 1FH | ADCON1 | | | |
| THANH GHI THÔNG DỤNG 96 BYTE | | THANH GHI THÔNG DỤNG 80 BYTE | | THANH GHI THÔNG DỤNG 80 BYTE | |
| 7FH | | EFH FOH FFH | | 16FH 170H 17FH | |
| BANK 0 | | BANK 1 | | BANK 2 | |
| THANH GHI THÔNG DỤNG 80 BYTE | | ACCESSES 70H – 7FH | | ACCESSES 70H – 7FH | |
| BANK 3 | | 16FH 170H 17FH | | THANH GHI THÔNG DỤNG 80 BYTE | |
| 1EFH 1FOH 1FFFH | | ACCESSES 70H – 7FH | | 1EFH 1FOH 1FFFH | |

Hình 2-6: Tổ chức File thanh ghi.

Quy ước: (1) Các ô nhớ tóm tắt màu xám là chưa thiết kế nếu đọc sẽ có giá trị là 0.

Quy ước: (2) Các dấu (*) không phải là thanh ghi vật lý.

Bit 6-5 **RP1:RP0:** các bit lựa chọn thanh ghi (dùng địa chỉ trực tiếp)

11 = bank 3 (180h-1FFh)

10 = bank 2 (100h- 17Fh)

01 = bank 1 (80h- FFh)

00 = bank 0 (00h- 7Fh)

Bit 4 **\overline{TO} :** Time-out bit (Bit thời gian chờ)

1 = sau khi mở nguồn, lệnh CLRWDT hoặc SLEEP

0 = thời gian chờ của WDT được thực hiện

| | |
|-------|---|
| Bit 3 | PD : Power-down bit (bit tắt nguồn) 1= sau khi mở nguồn hoặc bằng lệnh CLRWDT 0= thực thi lệnh SLEEP |
| Bit 2 | Z : Zero bit (bit 0) 1 = khi kết quả bằng 0. 0 = khi kết quả khác 0. |
| Bit 1 | DC : Digit carry/ <u>borrow</u> bit (các lệnh ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF) (bit tràn / mượn) 1 = khi cộng 4 bit thấp bị tràn. 0 = khi cộng 4 bit thấp không bị tràn. |
| Bit 0 | C : Carry/ <u>borrow</u> bit (các lệnh ADDWF, ADDLW, SUBLW, SUBWF) 1 = khi kết quả phép toán có tràn. 0 = khi kết quả phép toán không bị tràn. |

Chú ý: Nếu phép toán trừ thì trạng thái của cờ C như sau: nếu phép trừ lớn hơn 0 thì cờ C bằng 0, nếu kết quả trừ nhỏ hơn hay bằng 0 thì cờ C bằng 1.

Các thanh ghi còn lại sẽ được khảo sát ở các phần có liên quan.

4. BỘ NHỚ DỮ LIỆU EEPROM

Bộ nhớ dữ liệu Eeprom có dung lượng 256 byte dùng để lưu dữ liệu quan trọng khi mất điện thì dữ liệu này vẫn còn. Cách thức ghi dữ liệu vào bộ nhớ Eeprom sẽ được trình bày ở phần bộ nhớ Eeprom.

IV. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 2-1: Hãy cho biết các loại bộ nhớ mà vi điều khiển PIC16F887 tích hợp.

Câu số 2-2: Hãy trình bày cấu trúc bộ nhớ RAM nội của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 2-3: Hãy cho biết các thanh ghi nào mà các bank đều có của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 2-4: Hãy cho biết tổ chức bộ nhớ chương trình của vi điều khiển PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu số 2-5: Hãy tìm hiểu tổ chức bộ nhớ vi điều khiển PIC18F4550 và so sánh với PIC16F887.

Câu số 2-6: Hãy tìm hiểu tổ chức bộ nhớ vi điều khiển PIC18F4620 và so sánh với PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 2-1: Bộ nhớ chương trình của PIC 16F887 có dung lượng là:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (a) $8K \times$ Byte | (b) $8K \times 14$ bit |
| (c) $8K \times 16$ bit | (d) 368Byte |

Câu 2-2: Bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 có dung lượng là:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (a) 256Byte | (b) $8K \times 14$ bit |
| (c) $8K \times 16$ bit | (d) 368Byte |

Câu 2-3: Bộ nhớ dữ liệu EEPROM của PIC 16F887 có dung lượng là:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| (a) $8K \times$ Word | (b) $8K \times 14$ bit |
|----------------------|------------------------|

- (c) 256Byte (d) 368Byte

Câu 2-4: Bộ nhớ ngăn xếp của PIC 16F887 có dung lượng là:

- | | |
|-------------|-----------------------|
| (a) 8Byte | (b) 8×14 bit |
| (c) 256Byte | (d) 8×13 bit |

Câu 2-5: Bộ nhớ chương trình của PIC 16F887 chia làm:

- | | |
|-------------|-------------|
| (a) 2 trang | (b) 4 trang |
| (c) 2 bank | (d) 4 bank |

Câu 2-6: Bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 chia làm:

- | | |
|-------------|-------------|
| (a) 2 trang | (b) 4 trang |
| (c) 2 bank | (d) 4 bank |

Câu 2-7: Mỗi trang bộ nhớ chương trình của PIC 16F887 có dung lượng:

- | | |
|---------------|---------------|
| (a) 256 byte | (b) 1024 word |
| (c) 2048 word | (d) 368 byte |

Câu 2-8: Mỗi bank bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 có dung lượng:

- | | |
|---------------|--------------|
| (a) 256 byte | (b) 128 byte |
| (c) 2048 byte | (d) 368 byte |

Câu 2-9: Địa chỉ của ô nhớ 1234H thuộc trang bộ nhớ nào:

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (a) Trang thứ 0 | (b) Trang thứ 1 |
| (c) Trang thứ 2 | (d) Trang thứ 3 |

Câu 2-10: Thanh ghi PC của PIC 16F887 có chiều dài:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 12 bit | (b) 13 bit |
| (c) 14 bit | (d) 15 bit |

Câu 2-11: Phân chia bộ nhớ theo trang có ưu điểm:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| (a) Làm vi điều khiển chạy nhanh | (b) Làm tăng số lượng mã code |
| (c) Làm giảm địa chỉ bộ nhớ | (d) Làm giảm số lượng mã code |

Câu 2-12: Các chương trình con lồng vào nhau của PIC phụ thuộc vào dung lượng:

- (a) Bộ nhớ chương trình (b) Bộ nhớ dữ liệu (c) Bộ nhớ ngăn xếp (d) Bộ nhớ EEPROM

Câu 2-13: Truy xuất trực tiếp bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 thì:

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| (a) Cho phép tùy ý cả 4 bank | (b) Cho phép 2 bank |
| (c) Chỉ cho phép 1 bank | (d) Cho phép 3 bank |

Câu 2-14: Truy xuất gián tiếp bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 thì:

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| (a) Cho phép tùy ý cả 4 bank | (b) Cho phép 2 bank |
| (c) Chỉ cho phép 1 bank | (d) Cho phép 3 bank |

Câu 2-15: Bit cho phép thay đổi các bank trong truy xuất trực tiếp bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 là:

- | | |
|----------------|--------------|
| (a) IRP1, IRP2 | (b) RP1, RP0 |
| (c) RP1, RP2 | (d) RP, IRP |

Câu 2-16: Bit cho phép thay đổi các bank trong truy xuất gián tiếp bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887 là:

- | | |
|----------------|-------------------|
| (a) IRP1, IRP2 | (b) RP1, RP0 |
| (c) IRP | (d) IRP, RP1, RP0 |

Câu 2-17: Thanh ghi nào đều có trong 4 bank bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887:

- | | |
|-----------|------------|
| (a) PORTB | (b) TRISB |
| (c) PORTA | (d) STATUS |

Câu 2-18: Thanh ghi nào đều có trong 4 bank bộ nhớ dữ liệu của PIC 16F887:

- | | |
|-----------|----------|
| (a) TRISB | (b) PCL |
| (c) TRISA | (d) TMR0 |

Câu 2-19: Khi ngắt xảy ra thì PIC 16F887 sẽ thực hiện chương trình con phục vụ ngắt tại địa chỉ:

- | | |
|-----------|-----------|
| (a) 0004H | (b) 0014H |
| (c) 0000H | (d) 0024H |

Câu 2-20: Địa chỉ bộ nhớ chương trình của PIC 16F887:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (a) Từ 0000H đến 1FFFH | (b) Từ 0800H đến 0FFFH |
| (c) Từ 0000H đến 07FFH | (d) Từ 0000H đến 2FFFH |

4. BÀI TẬP

VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: LỆNH HỢP NGỮ

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ LỆNH HỢP NGỮ CỦA VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - GIỚI THIỆU
 - KHẢO SÁT TẬP LỆNH TÓM TẮT VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - TẬP LỆNH CHI TIẾT
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - BÀI TẬP

I. GIỚI THIỆU

Ở chương này khảo sát tập lệnh hợp ngữ của các vi điều khiển. Sau khi kết thúc chương này bạn sẽ biết mã lệnh nhị phân, lệnh gọi nhớ, các kiểu định địa chỉ bộ nhớ của vi điều khiển, biết tập lệnh hợp ngữ của vi điều khiển.

Vi điều khiển hay vi xử lý là các IC lập trình, khi bạn đã thiết kế hệ thống điều khiển có sử dụng vi xử lý hay vi điều khiển ví dụ như hệ thống điều khiển đèn giao thông cho một ngã tư gồm có các đèn Xanh, Vàng, Đỏ và các led 7 đoạn để hiển thị thời gian thì đó mới chỉ là phần cứng, muốn hệ thống vận hành thì bạn phải viết một chương trình điều khiển nạp vào bộ nhớ nội bên trong vi điều khiển hoặc bộ nhớ bên ngoài và gắn vào trong hệ thống để hệ thống vận hành và dĩ nhiên bạn phải viết đúng thì hệ thống mới vận hành đúng. Chương trình gọi là phần mềm.

Phần mềm và phần cứng có quan hệ với nhau, người lập trình phải hiểu rõ hoạt động của phần cứng để viết chương trình. Ở phần này sẽ trình bày chi tiết về tập lệnh của vi điều khiển giúp bạn hiểu rõ từng lệnh để bạn có thể lập trình được.

Các khái niệm về chương trình, lệnh, tập lệnh và ngôn ngữ gọi nhớ đã trình bày ở chương 1, ở đây chỉ tóm tắt lại.

Chương trình là một tập hợp các lệnh được tổ chức theo một trình tự hợp lý để giải quyết đúng các yêu cầu của người lập trình.

Người lập trình là người biết giải thuật để viết chương trình và sắp xếp đúng các lệnh theo giải thuật. Người lập trình phải biết chức năng của tất cả các lệnh của vi điều khiển để viết chương trình.

Tất cả các lệnh có thể có của một ngôn ngữ lập trình còn gọi là **tập lệnh**.

Lệnh của vi điều khiển là một số nhị phân 8 bit [còn gọi là mã máy]. 256 byte từ 0000 0000b đến 1111 1111b tương ứng với 256 lệnh khác nhau. Do mã lệnh dạng số nhị phân quá dài và khó nhớ nên các nhà lập trình đã xây dựng một ngôn ngữ lập trình Assembly cho dễ nhớ, điều này giúp cho việc lập trình được thực hiện một cách dễ dàng và nhanh chóng cũng như đọc hiểu và gỡ rối chương trình.

Khi viết chương trình bằng ngôn ngữ lập trình Assembly thì vi điều khiển sẽ không thực hiện được mà phải dùng chương trình biên dịch Assembler để chuyển đổi các lệnh viết bằng Assembly ra mã lệnh nhị phân tương ứng rồi nạp vào bộ nhớ – khi đó vi điều khiển mới thực hiện được chương trình.

Ngôn ngữ lập trình Assembly do con người tạo ra, khi sử dụng ngôn ngữ Assembly để viết thì người lập trình vi điều khiển phải học hết tất cả các lệnh và viết đúng theo qui ước về cú pháp, trình tự sắp xếp dữ liệu để chương trình biên dịch có thể biên dịch đúng.

II. LỆNH HỢP NGỮ CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

1. GIỚI THIỆU

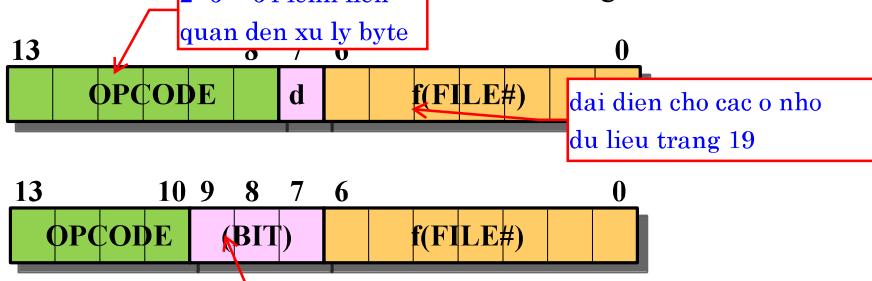
Tập lệnh của PIC 16 được chia ra làm 3 nhóm lệnh:

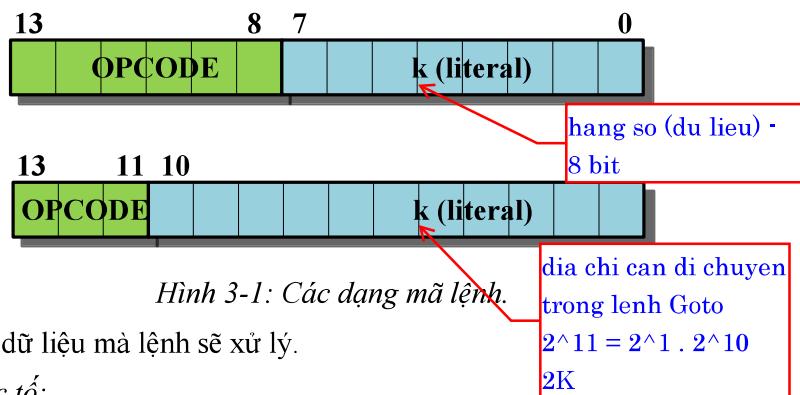
- Lệnh xử lý bit
- Lệnh xử lý byte
- Lệnh xử lý hàng số và điều khiển

Mỗi lệnh của PIC là một từ dữ liệu 14 bit được chia ra làm 2 nhóm gồm mã lệnh hoạt động (opcode: operation code) và tác tố (operand).

Mã lệnh Opcode cho biết loại lệnh $2^6 = 64$ lệnh liên quan đến xử lý byte

hiện. Các dạng mã lệnh như hình 3-1:





Tác tố operand là dữ liệu mà lệnh sẽ xử lý.

Bảng 3-1: Các tác tố:

| TT | Tác tố | Mô tả |
|----|-----------|---|
| 1 | f | Register file address (0x00 to 0x7F): là địa chỉ 7 bit của file thanh ghi 8 bit, của 1 bank. |
| 2 | W | Working register: Thanh ghi làm việc hay thanh ghi A. |
| 3 | b | Bit address within an 8-bit file register: là địa chỉ của 1 bit nằm trong thanh ghi file 8 bit |
| 4 | k | Literal field, constant data or label: Là hằng số hoặc địa chỉ của nhãn. |
| 5 | d | Destination select: lựa chọn nơi lưu dữ liệu: d=0 thì lưu vào W, d=1 thì lưu vào f, mặc nhiên không ghi d trong lệnh thì tương ứng d=1. |
| 6 | PC | Program counter: bộ đếm chương trình. |
| 7 | TO | Time-out bit: bit báo thời gian đã hết. |
| 8 | PD | Power -down bit: bit báo CPU đang làm việc ở chế độ ngủ. |

Với lệnh xử lý byte: thì 'f' đại diện cho file thanh ghi và 'd' đại diện cho hướng lưu dữ liệu: nếu 'd' bằng 0 thì dữ liệu sau khi xử lý lưu vào thanh ghi 'W', nếu 'd' bằng 1 thì dữ liệu sau khi xử lý lưu vào thanh ghi 'f'.

Với lệnh xử lý bit: thì 'b' đại diện cho bit nằm trong file thanh ghi 'f'.

Với lệnh xử lý hàng số hoặc điều khiển: thì 'k' đại diện cho hằng số 8 bit hoặc địa chỉ 11 bit.

Một chu kỳ lệnh gồm 4 chu kỳ dao động, nếu sử dụng thạch anh có tần số 4MHz thì thời gian thực hiện mỗi lệnh là 1µs. Hầu hết các lệnh thực hiện mất 1 chu kỳ lệnh, ngoại trừ lệnh kiểm tra điều kiện đúng sai hoặc lệnh làm thay đổi giá trị của thanh ghi PC thì thực hiện mất 2 chu kỳ máy.

2. KHẢO SÁT TẬP LỆNH TÓM TẮT VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

Bảng 3-2: Tóm tắt tập lệnh của PIC:

| Nhóm lệnh xử lý byte giữa thanh ghi W với f | | | | | |
|---|--------------|---|-----------|----------------------|--------------------|
| TT | Cú pháp | Chức năng | Chu kỳ | Mã lệnh | Cờ bị ảnh hưởng |
| 1 | ADDWF f,d | (W) cộng (f) lưu kq o dau ? | 1 | 00 0111 dfff ffff | C, DC, Z |
| 2 | ANDWF f,d | (W) and (f) | 1 | 00 0101 dfff ffff | Z |
| 3 | CLRF f | Xóa (f) | 1 | 00 0001 1fff ffff | Z |
| 4 | CLRW - | Xóa (W) | 1 | 00 0001 0xxx xxxx | Z |
| 5 | COMF f,d | Bù (f) | 1 | 00 1001 dfff ffff | Z |
| 6 | DECFSZ f,d | Giảm f | 1 | 00 0011 dfff ffff | Z |
| 7 | DECF f,d | Giảm f, bỏ lệnh kế nếu f = 0 | 1(2) | 00 1011 dfff ffff | |
| 8 | INCF f,d | Tăng f | 1 | 00 1010 dfff ffff | Z |
| 9 | INCEFSZF f,d | Tăng f, bỏ lệnh kế nếu f = 0 | 1(2) | 00 1111 dfff ffff | |

| | | | | | |
|----|-----------|----------------------------|---|----------------------|----------|
| 10 | IORWF f,d | (W) or (f) | 1 | 00 0100 dfff ffff | Z |
| 11 | MOVF f,d | copy (f) | 1 | 00 1000 dfff ffff | Z |
| 12 | MOVWF f | (W) → (f) | 1 | 00 0000 1fff ffff | |
| 13 | NOP | Không làm gì | 1 | 00 0000 0xx0 0000 | |
| 14 | RLF f,d | Xoay trái f xuyên qua cờ C | 1 | 00 1101 dfff ffff | C |
| 15 | RRF f,d | Xoay phải f xuyên qua cờ C | 1 | 00 1100 dfff ffff | C |
| 16 | SUBWF f,d | (F) trừ (f) | 1 | 00 0010 dfff ffff | C, DC, Z |
| 17 | SWAPF f,d | Hoán chuyển 4 bit của f | 1 | 00 1110 dfff ffff | |
| 18 | IORWF f,d | (W) xor (f) | 1 | 00 0110 dfff ffff | Z |

Nhóm lệnh xử lý bit

| TT | Cú pháp | Chức năng | Chu kỳ | Mã lệnh | Cờ bị ảnh hưởng |
|----|-----------|---------------------------------|--------|-------------------|-----------------|
| 1 | BCF f,b | Làm bit b trong f xuống 0 | 1 | 01 00bb bfff ffff | |
| 2 | BSF f,b | Làm bit b trong f lên 1 | 1 | 01 01bb bfff ffff | |
| 3 | BTFSC f,b | Nếu bit b bằng 0 thì bỏ lệnh kế | 1 | 01 10bb bfff ffff | |
| 4 | BTFSS f,b | Nếu bit b bằng 1 thì bỏ lệnh kế | 1 | 01 11bb bfff ffff | |

Nhóm lệnh hằng số và điều khiển

| TT | Cú pháp | Chức năng | Chu kỳ | Mã lệnh | Cờ bị ảnh hưởng |
|----|---------|--|--------|-------------------|-----------------------------------|
| 1 | ADDLW k | (W) cộng k → (W) | 1 | 11 111x kkkk kkkk | C, DC, Z |
| 2 | ANDLW k | (W) and k → (W) | 1 | 11 1001 kkkk kkkk | Z |
| 3 | CALL k | Gọi chương trình con | 2 | 10 0kkk kkkk kkkk | |
| 4 | CLRWDT | Xóa bộ định thời | 1 | 00 0000 0110 0100 | \overline{TO} , \overline{PD} |
| 5 | GOTO k | Nhảy đến địa chỉ k | 2 | 10 1kkk kkkk kkkk | |
| 6 | IORLW k | (W) or k | 1 | 11 1000 kkkk kkkk | Z |
| 7 | MOVLW k | K → (W) | 1 | 11 00xx kkkk kkkk | |
| 8 | RETFIE | Trở về từ ngắt | 2 | 00 0000 0000 1000 | |
| 9 | RETLW | Trở về từ chương trình con và nạp hằng số vào W | 2 | 11 01xx kkkk kkkk | |
| 10 | RETURN | Trở về từ chương trình con | 2 | 00 0000 0000 1000 | |
| 11 | SLEEP | Cpu vào chế độ chờ | 1 | 00 0000 0110 0011 | \overline{TO} , \overline{PD} |
| 12 | SUBLW k | K – (W) → (W) | 1 | 11 110x kkkk kkkk | C, DC, Z |
| 13 | XORLW k | (W) xor k | 1 | 11 1010 kkkk kkkk | Z |

3. TẬP LỆNH CHI TIẾT

1. Lệnh: ADDLW Cộng hằng số k vào W

- Cú pháp: ADDLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$

- Thực thi: $(W) + k \rightarrow (W)$. Cờ ảnh hưởng: C, DC, Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: cộng nội dung thanh ghi W với hằng số k 8 bit và kết quả lưu vào W.

2. Lệnh: **ADDWF** Cộng W với f

- Cú pháp: ADDWF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(W) + (f) \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: C, DC, Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: cộng nội dung thanh ghi W với thanh ghi f. Nếu $d=0$ thì lưu kết quả vào thanh ghi W, còn $d=1$ thì lưu vào thanh ghi f.

3. Lệnh: **ANDLW** And hằng số với W

- Cú pháp: ANDLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$
- Thực thi: $(W) \text{ AND } (k) \rightarrow (W)$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: And nội dung thanh ghi W với hằng số k 8 bit, kết quả lưu vào thanh ghi W.

4. Lệnh: **ANDWF** And W với F

- Cú pháp: ANDWF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(W) \text{ AND } (f) \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: And thanh ghi W với thanh ghi f. Nếu $d=0$ thì kết quả lưu vào thanh ghi W, nếu $d=1$ thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

5. Lệnh: **BCF** xoá bit trong thanh ghi F - BIT CLEAR FILE

- Cú pháp: BCF f,b
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, 0 \leq b < 7$
- Thực thi: $0 \rightarrow (f)$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: xóa bit b trong thanh ghi f.

6. Lệnh: **BSF** set bit trong thanh ghi F - BIT SET FILE

- Cú pháp: BSF f,b
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, 0 \leq b < 7$
- Thực thi: $1 \rightarrow (f)$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: set bit b trong thanh ghi f lên 1.

7. Lệnh: **BTFS** kiểm tra 1 bit trong thanh ghi F và nhảy nếu bằng 1

- Cú pháp: BTFS f,b - BIT TEST FILE SKIP IF SET
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, 0 \leq b < 7$
- Thực thi: nhảy nếu $f=1$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1(2).
- Chức năng: kiểm tra bit b: nếu bit b bằng 1 thì lệnh kế bị bỏ qua và thay bằng lệnh NOP, nếu bit b bằng 0 thì thực thi lệnh kế.

8. Lệnh: **BTFC** kiểm tra 1 bit trong thanh ghi F và nhảy nếu bằng 0

- Cú pháp: BTFC f,b - BIT TEST FILE SKIP IF CLEAR
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, 0 \leq b < 7$
- Thực thi: nhảy nếu $f=0$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1(2).
- Chức năng: kiểm tra bit b: nếu bit b bằng 0 thì lệnh kế bị bỏ qua và thay bằng lệnh NOP, nếu bit b bằng 1 thì thực thi lệnh kế.

9. Lệnh: **CALL** gọi chương trình con

- Cú pháp: CALL k
- Tác động: $0 \leq k \leq 2047$
- Thực thi: $(PC + 1) \rightarrow TOS; k \rightarrow PC$ - TOP OF STACK

- Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 2.
- Chức năng: gọi chương trình con. Địa chỉ trả về (PC+1) được cất vào ngăn xếp. Thanh ghi PC được nạp địa chỉ của chương trình con và chương trình con được thực hiện.

10. Lệnh: **CLRF** xoá thanh ghi f

- Cú pháp: CLRF f - CLEAR FILE
- Tác động: $0 \leq f \leq 127$
- Thực thi: $00h \rightarrow (f); 1 \rightarrow Z$. Trạng thái ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: xoá thanh ghi f và cờ Z bằng 1.

11. Lệnh: **CLRW** xoá thanh ghi W

- Cú pháp: CLRW - CLEAR WORKING
- Tác động: không
- Thực thi: $00h \rightarrow (W), 1 \rightarrow Z$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: xoá thanh ghi W và cờ Z bằng 1.

12. Lệnh: **CLRWDT** xoá WDT

- Cú pháp: CLRWDT - CLEAR WATCHDOG TIMER
- Tác động: không
- Thực thi: $00 \rightarrow WDT; 0 \rightarrow$ Bộ đếm chia trước của WDT; $1 \rightarrow \overline{TO}; 1 \rightarrow \overline{PD}$
- Cờ ảnh hưởng: $\overline{TO}, \overline{PD}$. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: lệnh CLRWDT sẽ xoá bộ định thời WDT và bộ đếm chia trước của WDT. Các bit $\overline{PD}, \overline{TO}$ về mức 1.

13. Lệnh: **COMF** bù thanh ghi f

- Cú pháp: COMF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(\overline{f}) \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: bù 1 nội dung thanh ghi f. Nếu d=0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

14. Lệnh: **DECF** giảm nội dung thanh ghi f

- Cú pháp: DECF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) - 1 \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: giảm nội dung thanh ghi f đi 1. Nếu d= 0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d= 1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

15. Lệnh: **DECFSZ** giảm nội dung thanh ghi f và nhảy nếu bằng 0

- Cú pháp: DECFSZ f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) - 1 \rightarrow (\text{dest})$; Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1(2).
- Chức năng: giảm nội dung thanh ghi f đi 1. Nếu d = 0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d = 1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f. Nếu kết quả bằng 0 thì bỏ qua lệnh kế và thay bằng lệnh NOP.

16. Lệnh: **GOTO** lệnh rẽ nhánh không điều kiện

- Cú pháp: GOTO k
- Tác động: $0 \leq k \leq 2047$
- Thực thi: $k \rightarrow PC$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 2.
- Chức năng: nhảy không điều kiện đến địa chỉ k. Địa chỉ nơi nhảy được nạp vào PC và CPU tiếp tục thực hiện lệnh tại nơi nhảy đến.

17. Lệnh: **INCF** lệnh tăng nội dung thanh ghi f

- Cú pháp: INCF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) + 1 \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: tăng nội dung của thanh ghi f lên 1. Nếu d = 0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d = 1 thì kết quả lưu trở lại vào thanh ghi f.

18. Lệnh: **INCFSZ** lệnh tăng nội dung thanh ghi f và nhảy nếu bằng 0

- Cú pháp: INCFSZ f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) + 1 \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1(2).
- Chức năng: tăng nội dung của thanh ghi f lên 1. Nếu d=0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f. Nếu kết quả là bằng 0 thì bỏ qua lệnh kế và được thay bằng lệnh NOP.

19. Lệnh: **IORLW** lệnh OR hằng số với W

- Cú pháp: IORLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$
- Thực thi: $(W) \text{ OR } k \rightarrow W$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: Or hằng số k 8 bit với W.

20. Lệnh: **IORWF** lệnh OR W với f

- Cú pháp: IORWF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127$
- Thực thi: $(W) \text{ OR } f \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: Or nội dung thanh ghi W với thanh ghi f. Nếu d=0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

21. Lệnh: **MOVLW** lệnh nạp dữ liệu vào thanh ghi W

- Cú pháp: MOVLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$
- Thực thi: $k \rightarrow W$. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: nạp dữ liệu 8 bit k vào thanh ghi W.

22. Lệnh: **MOVF** lệnh copy dữ liệu từ thanh ghi W sang f

- Cú pháp: MOVF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) \rightarrow (\text{nơi đến})$. Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: copy nội dung thanh ghi 'f' sang nơi đến tùy thuộc vào giá trị của 'd'. Nếu 'd' = 0 thì nơi đến là thanh ghi W. Nếu 'd'=1 thì nơi đến chính là thanh ghi 'f'. Trường hợp 'd'=1 rất tiện lợi để kiểm tra thanh ghi file vì cờ Z bị ảnh hưởng: nếu nội dung thanh ghi f bằng 0 thì cờ Z bằng 1, nếu khác 0 thì cờ Z bằng 0.

23. Lệnh: **MOVWF** lệnh copy dữ liệu

- Cú pháp: MOVWF f
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(W) \rightarrow f$. Trạng thái ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: copy nội dung thanh ghi W sang thanh ghi 'f'.

24. Lệnh: **NOP** lệnh không hoạt động

- Cú pháp: NOP
- Tác động: không có
- Thực thi: không làm gì cả. Trạng thái ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.

- Chức năng: không làm gì cả

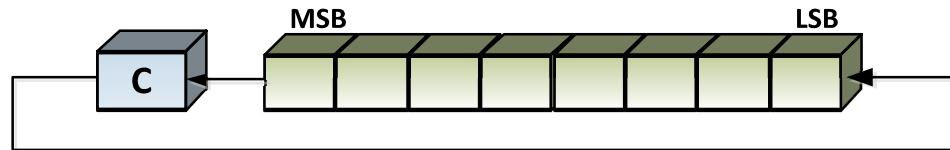
| | |
|-------------------------|--|
| 25. Lệnh: RETFIE | lệnh trở về từ chương trình con phục vụ ngắn. |
| • Cú pháp: | RETFIE |
| • Tác động: | không có. |
| • Thực thi: | TOS → PC, 1 → GIE. Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 2. |

• Chức năng: kết thúc chương trình con phục vụ ngắn, trả lại chương trình chính. Địa chỉ trở về ở đỉnh ngắn xếp trả lại cho PC, bit cho phép ngắn toàn cục GIE = 1 để cho phép ngắn.

| | |
|------------------------|---|
| 26. Lệnh: RETLW | lệnh trở về từ chương trình con |
| • Cú pháp: | RETLW k |
| • Tác động: | $0 \leq k \leq 255$ |
| • Thực thi: | $k \rightarrow W$, TOS → PC. Trạng thái ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 2. |

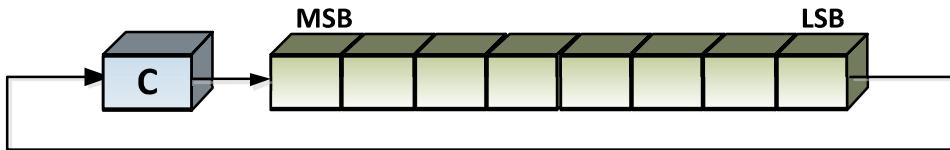
• Chức năng: kết thúc chương trình con để trả lại chương trình chính, đồng thời nạp hàng số k vào thanh ghi W, địa chỉ trở về trong đỉnh ngắn xếp trả lại cho PC.

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| 27. Lệnh: RLF | lệnh xoay trái qua cờ C |
| • Cú pháp: | RLF f,d |
| • Tác động: | $0 \leq f \leq 127$, $d \in [0,1]$ |
| • Thực thi: | |



- Trạng thái ảnh hưởng: C. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: xoay nội dung của thanh ghi f và cờ C sang trái một bit. Nếu d=0 thì kết quả được lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

| | |
|----------------------|-------------------------------------|
| 28. Lệnh: RRF | lệnh xoay phải qua cờ C |
| • Cú pháp: | RRF f,d |
| • Tác động: | $0 \leq f \leq 127$, $d \in [0,1]$ |
| • Thực thi: | |



- Trạng thái ảnh hưởng: C. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: xoay nội dung của thanh ghi f và cờ C sang phải 1 bit. Nếu d=0 thì kết quả được lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

| | |
|-------------------------|---|
| 29. Lệnh: RETURN | lệnh kết thúc chương trình con |
| • Cú pháp: | RETURN |
| • Tác động: | không |
| • Thực thi: | TOS → PC. Trạng thái ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 2. |

• Chức năng: lệnh kết thúc chương trình con trả lại chương trình chính, địa chỉ trả về trong đỉnh ngắn xếp trả lại cho PC.

| | |
|------------------------|----------|
| 30. Lệnh: SLEEP | lệnh ngủ |
|------------------------|----------|

- Cú pháp: SLEEP
- Tác động: không
- Thực thi: $00h \rightarrow$ WDT; $0 \rightarrow$ bộ đếm chia trước của WDT; $1 \rightarrow \overline{TO}$; $0 \rightarrow \overline{PD}$
- Cờ ảnh hưởng: $\overline{TO}, \overline{PD}$. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: $\overline{PD} = 0$ cho biết CPU đang ở chế độ ngủ, bộ dao động ngừng hoạt động. Bit $\overline{TO} = 1$. Bộ định thời WDT và bộ chia trước bị xóa.

31. Lệnh: **SUBLW** lệnh trừ hàng số cho thanh ghi W

- Cú pháp: SUBLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$
- Thực thi: $k - (W) \rightarrow (W)$. Cờ ảnh hưởng: C, DC, Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: hàng số k 8 bit trừ cho nội dung thanh ghi W và kết quả lưu vào thanh ghi W.

32. Lệnh: **SUBWF** lệnh trừ thanh ghi f cho thanh ghi W

- Cú pháp: SUBLW f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f) - (W) \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: C, DC, Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: nội dung thanh ghi f trừ cho nội dung thanh ghi W. Nếu d=0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

33. Lệnh: **SWAPF** lệnh hoán chuyển 4 bit của thanh ghi f

- Cú pháp: SWAPF f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(f<3:0>) \rightarrow (\text{dest}<7:4>); (f<7:4>) \rightarrow (\text{dest}<3:0>)$
- Cờ ảnh hưởng: không. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: 4 bit cao và 4 bit thấp của thanh ghi f được đổi với nhau. Nếu d=0 thì kết quả lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

34. Lệnh: **XORLW** lệnh XOR hàng số với W

- Cú pháp: XORLW k
- Tác động: $0 \leq k \leq 255$
- Thực thi: $(W) \text{ XOR } k \rightarrow (W)$
- Cờ ảnh hưởng: Z. Chu kỳ thực hiện: 1.
- Chức năng: XOR nội dung thanh ghi W với hàng số k 8 bit, kết quả lưu vào thanh ghi W.

35. Lệnh: **XORWF** lệnh XOR W với f

- Cú pháp: XORLW f,d
- Tác động: $0 \leq f \leq 127, d \in [0,1]$
- Thực thi: $(W) \text{ XOR } (f) \rightarrow (\text{dest})$. Cờ ảnh hưởng: Z
- Chức năng: XOR nội dung thanh ghi W với nội dung thanh ghi f. Nếu d=0 thì kết quả được lưu vào thanh ghi W. Nếu d=1 thì kết quả lưu vào thanh ghi f.

III. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 3-1: Hãy cho biết các kiểu định địa chỉ của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 3-2: Hãy cho biết các nhóm lệnh của vi điều khiển PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu số 3-3: Hãy tìm hiểu lệnh so sánh cấu trúc CISC và RISC.

Câu số 3-4: Hãy tìm cấu trúc đường ống lệnh.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 3-1: Tập lệnh của PIC 16F877A gồm:

- | | |
|---------------------|--------------------------------------|
| (a) Lệnh xử lý bit | (b) Lệnh xử lý hằng số và điều khiển |
| (c) Lệnh xử lý byte | (d) Tất cả đều đúng |

Câu 3-2: Mã lệnh của PIC 16F877A có chiều dài:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 12 bit | (b) 13 bit |
| (c) 14 bit | (d) 15 bit |

Câu 3-3: Kí hiệu ‘f’ trong tập lệnh của PIC 16F877A:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| (a) Là tên của thanh ghi | (b) Là địa chỉ của 1 thanh ghi |
| (c) Là hằng số | (d) Là địa chỉ của 1 bit |

Câu 3-4: Kí hiệu ‘b’ trong tập lệnh của PIC 16F877A:

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| (a) Là tên của thanh ghi | (b) Là địa chỉ của 1 thanh ghi |
| (c) Là hằng số | (d) Là địa chỉ của 1 bit |

Câu 3-5: Kí hiệu ‘d’ trong tập lệnh của PIC 16F877A:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| (a) Là tên của thanh ghi | (b) Cho biết nơi nhận dữ liệu |
| (c) Là hằng số | (d) Là địa chỉ của 1 bit |

Câu 3-6: Kí hiệu ‘b’ trong tập lệnh của PIC 16F877A có chiều dài:

- | | |
|-----------|------------|
| (a) 3 bit | (b) 1 bit |
| (c) 7 bit | (d) 14 bit |

Câu 3-7: Kí hiệu ‘f’ trong tập lệnh của PIC 16F877A có chiều dài:

- | | |
|-----------|------------|
| (a) 3 bit | (b) 1 bit |
| (c) 7 bit | (d) 14 bit |

Câu 3-8: Lệnh “ADDLW k” có chức năng:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| (a) Cộng W với hằng số k | (b) And W với hằng số k |
| (c) Cộng W với hằng số 1 | (d) And W với hằng số 1 |

Câu 3-9: Lệnh “ADDWF f, d” có chức năng:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| (a) Cộng W với hằng số f | (b) Cộng W với hằng số d |
| (c) Cộng W với ô nhớ f | (d) Cộng f với hằng số d |

Câu 3-10: Lệnh “BCF f, b” có chức năng:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (a) Xóa bit f trong thanh ghi b | (b) Xóa bit b trong thanh ghi f |
| (c) Làm bit f trong thanh ghi b lên 1 | (d) Làm bit b trong thanh ghi f lên 1 |

Câu 3-11: Lệnh “BSF f, b” có chức năng:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| (a) Xóa bit f trong thanh ghi b | (b) Xóa bit b trong thanh ghi f |
| (c) Làm bit f trong thanh ghi b lên 1 | (d) Làm bit b trong thanh ghi f lên 1 |

Câu 3-12: Lệnh “BTFSS f, b” có chức năng kiểm tra:

- | | |
|--|---|
| (a) Bit b trong thanh ghi f và nhảy nếu bằng 1 | (b) Bit f trong thanh ghi b và nhảy nếu = 1 |
| (c) Bit b trong thanh ghi f và nhảy nếu bằng 0 | (d) Bit f trong thanh ghi b và nhảy nếu = 0 |

Câu 3-13: Lệnh “BTFSC f, b” có chức năng kiểm tra:

- | | |
|--|---|
| (a) Bit b trong thanh ghi f và nhảy nếu bằng 1 | (b) Bit f trong thanh ghi b và nhảy nếu = 1 |
| (c) Bit b trong thanh ghi f và nhảy nếu bằng 0 | (d) Bit f trong thanh ghi b và nhảy nếu = 0 |

Câu 3-14: Lệnh “DECF f, d” có chức năng:

- (a) Giảm nội dung thanh ghi f
- (b) Tăng nội dung thanh ghi f
- (c) Giảm nội dung thanh ghi d
- (d) Tăng nội dung thanh ghi d

Câu 3-15: Lệnh “DECFSZ f, d” có chức năng:

- (a) Giảm thanh ghi f và nhảy nếu $Z=1$
- (b) Giảm thanh ghi f và nhảy nếu $Z=0$
- (c) Giảm thanh ghi f và nhảy nếu $d=0$
- (d) Giảm thanh ghi f và nhảy nếu $d=1$

Câu 3-16: Lệnh “INCFSZ f, d” có chức năng:

- (a) Tăng thanh ghi f và nhảy nếu $Z=1$
- (b) Tăng thanh ghi f và nhảy nếu $Z=0$
- (c) Tăng thanh ghi f và nhảy nếu $d=0$
- (d) Tăng thanh ghi f và nhảy nếu $d=1$

4. BÀI TẬP

VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: NGÔN NGỮ LẬP TRÌNH C

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA NGÔN NGỮ C
 - CÁC KIÊU DỮ LIỆU CỦA BIÊN
 - CÁC TOÁN TỬ
 - CÁC LỆNH C CƠ BẢN
 - CẤU TRÚC CỦA CHƯƠNG TRÌNH C
- ❑ TRÌNH BIÊN DỊCH CCS-C
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - BÀI TẬP

I. GIỚI THIỆU

Ngôn ngữ lập trình C là một ngôn ngữ lập trình được sử dụng phổ biến, là ngôn ngữ tạo mã hiệu quả, các phần tử lập trình có cấu trúc, và một tập hợp phong phú các toán tử.

Ngôn ngữ C một ngôn ngữ lập trình thuận tiện và hiệu quả, nhiều ứng dụng có thể được giải quyết dễ dàng hơn và hiệu quả hơn bằng ngôn ngữ C so với các ngôn ngữ chuyên biệt khác.

Ở chương này giới thiệu các ngôn ngữ lập trình C cho các loại vi điều khiển và các lệnh C cơ bản để phục vụ lập trình cho các ứng dụng. Do có nhiều họ vi điều khiển của nhiều hãng khác nhau nên các phần mềm lập trình C cho vi điều khiển cũng khác nhau, phần này chỉ trình bày những kiến thức lập trình C chung và cơ bản nhất và tùy thuộc vào từng phần mềm biên dịch mà các bạn tìm hiểu thêm.

Sau khi kết thúc phần này sẽ giúp các bạn biết cấu trúc một chương trình, biết các lệnh C cơ bản để lập trình, biết khai báo các kiểu dữ liệu cho các biến, biết viết chương trình.

II. CÁC THÀNH PHẦN CƠ BẢN CỦA NGÔN NGỮ C

1. CÁC KIỂU DỮ LIỆU CỦA BIẾN

Trong chương trình thường khai báo biến để lưu dữ liệu và xử lý dữ liệu, tùy thuộc vào loại dữ liệu mà ta phải chọn loại dữ liệu cho phù hợp. Các biến của vi xử lý bao gồm bit, byte, word và long word tương ứng với dữ liệu 1 bit, 8 bit, 16 bit và 32 bit.

Các kiểu dữ liệu cơ bản tùy thuộc vào phần mềm sử dụng, vi điều khiển PIC có rất nhiều phần mềm biên dịch như PIC-C, MIKRO-C, MPLAB, trong phần này trình bày phần mềm PIC-C.

Bảng 4-1: Các kiểu dữ liệu của phần mềm PIC-C:

| TT | Kiểu dữ liệu | Số bit | Giới hạn |
|----|--------------------------------|--------|--------------------------------|
| 1 | Int1 | 1 | 0÷1 |
| 2 | signed char | 8 | -128÷127 |
| 3 | unsigned char | 8 | 0÷255 |
| 4 | signed int hay signed int8 | 8 | -128÷127 |
| 5 | unsigned int hay unsigned int8 | 8 | 0÷255 |
| 6 | signed int16 | 16 | -32768÷32767 |
| 7 | unsigned int16 | 16 | 0÷65535 |
| 8 | signed long long | 32 | -2147483648 to 2147483647 |
| 9 | unsigned long long | 32 | 0 to 4294967295 |
| 10 | float | 32 | ±1.175494E-38 to ±3.402823E+38 |

Ví dụ 4-1: Khai báo các biến

Công thức KHAI BAO BIEN:

dau + so bit + bien1, bien2,... ;

Int1 TT; //khai báo biến trạng thái thuộc kiểu dữ liệu bit.

Unsigned char dem; //khai báo biến đếm (dem) thuộc kiểu kí tự không dấu 8 bit.

Chú ý : phần mềm lập trình PIC-C không phân biệt chữ hoa hay chữ thường nhưng các phần mềm khác thì có phân biệt.

2. CÁC TOÁN TỬ

Các toán tử là thành phần quan trọng trong lập trình, để lập trình thì chúng ta cần phải hiểu rõ ràng chức năng của các loại toán tử.

Bảng 4-2: Các toán tử phổ biến trong ngôn ngữ C:

| TT | Toán tử | Chức năng | Ví dụ |
|----|---------|----------------------|----------------------------|
| 1 | + | Toán tử cộng | |
| 2 | += | Toán tử cộng và gán. | x+=y tương đương với x=x+y |
| 3 | &= | Toán tử and và gán. | x&=y tương đương với x=x&y |

| | | | |
|----|--------|--|--|
| 4 | @ | Toán tử địa chỉ | |
| 5 | & | Toán tử and | |
| 6 | ^= | Toán tử ex-or và gán. | $x^=y$ tương đương với $x=x^y$ |
| 7 | ^ | Toán tử ex-or | |
| 8 | = | Toán tử or và gán. | $x =y$ tương đương với $x=x y$. |
| 9 | | Toán tử or nhiều đại lượng với nhau thành 1. | Ví dụ or nhiều bit trong 1 byte với nhau |
| 10 | -- | Giảm | |
| 11 | /= | Toán tử chia và gán. | $x/=y$ tương đương với $x=x/y$ |
| 12 | / | Toán tử chia | |
| 13 | == | Toán tử bằng dùng để so sánh | |
| 14 | > | Toán tử lớn hơn | |
| 15 | >= | Toán tử lớn hơn hay bằng | |
| 16 | ++ | Tăng | |
| 17 | * | Toán tử truy xuất gián tiếp, di trước con trỏ | |
| 18 | != | Toán tử không bằng | |
| 19 | <= | Toán tử dịch trái và gán | $x <= y$ tương đương với $x=x<=y$ |
| 20 | < | Toán tử nhỏ hơn | |
| 21 | << | Toán tử dịch trái | |
| 22 | <= | Toán tử nhỏ hơn hay bằng | |
| 23 | && | Toán tử and | |
| 24 | ! | Toán tử phủ định (not) | |
| 25 | | Toán tử or | |
| 26 | %= | Toán tử chia lấy số dư và gán | $x \% = y$ tương đương với $x=x \% y$ |
| 27 | % | Toán tử module | |
| 28 | *= | Toán tử nhân và gán | $x * = y$ tương đương với $x=x*y$ |
| 29 | * | Toán tử nhân | |
| 30 | ~ | Toán tử bù 1 | |
| 31 | >>= | Toán tử dịch phải và gán | $x >> = y$ tương đương với $x=x>>y$ |
| 32 | >> | Toán tử dịch phải | |
| 33 | -> | Toán tử con trỏ cấu trúc | |
| 34 | -= | Toán tử trừ và gán | $x - = y$ tương đương với $x=x-y$ |
| 35 | - | Toán tử trừ | |
| 36 | sizeof | Xác định kích thước theo byte của toán tử | |

a. **Toán tử gán (=)** = : Gán (Cho, giá trị)

Dùng để gán một giá trị nào đó cho một biến

Ví dụ 4-2: A = 5; Gán biến A bằng 5

Ví dụ 4-3: A = 2 + (B = 5);

A = 2 + B = 5; --> A = 5

NX: Dau () su dung de uu tien xu ly cac phep toan neu ta khong biet thu tu uu tien cua cac phep toan.

Có chức năng gán biến b bằng 5 rồi cộng với 2 và gán cho biến A, kết quả B = 5 và A = 7.

b. **Toán tử số học (+, -, *, /, %)**

/ : chia lay phan nguyen

%: chia lay phan du

Có 5 toán tử để thực hiện các phép toán cộng, trừ, nhân, chia và chia lấy phần dư.

Ví dụ 4-4: A = 24; 23 B = A % 5; 23 : 5 = 4 du 3

Gán A bằng 24, B gán số dư của A chia cho 5, kết quả B bằng 4

Ví dụ 4-5: A=123;Kết thúc đoạn lệnh:
biến A thay đổi ? COLệnh 3: A = A/10;
khi chia A vàn lấy 123 ?

X = A%10;

A = A/10;

Y = A%10;

Z = A/10;

//X=3 ← 123 : 10 = 12 dư 3

//A = 12 ← 123 : 10 = 12 dư 3

//Y=2 ← 12 : 10 = 1 dư 2

//Z=1

→ Các biến thay đổi khi ý có chức năng tách từng con số đơn vị, chục, trăm gán cho 3 biến x, y, z.

Các lệnh trên có thể viết gọn lại như sau:

Biến A thay đổi ?
KHONG

X = A%10; //X=3

Y = A/10%10; //Y=2

Z = A/100; //Z=1

Ví dụ 4-6: A=1234;

X = A%10; //X=4

A = A/10; //A = 12

Y = A%10; //Y=3

A = A/10; //A = 12

Z = A%10; //Z=2

V = A/10; //V=1

Sau khi thực hiện, ta có:

X, Y, Z, V chưa cài giá
của A ?→ Tách số (DV, CH,
TR, NG)

Ví dụ này có chức năng tách từng con số đơn vị, chục, trăm, ngàn gán cho 4 biến x, y, z, v.

Các lệnh trên có thể viết gọn lại như sau:

X = A%10; //X=3

Y = A/10%10; //Y=2

Z = A/100%10; //Z=1

V = A/1000; //V=1

c. Toán tử gán phức hợp (+=, -=, *=, /=, %=, >>=, <<=, &=, ^=, |=)

Tổng quát cho toán tử gán phức hợp: biến += giá_trị tương đương với biến = biến + giá_trị.

Ví dụ 4-7: A+=5; tương đương với A = A + 5; ← ve trai = ve trai (phep toan) ve phai

A /= 5; tương đương A = A / 5;

B *= X + 1; tương đương B = B * (X+1);

d. Toán tử tăng và giảm (++, --) ← tang, giam 1 don vi

Tổng quát cho toán tử gán phức hợp: biến += giá_trị tương đương với biến = biến + giá_trị.

Ví dụ 4-8: A++; tương đương với A = A + 1 hay A+=1;**Ví dụ 4-9:** B = 3; gán B bằng 3A=++B; kết quả A bằng 4, B bằng 4 ← B = 3;
B++;
A=B;**Ví dụ 4-10:** B = 3; gán B bằng 3A=B++; kết quả A bằng B và bằng 3, B tăng lên 1 bằng 4 ← B = 3;
A = B;
B++;

Sự khác nhau là “++” đặt trước thì tính trước rồi mới gán, đặt sau thì gán trước rồi mới tính.

**e. Toán tử quan hệ (==, !=, >, <, >=, <=) ← == : So sanh bang
!= : So sanh khac**

Các toán tử quan hệ dùng để so sánh các biểu thức, kết quả so sánh là đúng hoặc sai.

Các toán tử trên tương ứng là bằng, khác, lớn hơn, nhỏ hơn, lớn hơn hay bằng, nhỏ hơn hay bằng.

Ví dụ 4-11: if(X<100) X+=1;

Lệnh trên kiểm tra nếu X còn nhỏ hơn 100 thì tăng X lên 1.

f. Toán tử logic (!, &&, ||) ← Lien ket dieu kien (khong phai phep toan logic)

Các toán tử trên tương đương là NOT, AND và OR.

Ví dụ 4-12: !true sẽ cho kết quả là false

((5==5) && (6>4)) and 2 điều kiện lại với nhau và kết quả là true.

g. Toán tử xử lý bit (&, |, ^, ~, <<, >>)

Các toán tử xử lý bit với bit, các toán tử trên tay trái), SHR (dịch phải). A = 0x6A; B = 0xD5;

~: Bù - Complement - Dao
 ^: EXOR
 |: OR
 << n: dịch trái n bit
 >> n: dịch phải n bit
 (mac định du lieu dịch =0)

Ví dụ 4-13:

```

A=0x77; //gán A = 0111 0111B
B=0XC9; //gán B = 1100 1001B
X = A & B; // X bằng A and với B, kết quả X = 0100 0001B = 0X41
Y = A | B; // Y bằng A or với B, kết quả Y = 1111 1111B = 0xFF
Z = A ^ B; // Z bằng A xor với B, kết quả Z = 1011 1110B = 0xBE
W = ~A; // W bằng not A, kết quả W = 1000 1000B = 0X88
  
```

Ví dụ 4-14:

```

A=0x01; //gán A = 0000 0001B
A= (A <<1); //dịch A sang trái 1 bit, kết quả A = 0000 0010B.
A= (A <<1); //dịch A sang trái 1 bit, kết quả A = 0000 0100B.
  
```

Khi dịch trái thì bit bên trái mất, bit 0 thêm vào bên phải.

Ví dụ 4-15:

```

A=0x81; //gán A = 1000 0001B
A= (A >>1); //dịch A sang phải 1 bit, kết quả A = 0100 0000B.
  
```

Khi dịch phải thì bit bên phải mất, bit 0 thêm vào bên trái.

Ví dụ 4-16:

```

A=0x00 ; //gán A = 0000 0000B
A= (A <<1) +0x01 ; //dịch A sang trái 1 bit rồi cộng với 1, kết quả A = 0000 0001B.
A= (A <<1) +0x01 ; //dịch A sang trái 1 bit rồi cộng với 1, kết quả A = 0000 0011B.
  
```

Khi dịch trái và cộng với 1 thì có chức năng đẩy số 1 thêm vào bên phải, với dữ liệu 8 bit thì sau 8 lần sẽ lắp đầy 8 bit 1.

h. Toán tử lấy kích thước chuỗi theo byte()

Ví dụ 4-17: A = sizeof (charac); kết quả là A sẽ chứa số byte của chuỗi charac

3. CÁC LỆNH C CƠ BẢN

Thành phần quan trọng thứ 3 trong lập trình C là các lệnh của ngôn ngữ C, phần tiếp theo sẽ khảo sát các lệnh cơ bản.

a. Lệnh if và else:

Chức năng: kiểm tra điều kiện nếu thỏa thì làm.

Cú pháp: if (điều_kiện)

```

  {
    Lệnh 1;
    Lệnh 2;
    ...
  }

```

else

```

  {
    Lệnh 3;
    Lệnh 4;
    ...
  }

```

Ví dụ 4-18:

```

if (x==50)
  x=1;
  
```

```

else
    x=x+1;

```

b. Lệnh lặp while:

Chức năng: lặp lại một thao tác với một số lần nhất định hoặc khi còn thỏa 1 điều kiện nào đó.

Cú pháp: while (điều_kiện)

```

{
    Lệnh 1;
    Lệnh 2;
    ...
}
```

Ví dụ 4-19:

```

while (x > 0)
    {x = x - 1 ;}

```

c. Lệnh lặp do while:

Chức năng: làm các lệnh trong dấu ngoặc và thoát nếu điều kiện theo sau lệnh while không đúng.

Cú pháp: do

```

{
    Lệnh 1;
    Lệnh 2;
    ...
}
```

```
while (điều_kiện)
```

Ví dụ 4-20:

```

Do
    {x=x+10;}
    while (x < 100)

```

Thực hiện lệnh x bằng x cộng với 10, làm cho đến khi x nhỏ hơn 100.

d. Lệnh lặp for:

Chức năng: làm các lệnh trong dấu ngoặc một số lần nhất định.

Cú pháp: for (giá_trị_bắt_đầu; điều_kiện_kết_thúc; tăng_giá_trị)
 {
 Lệnh 1;
 Lệnh 2;
 ...
 }

Ví dụ 4-21:

```

For (int n = 0; n < 100; n++)
    {x=x+10;}

```

Vòng lặp thực hiện với biến n bằng 0 cho đến khi n bằng 100 thì ngừng.

e. Lệnh rẽ nhánh break:

for, while, do/while
if - khong duoc

Chức năng: Lệnh này dùng để thoát khỏi vòng lặp dù cho điều kiện để kết thúc chưa thỏa mãn.

f. Lệnh continue:

lan lap hien tai

Chức năng: Lệnh này dùng để kết thúc phần còn lại của vòng lặp để làm lần lặp tiếp theo.

g. Lệnh rẽ nhánh goto:

nhan -> VD:

Chức năng: Lệnh này dùng để nhảy đến ~~nhay~~ trong chương trình

TU_DAU:

h. Lệnh switch case:

GOTO TU_DAU

Chức năng: thực hiện 1 công việc tùy thuộc vào hàm.

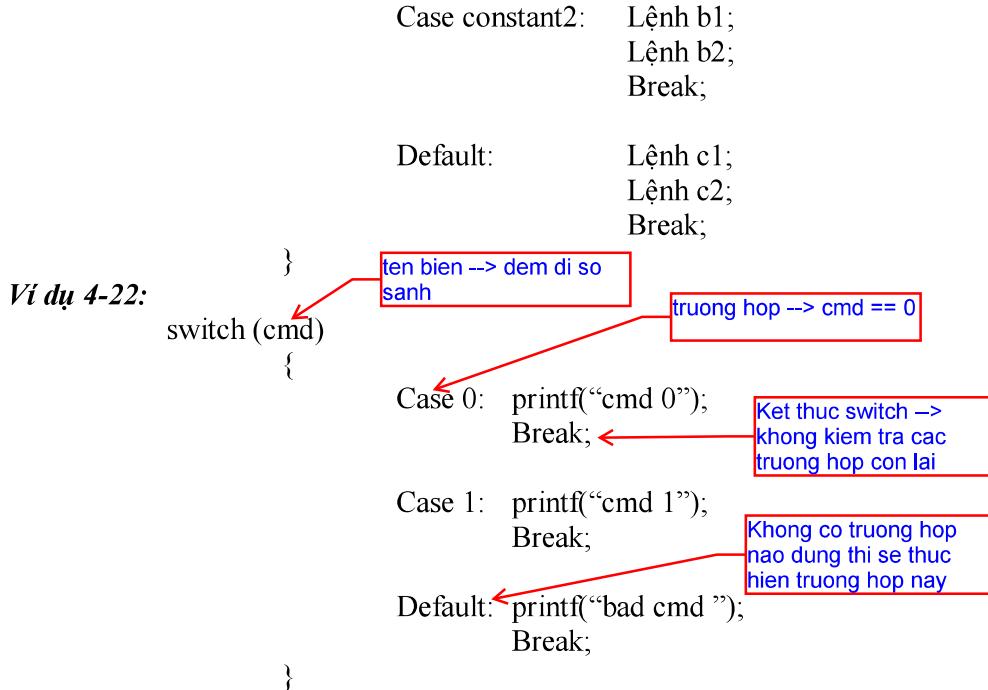
Cú pháp: switch (cmd)

```

{
    Case constant1: Lệnh a1;
                    Lệnh a2;
                    Break;
}
```

thay the cho cac lenh if/else long
vao nhau

if
else
{ if
else
{ if



4. CÁU TRÚC CỦA CHƯƠNG TRÌNH C

Chương trình C đơn giản như sau

```

/* my first C program*/
#include <16F887.H>
#FUSES NOWDT, PUT, HS, NOPROTECT, NOLVP
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);           //PORTB LA OUTPUT
    OUTPUT_B(0x0F);             //4 LED TAT 4 LED SANG
    WHILE(1)
    {}
}

```

“/* my first C program*/” là chú thích cho chương trình nằm trong cặp dấu “/* ... */” hoặc nằm sau “//”.

Lệnh “#include <16F887.H>” có chức năng báo cho trình biên dịch biết chương trình dùng các thành phần của vi điều khiển có trong file “16F887.H”.

Tiếp theo là khai báo cấu hình của vi điều khiển.

“VOID MAIN ()” cho biết bắt đầu chương trình chính và các lệnh tiếp theo của chương trình chính nằm trong cặp dấu {}.

5. CÁC THÀNH PHẦN CỦA CHƯƠNG TRÌNH C

Tất cả các chương trình viết bằng ngôn ngữ C bao gồm các chỉ dẫn, các khai báo biến, các định nghĩa biến, các biểu thức, các lệnh và hàm.

a. Chỉ dẫn tiền xử lý

Có 2 chỉ dẫn là #define và #include.

Chỉ dẫn #define có chức năng thay thế 1 đoạn chuỗi bằng một chỉ định đặc biệt nào đó.

Chỉ dẫn # include có chức năng chèn vào một đoạn lệnh từ 1 file khác vào trong chương trình.

Ví dụ 4-23:

```
#define RW PIN_B1
```

```
#include <16F887.H>
```

Chỉ dẫn thứ nhất có chức năng định nghĩa biến RW là bit thứ 1 của portB.

Chỉ dẫn thứ hai có chức năng khai báo chương trình thư viện của vi điều khiển 16F887.h

b. Khai báo

Khai báo biến bao gồm tên và thuộc tính, khai báo hàm, khai báo hằng. Khai báo biến toàn cục nằm bên ngoài hàm, khai báo biến cục bộ thì nằm bên trong hàm.

c. Định nghĩa giá trị cho biến

Dùng để thiết lập giá trị cho 1 biến hoặc 1 hàm.

d. Biểu thức

Là sự kết hợp của toán tử và tác tố để cho ra 1 kết quả duy nhất.

e. Hàm

Một hàm bao gồm các khai báo biến, định nghĩa giá trị, các biểu thức và các lệnh để thực hiện 1 chức năng đặc biệt nào đó.

6. CON TRỎ DỮ LIỆU

Con trỏ dữ liệu trong ngôn ngữ C chính là kiểu truy xuất gián tiếp dùng thanh ghi, địa chỉ của ô nhớ cần truy xuất lưu trong thanh ghi.

Ví dụ 4-24: khai báo con trỏ, gán địa chỉ con trỏ và lưu dữ liệu:

```
unsigned char *pointer0 ;           //khai báo con trỏ
pointer0 = mem_address;           //gán địa chỉ bắt đầu của vùng nhớ cho con trỏ
*pointer0 = 0xFF;                 //lưu giá trị 0xFF vào ô nhớ có địa chỉ lưu trong con trỏ.
```

7. KHAI BÁO MẢNG

Ví dụ 4-25: khai báo mảng:

```
unsigned char ma7doan[] = {0XC0,0XF9,0xA4,0XB0,0X99,0X92,0X82,0XF8,0X80,0X90} ;
char chuoit_hien_thi = {"HELLO !"} ;
```

III. TRÌNH BIÊN DỊCH CCS-C

Trình biên dịch PIC-C dùng để biên dịch tập tin mã nguồn C cho họ vi điều khiển PIC với nhiều chủng loại khác nhau, để lập trình C chúng ta có thể sử dụng phần mềm biên dịch PIC-C, cách cài đặt, lập trình, biên dịch và sử dụng bạn có thể tham khảo ở tài liệu thực hành vi điều khiển.

Khi lập trình cho vi điều khiển PIC dùng PIC-C thì các thành phần cơ bản cũng giống như các loại vi điều khiển khác, sự khác biệt chủ yếu ở phần cứng của từng vi điều khiển. Các lệnh liên quan đến phần cứng được trình bày theo phần cứng đó, khi khảo sát port thì có các lệnh PIC-C liên quan đến port, khi khảo sát timer/counter thì có các lệnh PIC-C liên quan đến timer/counter.

Khi dùng phần mềm PIC-C lập trình cho vi điều khiển PIC16F887 thì phải khai báo thư viện <PIC16F887.h>. Trong file này đã định nghĩa tên các thành phần của vi điều khiển, nếu các tên trong file này không có thì bạn có thể định nghĩa thêm, trong phần mềm PIC-C có rất nhiều thư viện hỗ trợ cho các ứng dụng giúp bạn viết chương trình gọn hơn.

Nội dung của file thư viện:

```
//////// Standard Header file for the PIC16F887 device //////////
#device PIC16F887
#nolist
//////// Program memory: 8192x14 Data RAM: 367 Stack: 8
//////// I/O: 36 Analog Pins: 14
//////// Data EEPROM: 256
//////// C Scratch area: 77 ID Location: 2000
//////// Fuses: LP,XT,HS,EC_IO,INTRC_IO,INTRC,RC_IO,RC,NOWDT,WDT,NOPUT,PUT
```

/////// Fuses: NOMCLR,MCLR,NOPROTECT,PROTECT,NOCPD,CPD,NOBROWNOUT,BROWNOUT

/////// Fuses: BROWNOUT_NOSL,BROWNOUT_SW,NOIESO,IESO,NOFCMEN,FCMEN,NOLVP

/////// Fuses: LVP,NODEBUG,DEBUG,WRT,NOWRT,BORV40,BORV21

///////

////////// I/O

// Discrete I/O Functions: SET_TRIS_x(), OUTPUT_x(), INPUT_x(),

// PORT_x_PULLUPS(), INPUT(),

// OUTPUT_LOW(), OUTPUT_HIGH(),

// OUTPUT_FLOAT(), OUTPUT_BIT()

// Constants used to identify pins in the above are:

#define PIN_A0 40

#define PIN_A1 41

#define PIN_A2 42

#define PIN_A3 43

#define PIN_A4 44

#define PIN_A5 45

#define PIN_A6 46

#define PIN_A7 47

#define PIN_B0 48

#define PIN_B1 49

#define PIN_B2 50

#define PIN_B3 51

#define PIN_B4 52

#define PIN_B5 53

#define PIN_B6 54

#define PIN_B7 55

#define PIN_C0 56

#define PIN_C1 57

#define PIN_C2 58

#define PIN_C3 59

#define PIN_C4 60

#define PIN_C5 61

#define PIN_C6 62

#define PIN_C7 63

#define PIN_D0 64

#define PIN_D1 65

#define PIN_D2 66

#define PIN_D3 67

#define PIN_D4 68

#define PIN_D5 69

#define PIN_D6 70

#define PIN_D7 71

#define PIN_E0 72

#define PIN_E1 73

#define PIN_E2 74

#define PIN_E3 75

////////// Useful defines

```

#define FALSE 0
#define TRUE 1

#define BYTE int8
#define BOOLEAN int1

#define getc getch
#define fgetc getch
#define getchar getch
#define putc putchar
#define fputc putchar
#define fgets gets
#define fputs puts

/////////////////////////////// Control
// Control Functions: RESET_CPU(), SLEEP(), RESTART_CAUSE()
// Constants returned from RESTART_CAUSE() are:
#define WDT_FROM_SLEEP 3
#define WDT_TIMEOUT 11
#define MCLR_FROM_SLEEP 19
#define MCLR_FROM_RUN 27
#define NORMAL_POWER_UP 25
#define BROWNOUT_RESTART 26

/////////////////////////////// Timer 0
// Timer 0 (AKA RTCC)Functions: SETUP_COUNTERS() or SETUP_TIMER_0(),
// SET_TIMER0() or SET_RTCC(),
// GET_TIMER0() or GET_RTCC()
// Constants used for SETUP_TIMER_0() are:
#define T0_INTERNAL 0
#define T0_EXT_L_TO_H 32
#define T0_EXT_H_TO_L 48

#define T0_DIV_1 8
#define T0_DIV_2 0
#define T0_DIV_4 1
#define T0_DIV_8 2
#define T0_DIV_16 3
#define T0_DIV_32 4
#define T0_DIV_64 5
#define T0_DIV_128 6
#define T0_DIV_256 7

#define T0_8_BIT 0

#define RTCC_INTERNAL 0 // The following are provided for compatibility
#define RTCC_EXT_L_TO_H 32 // with older compiler versions
#define RTCC_EXT_H_TO_L 48
#define RTCC_DIV_1 8
#define RTCC_DIV_2 0
#define RTCC_DIV_4 1
#define RTCC_DIV_8 2

```

```

#define RTCC_DIV_16      3
#define RTCC_DIV_32      4
#define RTCC_DIV_64      5
#define RTCC_DIV_128     6
#define RTCC_DIV_256     7
#define RTCC_8_BIT       0

// Constants used for SETUP_COUNTERS() are the above
// constants for the 1st param and the following for
// the 2nd param:
/////////////////////////////// WDT
// Watch Dog Timer Functions: SETUP_WDT() or SETUP_COUNTERS() (see above)
//          RESTART_WDT()
// WDT base is 18ms
//

#define WDT_18MS         8
#define WDT_36MS         9
#define WDT_72MS         10
#define WDT_144MS        11
#define WDT_288MS        12
#define WDT_576MS        13
#define WDT_1152MS       14
#define WDT_2304MS       15

// One of the following may be OR'ed in with the above:

#define WDT_ON           0x4100
#define WDT_OFF          0
#define WDT_DIV_16        0x100
#define WDT_DIV_8         0x300
#define WDT_DIV_4         0x500
#define WDT_DIV_2         0x700
#define WDT_TIMES_1       0x900 // Default
#define WDT_TIMES_2       0xB00
#define WDT_TIMES_4       0xD00
#define WDT_TIMES_8       0xF00
#define WDT_TIMES_16      0x1100
#define WDT_TIMES_32      0x1300
#define WDT_TIMES_64      0x1500
#define WDT_TIMES_128     0x1700

/////////////////////////////// Timer 1
// Timer 1 Functions: SETUP_TIMER_1, GET_TIMER1, SET_TIMER1
// Constants used for SETUP_TIMER_1() are:
// (or (via |) together constants from each group)
#define T1_DISABLED      0
#define T1_INTERNAL       5
#define T1_EXTERNAL       7
#define T1_EXTERNAL_SYNC  3

#define T1_CLK_OUT        8

```

```

#define T1_DIV_BY_1 0
#define T1_DIV_BY_2 0x10
#define T1_DIV_BY_4 0x20
#define T1_DIV_BY_8 0x30

#define T1_GATE 0x40
#define T1_GATE_INVERTED 0xC0
/////////////////////////////// Timer 2
// Timer 2 Functions: SETUP_TIMER_2, GET_TIMER2, SET_TIMER2
// Constants used for SETUP_TIMER_2() are:
#define T2_DISABLED 0
#define T2_DIV_BY_1 4
#define T2_DIV_BY_4 5
#define T2_DIV_BY_16 6

/////////////////////////////// CCP
// CCP Functions: SETUP_CCPx, SET_PWMx_DUTY
// CCP Variables: CCP_x, CCP_x_LOW, CCP_x_HIGH
// Constants used for SETUP_CCPx() are:
#define CCP_OFF 0
#define CCP_CAPTURE_FE 4
#define CCP_CAPTURE_RE 5
#define CCP_CAPTURE_DIV_4 6
#define CCP_CAPTURE_DIV_16 7
#define CCP_COMPARE_SET_ON_MATCH 8
#define CCP_COMPARE_CLR_ON_MATCH 9
#define CCP_COMPARE_INT 0xA
#define CCP_COMPARE_RESET_TIMER 0xB
#define CCP_PWM 0xC
#define CCP_PWM_PLUS_1 0x1c
#define CCP_PWM_PLUS_2 0x2c
#define CCP_PWM_PLUS_3 0x3c
#define CCP_1 = getenv("SFR:CCPR1L")
#define CCP_1_LOW= getenv("SFR:CCPR1L")
#define CCP_1_HIGH= getenv("SFR:CCPR1H")
// The following should be used with the ECCP unit only (or these in)
#define CCP_PWM_H_H 0x0c
#define CCP_PWM_H_L 0x0d
#define CCP_PWM_L_H 0x0e
#define CCP_PWM_L_L 0x0f

#define CCP_PWM_FULL_BRIDGE 0x40
#define CCP_PWM_FULL_BRIDGE_REV 0xC0
#define CCP_PWM_HALF_BRIDGE 0x80

#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP1 0x100000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP2 0x200000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP 0x300000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_INTERRUPT0 0x400000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP1_INTERRUPT0 0x500000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP2_INTERRUPT0 0x600000
#define CCP_SHUTDOWN_ON_COMP_INTERRUPT0 0x700000

```

```

#define CCP_SHUTDOWN_AC_L 0x000000
#define CCP_SHUTDOWN_AC_H 0x040000
#define CCP_SHUTDOWN_AC_F 0x080000

#define CCP_SHUTDOWN_BD_L 0x000000
#define CCP_SHUTDOWN_BD_H 0x010000
#define CCP_SHUTDOWN_BD_F 0x020000

#define CCP_SHUTDOWN_RESTART 0x80000000

#define CCP_PULSE_STEERING_A 0x01000000
#define CCP_PULSE_STEERING_B 0x02000000
#define CCP_PULSE_STEERING_C 0x04000000
#define CCP_PULSE_STEERING_D 0x08000000
#define CCP_PULSE_STEERING_SYNC 0x10000000

#define SPI_2 = getenv("SFR:CCPR2L")
#define CCP_2_LOW= getenv("SFR:CCPR2L")
#define CCP_2_HIGH= getenv("SFR:CCPR2H")

////////////////////////////// SPI
// SPI Functions: SETUP_SPI, SPI_WRITE, SPI_READ, SPI_DATA_IN
// Constants used in SETUP_SPI() are:
#define SPI_MASTER 0x20
#define SPI_SLAVE 0x24
#define SPI_L_TO_H 0
#define SPI_H_TO_L 0x10
#define SPI_CLK_DIV_4 0
#define SPI_CLK_DIV_16 1
#define SPI_CLK_DIV_64 2
#define SPI_CLK_T2 3
#define SPI_SS_DISABLED 1

#define SPI_SAMPLE_AT_END 0x8000
#define SPI_XMIT_L_TO_H 0x4000

////////////////////////////// UART
// Constants used in setup_uart() are:
// FALSE - Turn UART off
// TRUE - Turn UART on
#define UART_ADDRESS 2
#define UART_DATA 4
#define UART_AUTODETECT 8
#define UART_AUTODETECT_NOWAIT 9
#define UART_WAKEUP_ON_RDA 10
#define UART_SEND_BREAK 13

////////////////////////////// COMP
// Comparator Variables: C1OUT, C2OUT
// Constants used in setup_comparator() are:
//

#define NC_NC_NC_NC 0x00
#define NC_NC 0x00

```

```

//Pick one constant for COMP1
#define CP1_A0_A3          0x00090080
#define CP1_A1_A3          0x000A0081
#define CP1_B3_A3          0x00880082
#define CP1_B1_A3          0x00280083
#define CP1_A0_VREF         0x00010084
#define CP1_A1_VREF         0x00020085
#define CP1_B3_VREF         0x00800086
#define CP1_B1_VREF         0x00200087

//Optionally OR with one or both of the following
#define CP1_OUT_ON_A4      0x00000020
#define CP1_INVERT          0x00000010
#define CP1_ABSOLUTE_VREF   0x20000000

//OR with one constant for COMP2
#define CP2_A0_A2          0x00058000
#define CP2_A1_A2          0x00068100
#define CP2_B3_A2          0x00848200
#define CP2_B1_A2          0x00248300
#define CP2_A0_VREF         0x00018400
#define CP2_A1_VREF         0x00028500
#define CP2_B3_VREF         0x00808600
#define CP2_B1_VREF         0x00208700

//Optionally OR with one or both of the following
#define CP2_OUT_ON_A5      0x00002000
#define CP2_INVERT          0x00001000
#define CP2_ABSOLUTE_VREF   0x10000000

//Optionally OR with one or both of the following
#define CP2_T1_SYNC         0x01000000
#define CP2_T1_GATE         0x02000000
#define C1OUT = 0x107.6
#define C2OUT = 0x108.6
/////////////////////////////// VREF

// Constants used in setup_vref() are:
//
#define VREF_LOW           0xa0
#define VREF_HIGH          0x80
// Or (with |) the above with a number 0-15

/////////////////////////////// INTERNAL RC

// Constants used in setup_oscillator() are:
#define OSC_31KHZ          1
#define OSC_125KHZ         0x11
#define OSC_250KHZ         0x21
#define OSC_500KHZ         0x31
#define OSC_1MHZ           0x41
#define OSC_2MHZ           0x51
#define OSC_4MHZ           0x61
#define OSC_8MHZ           0x71
#define OSC_INTRC          1
#define OSC_NORMAL          0

```

```

// Result may be (ignore all other bits)
#define          OSC_STATE_STABLE 4
#define          OSC_31KHZ_STABLE 2

/////////////////////////////// ADC
// ADC Functions: SETUP_ADC(), SETUP_ADC_PORTS() (aka SETUP_PORT_A),
//                 SET_ADC_CHANNEL(), READ_ADC()
// Constants used for SETUP_ADC() are:
#define          ADC_OFF              0      // ADC Off
#define          ADC_CLOCK_DIV_2      0x100
#define          ADC_CLOCK_DIV_8       0x40
#define          ADC_CLOCK_DIV_32      0x80
#define          ADC_CLOCK_INTERNAL   0xc0      // Internal 2-6us

// Constants used in SETUP_ADC_PORTS() are:
#define          sAN0                1      // A0
#define          sAN1                2      // A1
#define          sAN2                4      // A2
#define          sAN3                8      // A3
#define          sAN4               16      // A5
#define          sAN5               32      // E0
#define          sAN6               64      // E1
#define          sAN7              128      // E2
#define          sAN8             0x10000 // B2
#define          sAN9             0x20000 // B3
#define          sAN10            0x40000 // B1
#define          sAN11            0x80000 // B4
#define          sAN12            0x100000 // B0
#define          sAN13            0x200000 // B5
#define          NO_ANALOGS         0      // None
#define          ALL_ANALOG          0x1F00FF // A0 A1 A2 A3 A5 E0 E1 E2 B0 B1 B2 B3 B4 B5

// One of the following may be OR'ed in with the above using |
#define          VSS_VDD            0x0000 // Range 0-Vdd
#define          VSS_VREF           0x1000 // Range 0-Vref
#define          VREF_VREF           0x3000 // Range Vref-Vref
#define          VREF_VDD            0x2000 // Range Vref-Vdd

// Constants used in READ_ADC() are:
#define          ADC_START_AND_READ    7 // This is the default if nothing is specified
#define          DC_START_ONLY        1
#define          ADC_READ_ONLY        6

/////////////////////////////// INT
// Interrupt Functions: ENABLE_INTERRUPTS(), DISABLE_INTERRUPTS(),
//                      CLEAR_INTERRUPT(), INTERRUPT_ACTIVE(),
//                      EXT_INT_EDGE()
// Constants used in EXT_INT_EDGE() are:
#define          L_TO_H              0x40
#define          H_TO_L              0

```

```
// Constants used in ENABLE/DISABLE_INTERRUPTS() are:
#define GLOBAL          0x0BC0
#define INT_RTCC        0x000B20
#define INT_RB          0x01FF0B08
#define INT_EXT_L2H     0x50000B10
#define INT_EXT_H2L     0x60000B10
#define INT_EXT         0x000B10
#define INT_AD          0x008C40
#define INT_TBE         0x008C10
#define INT_RDA         0x008C20
#define INT_TIMER1      0x008C01
#define INT_TIMER2      0x008C02
#define INT_CCP1         0x008C04
#define INT_CCP2         0x008D01
#define INT_SSP          0x008C08
#define INT_BUSCOL       0x008D08
#define INT_EEPROM        0x008D10
#define INT_TIMER0      0x000B20
#define INT_OSC_FAIL     0x008D80
#define INT_COMP         0x008D20
#define INT_COMP2        0x008D40
#define INT_ULPWU        0x008D04
#define INT_RB0          0x0010B08
#define INT_RB1          0x0020B08
#define INT_RB2          0x0040B08
#define INT_RB3          0x0080B08
#define INT_RB4          0x0100B08
#define INT_RB5          0x0200B08
#define INT_RB6          0x0400B08
#define INT_RB7          0x0800B08

#list
```

IV. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 4-1: Hãy cho biết loại dữ liệu trong ngôn ngữ lập trình C cho vi điều khiển.

Câu số 4-2: Hãy cho biết các toán tử trong ngôn ngữ lập trình C.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu số 4-3: Hãy tìm hiểu các kiểu bộ nhớ trong ngôn ngữ lập trình C của vi điều ATMEGA128.

Câu số 4-4: Hãy tìm trình biên dịch Mikro-C.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 4-1: Kiểu dữ liệu “signed char” là kiểu:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 8 bit | (b) 16 bit |
| (c) 24 bit | (d) 32 bit |

Câu 4-2: Giới hạn của kiểu dữ liệu “signed char” là:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (a) Từ 0 đến 255 | (b) Từ 0 đến 65535 |
| (c) Từ -256 đến 255 | (d) Từ -128 đến 127 |

Câu 4-3: Kiểu dữ liệu “unsigned char” là kiểu:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 8 bit | (b) 16 bit |
| (c) 24 bit | (d) 32 bit |

Câu 4-4: Giới hạn của kiểu dữ liệu “unsigned char” là:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (a) Từ 0 đến 255 | (b) Từ 0 đến 65535 |
| (c) Từ -256 đến 255 | (d) Từ -128 đến 127 |

Câu 4-5: Kiểu dữ liệu “ unsigned int” là kiểu:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 8 bit | (b) 16 bit |
| (c) 24 bit | (d) 32 bit |

Câu 4-6: Giới hạn của kiểu dữ liệu “unsigned int” là:

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (a) Từ 0 đến 255 | (b) Từ 0 đến 65535 |
| (c) Từ -256 đến 255 | (d) Từ -128 đến 127 |

Câu 4-7: Toán tử nào là toán tử gán:

- | | |
|---------|---------|
| (a) “=” | (b) “%” |
| (c) “/” | (d) “&” |

Câu 4-8: Toán tử nào là chia lấy số dư:

- | | |
|---------|---------|
| (a) “=” | (b) “%” |
| (c) “/” | (d) “&” |

Câu 4-9: Toán tử nào là chia lấy kết quả nguyên:

- | | |
|---------|---------|
| (a) “=” | (b) “%” |
| (c) “/” | (d) “&” |

Câu 4-10: Toán tử nào là so sánh xem có bằng hay không:

- | | |
|----------|----------|
| (a) “=” | (b) “!=” |
| (c) “==” | (d) “<=” |

Câu 4-11: Toán tử nào là so sánh không bằng:

- | | |
|----------|----------|
| (a) “=” | (b) “!=” |
| (c) “==” | (d) “<=” |

Câu 4-12: Toán tử nào là so sánh nhỏ hơn hoặc bằng:

- | | |
|----------|----------|
| (a) “>=” | (b) “!=” |
| (c) “==” | (d) “<=” |

Câu 4-13: Toán tử nào là AND 2 điều kiện với nhau:

- | | |
|---------|----------|
| (a) “!” | (b) “&&” |
| (c) “&” | (d) “ ” |

Câu 4-14: Kiểu dữ liệu nào là 32 bit:

- | | |
|------------------|-------------------|
| (a) int | (b) unsigned long |
| (c) unsigned int | (d) signed int |

Câu 4-15: Toán tử nào là OR 2 điều kiện với nhau:

- | | |
|---------|----------|
| (a) “!” | (b) “&&” |
| (c) “&” | (d) “ ” |

Câu 4-16: Toán tử nào là phủ định dữ liệu:

- | | |
|---------|---------|
| (a) “!” | (b) “~” |
| (c) “&” | (d) “ ” |

Câu 4-17: Toán tử nào là phủ định điều kiện:

- (a) “!”
(c) “&”

- (b) “&&”
(d) “||”

Câu 4-18: Toán tử nào là AND 2 dữ liệu:

- (a) “>>”
(c) “&”

- (b) “~”
(d) “|”

Câu 4-19: Toán tử nào là dịch trái dữ liệu:

- (a) “<<”
(c) “&”

- (b) “~”
(d) “>>”

Câu 4-20: Toán tử lấy kích thước theo byte:

- (a) “size”
(c) “sizeof”

- (b) “sizeof”
(d) “sizeon”

Câu 4-21: Vòng lặp while(*điều_kiện*) sẽ làm khi điều kiện:

- (a) Lớn hơn 1
(c) Sai

- (b) Nhỏ hơn 1
(d) Đúng

Câu 4-22: Vòng lặp for(*i=1;i<10;i++*) sẽ thực hiện các lệnh trong vòng lặp:

- (a) 10 lần
(c) 9 lần

- (b) 100 lần
(d) 99 lần

Câu 4-23: Chỉ dẫn “#define” có chức năng:

- (a) Chèn 1 đoạn lệnh từ 1 file khác vào
(c) Định nghĩa 1 đoạn chuỗi

- (b) Khai báo thư viện của vi điều khiển
(d) Khai báo thư viện của C

Câu 4-24: Chỉ dẫn “#include” có chức năng:

- (a) Chèn 1 đoạn lệnh từ 1 file khác vào
(c) Khai báo thư viện

- (b) Khai báo thư viện của vi điều khiển
(d) Tất cả đều đúng

4. BÀI TẬP

VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: GIAO TIẾP LED, LCD, PHÍM ĐƠN, MÀ TRẬN PHÍM

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ CHỨC NĂNG CÁC PORT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN
- ❑ CÁC PORT CỦA PIC 16F887
 - PORTA VÀ THANH GHI TRISA
 - PORTB VÀ THANH GHI TRISB
 - PORTC VÀ THANH GHI TRISC
 - PORTD VÀ THANH GHI TRISD
 - PORTE VÀ THANH GHI TRISE
- ❑ LỆNH TRUY XUẤT PORT DÙNG NGÔN NGỮ CCS-C
 - LỆNH SET_TRIS_X()
 - LỆNH OUTPUT_X()
 - LỆNH OUTPUT_HIGH(PIN)
 - LỆNH OUTPUT_LOW(PIN)
 - LỆNH OUTPUT_TOGGLE(PIN)
 - LỆNH OUTPUT_BIT(PIN, VALUE)
 - LỆNH VALUE=GET_TRIS_X()
 - LỆNH VALUE=INPUT(PIN)
 - LỆNH VALUE=INPUT_STATE(PIN)
 - LỆNH VALUE=INPUT_X()
 - LỆNH OUTPUT_DRIVE(PIN)
 - LỆNH OUTPUT_FLOAT(PIN)
 - LỆNH PORT_B_PULLUP()
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED ĐƠN
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN TRỰC TIẾP
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN QUÉT
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG GIAO TIẾP VỚI NÚT NHẤN, BÀN PHÍM
 - HỆ THỐNG ÍT PHÍM
 - HỆ THỐNG NHIỀU PHÍM
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LCD
 - GIỚI THIỆU LCD
 - SƠ ĐỒ CHÂN LCD
 - SƠ ĐỒ MẠCH GIAO TIẾP VI ĐIỀU KHIỂN VỚI LCD
 - CÁC LỆNH ĐIỀU KHIỂN LCD
 - ĐỊA CHỈ CỦA TỪNG KÝ TỰ TRÊN LCD
 - CÁC CHƯƠNG TRÌNH HIỂN THỊ TRÊN LCD
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

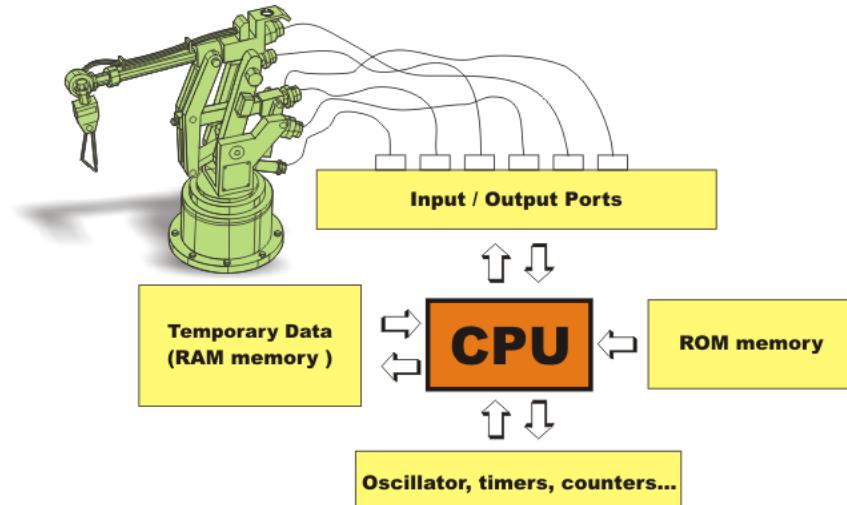
I. GIỚI THIỆU

Ở chương này khảo sát các port xuất nhập của các vi điều khiển, các lệnh để định cấu hình cho port và các lệnh xuất nhập dữ liệu cho port.

Sau khi kết thúc chương này thì người đọc có thể sử dụng được các port để điều khiển các đối tượng như led đơn, led 7 đoạn, LCD, nhận tín hiệu điều khiển từ nút nhấn, bàn phím ma trận, các cảm biến.

II. CHỨC NĂNG CÁC PORT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN

Vi điều khiển có các port để xuất nhập dữ liệu giao tiếp với các đối tượng điều khiển. Tín hiệu điều khiển từ CPU gửi ra port để điều khiển, đồng thời có các port nhận dữ liệu về để xử lý. Trong một hệ thống luôn có các tín hiệu vào ra ví như hệ thống điều khiển robo như hình sau:

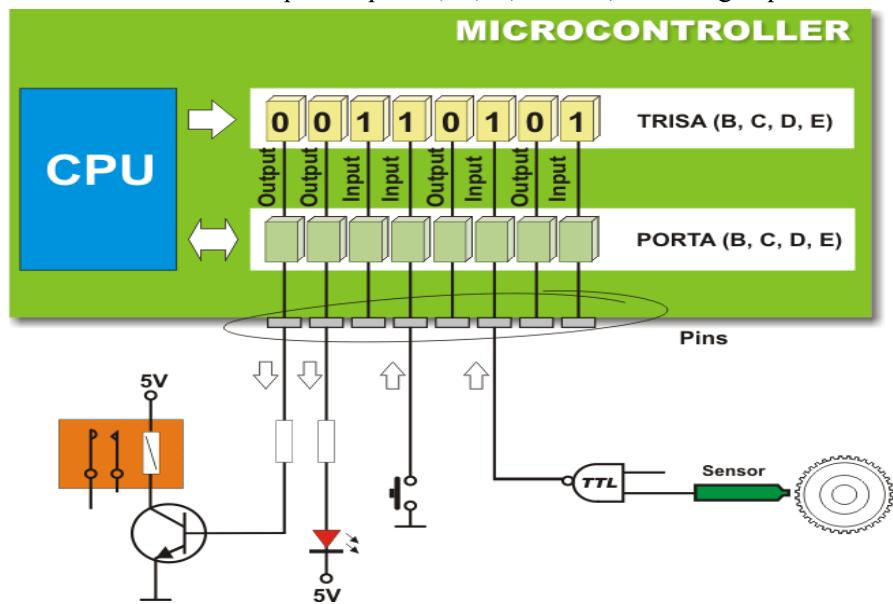


Hình 5-1: Sơ đồ kết nối port với đối tượng điều khiển.

Các port chỉ tạo ra các mức logic tương thích với chuẩn TTL, nếu điều khiển các đối tượng công suất lớn thì phải thêm mạch giao tiếp.

III. CÁC PORT CỦA PIC 16F887

Vi điều khiển PIC 16F887 có 5 port là port A, B, C, D và E, khả năng cấp và nhận dòng là 25mA.



Hình 5-2: Sơ đồ kết nối port: xuất nhập tín hiệu điều khiển.

Mỗi port của vi điều khiển PIC gồm có thanh ghi port và thanh ghi định hướng cho port.

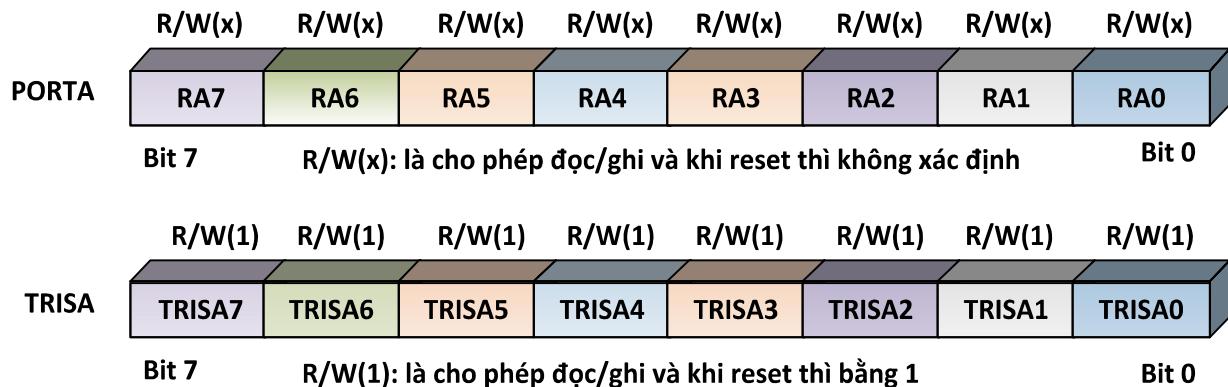
Hình 5-2 trình bày PORTA và thanh ghi định hướng TRISA. Bit của thanh ghi định hướng TRIS bằng 0 thì port có chức năng xuất dữ liệu, nếu bằng 1 thì có chức năng nhập dữ liệu.

Chú ý: '0' tương ứng với 'OUT', '1' tương ứng với 'IN'.

Phản tiếp sẽ khảo sát chi tiết từng port.

1. PORTA VÀ THANH GHI TRISA

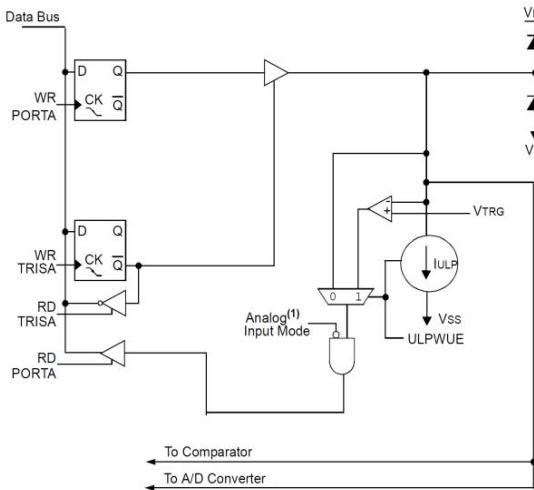
PortA là port hai chiều 8 bit, thanh ghi định hướng là TRISA có chức năng định cấu hình vào ra cho các bit xuất nhập của portA, bit định hướng bằng 0 thì port tương ứng xuất, bit bằng 1 thì bit tương ứng là nhập, portA và thanh ghi định hướng TRISA như hình 5-3:



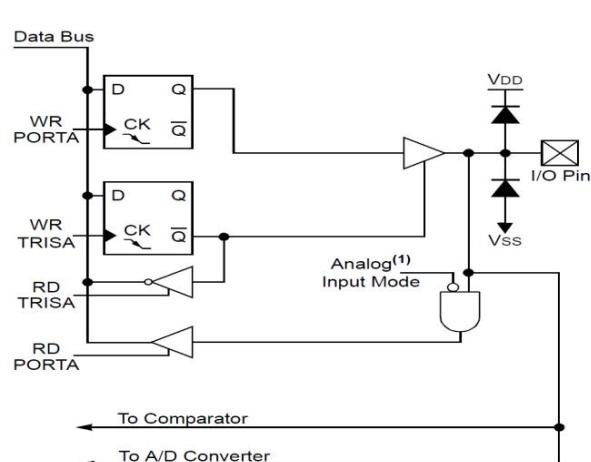
Hình 5-3: PortA và thanh ghi định hướng port A.

Khảo sát cấu hình mạch cho từng tín hiệu.

| Chân RA0/AN0/ULPWU/C12IN0-: | Chân RA1/AN1/C12IN1-: |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-4:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 0 của khôi ADC. • Là ngõ vào âm thứ 0 của bộ so sánh C1, C2 • Là ngõ vào tương tự để đánh thức CPU khỏi chế độ ngủ | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-5:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 1 của khôi ADC. • Là ngõ vào âm thứ 1 của bộ so sánh C1, C2 |



Hình 5-4: Cấu hình chân RA0.



Hình 5-5: Cấu hình chân RAI.

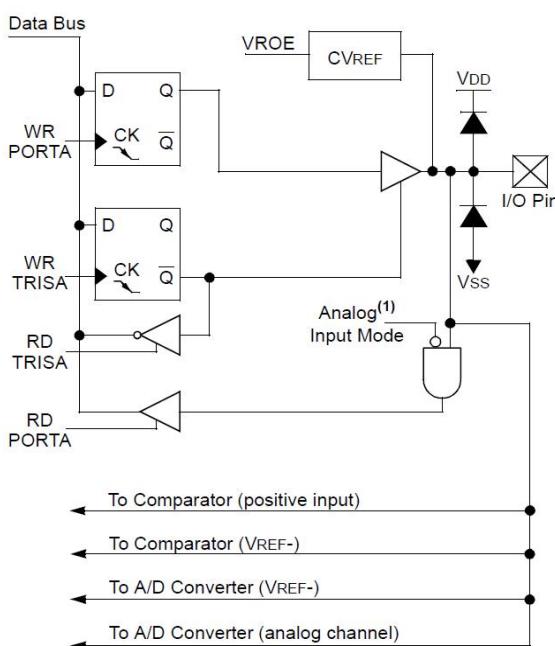
| Chân RA2/AN2/V_{REF}-/CVREF/C2IN+: | Chân RA3/AN3/V_{REF}+/ C1IN+ |
|---|---|
| Có sơ đồ mạch như hình 5-6: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các | Có sơ đồ mạch như hình 5-7: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các |

chức năng sau:

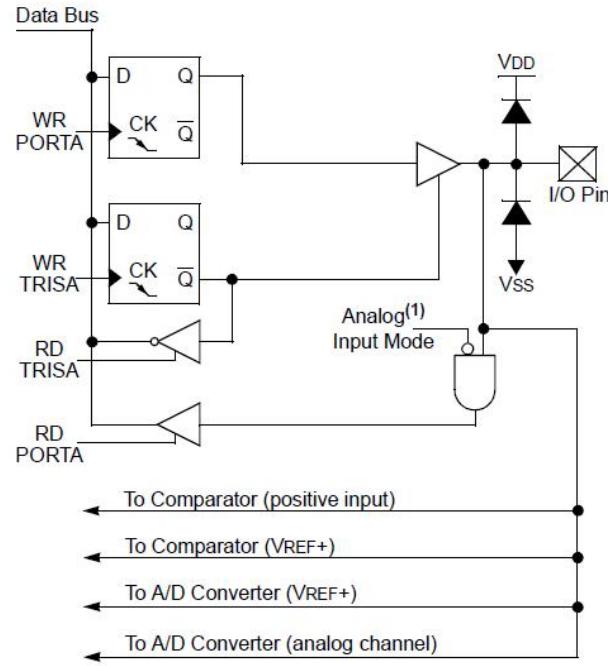
- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là ngõ vào kênh thứ 2 của khối ADC.
- Là ngõ vào điện áp tham chiếu âm cho ADC
- Là ngõ vào điện áp tham chiếu bộ so sánh.
- Là ngõ vào dương của bộ so sánh C2

chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là ngõ vào kênh thứ 3 của khối ADC.
- Là ngõ vào điện áp tham chiếu dương cho ADC
- Là ngõ vào dương của bộ so sánh C1



Hình 5-6: Cấu hình chân RA2.



Hình 5-7: Cấu hình chân RA3.

Chân RA4/T0CLI/C1OUT:

Có sơ đồ mạch như hình 5-8:
Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các
chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là ngõ vào nhận xung ngoại của timer T0.
- Là ngõ ra của bộ so sánh C1.

Chân RA5/AN4/SS / C2OUT:

Có sơ đồ mạch như hình 5-9:
Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các
chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là ngõ vào kênh thứ 4 của khối ADC.
- Là ngõ vào chọn tơ của truyền dữ liệu SPI.
- Là ngõ ra của bộ so sánh C2.

Chân RA6/OSC2/CLKOUT:

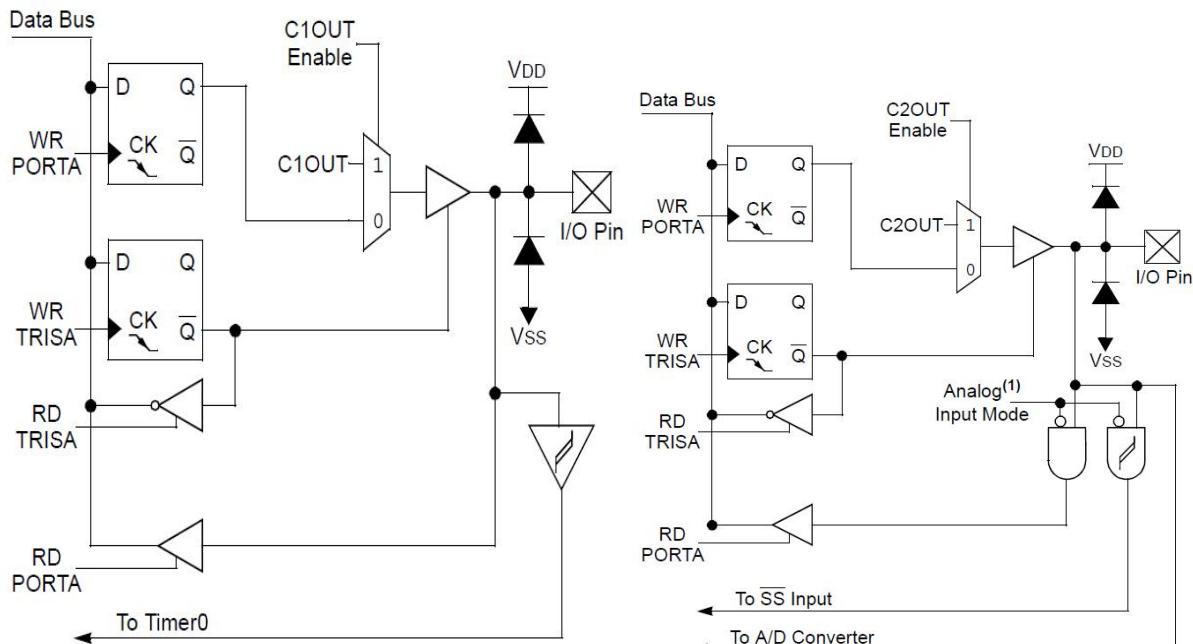
Có sơ đồ mạch như hình 5-10:
Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các
chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là nối với dao động thạch anh.
- Là ngõ ra cấp xung clock.

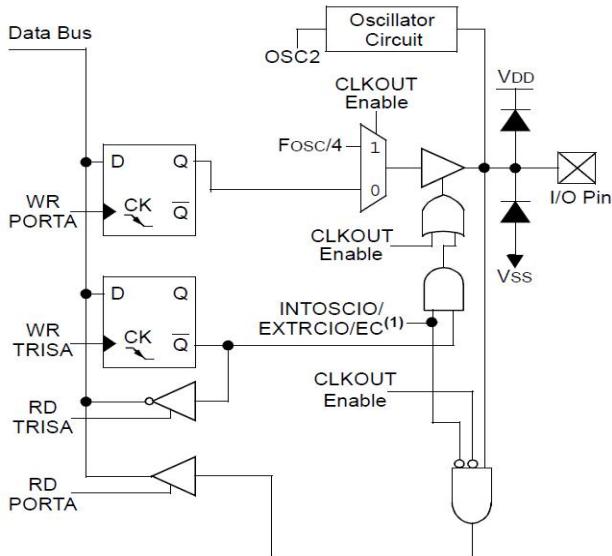
Chân RA7/OSCI/CLKIN:

Có sơ đồ mạch như hình 5-11:
Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các
chức năng sau:

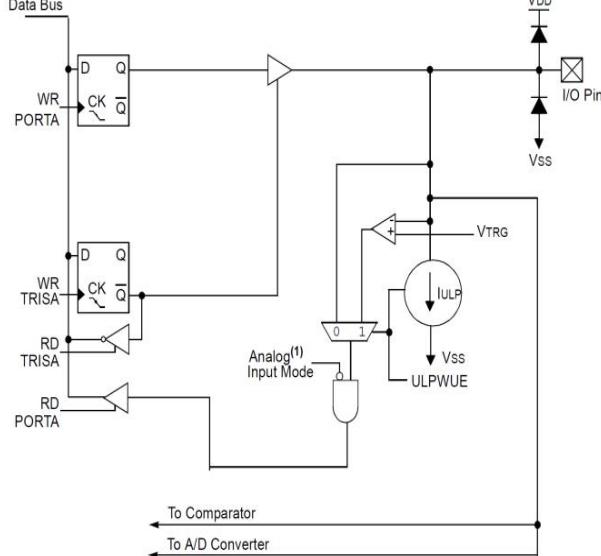
- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
- Là nối với dao động thạch anh.
- Là ngõ vào nhận xung clock.



Hình 5-8: Cấu hình chân RA4.



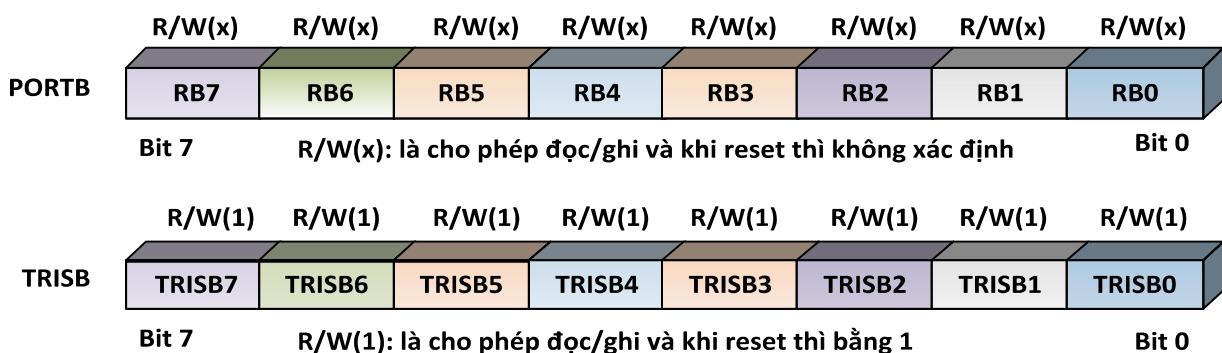
Hình 5-10: Cấu hình chân RA6.



Hình 5-11: Cấu hình chân RA7.

2. PORTB VÀ THANH GHI TRISB:

PortB là port hai chiều 8 bit, thanh ghi định hướng là TRISB có chức năng định cấu hình vào ra cho các bit xuất nhập của portB, bit định hướng bằng 0 thì port tương ứng xuất, bit bằng 1 thì bit tương ứng là nhập, portB và thanh ghi định hướng TRISB như hình 5-12:



Hình 5-12: PortB và thanh ghi định hướng port B.

Các chức năng tích hợp của portB

PortB có thêm chức năng báo ngắt khi portB có sự thay đổi tín hiệu và có điện trở kéo lên có thể lập trình.

Chức năng tương tự: PortB có đa hợp với các ngõ vào tương tự của khối ADC và tùy chọn tín hiệu số hay tương tự phụ thuộc vào thanh ghi ANSELH, nếu cho các bit trong thanh ghi ANSELH bằng 1 thì khi đó các bit đa hợp các kênh tương tự sẽ đóng vai trò là ngõ vào tương tự.

Thanh ghi ANSELH (analog select high register) có cấu trúc như hình 5-13. Các bit AN<13:8> trong thanh ghi ANSELH nếu bằng 1 thì chọn định cấu hình tương tự, bằng 0 thì định cấu hình số I/O.

| U(0) | U(0) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) |
|-------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| - | - | ANS13 | ANS12 | ANS11 | ANS10 | ANS9 | ANS8 |
| Bit 7 | | | | | | | Bit 0 |

Hình 5-13: Thanh ghi ANSELH định cấu hình số tương tự cho portB.

Chức năng điện trở kéo lên: mỗi bit của PortB đều có 1 điện trở kéo lên, 8 bit trong thanh ghi WPUB sẽ cho phép /cấm điện trở kéo lên. Khi port đóng vai trò là ngõ ra thì mạch tự động tắt chế độ điện trở kéo lên. Sau khi reset thi cấm điện trở kéo lên do xóa bit RBPU trong thanh ghi OPTION.

Thanh ghi WPUB (Weak Pull Up-Port B register) có cấu trúc như hình 5-14. Các bit WPUB<7:0> trong thanh ghi WPUB nếu bằng 1 thì cho phép điện trở kéo lên, bằng 0 thì không cho phép kéo lên.

| R/W(1) |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| WPUB7 | WPUB6 | WPUB5 | WPUB4 | WPUB3 | WPUB2 | WPUB1 | WPUB0 |
| Bit 7 | | | | Bit 0 | | | |

Hình 5-14: Thanh ghi WPUB thiết lập cho phép/cấm điện trở treo.

Chức năng ngắt khi có thay đổi: tất cả các bit của PortB đều có thể định cấu hình là ngõ vào ngắt khi có thay đổi trạng thái logic. 8 bit trong thanh ghi IOCB sẽ cho phép hay cấm chức năng này.

Nguyên lý thực hiện chức năng này như sau: giá trị hiện tại của portB được so sánh với giá trị trước đó đã chốt ở lần đọc sau cùng của portB để xác định bit nào đã thay đổi và báo ngắt nếu có sự thay đổi.

Ngắt này có thể đánh thức CPU khỏi chế độ ngủ. Người lập trình phải xóa ngắt này bằng cách thực hiện 2 yêu cầu sau:

- Đọc giá trị của portB thì điều kiện tương thích không còn xảy ra.
 - Xóa cờ báo ngắt RBIF. Do giá trị chốt trước đó không bị ảnh hưởng bởi reset CPU nên sau khi reset thì cờ báo ngắt RBIF tiếp tục bằng 1 nếu vẫn còn sự kiện tương thích nếu không đọc portB.

Thanh ghi IOCB (Interrupt On-Change Port B register) có cấu trúc như hình 5-15. Các bit IOCB<7:0> trong thanh ghi IOCB nếu bằng 1 thì cho phép ngắt, bằng 0 thì cấm.

Hình 5-15: Thanh ghi IOCB cho phép/cấm ngắt portB thay đổi.

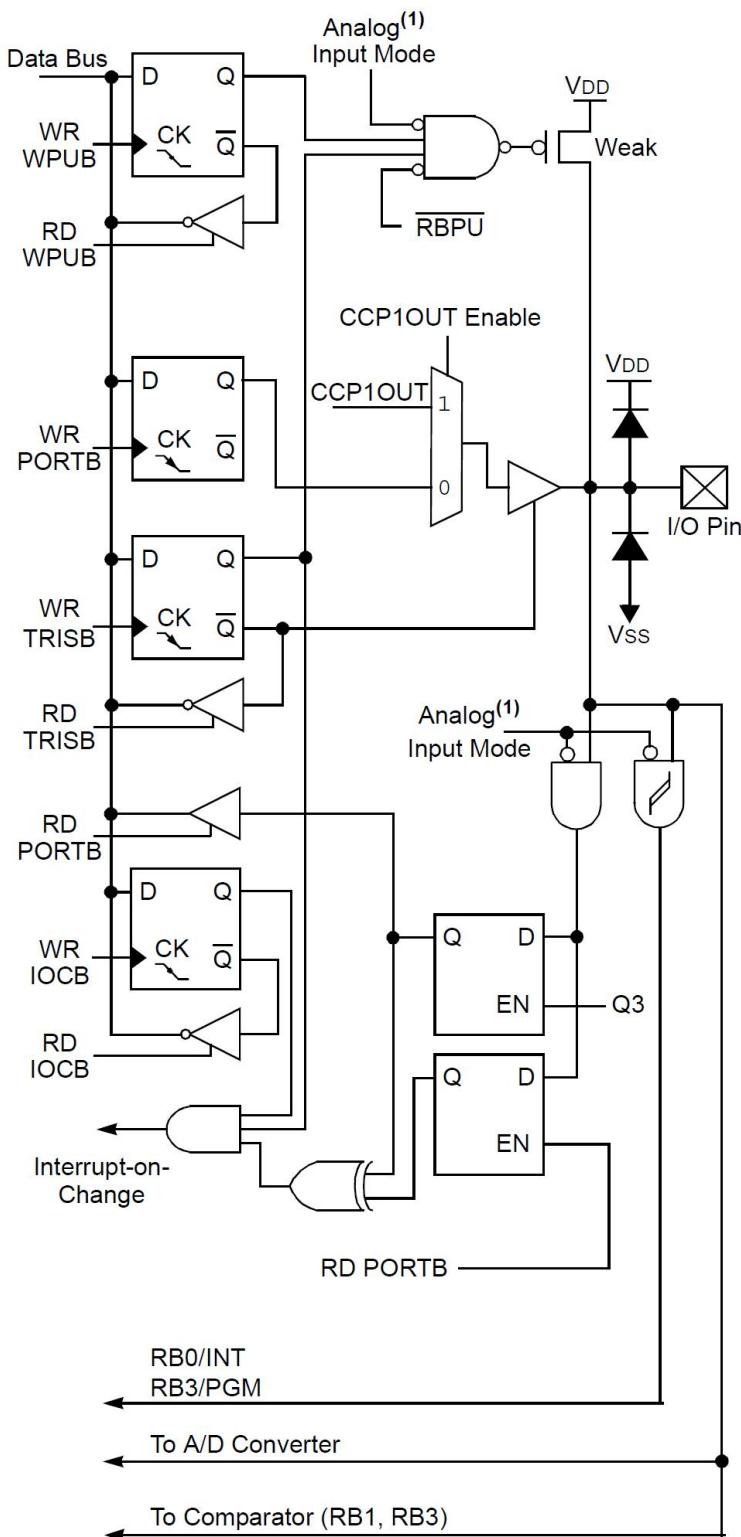
Khảo sát cấu hình mạch cho từng tín hiệu.

| Chân RB0/AN12/INT: | Chân RB1/AN10/PIC/C12IN3-: |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-16:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 12 của khói ADC. • Là ngõ vào ngắt ngoài INT tác động bằng cạnh. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-16:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 10 của khói ADC. • Là ngõ ra PWM (chỉ có ở PIC16F882/883/886). • Là ngõ vào âm thứ 3 của bộ so sánh C1, C2. |

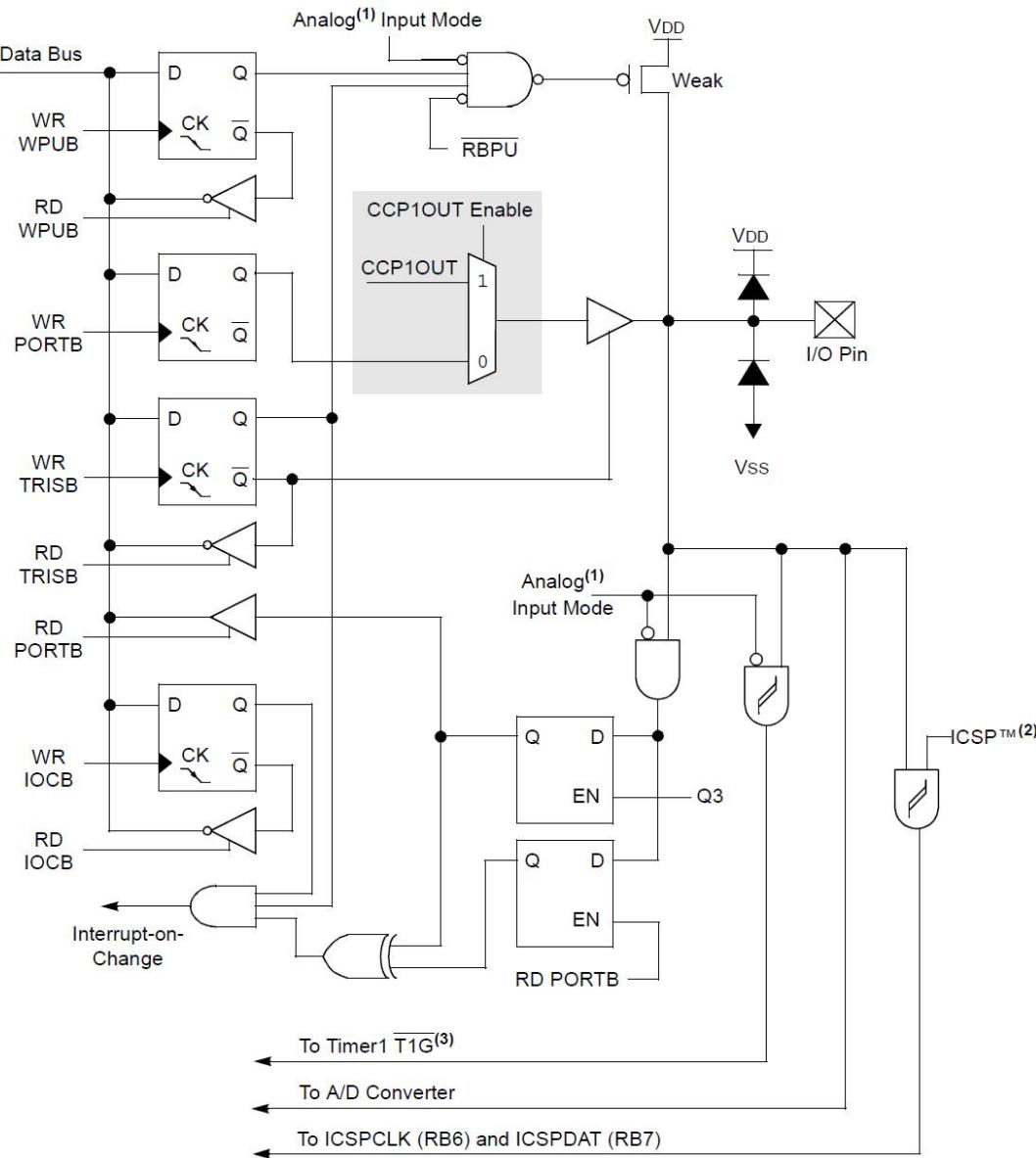
| Chân RB2/AN8/P1B: | Chân RB3/AN9/PGM/C12IN2-: |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-16:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 10 của khói ADC. • Là ngõ ra PWM (chỉ có ở PIC16F882/883/886). | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-16:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 9 của khói ADC. • Là ngõ vào cho phép lập trình nối tiếp điện áp thấp. • Là ngõ vào âm thứ 2 của bộ so sánh C1, C2. |

| Chân RB4/AN11/P1D: | Chân RB5/AN13/T1G: |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-17:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 11 của khói ADC. • Là ngõ ra PWM (chỉ có ở PIC16F882/883/886). | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-17:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh thứ 13 của khói ADC. • Là ngõ vào cổng của Timer1. |

| Chân RB6/ICSPCLK: | Chân RB7/ ICSPDAT: |
|--|--|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-17:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào nhận xung clock lập trình nối tiếp cho bộ nhớ chương trình. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-17:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ dữ liệu lập trình nối tiếp cho bộ nhớ chương trình. |

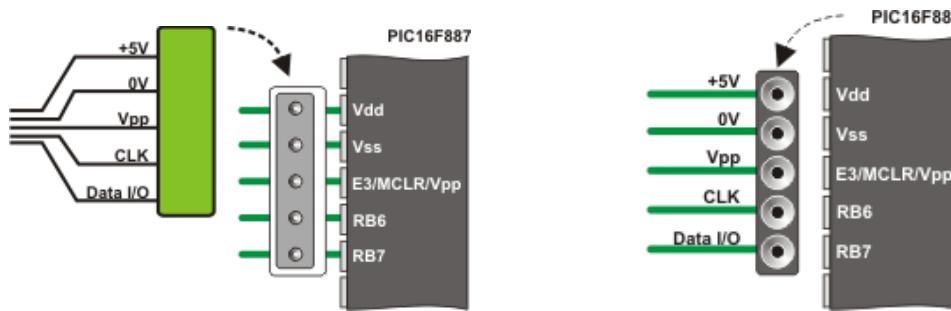


Hình 5-16: Cấu hình chân RB<3:0>.



Hình 5-17: Cấu hình chân RB<7:4>.

Ba chân RB3/PGM, RB6/ **ICSPCLK** và RB7/ **ICSPDA** được đa hợp với mạch điện gỡ rói bên trong và mạnh lập trình để nạp chương trình vào bộ nhớ nội. Sơ đồ kết nối mạch nạp và mạch gỡ rói:



Hình 5-18: Các chân PortB giao tiếp với mạch nạp, gỡ rói.

3. PORTC VÀ THANH GHI TRISC:

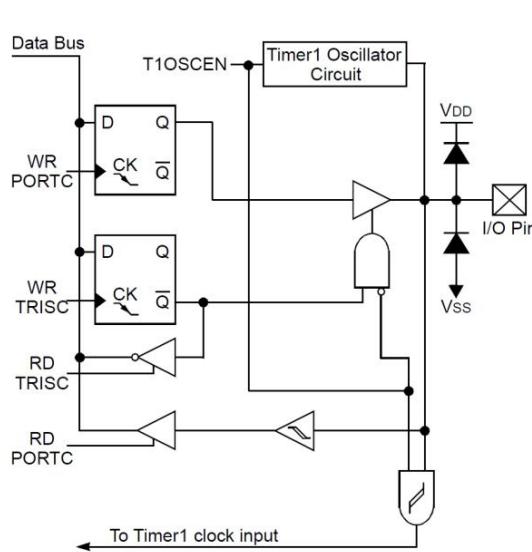
PortC là port hai chiều 8 bit, thanh ghi định hướng là TRISC có chức năng định cấu hình vào ra cho các bit xuất nhập của portC, bit định hướng bằng 0 thì port tương ứng xuất, bit bằng 1 thì bit tương ứng là nhập, portC và thanh ghi định hướng TRISC như hình 5-19:

| | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) |
|-------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PORTE | RC7 | RC6 | RC5 | RC4 | RC3 | RC2 | RC1 | RC0 |
| TRISC | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) |
| Bit 7 | R/W(x): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì không xác định | | | | | | Bit 0 | |
| Bit 7 | R/W(1): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì bằng 1 | | | | | | Bit 0 | |

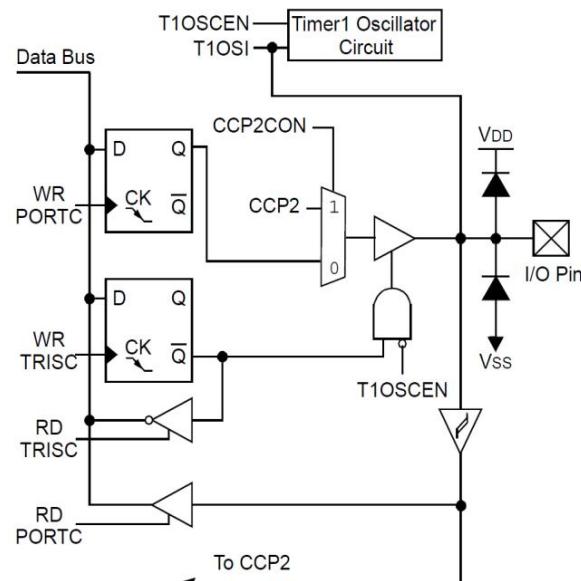
Hình 5-19: Port C và thanh ghi TRISC.

Khảo sát cấu hình mạch cho từng tín hiệu.

| Chân RC0/TIOSO/T1CKI: | Chân RC1/T1OSI/CCP2: |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-20:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ ra của bộ dao động Timer1. Là ngõ vào nhận xung ngoại của Timer1. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-21:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ vào của bộ dao động Timer1. Là ngõ vào của Capture và ngõ ra của Compare/PWM của bộ so sánh C2. |

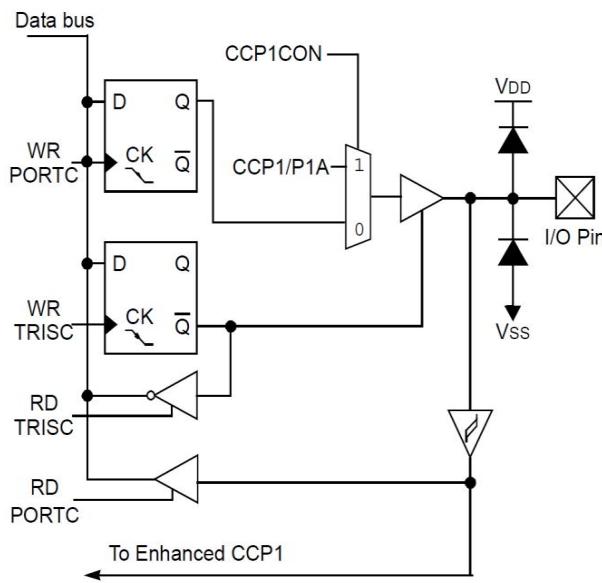


Hình 5-20: Cấu hình chân RC0.

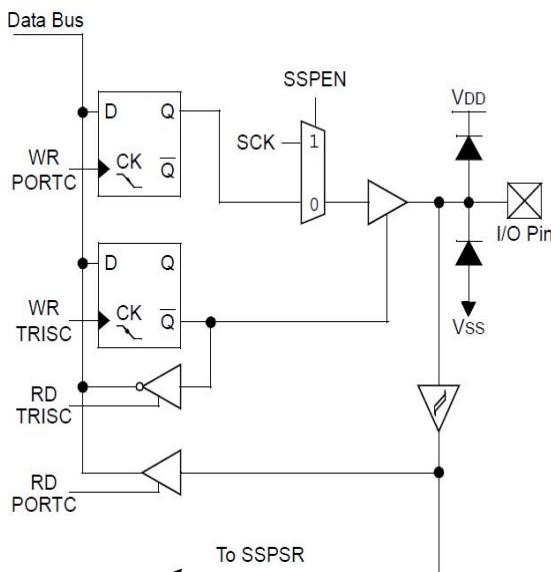


Hình 5-21: Cấu hình chân RC1.

| Chân RC2/PIA/CCP1: | Chân RC3/SCK/SCL: |
|---|--|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-22:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ ra của PWM. Là ngõ vào của Capture và ngõ ra của Compare của bộ so sánh C1. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-23:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ cấp xung cho truyền dữ liệu SPI. Là ngõ cấp xung cho truyền dữ liệu I2C. |

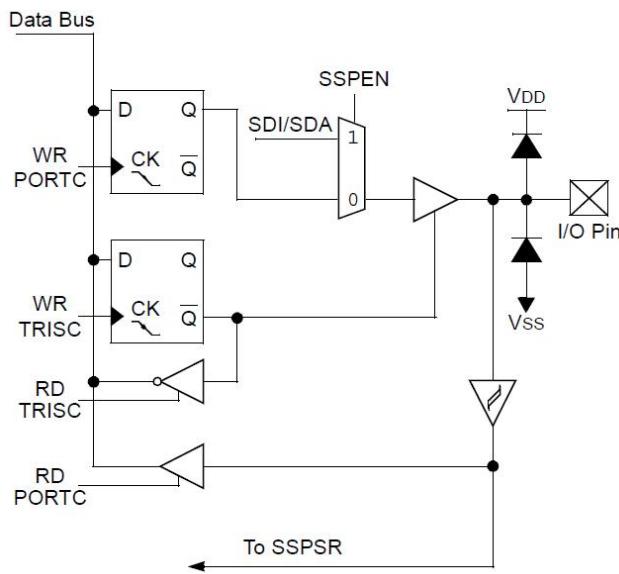


Hình 5-22: Cấu hình chân RC2.

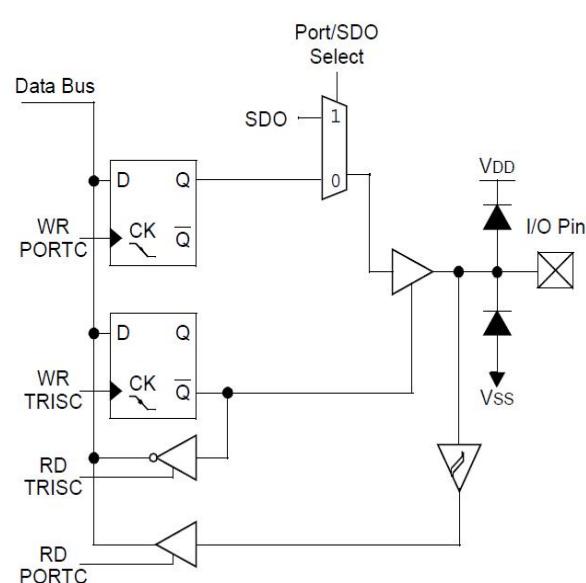


Hình 5-23: Cấu hình chân RC3.

| Chân RC4/SDI/SDA: | Chân RC5/SDO: |
|---|--|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-24: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ vào dữ liệu cho truyền dữ liệu SPI. Là ngõ dữ liệu cho truyền dữ liệu I2C. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-25: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ ra dữ liệu cho truyền dữ liệu SPI. |



Hình 5-24: Cấu hình chân RC4.

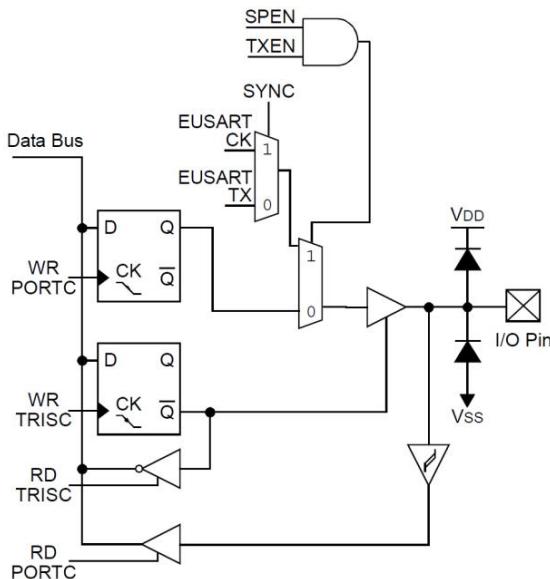


Hình 5-25: Cấu hình chân RC5.

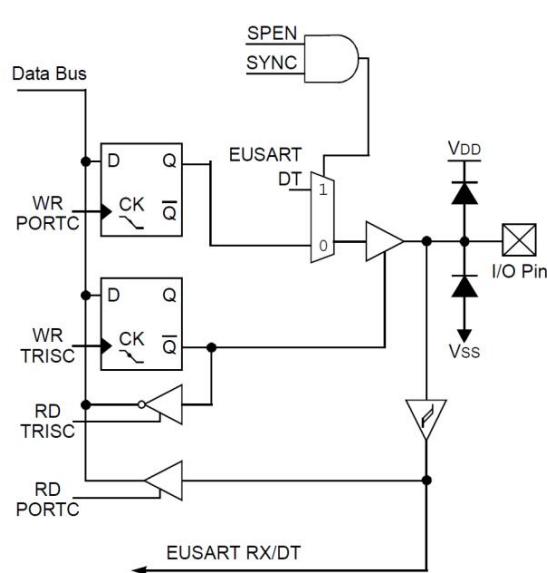
| Chân RC6/TX/CK: | Chân RC7/RX/DT: |
|---|--|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-26: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ ra phát dữ liệu cho truyền dữ liệu nối tiếp bất động bộ. Là ngõ vào ra cho truyền dữ liệu nối tiếp | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-27: Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ vào nhận dữ liệu cho truyền dữ liệu nối tiếp bất động bộ. Là ngõ ra cấp xung clock cho truyền dữ liệu |

đồng bộ.

nối tiếp đồng bộ.



Hình 5-26: Cấu hình chân RC6.



Hình 5-27: Cấu hình chân RC7.

4. PORTD VÀ THANH GHI TRISD:

PortD là port hai chiều 8 bit, thanh ghi định hướng là TRISD có chức năng định cấu hình vào ra cho các bit xuất nhập của portD, bit định hướng bằng 0 thì port tương ứng xuất, bit bằng 1 thì bit tương ứng là nhập, portD và thanh ghi định hướng TRISD như hình 5-28:

| | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) |
|-------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PORTD | RD7 | RD6 | RD5 | RD4 | RD3 | RD2 | RD1 | RD0 |
| Bit 7 | R/W(x): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì không xác định | | | | | | Bit 0 | |
| | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) |
| TRISD | TRISD7 | TRISD6 | TRISD5 | TRISD4 | TRISD3 | TRISD2 | TRISD1 | TRISD0 |
| Bit 7 | R/W(1): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì bằng 1 | | | | | | Bit 0 | |

Hình 5-28: Port D và thanh ghi TRISD.

Khảo sát cấu hình mạch cho từng tín hiệu.

Chân RD<4 :0>:

Sơ đồ mạch điện của các chân từ RC0 như hình 5-29: chỉ có chức năng là xuất nhập số.

Chân RD5/P1B:

Sơ đồ mạch điện của các chân từ RD5 như hình 5-30:

Chân này được cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
 - Là ngõ ra của PWM.

Chân RD6/P1C:

Sơ đồ mạch điện của các chân từ RD6 như hình 5-30:

Chân này được cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.

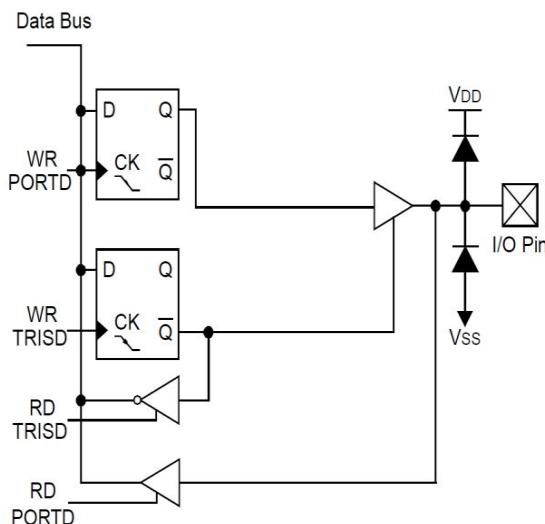
- Là ngõ ra của PWM (chỉ có ở PIC16F884/887).

Chân RD7/P1D:

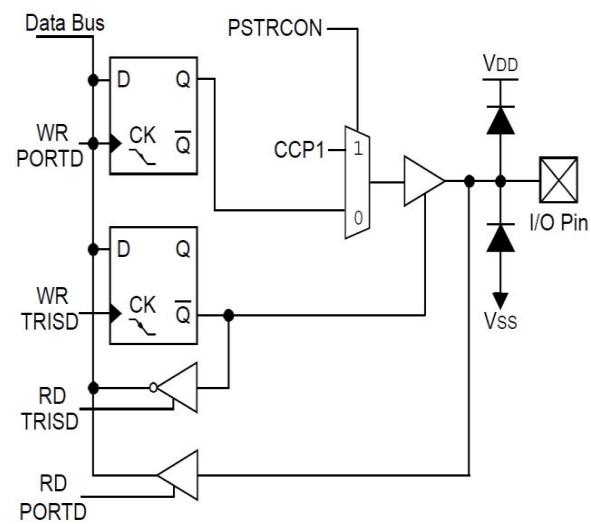
Sơ đồ mạch điện của các chân từ RD7 như hình 5-30:

Chân này được cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:

- Là tín hiệu xuất nhập số I/O.
 - Là ngõ ra của PWM (chỉ có ở PIC16F884/887).



Hình 5-29: Cấu hình chân $RD<4:0>$.



Hình 5-30: Cấu hình chân $RD<7:5>$.

5. PORTE VÀ THANH GHI TRISE:

PortE là port hai chiều 4 bit, thanh ghi định hướng là TRISE có chức năng định cấu hình vào ra cho các bit xuất nhập của portE, bit định hướng bằng 0 thì port tương ứng xuất, bit bằng 1 thì bit tương ứng là nhập, portE và thanh ghi định hướng TRISE như hình 5-31:

| PORTE | U(0) | U(0) | U(0) | U(0) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) | R/W(x) |
|-------|---|------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| | - | - | - | - | RE3 | RE2 | RE1 | RE0 |
| Bit 7 | R/W(x); là cho phép đọc/ghi và khi reset thì không xác định | | | | | | | Bit 0 |

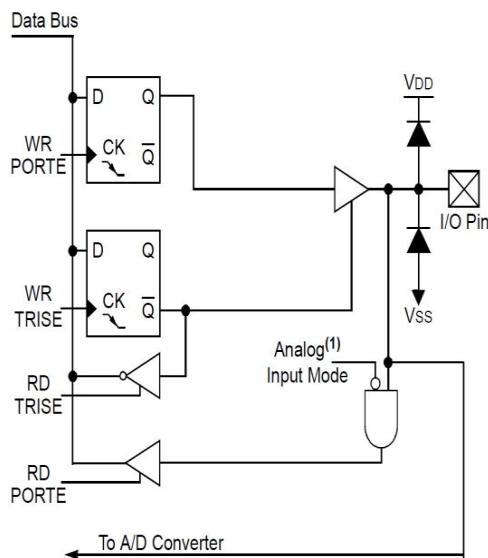
| | U(0) | U(0) | U(0) | U(0) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) | R/W(1) |
|-------|--|------|------|------|--------|--------|--------|--------|
| TRISE | - | - | - | - | TRISE3 | TRISE2 | TRISE1 | TRISE0 |
| Bit 7 | R/W(1) là chế độ đọc/ghi và khi reset thì bằng 1 | | | | | | Bit 0 | |

Hình 5-31: Port E và thanh ghi TRISE

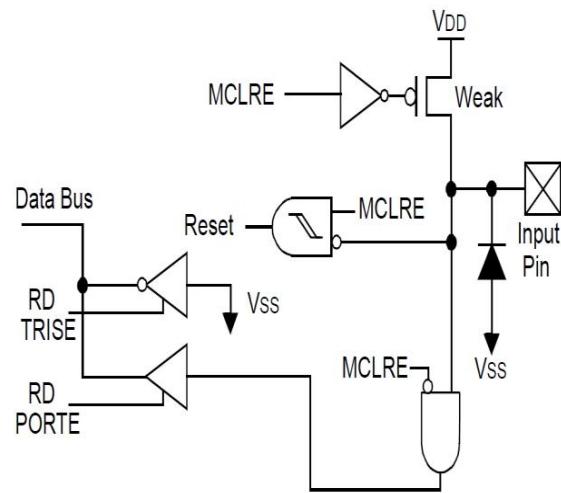
Khảo sát cấu hình mạch cho từng tín hiệu

| Khảo sát của minh họa cho từng tín hiệu. | |
|---|---|
| Chân RE0/AN5: | Chân RE1/AN6: |
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-32:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh tương tự thứ 5 của ADC. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-32:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Là tín hiệu xuất nhập số I/O. • Là ngõ vào kênh tương tự thứ 6 của ADC. |

| Chân RE2/AN7: | Chân RE3/MCLR/V _{PP} : |
|---|---|
| <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-32:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O. Là ngõ vào kênh tương tự thứ 7 của ADC. | <p>Có sơ đồ mạch như hình 5-33:</p> <p>Có thể định cấu hình thực hiện 1 trong các chức năng sau:</p> <ul style="list-style-type: none"> Là tín hiệu xuất nhập số I/O tùy thuộc vào bit chọn reset trong thanh ghi định cấu hình. Là ngõ vào reset CPU. Là ngõ nhận điện áp lập trình V_{PP}. |



Hình 5-32: Cấu hình chân RE<2:0>.



Hình 5-33: Cấu hình chân RE<3>.

IV. LỆNH TRUY XUẤT PORT DÙNG NGÔN NGỮ CCS-C

Các lệnh của ngôn ngữ lập trình C liên quan đến các port bao gồm:

- Lệnh **OUTPUT_FLOAT(pin)**: có chức năng thả nổi chân của port.
- Lệnh **OUTPUT_LOW(pin)**: có chức năng cho 1 chân của port xuống mức 0.
- Lệnh **OUTPUT_HIGH(pin)**: có chức năng cho 1 chân của port lên mức 1.
- Lệnh **OUTPUT_TOGGLE(pin)**: có chức năng đảo trạng thái 1 chân của port.
- Lệnh **OUTPUT_BIT(pin,value)**: có chức năng xuất giá trị value ra 1 chân của port.
- Lệnh **OUTPUT_X(value)**: có chức năng xuất dữ liệu 8 bit ra portX.
- Lệnh **SET_TRIS_X(value)**: có chức năng định cấu hình cho portX.
- Lệnh **GET_TRIS_X()**: có chức năng đọc giá trị đã định cấu hình cho port gán cho biến.
- Lệnh **INPUT_X()**: có chức năng đọc giá trị của port gán cho biến.
- Lệnh **INPUT(pin)**: có chức năng đọc giá trị 1 chân của port gán cho biến.
- Lệnh **PORT_A_PULLUPS(value)**: có chức năng treo điện trở của portA.
- Lệnh **PORT_B_PULLUPS(value)**: có chức năng treo điện trở của portB.
- Lệnh **INPUT_STATE(pin)**: có chức năng đọc trạng thái 1 chân của port.
- Lệnh **OUTPUT_DRIVE(pin)**: có chức năng định cấu hình cho 1 chân của port.

1. LỆNH SET_TRIS_X()

Cú pháp: `set_tris_x(value);` x là port A, B, C, D, E

Thông số: value là 1 số nguyên 8 bit tương ứng với các bit của port I/O.

Chức năng: định hướng cho các port I/O (TRI-State) là vào hay ra. Mỗi bit tương ứng 1 chân. Mức 1 thì chân tương ứng là ngõ vào, mức 0 là ngõ ra.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

Ví dụ 5-1: `SET_TRIS_B (0x0F);` // 0F=00001111: B7- B4 là ngõ ra, B3-B0 là ngõ vào.

2. LỆNH OUTPUT_X(VALUE)

- Cú pháp: `output_x(value)`
 Thông số: `value` là hằng số 8 bit kiểu int
 Chức năng: Xuất dữ liệu 1 byte ra portx.
 Có hiệu lực: Lệnh này áp dụng cho tất cả các port.
Ví dụ 5-2: `OUTPUT_B(0xF0);` xuất dữ liệu F0 ra portB

3. LỆNH OUTPUT_HIGH(PIN)

- Cú pháp: `output_high(pin);` tương đương lệnh `BSF PORTX,B`
 Thông số: `pin` là chân xuất dữ liệu - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác.
 Chức năng: làm 1 chân của port lên mức cao.
 Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.
Ví dụ 5-3: `OUTPUT_HIGH(PIN_A0); // làm cho chân RA0 của port A lên 1`

4. LỆNH OUTPUT_LOW(PIN)

- Cú pháp: `output_low(pin);` tương đương lệnh `BCF PORTX,B`
 Thông số: `pin` là chân xuất dữ liệu - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác.
 Chức năng: làm 1 chân của port xuống mức thấp.
 Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.
Ví dụ 5-4: `output_low(pin_a0); // làm cho chân RA0 của PortA xuống mức 0`

5. LỆNH OUTPUT_TOGGLE(PIN)

- Cú pháp: `output_toggle(pin);`
 Thông số: `pin` là chân xuất dữ liệu - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác.
 Chức năng: làm đảo trạng thái 1 chân của port.
 Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.
Ví dụ 5-5: `OUTPUT_TOGGLE(PIN_B0); // đảo trạng thái chân RB0 của port B`

6. LỆNH OUTPUT_BIT(PIN,VALUE)

- Cú pháp: `output_bit(pin,value);`
 Thông số: `pin` là chân xuất dữ liệu - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác.
 Chức năng: xuất dữ liệu 0 hoặc 1 ra 1 chân của port.
 Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.
Ví dụ 5-6: `output_bit(pin_b0,0); // xuất dữ liệu 0 ra RB0`

7. LỆNH value = GET_TRIS_X()

- Cú pháp: `value = get_tris_x();`
 Thông số: không có thông số
 Kết quả trả về: là byte dữ liệu đã định cấu hình từ thanh ghi TRIS
 Chức năng: kết quả trả về là giá trị của thanh ghi TRIS của các port A, B, C or D.
 Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

8. LỆNH value = INPUT(pin)

- Cú pháp: `value = input(pin);`
 Thông số: `pin` là chân để đọc - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác
 Kết quả trả về: 0 (or FALSE) nếu chân ở mức thấp, 1 (or TRUE) nếu chân ở mức cao.

Chức năng: đọc dữ liệu 1 bit từ 1 chân của port, chân này phải ở cấu hình là chân vào.

Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

Ví dụ 5-7: while (! Input (PIN_B1)); //đợi cho đến khi chân RB1 lên mức cao
If (input(PIN_A0))
 Printf("A0 is now high \r\n");
Int16 i = PIN_B1
 Whiel (!i); //đợi chân RB1 lên mức cao

9. LỆNH INPUT_STATE()

Cú pháp: value = input_state(**pin**);

Thông số: pin là chân để đọc - hãy xem file định nghĩa của thiết bị "device.h" để biết tên chính xác

Trả về: kết quả đọc bằng 1 nếu chân đọc ở mức cao, kết quả đọc bằng 0 nếu chân đọc ở mức thấp.

Chức năng: lệnh đọc mức logic của 1 chân nhưng không làm thay đổi hướng của chân.

Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

Ví dụ 5-8: level = input_state(pin_A3);

10. Value = INPUT_X()

Cú pháp: value = input_x();

Thông số: không có.

Kết quả trả về: là dữ liệu 8 bit của portx.

Chức năng: lệnh đọc mức logic của 1 chân nhưng không làm thay đổi hướng của chân.

Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

11. LỆNH OUTPUT_DRIVE(PIN)

Cú pháp: output_drive(**pin**);

Thông số: pin là chân được định nghĩa trong file "device.h".

Trả về: không có.

Chức năng: thiết lập chân (pin) là chế độ xuất.

Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

Ví dụ 5-10: output (pin_A0);

12. LỆNH OUTPUT_FLOAT(PIN)

Cú pháp: output_float(**pin**);

Thông số: pin là chân được định nghĩa trong file "device.h".

Trả về: không có.

Chức năng: thiết lập chân (pin) là chế độ nhập và thả nỗi chân tín hiệu này để thiết bị khác ở bên ngoài toàn quyền điều khiển chân này để đưa dữ liệu vào vi điều khiển.

Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

Ví dụ 5-11: if ((data & 0x80) == 0)

 Output_low (pin_A0);

 else output_float (pin_A0);

13. LỆNH PORT_B_PULLUP()

Cú pháp: port_b_pullup(**value**);

Thông số: value có 2 giá trị là true và false.

Trả về: không có.

Chức năng: thiết lập port B treo lên nguồn qua điện trở kéo lên bên trong. Nếu value là true thì treo lên nguồn, nếu là false thì không treo.

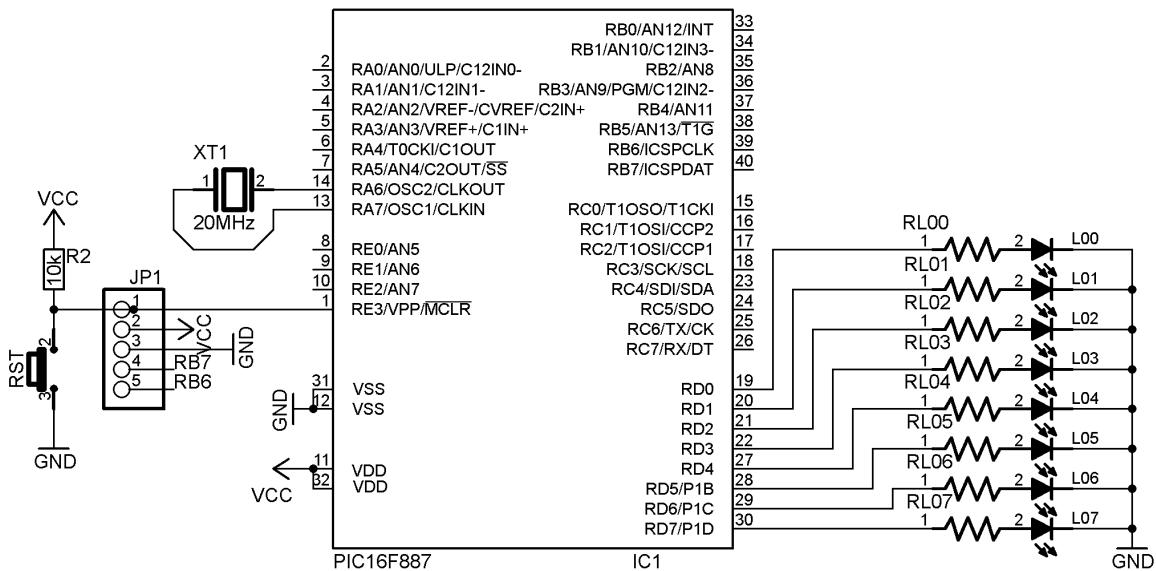
Có hiệu lực: lệnh này áp dụng cho tất cả các thiết bị.

Ví dụ 5-12: port_b_pullup(false);

V. CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED ĐƠN

Bài 5-1: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5-34: Sơ đồ điều khiển led đơn.

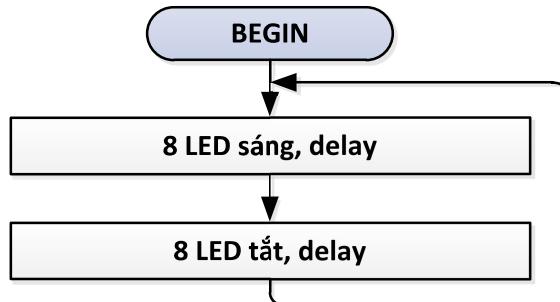
Mạch dùng portD kết nối với 8 led đơn. Mức logic 0 làm led tắt, mức logic 1 làm led sáng, điện áp của led là 2V, dòng qua led chọn 10mA, điện trở hạn dòng cho led được tính như sau:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 2V}{10mA} = 300\Omega$$

Có thể dùng điện trở 300Ω hoặc 330Ω.

Mạch sử dụng thạch anh có tần số 20MHz, có nút nhấn reset, điện trở reset 10kΩ và có pinheader 5 chân dùng để kết nối với mạch nạp nối tiếp.

- Lưu đồ:



Hình 5-35: Lưu đồ điều khiển led đơn chớp tắt.

- Chương trình:

```

#include <16F887.H> // TRANG 42 - DINH NGHIA SAN CAC CHAN, THANH GHI ...
#FUSES NOWDT, PUT, HS, NOPROTECT, NOLVP // TRANG 3 - CHUC NANG DAC BIET
#USE DELAY(CLOCK=20M)
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);
    WHILE(TRUE)
    {
        OUTPUT_D(0xFF);           // ĐIỀU KHIỂN LED SÁNG
        DELAY_MS(1000);          // HƯỚNG DẪN TÍNH DIỆN TỜI LED
        OUTPUT_D(0x00);           // ĐIỀU KHIỂN LED TẮT
        DELAY_MS(1000);          // HƯỚNG DẪN TÍNH DIỆN TỜI LED
    }
}

```

```

        OUTPUT_D(0x00);      DELAY_MS(1000);
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Hàng thứ nhất “#INCLUDE <16F887.H>” là khai báo thư viện đang sử dụng là PIC 16F887.

Hàng thứ hai “#FUSES NOWDT, PUT, HS, NOPROTECT, NOLVP” là khai báo cấu hình cho PIC.

Hàng thứ ba “#USE DELAY(CLOCK=20M)” khai báo tần số tụ thạch anh mà vi điều khiển sử dụng, với khai báo trên thì tần số sử dụng là 20MHz.

Các hàm định thời là:

- DELAY_MS(VALUE) - Thời gian định thời là mili giây.
- DELAY_US(VALUE) - Thời gian định thời là μ s.

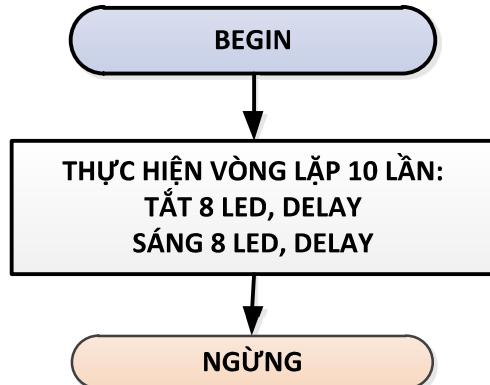
Chương trình chính gồm: Lệnh “SET_TRIS_D(0x00);” có chức năng khởi tạo portD là port xuất.

Lệnh “OUTPUT_D(0xFF);” có chức năng xuất dữ liệu 0xFF ra portD làm 8 led sáng, tiến hành gọi hàm delay, sau đó xuất dữ liệu 0x00 ra portD làm 8 led tắt, gọi hàm delay và lặp lại.

Các thông số cấu hình: “NOWDT” là không sử dụng bộ định thời giám sát (No watchdog timer), “PUT” là sử dụng bộ định thời khi có nguồn để kéo dài thêm thời gian reset vi điều khiển để chờ nguồn điện ổn định, thời gian kéo dài thêm 72ms (Power up timer), “HS” là sử dụng bộ dao động tần số cao từ 4MHz đến 20MHz (High Speed), “NOPROTECT” là không sử dụng bảo vệ mã code nạp vào bộ nhớ flash bên trong, “NOLVP” là không sử dụng chế độ nạp code dùng nguồn điện áp thấp 5V mà dùng nguồn 12,5V.

Bài 5-2: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt 10 lần rồi tắt luôn.

- Sơ đồ mạch: giống hình 5-34.
- Lưu đồ:



Hình 5-36: Lưu đồ điều khiển led đơn chớp tắt 10 lần.

- Chương trình:

```

#include <16F887.H>
#FUSES NOWDT,PUT,HS,NOPROTECT,NOLVP
#USE DELAY(CLOCK=20M)
UNSIGNED INT8 I;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);
    FOR(I=0;I<10;I++)
    {
        OUTPUT_D(0xFF);    DELAY_MS(1000);
        OUTPUT_D(0x00);    DELAY_MS(1000);
    }
    WHILE(TRUE){}
}

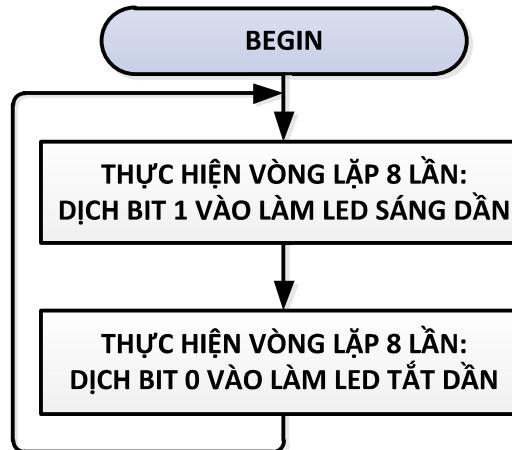
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình này cho vòng lặp for thực hiện 10 lần điều khiển 8 led chớp tắt, sau đó thực hiện lệnh while(1) và không có lệnh nào trong vòng lặp nên xem như nhảy tại chỗ.

Bài 5-3: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng dần tắt dần từ phải sang trái.

- Sơ đồ mạch: giống hình 5-34.
- Lưu đồ:



Hình 5-37: Lưu đồ điều khiển led đơn sáng dần tắt dần từ phải sang trái.

- Chương trình:

```

#include <16F887.H>
#FUSES NOWDT,PUT,HS,NOPROTECT,NOLVP
#USE DELAY(CLOCK=20M)
UNSIGNED INT8 I, X;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00); X=0X00; OUTPUT_D(X);    DELAY_MS(500);
    WHILE(TRUE)
    {
        FOR (I=0;I<8;I++)
            { X = (X<<1)+0X01; OUTPUT_D(X);    DELAY_MS(500);}
        FOR (I=0;I<8;I++)
            { X = (X<<1);      OUTPUT_D(X);    DELAY_MS(500);}
    }
}
  
```

- Giải thích chương trình:

Khởi tạo portD là xuất dữ liệu, gán biến X bằng 0x00, xuất giá trị của X ra portD làm 8 led tắt, delay.

Vòng lặp for thứ nhất thực hiện 8 lần: tiến hành xoay trái dữ liệu của X và cộng với 0x01. Khi xoay trái dữ liệu thì số 0 được đẩy vào, cộng với 0x01 là để đẩy số 1 vào X. Dữ liệu biến X được xuất ra portD điều khiển led sáng dần, sau 8 lần thì X sẽ bằng 1111_1111 – 8 led sáng hết.

Vòng lặp for thứ hai thực hiện 8 lần: tiến hành xoay trái dữ liệu của X. Khi xoay trái dữ liệu thì số 0 được đẩy vào. Dữ liệu biến X được xuất ra portD điều khiển led tắt dần, sau 8 lần thì X sẽ bằng 0000_0000 – 8 led tắt hết.

Sau đó lặp lại cú thé 8 led sáng dần xong rồi tắt dần.

Bài tập 5-1: Hãy viết chương trình điều khiển 1 led đơn L00 của mạch điện hình 5-34 sáng 1 giây tắt 1 giây, các led còn lại không ảnh hưởng.

OUTPUT_LOW(PIN_D0); DELAY_MS(500);
OUTPUT_HIGH(PIN_D0); DELAY_MS(500);

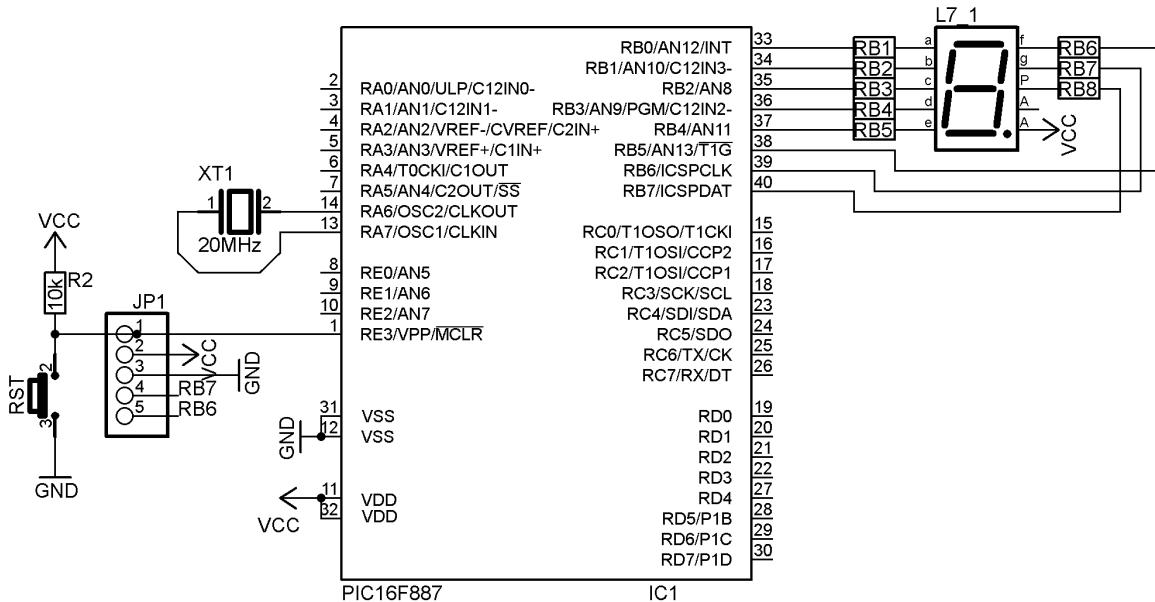
Bài tập 5-2: Hãy viết chương trình điều khiển 8 led đơn của mạch điện hình 5-34 sáng dần lên và tắt dần từ phải sang trái, sau đó sáng dần và tắt dần từ trái sang. Các bước thực hiện gồm viết lưu đồ và chương trình.

Bài tập 5-3: Hãy viết chương trình điều khiển 16 led đơn sáng dần lên và tắt dần từ phải sang trái dùng 2 port B và D, thời gian trễ 1 giây. Các bước thực hiện gồm vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình.

VI. CÁC ÚNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN TRỰC TIẾP

Bài 5-4: Dùng vi điều khiển 16F887 kết nối với 1 led 7 đoạn anode chung và viết chương trình đếm từ 0 đến 9 với thời gian trễ tuỳ chọn.

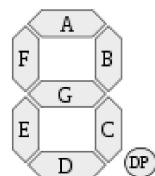
- Sơ đồ mạch: dùng portB kết nối với 1 led 7 đoạn anode chung. Mức logic 1 làm led tắt, mức logic 0 làm led sáng, điện trở hạn dòng cho led là 33Ω .



Hình 5-38: Sơ đồ kết nối portB với 1 led 7 đoạn.

- Mã 7 đoạn:

Led 7 đoạn và tên các đoạn như hình 5-39:



Hình 5-39: Hình led 7 đoạn.

Bảng 5-1: Mã 7 đoạn cho các số thập phân:

| TP | SỐ NHỊ PHÂN | | | | | | | | HEX | TP | SỐ NHỊ PHÂN | | | | | | | | HEX | |
|----|-------------|---|---|---|---|---|---|----|-----|----|-------------|---|---|---|---|----|---|----|-----|---|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | | | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | | |
| DP | G | F | E | D | C | B | A | DP | G | F | E | D | C | B | A | DP | G | F | E | A |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | C0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 92 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | F9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 82 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | A4 | 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | F8 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | B0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 99 | 9 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |

- Lưu đồ:



Hình 5-40: Lưu đồ đếm từ 0 đến 9.

- Chương trình:

```

#include <16F887.H>
#FUSES NOWDT,PUT,HS,NOPROTECT,NOLVP
#USE DELAY(CLOCK=20M)
CONST UNSIGNED CHAR MA7DOAN [10]={0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,0x92,0x82,0xF8,
0x80,0x90};

SIGNED INT DEM;
UNSIGNED INT MA_DEM;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);
    WHILE(TRUE)
        {
            FOR (DEM=0;DEM<10;DEM++)
            {
                MA_DEM = MA7DOAN[DEM];
                OUTPUT_B(MA_DEM);
                DELAY_MS(300);
            }
        }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Sau các lệnh khai báo thư viện, cấu hình và khai báo tần số sử dụng là khai báo mảng chứa mã 7 đoạn và các biến đếm, biến chứa mã.

Chương trình chính khởi tạo các portB là xuất, cho vòng lặp for với biến “DEM” chạy từ 0 đến 9, tiến hành giải mã và gởi mã led 7 đoạn tương ứng với biến DEM ra port để hiển thị, delay và lặp lại.

Chương trình trên có thể viết gọn hơn như sau:

```
#INCLUDE <16F887.H>
```

```
#FUSES NOWDT,PUT,HS,NOPROTECT,NOLVP
#USE DELAY(CLOCK=16M)
CONST UNSIGNED CHAR MA7DOAN [10]={0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,0x92,0x82,0xF8,
0x80,0x90};
SIGNED INT DEM;

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);
    WHILE(TRUE)
        { FOR (DEM=0;DEM<10;DEM++)
            {
                OUTPUT_B(MA7DOAN[DEM]);
                DELAY_MS(300);
            }
        }
}
```

Trong chương trình xuất mã 7 đoạn của biến DEM ra portB để hiển thị luôn nên không cần sử dụng biến trung gian MA_DEM.

Trong chương trình thì các hàng khai báo loại vi điều khiển, cấu hình, tần số clock và mã 7 đoạn ít thay đổi nên tạo thành 1 file thư viện <TV_16F887.C> lưu các khai báo như sau:

```
#INCLUDE <TV_16F887.H>
#FUSES NOWDT,PUT,HS,NOPROTECT,NOLVP
#USE DELAY(CLOCK=16M)
CONST UNSIGNED CHAR MA7DOAN [10]={0xC0,0xF9,0xA4,0xB0,0x99,0x92,0x82,0xF8,
0x80,0x90};
```

Khi đó chương trình chính được viết lại như sau:

```
#INCLUDE <TV_16F887.C>
SIGNED INT DEM;

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);
    WHILE(TRUE)
        { FOR (DEM=0; DEM<10; DEM++)
            {
                OUTPUT_B(MA7DOAN[DEM]);
                DELAY_MS(300);
            }
        }
}
```

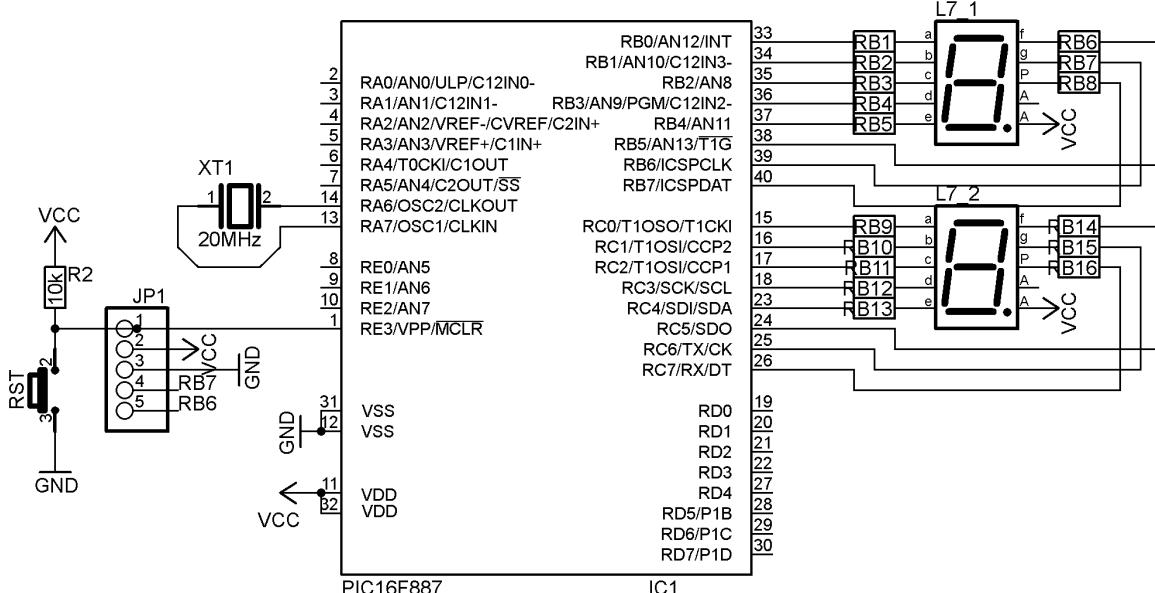
Từ đây về sau ta sẽ sử dụng thư viện này và có thể bổ sung thêm các nội dung mới.

Bài tập 5-4: Hãy viết chương trình thực hiện đếm từ 9 xuống 0.

Hãy vẽ mạch bằng Proteus và mô phỏng.

Bài 5-5: Dùng vi điều khiển 16F887 kết nối với 2 led 7 đoạn anode chung và viết chương trình đếm từ 00 đến 99 với thời gian trễ tùy chọn.

- Sơ đồ mạch: dùng portB và C kết nối với 2 led 7 đoạn anode chung.



Hình 5-41: Sơ đồ kết nối portB, C điều khiển 2 led 7 đoạn.

- Lưu đồ:



Hình 5-42: Lưu đồ đếm từ 00 đến 99.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
SIGNED INT DEM;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00); SET_TRIS_C(0x00);
    WHILE(TRUE)
    {
        FOR (DEM=0;DEM<100;DEM++)
        {
            OUTPUT_C(MA7DOAN[DEM/10]); //CHUC
            OUTPUT_B(MA7DOAN[DEM%10]); //DONVI
            DELAY_MS(300);
        }
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính khởi tạo các portB và C là xuất, cho vòng lặp for với biến “DEM” chạy từ 0 đến 99, tiến hành chia tách hàng đơn vị, hàng chục rồi giải mã và gửi ra port tương ứng để hiển thị, delay.

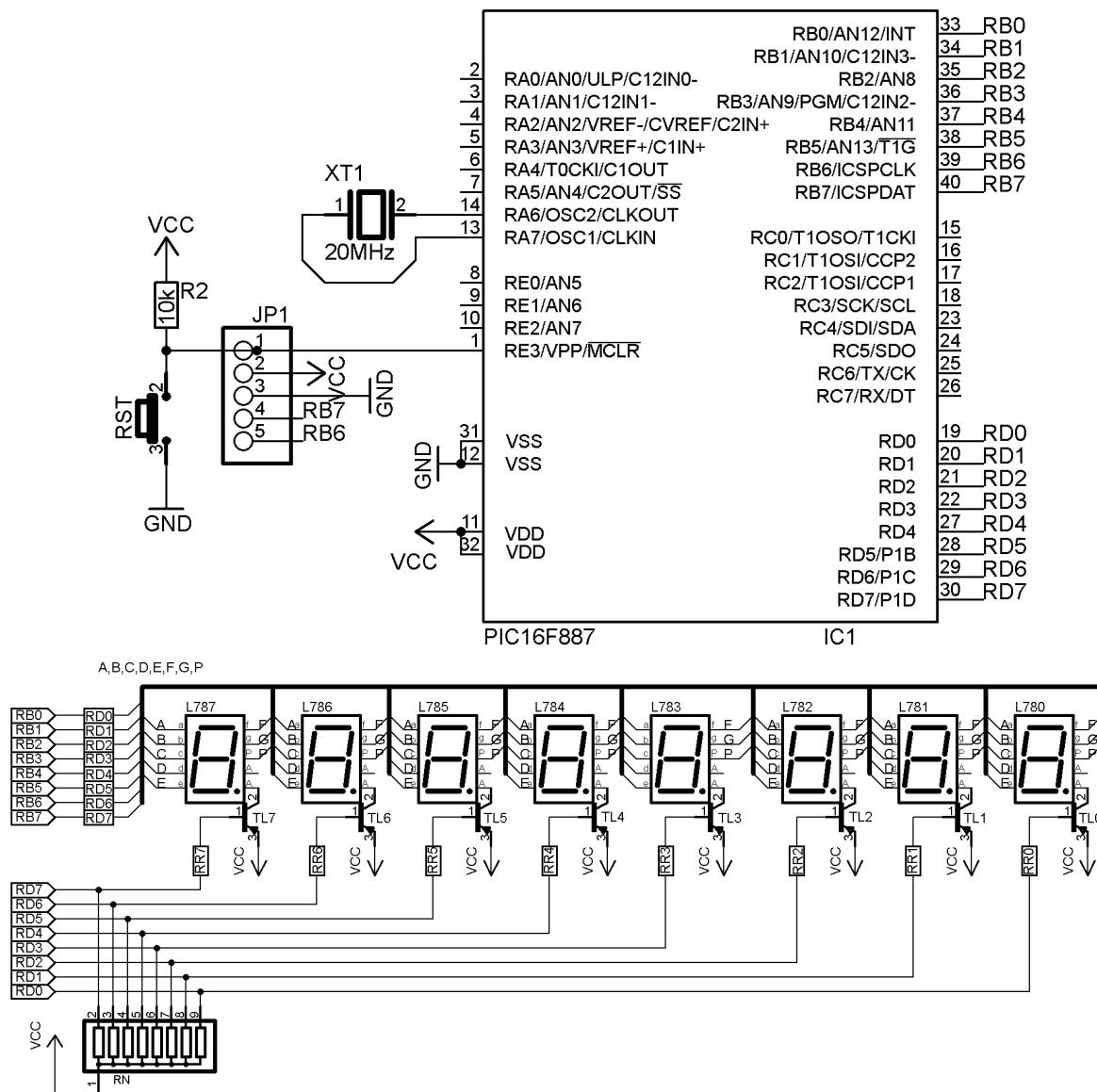
Bài tập 5-5: Hãy viết chương trình thực hiện đếm từ 000 đến 999 hiển thị trên 3 led 7 đoạn, thời gian trễ tự chọn. Các bước thực hiện bao gồm: vẽ mạch, viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

VII. CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LED 7 ĐOẠN QUÉT

Khi số led 7 đoạn cần nhiều hơn ví dụ là 8 led thì ta không thể kết nối trực tiếp 1 port điều khiển 1 led vì không đủ port. Có nhiều phương pháp mở rộng để điều khiển được nhiều led nhưng ở đây trình bày phương pháp quét 8 led dùng 2 port.

Bài 5-6: Dùng vi điều khiển 16F887 kết nối với 8 led 7 đoạn anode chung theo phương pháp quét và viết chương trình hiển thị 8 số từ số 0 đến số 7 trên 8 led.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5-43: Sơ đồ kết nối 2 port B và D điều khiển 8 led 7 đoạn quét.

Mạch dùng portB kết nối với các đoạn “a, b, c, d, e, f, g, dp” và portD kết nối điều khiển 8 transistor đóng ngắt.

Nguyên lý quét 8 led: do 8 led nối song – song các đoạn nên mỗi một thời điểm bạn chỉ xuất 1 mã 7 đoạn của led cần hiển thị ra portB đồng thời bạn xuất mã điều khiển transistor ra portD để cho

phép transistor của led cần sáng dẫn, thực hiện delay một khoảng thời gian ngắn rồi tắt transistor đã mở và thực hiện tương tự cho led thứ 2, cứ thế cho đến led cuối cùng rồi lặp lại.

Thời gian cho led sáng tuỳ thuộc vào số lượng led sao cho chu kỳ quét tắt cả các led nhanh hơn đáp ứng tần số của mắt ta quan sát thì ta sẽ nhìn thấy các led sáng hết.

Với 8 led 7 đoạn theo sơ đồ ở trên thì thời gian sáng là 1/8 và thời gian tắt là 7/8 thì bạn chọn chu kỳ quét 8ms tương ứng với tần số 125Hz là phù hợp, bạn có thể chọn tần số cao hơn.

Ưu điểm phương pháp quét led: hiển thị được nhiều thông tin, mạch đơn giản.

Khuyết điểm: chương trình phải quét liên tục thì led mới sáng, do thời gian sáng ít, thời gian tắt nhiều nên led sẽ sáng mờ hơn so với phương pháp kết nối trực tiếp.

Giải pháp để tăng độ sáng của led: nếu quét khoảng 4 led thì led sáng rõ, nếu nhiều led hơn thì nên giảm điện trở hạn dòng từ 330Ω xuống còn khoảng 220Ω .

Câu hỏi: nếu quét 16 led thì bạn sẽ chọn giải pháp nào cho led sáng?

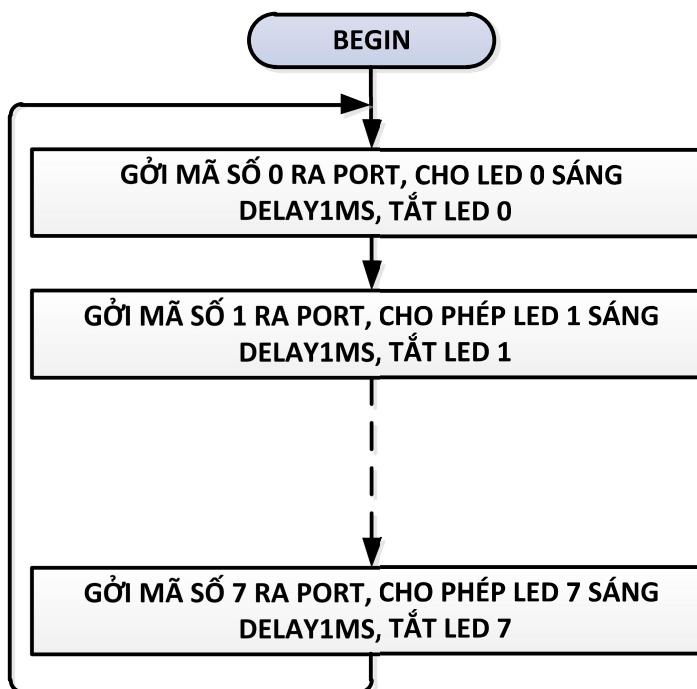
Trả lời: có 2 giải pháp: giải pháp thứ nhất là kết nối giống như sơ đồ ở trên dùng portB nối song song các đoạn của 16 led, dùng 2 port điều khiển 16 transistor để cho phép led sáng.

Với giải pháp này thì thời gian tắt của led là $15/16$ – thời gian quá lớn led sẽ mờ và có thể nháy.

Giải pháp thứ hai là tách làm 2 nhóm 8 led: dùng port thứ nhất điều khiển các đoạn của 8 led nhóm thứ nhất, dùng port thứ hai điều khiển các đoạn của 8 led nhóm thứ hai, dùng port thứ ba điều khiển 8 transistor điều khiển chung 2 nhóm, mỗi lần mở 1 transistor dùng chung cho cả 2 led.

Với giải pháp này thì thời gian tắt của led là $7/8$ – ít hơn giải pháp 1 nên led sáng rõ hơn.

- Lưu đồ:



Hình 5-44: Lưu đồ điều khiển 8 led quét sáng 8 số.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);           SET_TRIS_D(0x00);
    WHILE(TRUE)
    {
        OUTPUT_B(0xC0);  OUTPUT_LOW(PIN_D0);  DELAY_MS(1);  OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
        OUTPUT_B(0XF9);  OUTPUT_LOW(PIN_D1);  DELAY_MS(1);  OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
        OUTPUT_B(0XA4);  OUTPUT_LOW(PIN_D2);  DELAY_MS(1);  OUTPUT_HIGH(PIN_D2);
    }
}
  
```

```

        OUTPUT_B(0XB0); OUTPUT_LOW(PIN_D3); DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D3);
        OUTPUT_B(0x99); OUTPUT_LOW(PIN_D4); DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D4);
        OUTPUT_B(0X92); OUTPUT_LOW(PIN_D5); DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D5);
        OUTPUT_B(0X82); OUTPUT_LOW(PIN_D6); DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D6);
        OUTPUT_B(0XF8); OUTPUT_LOW(PIN_D7); DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D7);
    }
}

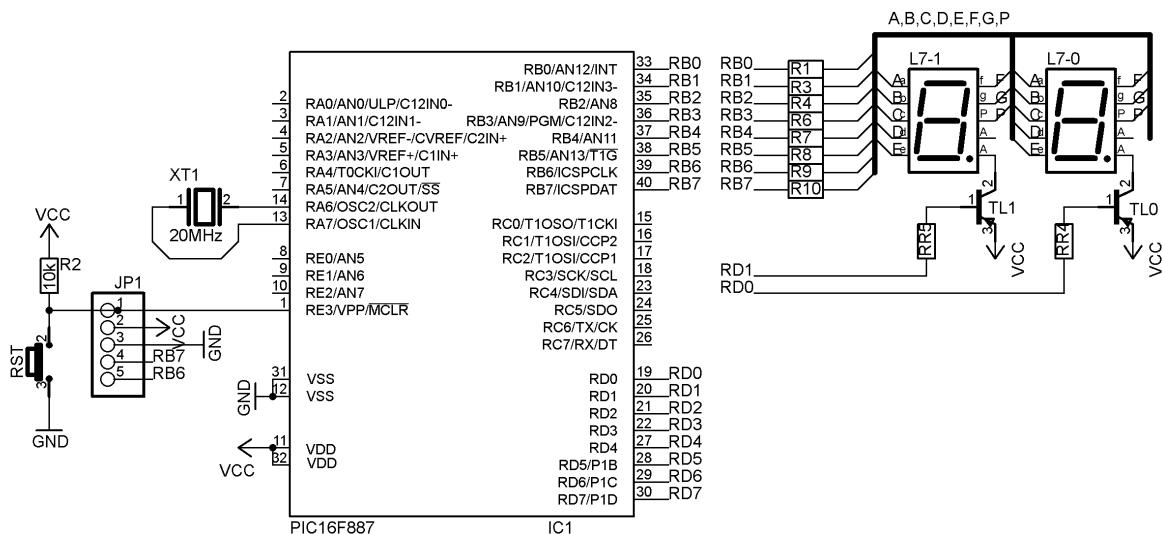
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính khởi tạo 2 port B và D xuất dữ liệu. Lệnh xuất mã 7 đoạn ra portB và lệnh làm 1 bit của portD xuống mức 0 để cho transistor dẫn, gọi hàm delay 1ms sau đó tắt transistor và tiến hành cho led tiếp theo.

Bài 5-7: Dùng vi điều khiển 16F887 kết nối với 2 led 7 đoạn anode chung theo phương pháp quét và viết chương trình đếm từ 00 đến 99 hiển thị trên 2 led 7 đoạn quét, thời gian trễ tùy chọn.

- Sơ đồ mạch: do đếm 2 số nên kết nối 2 led.



Hình 5-45: Sơ đồ kết nối 2 port B và D điều khiển 2 led 7 đoạn quét.

- Lưu đồ:



Hình 5-46: Lưu đồ đếm từ 00 đến 99 hiển thị trên 2 led quét.

- Chương trình:

```
#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT8 DEM, I;
```

```

VOID HIENTHI_DELAY()
{
    FOR (I=0;I<200;I++)
    {
        OUTPUT_B(MA7DOAN[DEM %10]); OUTPUT_LOW(PIN_D0);
        DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
        OUTPUT_B(MA7DOAN[DEM /10]); OUTPUT_LOW(PIN_D1);
        DELAY_MS(1); OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
    }
}
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00); SET_TRIS_D(0x00); OUTPUT_D(0XFF);
    WHILE(TRUE)
    {
        FOR(DEM=0;DEM<100;DEM++)
        {
            HIENTHI_DELAY();
        }
    }
}

```

- Giải thích: vòng lặp for thực hiện 100 lần từ 00 đến 99, lấy giá trị đếm chia tách hàng đơn vị, hàng chục, giải mã và gởi ra port để hiển thị.

Bài tập 5-6: Hãy viết chương trình thực hiện đếm từ 000 đến 999 hiển thị trên 3 led 7 đoạn kết nối theo phương pháp quét, thời gian trễ tùy chọn. Các bước thực hiện bao gồm: vẽ mạch, viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

VIII. CÁC ỨNG DỤNG GIAO TIẾP VỚI NÚT NHẤN, BÀN PHÍM

Nút nhấn, bàn phím dùng để giao tiếp giữa con người và mạch điện tử để điều khiển, ví dụ: bàn phím máy tính, bàn phím điện thoại, bàn phím máy bán xăng dầu dùng nhập số tiền cần bán, số lít cần bán ... máy giặt tự động có bàn phím để chỉnh chế độ giặt, chọn mực nước ...

Có 2 dạng giao tiếp vi điều khiển với bàn phím, nút nhấn:

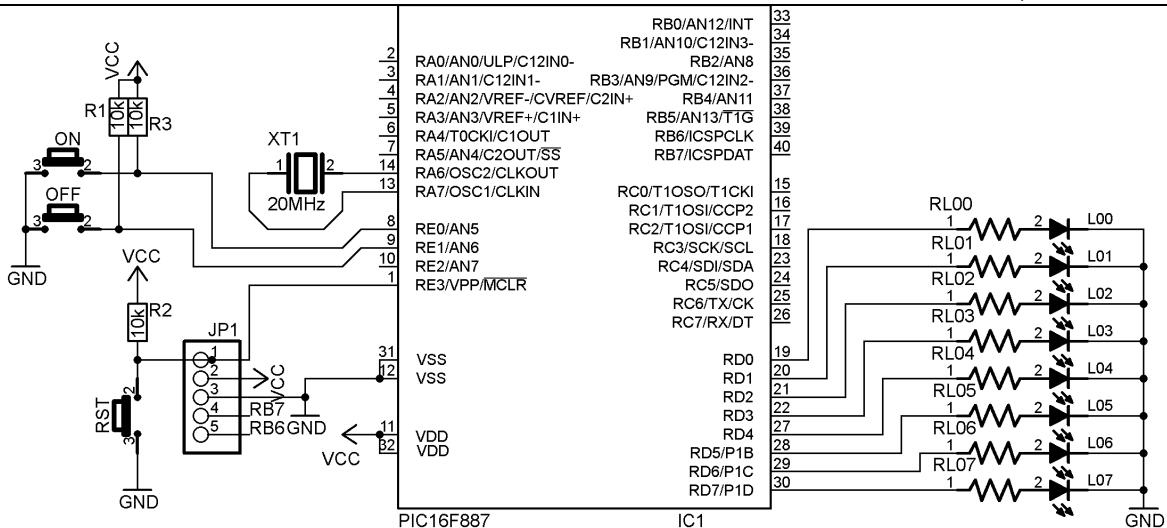
- Hệ thống ít phím: ví dụ điều khiển động cơ bằng 3 phím: start, stop, inv, đồng hồ có 3 đến 4 phím để chỉnh thời gian.
- Hệ thống nhiều phím: bàn phím máy tính, bàn phím điện thoại, ...

1. HỆ THỐNG ÍT PHÍM

Để hiểu giao tiếp vi điều khiển với bàn phím ta khảo sát các bài ứng dụng theo sau.

Bài 5-8: Dùng vi điều khiển 16F887 giao tiếp với 8 led đơn và 2 nút nhấn ON, OFF. Khi cấp điện thì 8 led tắt, khi nhấn ON thì 8 led sáng, khi nhấn OFF thì 8 led tắt.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5-47: Sơ đồ điều khiển led và nút nhấn.

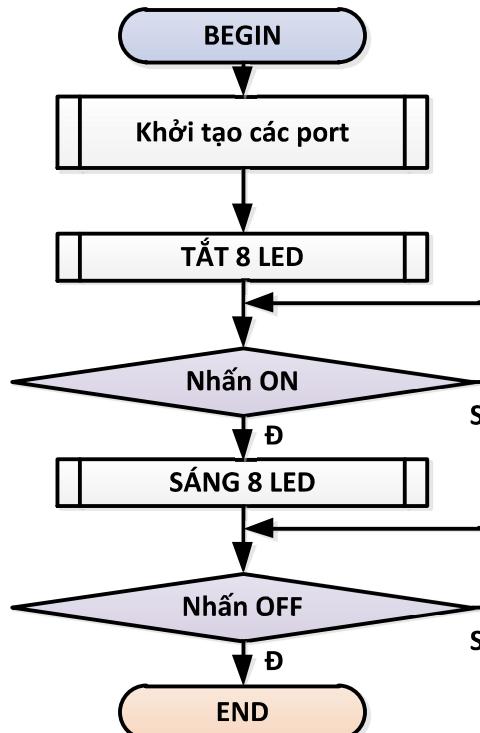
- Nguyên lý hoạt động của phím nhấn:

Hoạt động của 2 nút nhấn: theo sơ đồ kết nối trên thì bình thường 2 nút nhấn mở, 2 ngõ vào có 2 điện trở kéo lên nguồn nên mức logic là 1.

Khi có ta nhấn phím thì ngắn mạch ngõ vào xuống mass làm ngõ vào ở mức logic 0, khi nhả phím thì ngõ vào trở về lại mức logic 1.

Khi lập trình ta kiểm tra xem có nhấn phím hay không bằng cách kiểm tra mức logic nếu bằng 1 thì không nhấn, bằng 0 thì có nhấn.

- Lưu đồ:



Hình 5-48: Lưu đồ điều khiển led đơn bằng nút nhấn ON-OFF.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#define ON      PIN_E0
#define OFF     PIN_E1
void main()

```

```

{   SET_TRIS_E(0xFF);
    SET_TRIS_D(0x00); OUTPUT_D(0X00);
    WHILE(TRUE)
    {
        WHILE (INPUT(ON));
        OUTPUT_D(0xFF);
        WHILE (INPUT(OFF));
        OUTPUT_D(0X00);
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Lệnh “SET_TRIS_E(0FF)” có chức năng khởi tạo portE là port nhập vì nối với 2 nút nhấn.

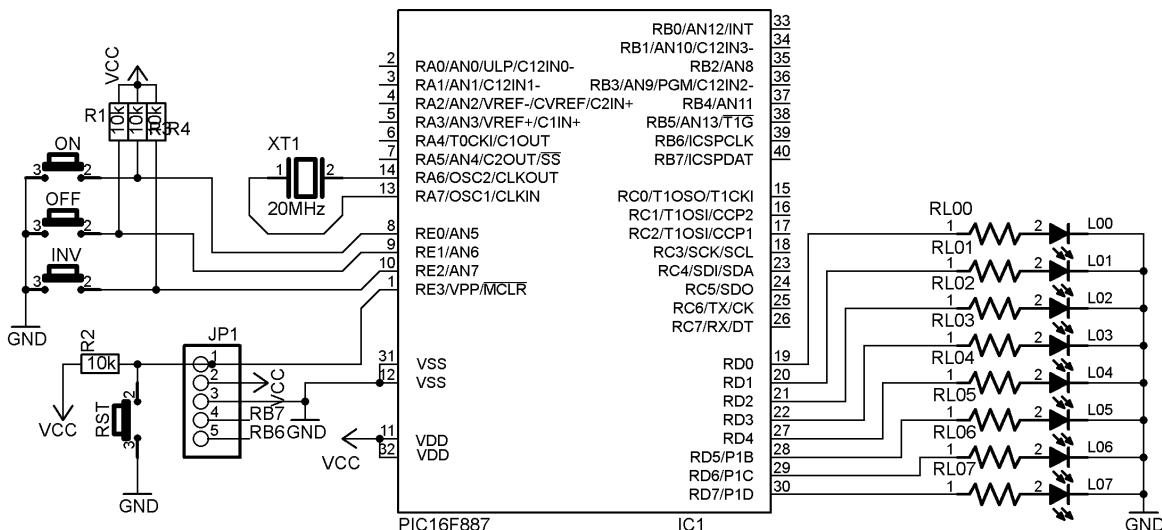
Lệnh “SET_TRIS_D(0x00);” có chức năng khởi tạo portD là port xuất và lệnh “OUTPUT_D(0X00);” có chức năng tắt 8 led.

Lệnh “WHILE (INPUT(ON));” có chức năng kiểm tra nút nhấn ON: nếu bằng 1 là không nhấn phím ON thì tiếp tục kiểm tra cho đến khi nhấn phím ON thì vòng lặp while kết thúc và thực hiện lệnh xuất dữ liệu 0xFF ra portD làm 8 led sáng.,

Lệnh “WHILE (INPUT(OFF));” có chức năng kiểm tra nút nhấn OFF: nếu bằng 1 là không nhấn phím OFF thì tiếp tục kiểm tra cho đến khi nhấn phím OFF thì vòng lặp while kết thúc và thực hiện lệnh xuất dữ liệu 0x00 ra portD làm 8 led tắt.

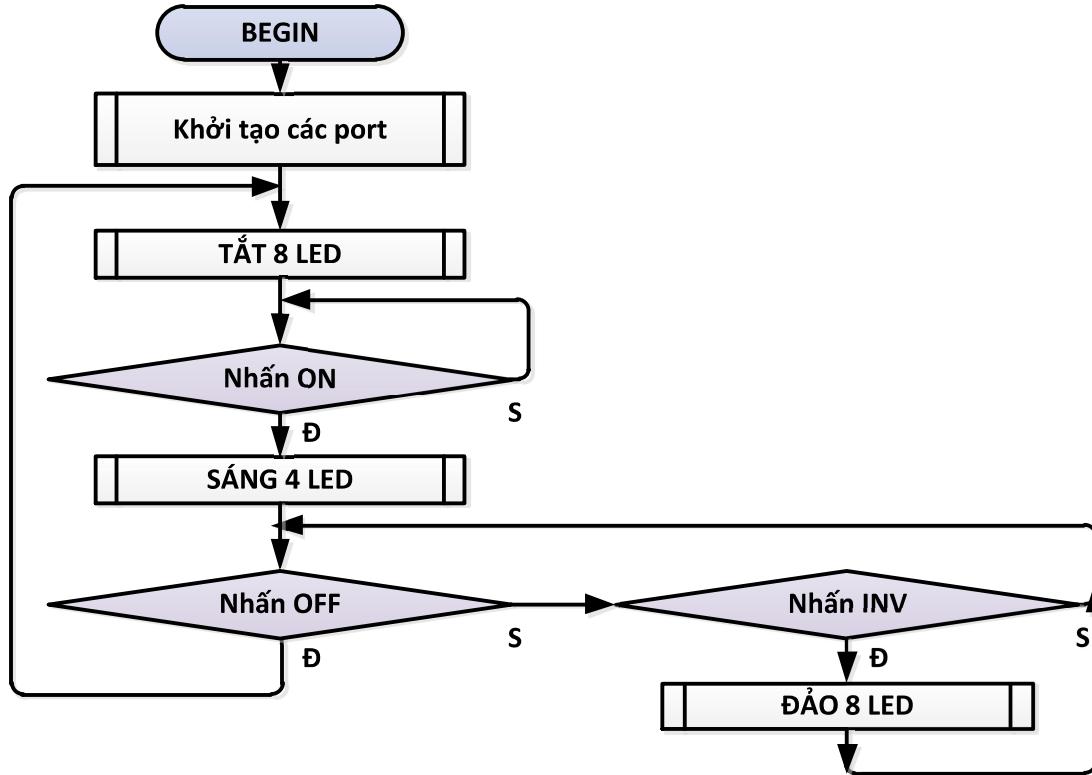
Bài 5-9: Dùng vi điều khiển 16F887 giao tiếp với 8 led đơn và 3 nút nhấn ON, OFF, INV. Khi cấp điện thì 8 led tắt, khi nhấn ON thì 4 led thấp (D<3:0>) sáng, khi nhấn INV thì đảo trạng thái của 8 led: 4 sáng thành tắt, 4 tắt thành sáng, khi nhấn OFF thì 8 led tắt.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5-49: Sơ đồ điều khiển led và 3 nút nhấn.

- Lưu đồ:



Hình 5-50: Lưu đồ điều khiển led bằng 3 nút ON-OFF-INV.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#define ON      PIN_E0
#define OFF     PIN_E1
#define INV    PIN_E2
UNSIGNED INT8 X=0;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_E(0xFF); X=0;
    SET_TRIS_D(0x00); OUTPUT_D(X);
    WHILE(TRUE)
    {
        WHILE (INPUT(ON));
        X= 0XF; OUTPUT_D(X);
        DO
        {
            IF(!INPUT(INV))
            {
                X= ~ X;
                OUTPUT_D(X);
            }
        }WHILE(INPUT(OFF));
        OUTPUT_D(0X00);
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Trong vòng lặp while(true) thì lệnh while tiếp theo kiểm tra có nhấn nút ON hay không? Nếu có nhấn thì cho 4 led sáng, nếu không thì chờ nhấn.

Lệnh do while tiến hành nếu có nhấn nút INV thì đảo giá trị 8 led, vòng lặp chỉ thoát khi nhấn phím OFF.

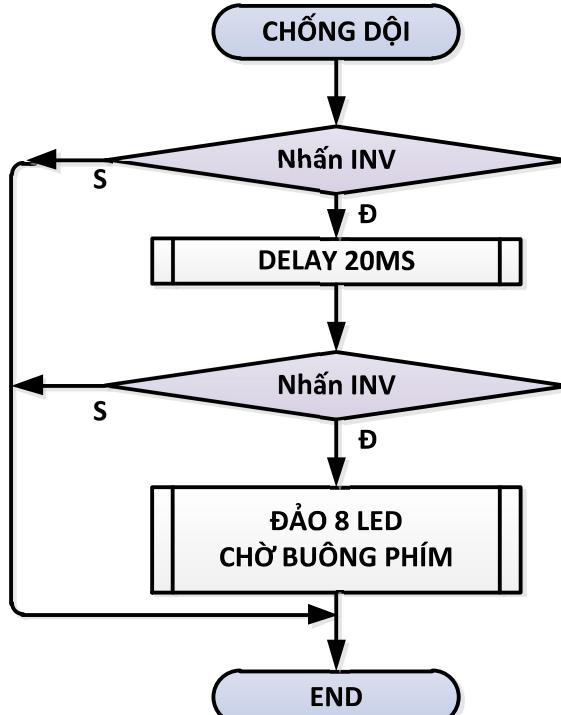
Bài 5-10: Dùng vi điều khiển 16F887 giao tiếp với 8 led đơn và 3 nút nhấn ON, OFF, INV. Khi cấp điện thì 8 led tắt, khi nhấn ON thì 4 led thấp ($D<3:0>$) sáng, khi nhấn INV thì đảo trạng thái của 8 led: 4 sáng thành tắt, 4 tắt thành sáng, khi nhấn OFF thì 8 led tắt. Có chống dội nút nhấn INV.

Trong chương trình này khi chạy thực tế thì do tốc độ của vi điều khiển quá nhanh, khi nhấn đảo chiều thì do thời gian nhấn phím dài nên vi điều khiển thực hiện đảo led liên tục, ta sẽ nhìn thấy 8 led sáng luôn cho đến khi ta buông phím, hoặc ta nhấn nhanh thì trạng thái đảo của led không thể xác định rõ ràng.

Để xác định rõ ràng thì phải chống dội bằng cách kiểm tra phím nhấn, nếu có thì delay, rồi xử lý và kiểm tra buông phím.

Trong bài điều khiển chỉ có phím INV gây ra ảnh hưởng nên lưu đồ và chương trình xử lý phần chống dội và chờ buông phím INV như sau:

- Lưu đồ: như hình 5-50.



Hình 5-51: Lưu đồ điều khiển led có chống dội phím INV.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#define ON      PIN_E0
#define OFF     PIN_E1
#define INV    PIN_E2
unsigned int8 X=0;

void chongdoi_inv()
{
    if (!input(inv))
    {
        delay_ms(20);
        if (!input(inv))
        {
            {X=~X;  output_d(X);}
            do {}
            while (!input(inv));
        }
    }
}
  
```

```

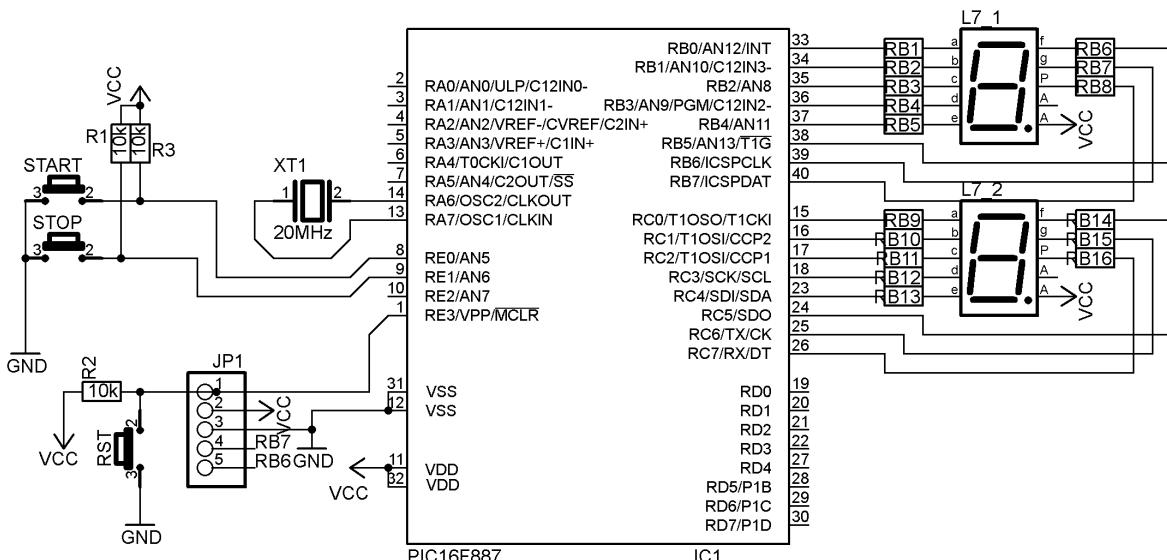
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_E(0xFF); X=0;
    SET_TRIS_D(0x00); OUTPUT_D(X);
    WHILE(TRUE)
    {
        WHILE (INPUT(ON));
        X= 0X0F; OUTPUT_D(X);
        DO
        {
            CHONGDOI_INV ();
        }WHILE(INPUT(OFF));
        OUTPUT_D(0X00);
    }
}

```

Bài tập 5-7: Hãy viết chương trình điều khiển 8 led đơn bằng 2 nút nhấn SANG, TAT. Khi nhấn nút SANG thì 8 led sáng dần từ phải sang trái, mỗi lần nhấn thì 1 led sáng, khi nhấn nút TAT thì 8 led tắt dần từ trái sang phải, mỗi lần 1 led. Các bước thực hiện bao gồm: vẽ mạch, viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

Bài 5-11: Mạch đếm thời gian từ 00 đến 99, dùng vi điều khiển PIC 16F887 kết nối với 2 led 7 đoạn anode chung và 2 nút nhấn Start, Stop. Viết chương trình thực hiện chức năng: khi cấp điện thì led hiển thị 00, khi nhấn Start thì mạch đếm từ 00 đến 99, nếu nhấn Stop thì ngừng tại giá trị đang đếm, nhấn Start thì đếm tiếp.

- Sơ đồ mạch:



Hình 5-52: Sơ đồ kết nối 2 port điều khiển 2 led 7 đoạn, 2 nút nhấn.

- Lưu đồ:



Hình 5-53: Lưu đồ đếm có điều khiển bằng nút nhấn Start-Stop.

- Giải thích lưu đồ:

Bài này giống bài đếm đã khảo sát, chỉ thêm phần kiểm tra nút nhấn, biến cho phép ban đầu gán bằng 0 không cho phép đếm, chương trình kiểm tra có nhấn nút Start làm biến cho phép bằng 1 để cho phép mạch đếm. Nếu nhấn nút Stop sẽ làm biến cho phép bằng 0, mạch ngừng tại giá trị đang đếm.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#define START PIN_E0
#define STOP PIN_E1
signed int8 DEM;
int1 CHOPHEP = 0;
void main()
{
    set_tris_e(0xFF);      set_tris_c(0x00);      set_tris_d(0x00);
    CHOPHEP=0;
    while(true)
    {
        for (DEM=0;DEM<100;DEM++)
        {
            output_c(MA7DOAN[DEM %10]);
            output_d(MA7DOAN[DEM /10]);
            delay_ms(500);
            do
            {
                if (!input(start)) {CHOPHEP=1;}
                else if (!input(stop)) {CHOPHEP=0;}
            }while(CHOPHEP==0);
        }
    }
}
  
```

Bài tập 5-8: Hãy thêm vào bài 5-11 một nút nhấn có tên là INV có chức năng đảo chiều đếm lên, đếm xuống. Đang đếm lên nếu nhấn INV thì sẽ đếm xuống từ giá trị đang đếm, tương tự khi đang đếm xuống mà nhấn INV thì sẽ đếm lên. Các bước thực hiện bao gồm: vẽ mạch, viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

2. HỆ THỐNG NHIỀU PHÍM

Với cách 1 thì mỗi phím sử dụng 1 ngõ vào để kết nối, 16 phím sẽ dùng 16 ngõ vào như vậy sẽ dùng rất nhiều đường tín hiệu để giao tiếp, cách kết nối dùng ít tín hiệu hơn là kiểu ma trận phím.

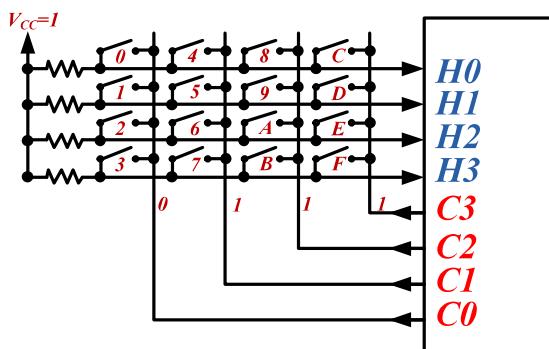
Cách kết nối dạng ma trận thì 16 phím chỉ dùng 8 tín hiệu: 4 cho hàng và 4 cho cột – gọi là ma trận 4×4 sẽ được 16 phím, ma trận 8×8 sẽ được 64 phím.

Tổng quát ma trận bàn phím $m \times n$ thì số đường tín hiệu bằng “ $m+n$ ”, số phím bằng “ $m \times n$ ”

- Ưu điểm của cách kết nối theo dạng ma trận là tiết kiệm đường điều khiển.
- Khuyết điểm: chương trình phức tạp.

Khảo sát bàn phím ma trận $4 \times 4 = 16$ phím:

Sơ đồ mạch bàn phím như hình 5-54:



Hình 5-54: Bàn phím ma trận 4×4 .

Trong ma trận 4×4 thì có 4 hàng và 4 cột, hàng được chọn là tín hiệu vào – cột được chọn là tín hiệu ra, hàng thì treo lên nguồn Vcc qua điện trở – nên mức logic của hàng luôn là mức 1.

Các phím nhấn thường hở nên 4 hàng luôn ở mức 1 hay $H_3H_2H_1H_0 = 1111$.

Cột là tín hiệu ra nên chúng ta điều khiển xuất dữ liệu ra cột tùy ý.

Để phân biệt các phím thì mỗi phím có 1 tên được đánh theo số thập lục phân từ ‘0’ đến ‘F’.

Để xem có phím nào nhấn hay không ta tiến hành quét từng cột bằng cách cho 1 cột ở mức 0, 3 cột còn lại ở mức 1 và kiểm tra tất cả các hàng, nếu tất cả các hàng vẫn ở mức logic 1 tức là không có nhấn phím, nếu có 1 hàng xuống mức 0 thì đã có nhấn phím. Cụ thể như sau:

Quét cột thứ 0:

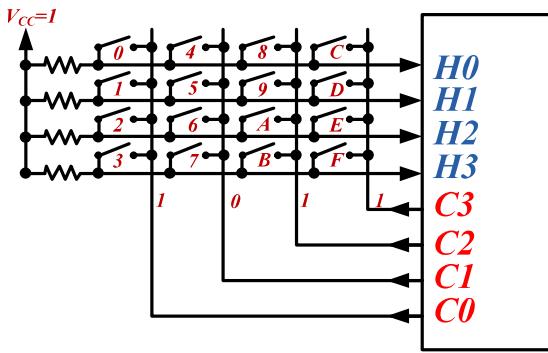
Xuất dữ liệu ra cột là: $C_3C_2C_1C_0 = 1110$ như hình 5-54, kiểm tra hàng nào bằng không?

- Nếu bằng $H_0 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘0’.
- Nếu bằng $H_1 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘1’.
- Nếu bằng $H_2 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘2’.
- Nếu bằng $H_3 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘3’.
- Nếu không có phím nhấn nào ở cột C_0 được nhấn thì phải quét cột tiếp theo.

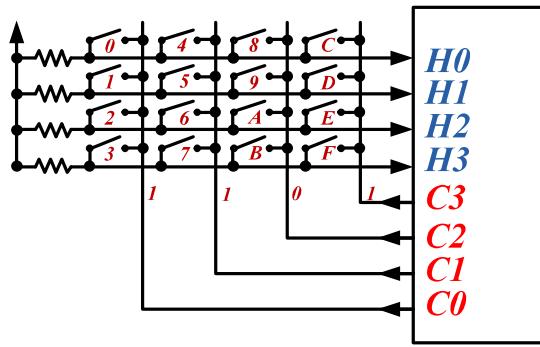
Quét cột thứ 1:

Xuất dữ liệu ra cột là: $C_3C_2C_1C_0 = 1101$ như hình 5-55, kiểm tra hàng nào bằng không?

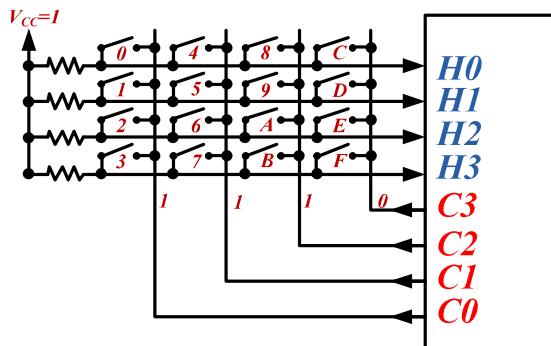
- Nếu bằng $H_0 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘4’.
- Nếu bằng $H_1 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘5’.
- Nếu bằng $H_2 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘6’.
- Nếu bằng $H_3 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘7’.
- Nếu không có phím nhấn nào ở cột C_1 được nhấn thì phải quét cột tiếp theo.

Hình 5-55: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C_1 bằng 0.**Quét cột thứ 2:**

- Xuất dữ liệu ra cột là: $C_3C_2C_1C_0 = 1011$ như hình 5-56, kiểm tra hàng nào bằng không?
- Nếu bằng $H_0 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘8’.
- Nếu bằng $H_1 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘9’.
- Nếu bằng $H_2 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘A’.
- Nếu bằng $H_3 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘B’.
- Nếu không có phím nhấn nào ở cột C_2 được nhấn thì phải quét cột tiếp theo.

Hình 5-56: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C_2 bằng 0.**Quét cột thứ 3:**

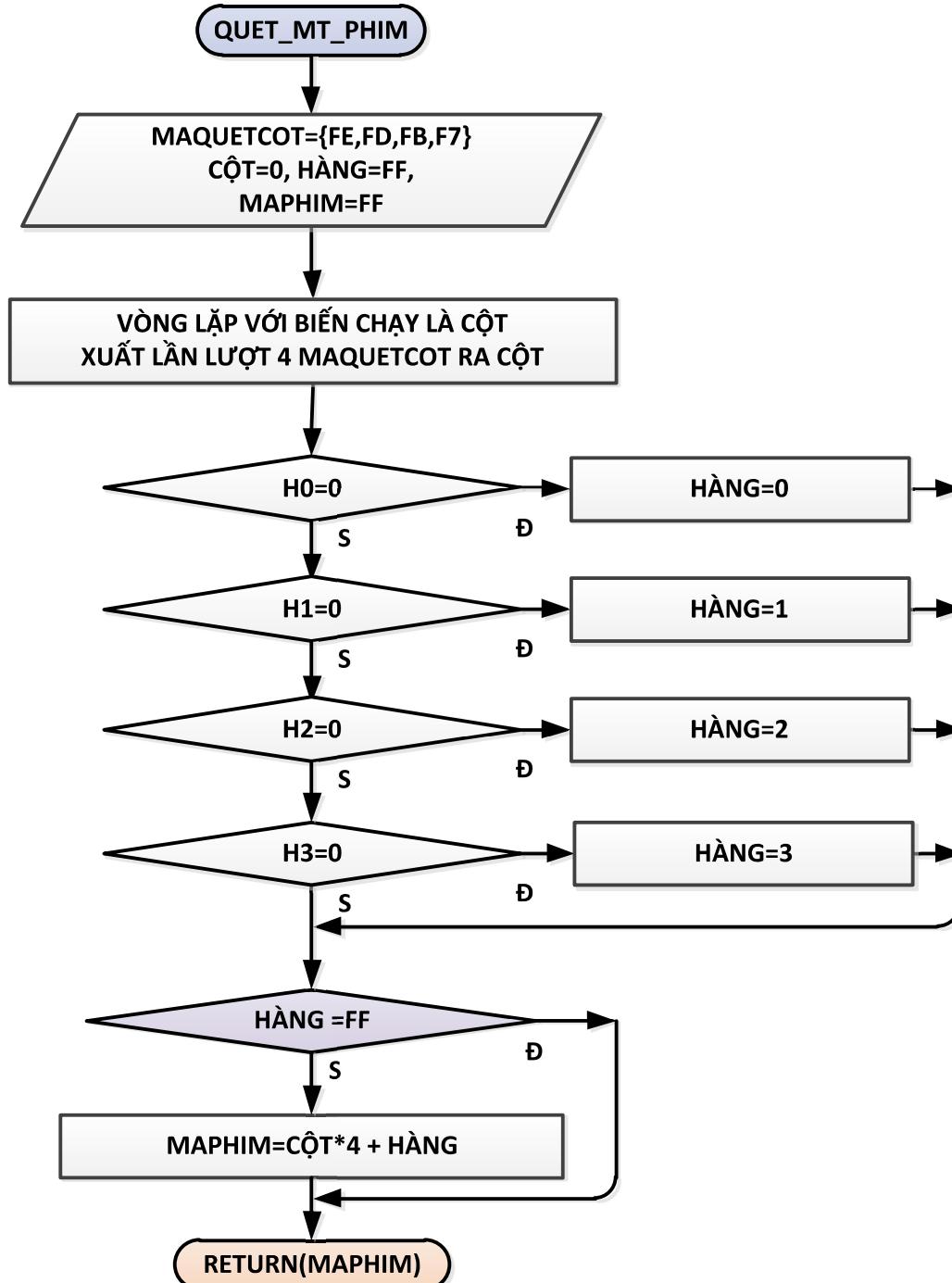
- Xuất dữ liệu ra cột là: $C_3C_2C_1C_0 = 0111$ như hình 5-57, kiểm tra hàng nào bằng không?
- Nếu bằng $H_0 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘C’.
- Nếu bằng $H_1 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘D’.
- Nếu bằng $H_2 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘E’.
- Nếu bằng $H_3 = 0$ thì đã nhấn phím số ‘F’.
- Nếu không có phím nhấn nào ở cột C_3 đến đây xem như kết thúc.

Hình 5-57: Bàn phím ma trận 4×4 với cột C_3 bằng 0.

Tên các phím để chúng ta phân biệt, còn chương trình phân biệt các phím bằng mã, mỗi phím có 1 mã phím do phần mềm lập trình xây dựng, để đơn giản mỗi phím được đặt mã như sau :

Phím số ‘0’ có mã là 00H, phím số ‘1’ có mã là 01H, ... phím ‘F’ có mã là 0FH.

Hoạt động quét bàn phím được thực hiện theo lưu đồ như hình 5-58.



Hình 5-58: Lưu đồ quét bàn phím ma trận 4×4 .

Giải thích lưu đồ:

Mã quét cột là 4 bit thấp bao gồm các trạng thái: “1110B”, “1101B”, “1011B”, “0111B” kết hợp với 4 bit cao của hàng luôn là “1111B” nên dữ liệu kết hợp theo byte viết dạng số hex là “FEH”, “FDH”, “FBH”, “F7H”.

Gán cột bắt đầu từ 0, hàng gán bằng FFH, mã phím ban đầu gán bằng FFH.

Xuất lần lượt từng mã quét cột ra port quét phím, tiến hành kiểm tra từng hàng xem hàng nào bằng 0 thì phím tương ứng được nhấn. Khi đó ta gán giá trị tương ứng cho từng hàng.

Cuối cùng kiểm tra hàng xem có bằng FFH hay không, nếu bằng thì không phím nào được nhấn trong lúc thực hiện chương trình quét, thoát với mã phím bằng FFH, nếu khác FFH thì đã có nhấn phím, tiến hành tính toán mã phím và thoát với mã phím là của phím đã nhấn.

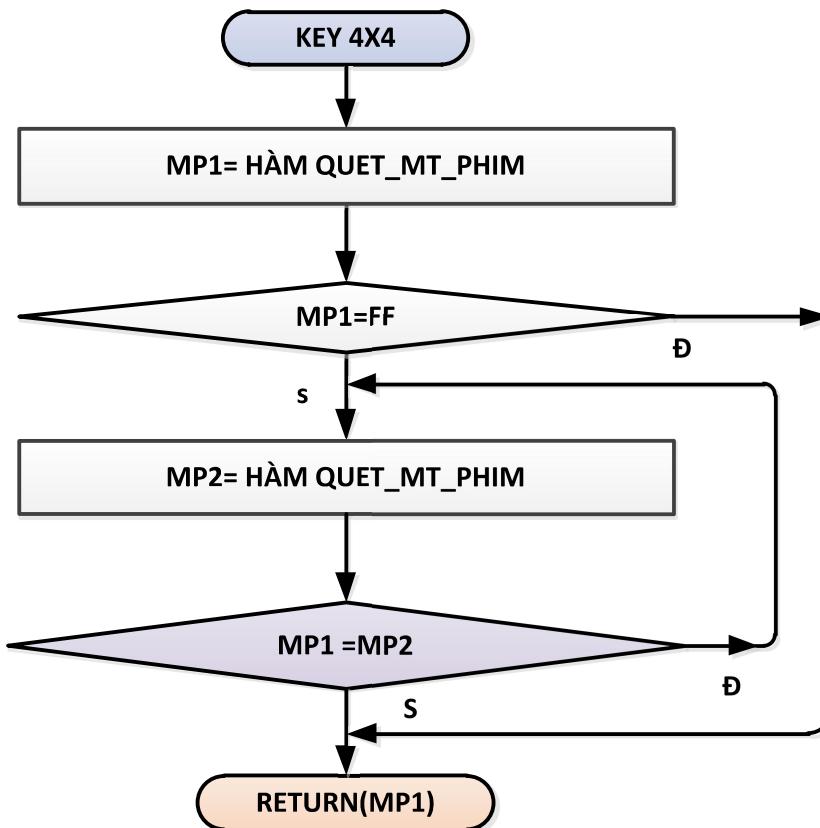
Nếu quét cột thứ 0 thì cột bằng 0, theo công thức mã phím sẽ có giá trị từ 0H đến 3H.

Nếu quét cột thứ 1 thì cột bằng 1, theo công thức mã phím sẽ có giá trị từ 4H đến 7H.

Nếu quét cột thứ 2 thì cột bằng 2, theo công thức mã phím sẽ có giá trị từ 8H đến BH.

Nếu quét cột thứ 3 thì cột bằng 3, theo công thức mã phím sẽ có giá trị từ CH đến FH.

Khi quét phím thì sinh ra hiện tượng dội phím nên ta phải thực hiện thêm phần chống dội.



Hình 5-59: Lưu đồ quét bàn phím ma trận 4×4 có chống dội.

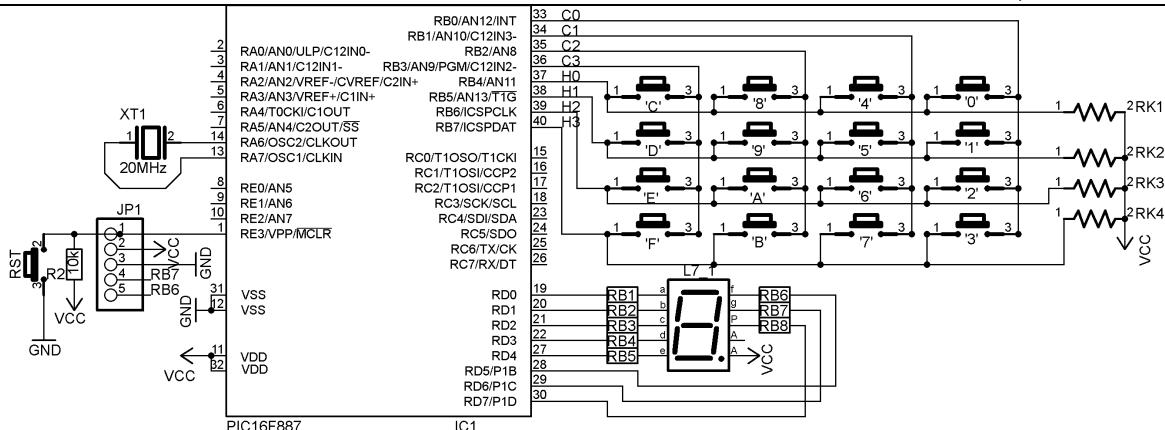
Trong lưu đồ này gọi hàm quét phím ma trận 4×4 , sau đó gán mã phím cho biến MP1, kiểm tra nếu MP1 bằng FFH thì không có nhấn phím nên không cần chống dội và thoát.

Nếu có nhấn thì gọi hàm quét phím và gán mã phím cho biến MP2, so sánh 2 mã phím: nếu 2 mã phím bằng nhau thì có nghĩa là ta chưa buông phím đã nhấn nên quay lại kiểm tra chờ cho đèn khi ta buông phím. Khi ta buông phím thì 2 mã phím sẽ khác nhau và chương trình sẽ thoát và trả về mã phím nhấn lần đầu là MT1.

Để hiểu chương trình quét bàn phím ma trận ta khảo sát bài ứng dụng theo sau.

Bài 5-12: Dùng vi điều khiển PIC 16F887 giao tiếp với 1 led 7 đoạn và ma trận phím 4×4 . Viết chương trình quét bàn phím ma trận, hiển thị tên của phím trên led 7 đoạn.

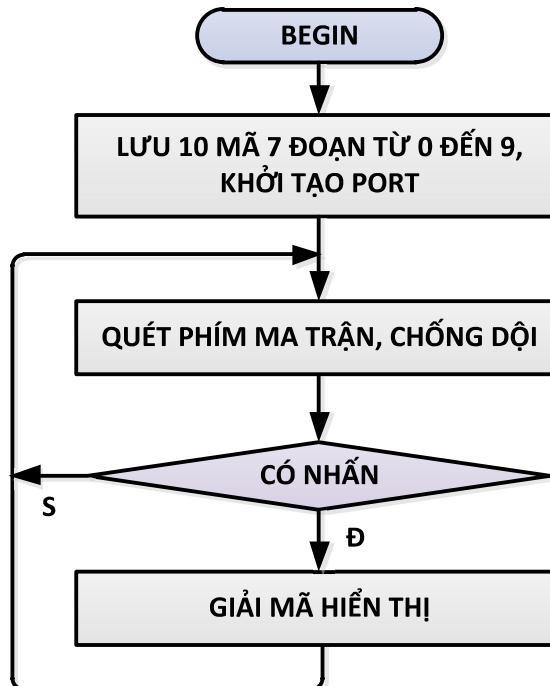
- Sơ đồ mạch:



Hình 5-60: Vi điều khiển giao tiếp bàn phím ma trận.

Trong sơ đồ dùng portB giao tiếp với bàn phím ma trận 4×4 và portD điều khiển 1 led 7 đoạn.

- Lưu đồ:



Hình 5-61: Lưu đồ quét hiển thị ma trận phím.

- Chương trình chính:

```

#include<TV_16F887.C>
#include<TV_KEY4X4.C>
SIGNED INT8 MP;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);  OUTPUT_D(0x7F);
    SET_TRIS_B(0xF0);  PORT_B_PULLUPS(0XF0);
    WHILE(TRUE)
    {
        MP= KEY_4X4();
        IF (MP!=0xFF)
        {
            OUTPUT_D(MA7DOAN[MP]);
        }
    }
}
    
```

DAU CHAM
0111 1111

- Chương trình con quét phím: “TV_KEY4X4.C”

```

CONST UNSIGNED CHAR MAQUETCOT[4]={0xFE,0xFD,0xFB,0xF7};
UNSIGNED INT QUET_MT_PHIM()
{
    SIGNED INT8 MAPHIM,HANG,COT;
    MAPHIM=HANG=0xFF;
    FOR(COT=0;COT<4;COT++)
    {
        OUTPUT_B(MAQUETCOT[COT]);
        IF (!INPUT(PIN_B4)) {HANG=0; BREAK;}
        ELSE IF (!INPUT(PIN_B5)) {HANG=1; BREAK;}
        ELSE IF (!INPUT(PIN_B6)) {HANG=2; BREAK;}
        ELSE IF (!INPUT(PIN_B7)) {HANG=3; BREAK;}
    }
    IF (HANG!=0xFF) MAPHIM = COT*4 + HANG;
    RETURN(MAPHIM);
}
UNSIGNED INT KEY_4X4()
{
    UNSIGNED INT8 MPT1,MPT2;
    MPT1=QUET_MT_PHIM();
    IF (MPT1!=0xFF)
    {
        DELAY_MS(10);
        MPT1=QUET_MT_PHIM();
        DO{MPT2=QUET_MT_PHIM();}WHILE (MPT2==MPT1);
    }
    RETURN(MPT1);
}

```

- Giải thích chương trình chính:

Các lệnh khởi tạo portB, D và điện trở kéo lên, theo sơ đồ thì dùng 4 điện trở bên ngoài thì không cần nhưng nếu ta dùng bàn phím 4x4 có sẵn chưa có điện trở thì ta phải dùng điện trở kéo lên bên trong.

Lệnh “OUTPUT_D(0x7F);” có chức năng làm dấu chấm của led 7 đoạn sáng để báo hiệu chương trình đã hoạt động.

Lệnh “MP=KEY_4X4();” có chức năng gọi chương trình con quét phím ma trận có chồng dôi. Nếu có nhấn thì tiến hành giải mã 7 đoạn và gửi ra portD để nhìn thấy mã phím dạng số hex. Các mã 7 đoạn của 16 số hex lưu trong file thư viện.

Nếu không nhấn phím nào thì quay trở lại chờ nhấn phím.

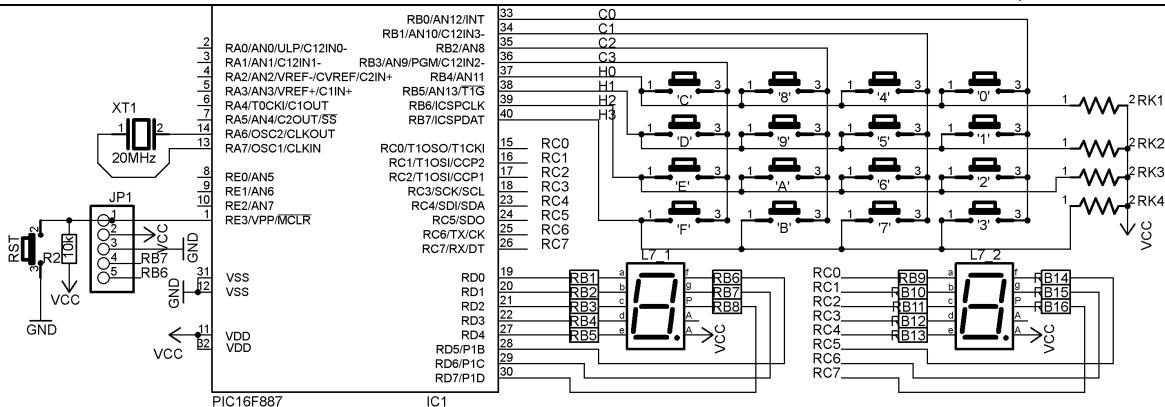
- Giải thích chương trình con:

Chương trình con KEY_4x4 có chức năng gọi chương trình con quét phím và chồng dôi.

Hai chương trình con này giống như lưu đồ đã viết và đã giải thích.

Bài 5-13: Dùng vi điều khiển PIC 16F887 giao tiếp với 2 led 7 đoạn và ma trận phím 4x4. Viết chương trình quét bàn phím ma trận, hiển thị mã phím nhấn và dịch. Bắt đầu thì hiển thị dấu chấm ở led 7 đoạn thứ 0, khi nhấn phím bất kỳ ví dụ là 3 thì dấu chấm sẽ dịch sang led 7 đoạn thứ 1, số 3 sẽ hiển thị ở led thứ 0, nếu nhấn tiếp phím số 5 thì số 3 của led thứ 0 sẽ chuyển sang led thứ 1, số 5 sẽ hiển thị ở led thứ 0.

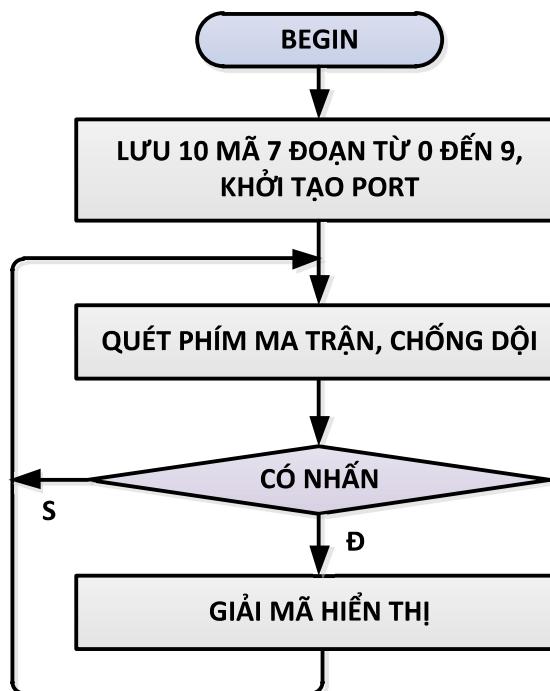
- Sơ đồ mạch:



Hình 5-62: Vi điều khiển giao tiếp bàn phím ma trận và 2 led 7 đoạn.

Trong sơ đồ dùng portB giao tiếp với bàn phím ma trận 4×4 , portC và D điều khiển 2 led 7 đoạn.

- Lưu đồ:



Hình 5-63: Lưu đồ quét ma trận phím và hiển thị mã phím.

- Chương trình chính:

```

#include<TV_16F887.C>
#include<TV_KEY4X4.C>
SIGNED INT8 MP, SOTHU1, SOTHU0;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);      SET_TRIS_C(0x00);
    SET_TRIS_B(0xF0);      PORT_B_PULLUPS(0XF0);
    SOTHU0=0X7F;           SOTHU1=0xFF;
    OUTPUT_D(SOTHU0);      OUTPUT_C(SOTHU1);
    WHILE(TRUE)
    {
        MP=KEY_4X4();
        IF (MP!=0XFF)
        {
            SOTHU1=SOTHU0;
            SOTHU0=MA7DOAN[MP];
            OUTPUT_D(SOTHU0);  OUTPUT_C(SOTHU1);
        }
    }
}
    
```

{}
{}

- Giải thích chương trình chính:

Các lệnh khởi tạo portB, C, D và điện trở kéo lên. Gán 2 biến số thứ 1 bằng FFH, số thứ 0 bằng 7FH khi gởi ra portC và D thì led thứ 1 tắt, led thứ 0 sáng dấu chấm thập phân để cho biết chương trình đã chạy.

Gọi chương trình quét phím có chồng dội và kiểm tra mã phím nếu có nhân thì tiến hành chuyển mã hiển thị của led thứ 0 sang cho led thứ 1, giải mã 7 đoạn của phím mới nhân, tiến hành gởi 2 mã ra 2 led.

Quay lại làm tương tự khi ta nhấn các phím khác.

Bài tập 5-9: Hãy hiệu chỉnh bài 5-13 sau cho chương trình chỉ cho phép nhấn các phím số thập phân từ 0 đến 9. Các bước thực hiện bao gồm: viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

Bài tập 5-10: Từ bài tập 5-9 thêm yêu cầu khi nhấn phím C thì có chức năng xoá các số đang hiển thị và hiển thị lại dấu chấm thập phân. Các bước thực hiện bao gồm: viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

Bài tập 5-11: Từ bài tập 5-10 thêm yêu cầu khi nhấn phím D thì có chức năng xoá bỏ phím nhấn sau cùng và hiển thị trở lại 2 giá trị của 2 led đã hiển thị trước đó. Các bước thực hiện bao gồm: viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

Chú ý: lần đầu khi mới cấp điện thì không có hiệu lực cho phím D.

Bài tập 5-12: Hãy hiệu chỉnh bài 5-13 sau cho chương trình khi nhấn các phím số thập phân từ 0 đến 9 thì hiển thị trên ở led thứ 0, khi nhấn các phím từ A đến F thì hiển thị giá trị thập phân ở 2 led, ví dụ ta nhấn phím F thì không hiển thị F mà hiển thị 15. Các bước thực hiện bao gồm: viết lưu đồ, viết chương trình và mô phỏng.

JX. CÁC ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN LCD

1. GIỚI THIỆU LCD

Giao tiếp với led 7 đoạn có hạn chế vì chỉ hiển thị được các số từ 0 đến 9 hoặc số hex từ 0 đến F – không thể nào hiển thị được các thông tin kí tự khác, nhưng chúng sẽ được hiển thị đầy đủ trên LCD.

LCD có rất nhiều dạng phân biệt theo kích thước từ vài kí tự đến hàng chục kí tự, từ 1 hàng đến vài chục hàng. LCD 16×2 có nghĩa là có 2 hàng, mỗi hàng có 16 kí tự. LCD 20×4 có nghĩa là có 4 hàng, mỗi hàng có 20 kí tự.

LCD 16×2 có hình dáng như hình 5-64:



Hình 5-64. Hình ảnh của LCD.

2. SƠ ĐỒ CHÂN CỦA LCD

LCD có nhiều loại và số chân của chúng cũng khác nhau nhưng có 2 loại phổ biến là loại 14 chân và loại 16 chân, sự khác nhau là các chân nguồn cung cấp, còn các chân điều khiển thì không thay đổi, khi sử dụng loại LCD nào thì phải tra datasheet của chúng để biết rõ các chân.

Bảng 5-2: Các chân của LCD:

| Thứ tự | Tên tín hiệu | I/O | Mô tả |
|--------|-----------------|---------|-------------------------|
| 1 | V _{SS} | Nguồn | GND |
| 2 | V _{DD} | Nguồn | +5V |
| 3 | V _O | Điện áp | Điều khiển ánh sáng nền |
| 4 | RS | INPUT | Register Select |
| 5 | R/W | INPUT | Read/Write |
| 6 | E | INPUT | Enable (strobe) |
| 7 | D ₀ | I/O | DATA LSB |
| 8 | D ₁ | I/O | DATA |
| 9 | D ₂ | I/O | DATA |
| 10 | D ₃ | I/O | DATA |
| 11 | D ₄ | I/O | DATA |
| 12 | D ₅ | I/O | DATA |
| 13 | D ₆ | I/O | DATA |
| 14 | D ₇ | I/O | DATA MSB |
| 15 | A | I | Nguồn dương +5V |
| 16 | K | I | GND |

Trong 16 chân của LCD được chia ra làm 3 dạng tín hiệu như sau:

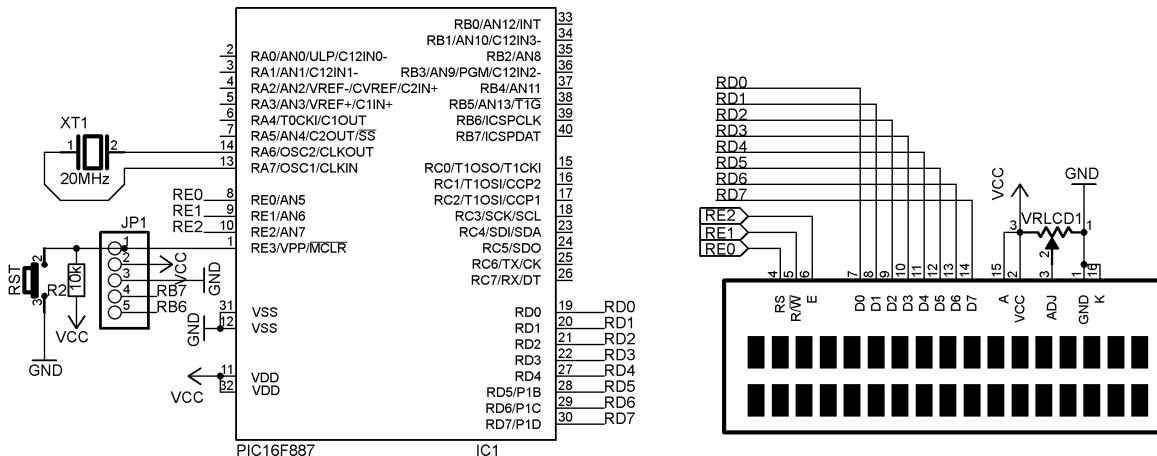
Các chân cấp nguồn: Chân số 1 là chân nối mass (0V), chân thứ 2 là Vdd nối với nguồn +5V. Chân thứ 3 dùng để chỉnh contrast thường nối với biến trở.

Các chân điều khiển: Chân số 4 là chân RS dùng để điều khiển lựa chọn thanh ghi. Chân R/W dùng để điều khiển quá trình đọc và ghi. Chân E là chân cho phép dạng xung chốt.

Các chân dữ liệu D7÷D0: Chân số 7 đến chân số 14 là 8 chân dùng để trao đổi dữ liệu giữa thiết bị điều khiển và LCD.

3. SƠ ĐỒ MẠCH GIAO TIẾP VI ĐIỀU KHIỂN VỚI LCD

Trong phần này sẽ trình bày phần giao tiếp vi điều khiển PIC 16F887 với LCD như hình 5-65:



Hình 5-65. Giao tiếp vi điều khiển PIC16F887 với LCD.

Chú ý: chỉnh biến trở sao cho các kí tự hiển thị trên LCD thì dừng lại.

4. CÁC LỆNH ĐIỀU KHIỂN LCD:

Để điều khiển LCD thì có các IC chuyên dùng được tích hợp bên dưới LCD có mã số 447801 đến các IC 447809. Trong IC này có bộ nhớ RAM dùng để lưu trữ dữ liệu cần hiển thị và thực hiện việc điều khiển LCD hiển thị.

Bảng 5-3: Các lệnh điều khiển LCD:

| LỆNH | RS | RW | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | Mô tả | clock |
|----------------------|----|----|------------|--------------------------|-------------------------|----|-----|-----|-----|--------------------------------|--|--------------------|
| NOP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | No operation | 0 |
| Clear display | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | Clear display & sets address counter to zero | 165 |
| Cursor home | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | Sets address counter to zero, returns shifted display to original position. DDRAM contents remain unchanged. | 3 |
| Entry mode set | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | I/D | S | Sets cursor move direction, and specifies automatic shift. | 3 |
| Display control | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B | Turns display (D), cursor on/off (C) or cursor blinking (B). | 3 |
| Cursor/display shift | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S/C | R/L | 0 | 0 | Move cursor and shift display. DDRAM contents remain unchanged. | 3 |
| Function set | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | M | G | 0 | Sets interface data width (DL), number of display lines (N,M) and voltage generator control (G). | 3 |
| Set CGRAM addr | 0 | 0 | 0 | 1 | Character Generator RAM | | | | | | | Sets CGRAM address |
| Set DDRAM addr | 0 | 0 | 1 | Display data ram address | | | | | | | Sets DDRAM address | 3 |
| Buzy flag & Addr | 0 | 0 | BF | Address counter | | | | | | | Reads busy flag & address counter | 0 |
| Read data | 1 | 0 | Read data | | | | | | | Reads data from CGRAM or DDRAM | | 3 |
| Read data | 1 | 1 | Write data | | | | | | | Write data to CGRAM or DDRAM | | 3 |

Lệnh xoá màn hình “Clear Display”: khi thực hiện lệnh này thì LCD sẽ bị xoá và bộ đếm địa chỉ được xoá về 0.

Lệnh di chuyển con trỏ về đầu màn hình “Cursor Home”: khi thực hiện lệnh này thì bộ đếm địa chỉ được xoá về 0, phần hiển thị trở về vị trí gốc đã bị dịch trước đó. Nội dung bộ nhớ RAM hiển thị DDRAM không bị thay đổi.

Lệnh thiết lập lối vào “Entry mode set”: lệnh này dùng để thiết lập lối vào cho các kí tự hiển thị, bit ID = 1 thì con trỏ tự động tăng lên 1 mỗi khi có 1 byte dữ liệu ghi vào bộ hiển thị, khi ID = 0 thì con trỏ sẽ không tăng; dữ liệu mới sẽ đè lên dữ liệu cũ. Bit S = 1 thì cho phép dịch chuyển dữ liệu mỗi khi nhận 1 byte hiển thị.

Lệnh điều khiển con trỏ hiển thị “Display Control”: lệnh này dùng để điều khiển con trỏ (cho hiển thị thì bit D = 1, tắt hiển thị thì bit D = 0), tắt mở con trỏ (mở con trỏ thì bit C = 1, tắt con trỏ thì bit C = 0), và nhấp nháy con trỏ (cho nhấp nháy thì bit B = 1, tắt thì bit B = 0).

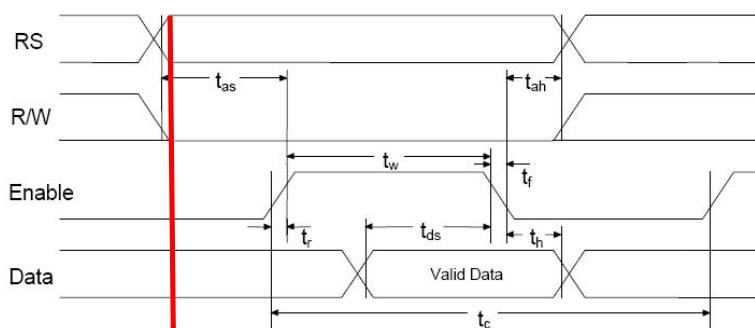
Lệnh di chuyển con trỏ “Cursor /Display Shift”: lệnh này dùng để điều khiển di chuyển con trỏ hiển thị dịch chuyển (SC = 1 cho phép dịch chuyển, SC = 0 thì không cho phép), hướng dịch chuyển (RL = 1 thì dịch phải, RL = 0 thì dịch trái). Nội dung bộ nhớ DDRAM vẫn không đổi.

Lệnh thiết lập địa chỉ cho bộ nhớ RAM phát kí tự “Set CGRAM Addr”: lệnh này dùng để thiết lập địa chỉ cho bộ nhớ RAM phát kí tự.

Lệnh thiết lập địa chỉ cho bộ nhớ RAM hiển thị “Set DDRAM Addr”: lệnh này dùng để thiết lập địa chỉ cho bộ nhớ RAM lưu trữ các dữ liệu hiển thị.

Hai lệnh cuối cùng là lệnh đọc và lệnh ghi dữ liệu LCD.

Dạng sóng các tín hiệu khi thực hiện ghi dữ liệu vào LCD như hình 5-66:



Hình 5-66. Dạng sóng điều khiển của LCD.

Nhìn vào dạng sóng ta có thể thấy được trình tự điều khiển như sau:

- Điều khiển tín hiệu RS.
- Điều khiển tín hiệu R/W xuống mức thấp.
- Điều khiển tín hiệu E lên mức cao để cho phép.
- Xuất dữ liệu D7-D0.
- Điều khiển tín hiệu E về mức thấp.
- Điều khiển tín hiệu R/W lên mức cao trở lại.

5. ĐỊA CHỈ CỦA TÙNG KÍ TỰ TRÊN LCD

LCD16x2 có 2 hàng mỗi hàng 16 kí tự.

Hàng 1: kí tự tận cùng bên trái có địa chỉ là 0x80, kí tự kế là 0x81, kí tự cuối cùng là 0x8F.

Hàng 2: kí tự tận cùng bên trái có địa chỉ là 0xC0, kí tự kế là 0xC1, kí tự cuối cùng là 0xCF.

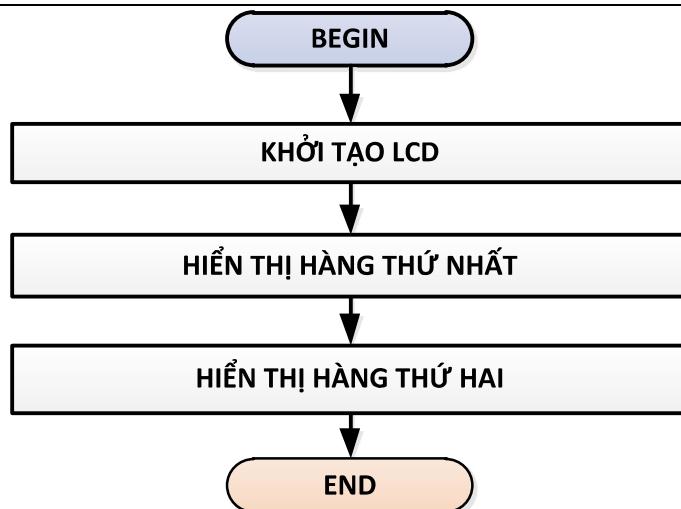
Bảng 5-4: Địa chỉ của từng kí tự:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Địa chỉ | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 8A | 8B | 8C | 8D | 8E | 8F |
| Kí tự hàng 1 | | D | H | | S | P | | K | Y | | T | H | U | A | T | |
| Kí tự hàng 2 | | T | P | | H | O | | C | H | I | | M | I | N | H | |
| Địa chỉ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | CA | CB | CC | CD | CE | CF |

6. CÁC CHƯƠNG TRÌNH HIỂN THỊ TRÊN LCD

Bài 5-14: Sử dụng mạch giao tiếp vi điều khiển PIC16F887 với LCD 16×2 ở hình 5-65, hãy viết chương trình hiển thị 2 hàng thông tin như trong bảng 5-4.

- Sơ đồ mạch: giống như hình 5-65.
- Lưu đồ:



Hình 5-67: Lưu đồ hiển thị thông tin trên 2 hàng.

- Chương trình chính:

```

#include<TV_16F887.C>
#include<TV_LCD.C>
UNSIGNED INT I;
const unsigned char HANG1[16]={" DH SP KY THUAT "};
const unsigned char HANG2[16]={" TP HO CHI MINH "};

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_E(0x00);      SET_TRIS_D(0x00);
    LCD_SETUP();           DINH_NGHIA TRONG THU VIEN
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE1);  DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++)     { LCD_DATA(HANG1[I]);}
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE2);  DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++)     { LCD_DATA(HANG2[I]);}
    while(TRUE) {}
}
  
```

16 => LCD 16x2 (cot x hang)

DINH_NGHIA TRONG THU VIEN
#DEFINE ADDR_LINE1 0X80

tuy theo so ky tu can
hien thi --> 1 - 16

- Giải thích chương trình chính:

Khai báo 2 thư viện: “TV_16F887.C” đã viết, “TV_LCD.C” viết bên dưới.

Khởi tạo các port, khởi tạo LCD.

Khởi tạo địa chỉ hàng 1 và tiến hành vòng lặp for cho hiển thị lần lượt 16 ký tự của hàng 1.

Khởi tạo địa chỉ hàng 2 và tiến hành vòng lặp for cho hiển thị lần lượt 16 ký tự của hàng 2.

Thực hiện vòng lặp while.

- Chương trình thư viện “TV_LCD.C”:

```

#ifndef LCD_RS
#define LCD_RS      PIN_E0
#endif

#ifndef LCD_RW
#define LCD_RW      PIN_E1
#endif

#ifndef LCD_E
#define LCD_E       PIN_E2
#endif
  
```

```

#ifndef OUTPUT_LCD
#define OUTPUT_LCD    OUTPUT_D
#endif

#define FUNCTION_SET      0X38
#define DISPLAY_CONTROL   0X0F
#define CLEAR_DISPLAY     0X01
#define ENTRY_MODE        0X06
#define SHIFT_LEFT         0X18
#define SHIFT_RIGHT        0X1C
#define ADDR_LINE1         0X80
#define ADDR_LINE2         0XC0

void LCD_COMMAND(UNSIGNED CHAR MDK)
{
    OUTPUT_LOW(LCD_RS);      OUTPUT_LCD(MDK);
    OUTPUT_HIGH(LCD_E);      DELAY_US(20);
    OUTPUT_LOW(LCD_E);      DELAY_US(20);
}

void LCD_DATA(UNSIGNED CHAR MHT)
{
    OUTPUT_HIGH(LCD_RS);    OUTPUT_LCD(MHT);
    OUTPUT_HIGH(LCD_E);    DELAY_US(20);
    OUTPUT_LOW(LCD_E);    DELAY_US(20);
}

VOID LCD_SETUP()
{
    OUTPUT_LOW(LCD_E);
    OUTPUT_LOW(LCD_RS);
    OUTPUT_LOW(LCD_RW);
    LCD_COMMAND(FUNCTION_SET);    DELAY_MS(1);
    LCD_COMMAND(DISPLAY_CONTROL);
    LCD_COMMAND(CLEAR_DISPLAY);    DELAY_MS(2);
    LCD_COMMAND(ENTRY_MODE);
}

```

- Giải thích chương trình thư viện LCD:

Ba lệnh đầu tiên có chức năng kiểm tra xem biến LCD_RS chưa định nghĩa (IFNDEF được viết tắt của các từ if not define: nếu chưa định nghĩa) thì tiến hành định nghĩa. Nếu đã định nghĩa rồi thì không định nghĩa nữa.

Với cách thức này có chức năng: với các bài LCD này thì ta đã dùng portD và các bit của portE nhưng sang các ứng dụng khác, ta dùng port khác với portD và E, ví dụ không dùng portD mà dùng portC thì ta chỉ cần định nghĩa portC trong chương trình chính, không cần thay đổi các định nghĩa trong chương trình con LCD đã viết.

Tương tự cho các định nghĩa khác.

Chương trình con “LCD_COMMAND” thực hiện chức năng gửi lệnh ra LCD.

Chương trình con “LCD_DATA” thực hiện chức năng gửi dữ liệu ra LCD để hiển thị.

Chương trình con “LCD_SETUP” thực hiện chức năng khởi tạo LCD.

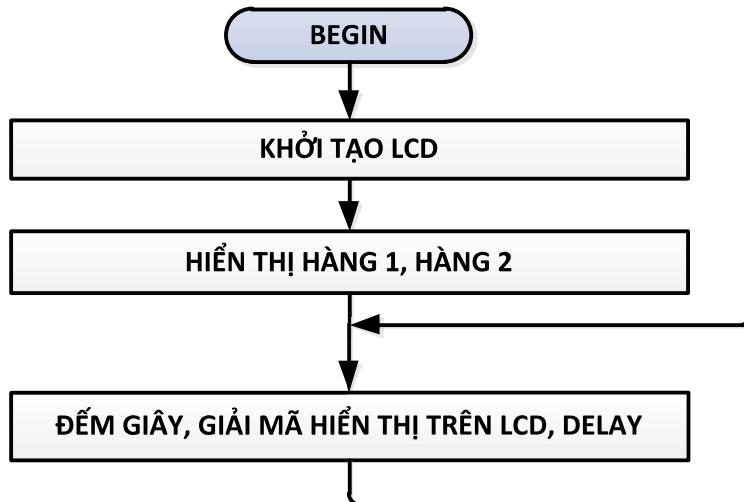
Bài 5-15: Sử dụng mạch giao tiếp vi điều khiển PIC16F887 với LCD 16×2 ở hình 5-65, hãy viết chương trình hiển thị 2 hàng thông tin như trong bảng 5-7. Trong đó 2 ô cuối của hàng 1 sẽ hiển thị thời gian đếm giây chưa cài chính xác.

Bảng 5-7: Thông tin hiển thị 2 hàng kí tự:

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Địa chỉ | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 8A | 8B | 8C | 8D | 8E | 8F |
| Kí tự hàng 1 | D | O | N | G | | H | O | : | | | | | | S | S | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Kí tự hàng 2 | * | T | P | H | O | C | H | I | M | I | N | H | * | | | |
| Địa chỉ | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | CA | CB | CC | CD | CE | CF |

- Sơ đồ mạch: giống như hình 5-65.
- Lưu đồ:



Hình 5-68: Lưu đồ hiển thị thông tin và đếm giây.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#include<TV_LCD.C>
UNSIGNED CHAR I, GIAY;
const unsigned char HANG1[16]={"DONG HO      "};
const unsigned char HANG2[16]={"*TP HO CHI MINH*"};
 
VOID LCD_HIENTHI()
{
    LCD_COMMAND(0x8E);    DELAY_US(10);
    LCD_DATA((GIAY/10)+0X30); // 0X30 ma ASCII cua so 0 --> 0x39 (so 9)
    LCD_DATA((GIAY%10)+0X30); // MA_ASCII so dem = so dem + 0x30;
}
 
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_E(0x00);    SET_TRIS_D(0x00);
    LCD_SETUP();
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE1);    DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++) { LCD_DATA(HANG1[I]); }
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE2);    DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++) { LCD_DATA(HANG2[I]); }

    while(TRUE)
    {
        FOR(GIAY=0;GIAY<60;GIAY++)
        {
            LCD_HIENTHI();
            DELAY_MS(1000);
        }
    }
}
  
```

Annotations on the code:

- 0X30 ma ASCII cua so 0 --> 0x39 (so 9)
- MA_ASCII so dem = so dem + 0x30;
- DAT NGOAI VONG LAP WHILE (TRUE) --> THUC HIEN 1 LAN DAU TIEN
- > CO DINH, KHONG THAY DOI
- 14 --> 8

Các thông tin hiển thị trên LCD là mã ASCII, giá trị của giây được tách ra thành số BCD và cộng thêm với 0x30 sẽ thành mã ASCII, khi đó mới hiển thị trên LCD.

Bài tập 5-13: Hãy viết chương trình đếm phút giây hiển thị trên LCD. Phút hiển thị cùng hàng với giây, cách 1 ô.

Bài tập 5-14: Hãy viết chương trình đếm giờ phút giây hiển thị trên LCD.

X. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 5-1: Hãy nêu các chức năng portA, B, C, D và E của vi điều khiển PIC16F887.

Câu số 5-2: Hãy so sánh port0 của vi điều khiển AT89S52 và portA của PIC16F887.

Câu số 5-3: Hãy so sánh port1 của vi điều khiển AT89S52 và portB của PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu số 5-4: Hãy tìm hiểu các port của vi điều khiển PIC18F4550 và so sánh với PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 5-1: Vi điều khiển PIC 16F887 có mấy port:

- | | |
|-------|-------|
| (a) 3 | (b) 4 |
| (c) 5 | (d) 6 |

Câu 5-2: Port nào của PIC 16F887 có điện trở kéo lên bên trong:

- | | |
|-----------|-----------|
| (a) PortA | (b) PortB |
| (c) PortC | (d) PortD |

Câu 5-3: Port nào của PIC 16F887 có ngõ vào ngoài INT:

- | | |
|-----------|-----------|
| (a) PortA | (b) PortB |
| (c) PortC | (d) PortD |

Câu 5-4: Thanh ghi TRISX của PIC 16F887 có chức năng:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| (a) Định hướng cho ADC | (b) Lưu dữ liệu cho các port |
| (c) Định hướng cho các port | (d) Lưu địa chỉ của các port |

Câu 5-5: Khai báo biến “INT x” thì biến x là:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 1 bit | (b) 8 bit |
| (c) 16 bit | (d) 32 bit |

Câu 5-6: Khai báo biến “INT16 y” thì biến y là:

- | | |
|------------|------------|
| (a) 1 bit | (b) 8 bit |
| (c) 16 bit | (d) 32 bit |

Câu 5-7: Khai báo biến “unsigned int y” thì biến y là số nguyên dương:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| (a) Có giá trị từ 0 đến 255 | (b) Có giá trị từ 0 đến 25 |
| (c) Có giá trị từ -128 đến 127 | (d) Có giá trị từ -128 đến 255 |

Câu 5-8: Khai báo biến “signed int y” thì biến y là số nguyên dương:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| (a) Có giá trị từ 0 đến 255 | (b) Có giá trị từ 0 đến 256 |
| (c) Có giá trị từ -128 đến 127 | (d) Có giá trị từ -128 đến 255 |

Câu 5-9: Kí hiệu “x = y/z” là lệnh có chức năng:

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| (a) X bằng y chia z lấy số dư | (b) X bằng y chia z lấy kết quả |
|-------------------------------|---------------------------------|

Câu 5-10: Kí hiệu “ $x = y\%z$ ” là lệnh có chức năng:

- (a) X bằng y chia z lấy số dư
(c) X bằng z chia y lấy số dư

(b) X bằng y chia z lấy kết quả
(d) X bằng z chia y lấy kết quả

Câu 5-11: Khai báo nào là khai báo kí tự:

Câu 5-12: Lệnh nào định cấu hình cho portB:

Câu 5-13: Lệnh nào xuất giá trị 8 bit ra portB:

Câu 5-14: Lệnh nào làm 1 tín hiệu của port xuống mức thấp:

Câu 5-15: Vì điều khiển PIC thì các port:

Câu 5-16: Trong mạch quét 8 led thì transistor có chức năng:

Câu 5-17: Trong mạch quét 8 led thì mỗi thời điểm có:

Câu 5-18: Trong mạch quét 8 led nếu chương trình không quét thì:

Câu 5-19: Nếu mở rộng mạch quét 8 led thành 16 led thì dùng tống công:

Câu 5-20: Trong mạch quét 8 led thì thời gian led sáng mỗi led là:

Câu 5-21: Trong mạch quét 8 led thì thời gian led tắt mỗi led là:

- (a) 1/8 chu kỳ
 (c) 1/4 chu kỳ

Câu 5-22: Mã 7 đoạn số 9 của led anode chung là:

Câu 5-23: Mã 7 đoạn số hex F của led anode chung là:

- | | |
|----------|----------|
| (a) 0x8E | (b) 0xE8 |
| (c) 0xF8 | (d) 0xFE |

VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: TIMER - COUNTER

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ KHẢO SÁT TIMER0 CỦA PIC 16F887
 - NGẮT CỦA TIMER0
 - TIMER0 ĐÉM XUNG NGOẠI
 - BỘ CHIA TRƯỚC
- ❑ KHẢO SÁT TIMER1 CỦA PIC 16F887
 - TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ ĐỊNH THỜI
 - TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ ĐÉM XUNG NGOẠI
 - HOẠT ĐỘNG CỦA TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ COUNTER ĐỒNG BỘ
 - HOẠT ĐỘNG CỦA TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ COUNTER BẤT ĐỒNG BỘ
 - ĐỌC VÀ GHI TIMER1 TRONG CHẾ ĐỘ ĐÉM KHÔNG ĐỒNG BỘ
 - BỘ DAO ĐỘNG CỦA TIMER1
 - RESET TIMER1 SỬ DỤNG NGÕ RA CCP TRIGGER
 - RESET CẤP THANH GHI TMR1H, TMR1L CỦA TIMER1
- ❑ KHẢO SÁT TIMER2 CỦA PIC 16F887
 - BỘ CHIA TRƯỚC VÀ CHIA SAU CỦA TIMER2
 - NGÕ RA CỦA TMR2
- ❑ CÁC LỆNH CỦA TIMER – COUNTER TRONG NGÔN NGỮ CCS-C
 - LỆNH SETUP_TIMER_0(MODE)
 - LỆNH SETUP_TIMER_1(MODE)
 - LỆNH SETUP_TIMER_2(MODE)
 - LỆNH SET_TIMERX(VALUE)
 - LỆNH GET_TIMERX()
 - LỆNH SETUP_WDT(MODE)
 - LỆNH RESTART_WDT()
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ĐỊNH THỜI DÙNG TIMER
- ❑ CÁC ỨNG DỤN ĐÉM XUNG NGOẠI DÙNG COUNTER
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - BÀI TẬP

I. GIỚI THIỆU

Ở chương này khảo sát các timer/counter của các vi điều khiển, các timer/counter có chức năng đếm xung nội có chu kỳ đã biết để định thời điều khiển thiết bị theo thời gian, có thể đếm xung ngoại để đếm sự kiện như đếm số vòng dây quấn, đếm sản phẩm, đếm tiền, ...

Timer có nhiều tiện ích trong điều khiển nên hầu hết các vi điều khiển đều tích hợp, ở chương này chúng ta sẽ khảo sát timer/counter và các ứng dụng.

Vi điều khiển PIC họ 16F887 có 3 timer T0, T1 và T2. T0 là timer/counter 8 bit, T1 là timer/counter 16 bit, cả 2 đều có bộ chia trước. T2 là timer 8 bit có bộ chia trước và chia sau phục vụ cho các ứng dụng đặc biệt.

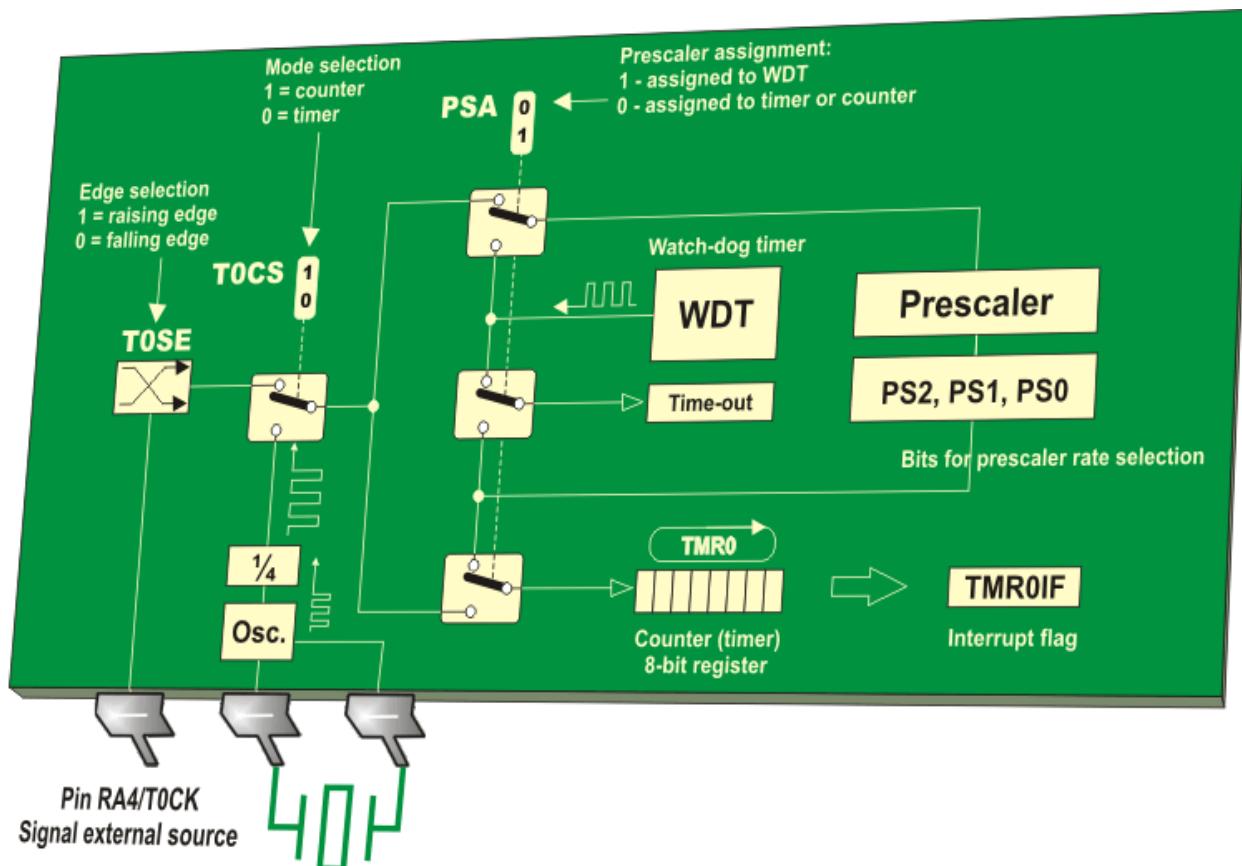
Sau khi kết thúc chương này bạn có thể sử dụng được timer/counter của các vi điều khiển.

II. KHẢO SÁT TIMER0 CỦA PIC 16F887

Bộ timer0/counter0 có những đặc điểm sau:

- Là timer/counter 8 bit.
- Có thể đọc và ghi giá trị đếm của timer/counter.
- Có bộ chia trước 8 bit cho phép lập trình lựa chọn hệ số chia bằng phần mềm.
- Cho phép lựa chọn nguồn xung clock bên trong hoặc bên ngoài.
- Phát sinh ngắt khi bị tràn từ FFH về 00H.
- Cho phép lựa chọn tác động xung CK cạnh lên hoặc cạnh xuống.

Sơ đồ khối của timer0 và bộ chia trước với WDT như hình 6-1:



Hình 6-1: Sơ đồ khối của timer0 của PIC16F887.

Để sử dụng timer0 thì phải khảo sát chức năng của thanh ghi điều khiển timer là OPTION_REG. Cấu hình thanh ghi và chức năng các bit như sau:

| | |
|---------|---|
| Bit 7 | <u>RBU</u> : bit điều khiển điện trở treo của portb. |
| Bit 6 | INTEDG |
| Bit 5 | T0CS : bit lựa chọn nguồn xung cho TMR0 - TMR0 Clock Source Select bit. 1= sẽ đếm xung ngoại đưa đến chân T0CKI. 0= sẽ đếm xung clock nội bên trong. |
| Bit 4 | T0SE : bit lựa chọn cạnh tích cực T0SE - TMR0 Source Edge Select bit. 0= tích cực cạnh lên ở chân T0CKI. 1= tích cực cạnh xuống ở chân T0CKI. |
| Bit 3 | PSA : bit gán bộ chia trước - prescaler assignment. 1= gán bộ chia cho WDT. 0= gán bộ chia Timer0. |
| Bit 2-0 | PS2:PS0 : các bit lựa chọn tỉ lệ bộ chia trước - prescaler rate select bits: |

Bảng 6-1. Lựa chọn hệ số chia của Timer0.

| Bit lựa chọn | Tỉ lệ TMR0 | Tỉ lệ WDT |
|--------------|------------|-----------|
| 000 | 1:2 | 1:1 |
| 001 | 1:4 | 1:2 |
| 010 | 1:8 | 1:4 |
| 011 | 1:16 | 1:8 |
| 100 | 1:32 | 1:16 |
| 101 | 1:64 | 1:32 |
| 110 | 1:128 | 1:64 |
| 111 | 1:256 | 1:128 |

Nếu bit T0CS bằng 1 thì chọn chế độ đếm xung ngoài Counter. Trong chế độ đếm xung ngoài thì xung đếm đưa đến chân RA4/T0CKI. Bit T0SE = 0 thì chọn cạnh lên, ngược lại thì chọn cạnh xuống.

Bộ chia trước không thể đọc/ghi có mối quan hệ với Timer0 và Watchdog Timer.

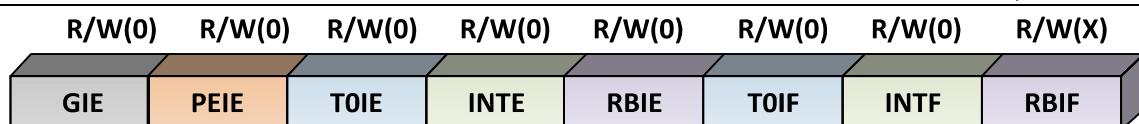
1. NGẮT CỦA TIMER0

Khi giá trị đếm trong thanh ghi TMR0 tràn từ FFh về 00h thì phát sinh ngắt, cờ báo ngắt TMR0IF lên 1. Ngắt có thể ngăn bằng bit cho phép ngắt TMR0IE.

Trong chương trình con phục vụ ngắt Timer0 phải xóa cờ báo ngắt TMR0IF. Ngắt của TMR0 không thể kích CPU thoát khỏi chế độ ngủ vì bộ định thời sẽ ngừng khi CPU ở chế độ ngủ.

Trong datasheet thì bit cho phép ngắt có tên là T0IE và cờ báo ngắt là T0IF. Hai bit này nằm trong thanh ghi INTCON ở vị trí thứ 5 và thứ 2.

Thanh ghi INTCON nằm trong vùng nhớ RAM có địa chỉ là 0xB0.



Hình 6-3: Thanh ghi INTCON.

2. TIMER0 ĐÉM XUNG NGOẠI

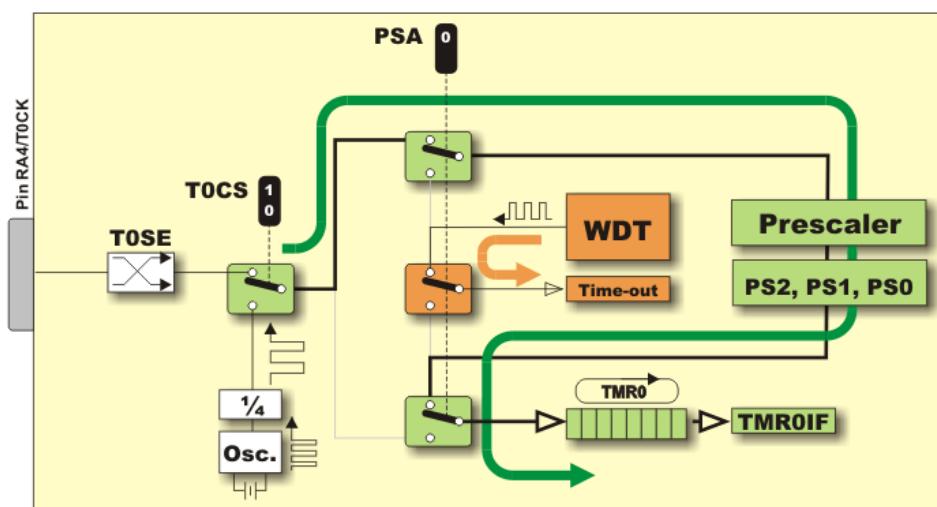
Muốn đếm xung ngoại thì xung được đưa đến ngõ vào T0CKI, việc đồng bộ tín hiệu xung ngõ vào T0CKI với xung clock bên trong được thực hiện bằng cách lấy mẫu ngõ ra bộ chia ở những chu kỳ Q2 và Q4 của xung clock bên trong. Điều này rất cần thiết cho T0CKI ở trạng thái mức cao ít nhất 2 Tosc và ở trạng thái mức thấp ít nhất 2 Tosc.

3. BỘ CHIA TRƯỚC

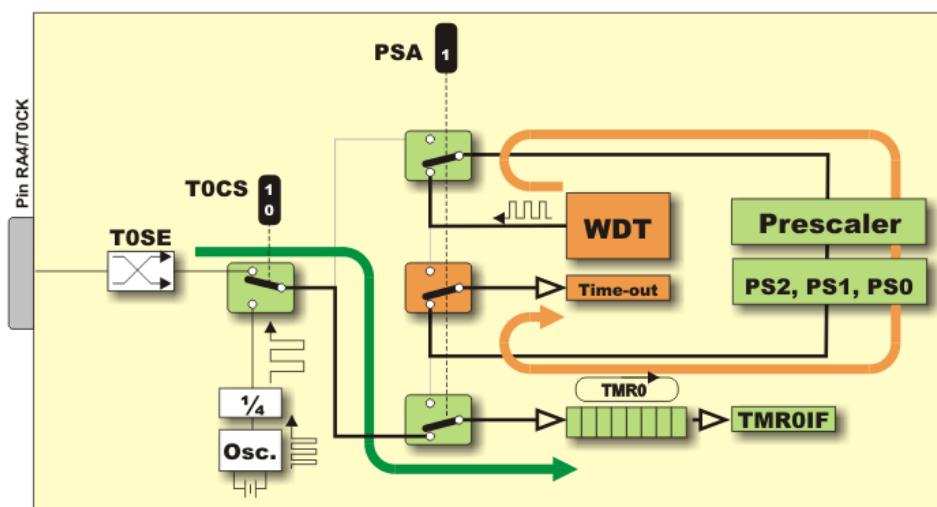
Bộ chia trước có thể gán cho Timer0 hoặc gán cho Watchdog Timer. Các bit PSA và PS2:PS0 chọn đối tượng gán và tỉ lệ chia.

Khi được gán cho Timer0 thì tất cả các lệnh ghi cho thanh ghi TMR0 (ví dụ CLRF 1, MOVWF 1, BSF 1, ...) sẽ xoá bộ chia trước.

Khi được gán cho WDT thì lệnh CLRWDT sẽ xoá bộ chia trước cùng với Watchdog Timer.



Hình 6-4: Bộ chia trước được gán cho timer.



Hình 6-5: Bộ chia trước được gán cho WDT.

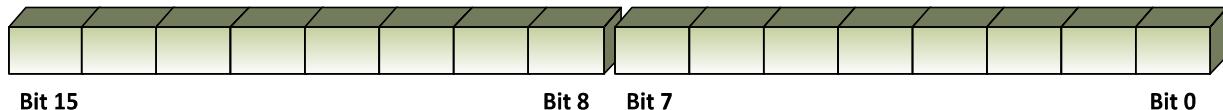
III. KHẢO SÁT TIMER1 CỦA PIC 16F887

Timer1 là bộ định thời/dếm 16 bit gồm 2 thanh ghi 8 bit (TMR1H và TMR1L) – có thể đọc và ghi. Hai thanh ghi này tăng từ 0000h đến FFFFh và quay trở lại 0000h.

Khi bị tràn thì Timer1 sẽ phát sinh ngắt, cờ báo ngắt **TMR1IF (PIR1<0>)** lên mức 1. Timer1 có bit cho phép/cảm ngắt là **TMR1IE (PIE1<0>)**.

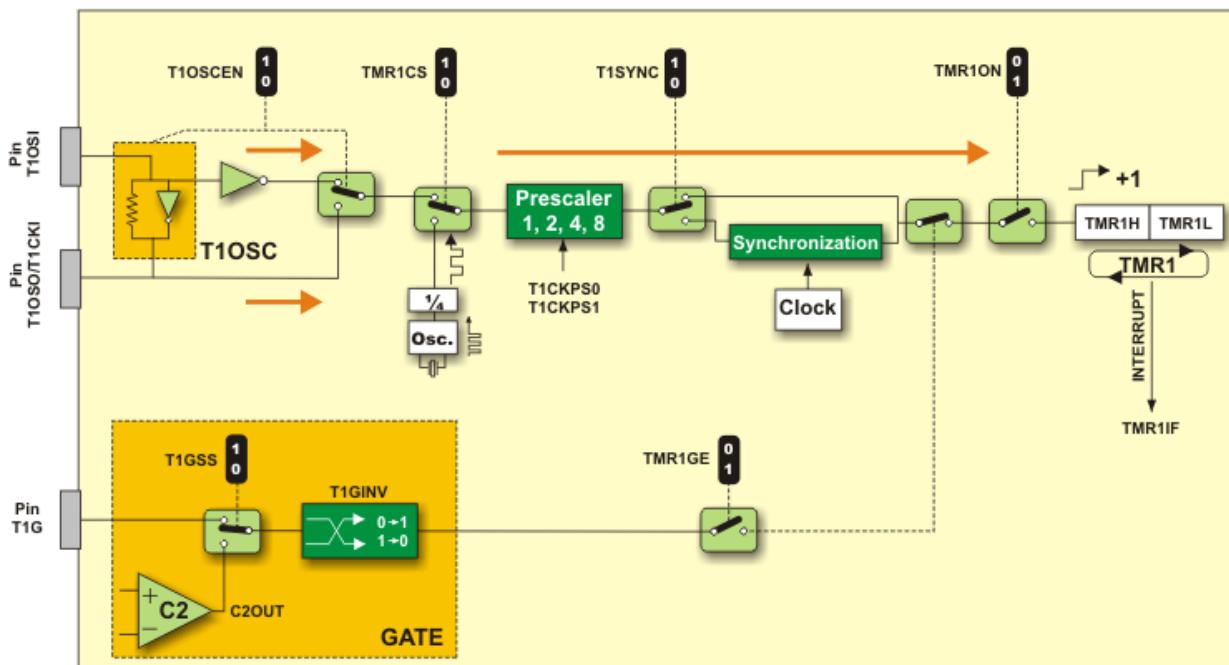
Thanh ghi TMR1H

Thanh ghi TMR1L



Hình 6-6: Thanh ghi lưu kết quả của T1.

Cấu trúc của Timer1:



Hình 6-7: Cấu trúc timer T1.

Khảo sát thanh ghi điều khiển Timer1:

| | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) |
|-------|--------|---|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| T1CON | T1GINV | TMR1GE | T1CKPS1 | T1CKPS0 | T1OSCEN | T1SYNC | TMR1CS | TMR1ON |
| | Bit 7 | R/W(0): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì bằng 0 | | | | | Bit 0 | |

Hình 6-8: Thanh ghi T1CON.

Bit 7 **T1GINV**: bit đảo công của Timer1 - Timer1 Gate Invert bit

1= công Timer1 tích cực mức 1 (Timer1 đếm khi công ở mức 1).

0= công Timer1 tích cực mức 0 (Timer1 đếm khi công ở mức 0).

Bit 6 **TMR1GE**: bit cho phép công của Timer1 - Timer1 Gate Enable bit

Nếu TMR1ON = 0: bit này sẽ không có tác dụng.

Nếu TMR1ON = 1:

1= Timer1 mở nếu công của Timer1 không tích cực.

0= Timer1 mở.

Bit 5-4 **T1CKPS1:T1CKPS0:** các bit lựa chọn bộ chia - Timer1 input Clock Prescale Select bits

11=1:8 giá trị chia.

10=1:4 giá trị chia.

01=1:2 giá trị chia.

00=1:1 giá trị chia.

Bit 3 **T1OSCEN:** bit ĐK cho phép bộ dao động Timer1 - Timer1 Oscillator Enable Control bit

1= bộ dao động được phép.

0= Tắt bộ dao động.

Bit 2 **T1SYNC:** bit ĐK đồng bộ ngõ vào xung clock bên ngoài của timer1

Khi **TMR1CS = 1:**

1= không thể đồng bộ ngõ vào clock ở từ bên ngoài.

0= đồng bộ ngõ vào clock ở từ bên ngoài.

Khi **TMR1CS = 0:**

Bit này bị bỏ qua. Timer1 dùng xung clock bên trong khi **TMR1CS = 0.**

Bit 1 **TMR1CS:** bit lựa chọn nguồn xung clock của timer1

1= Chọn nguồn xung clock từ bên ngoài ở chân RC0/T1OSO/T1CKI (cạnh lén).

0= Chọn xung nội bên trong ($F_{OSC}/4$).

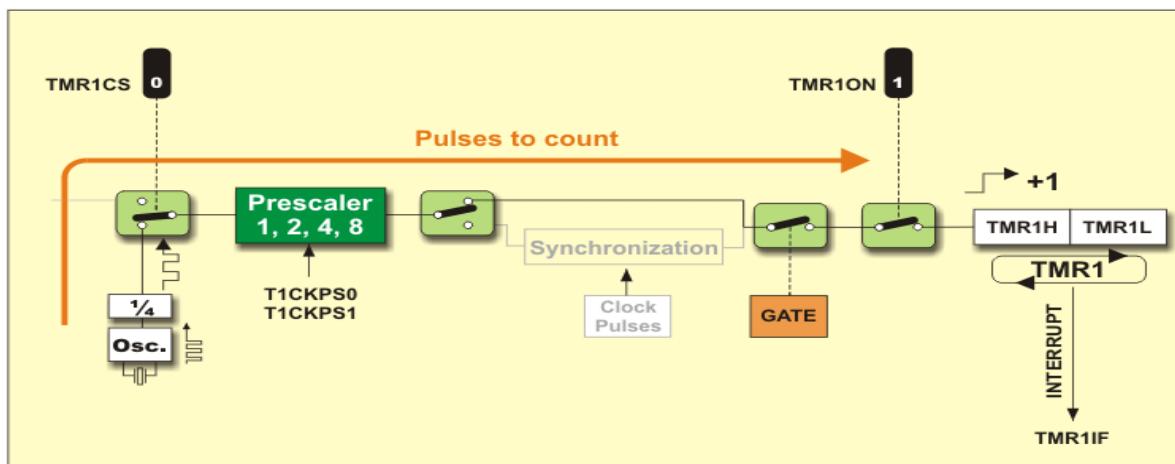
Bit 0 **TMR1ON:** bit điều khiển Timer14

1= Cho phép Timer1 đếm.

0= Timer1 ngừng đếm.

1. TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ ĐỊNH THỜI

Nếu bit TMR1CS bằng 0 thì T1 hoạt động định thời đếm xung nội có tần số bằng $F_{OSC}/4$. Bit điều khiển đồng bộ $\overline{T1SYNC}$ không bị ảnh hưởng do xung clock bên trong luôn đồng bộ.



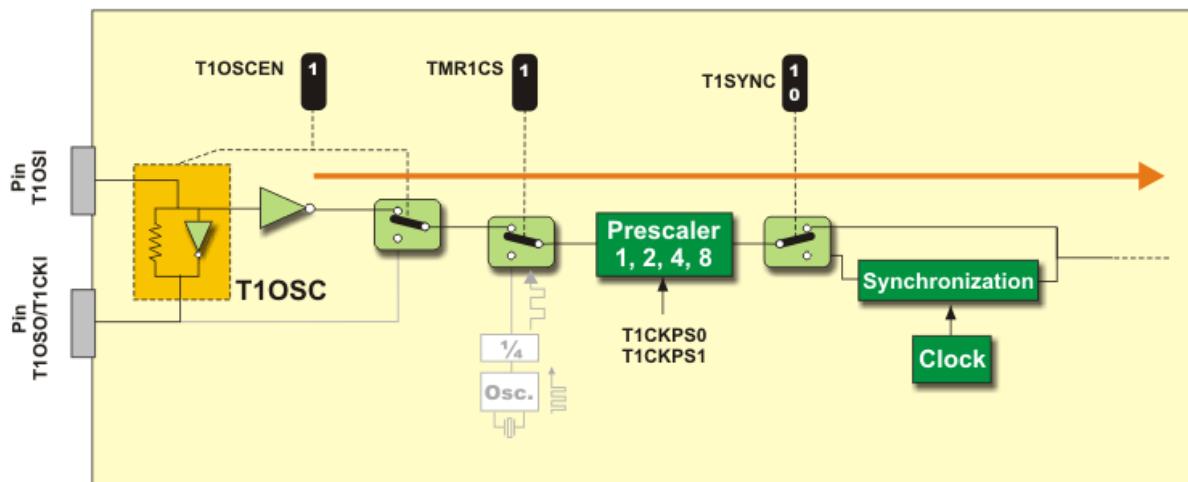
Hình 6-9: Timer1 hoạt động định thời.

2. TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ ĐÉM XUNG NGOẠI

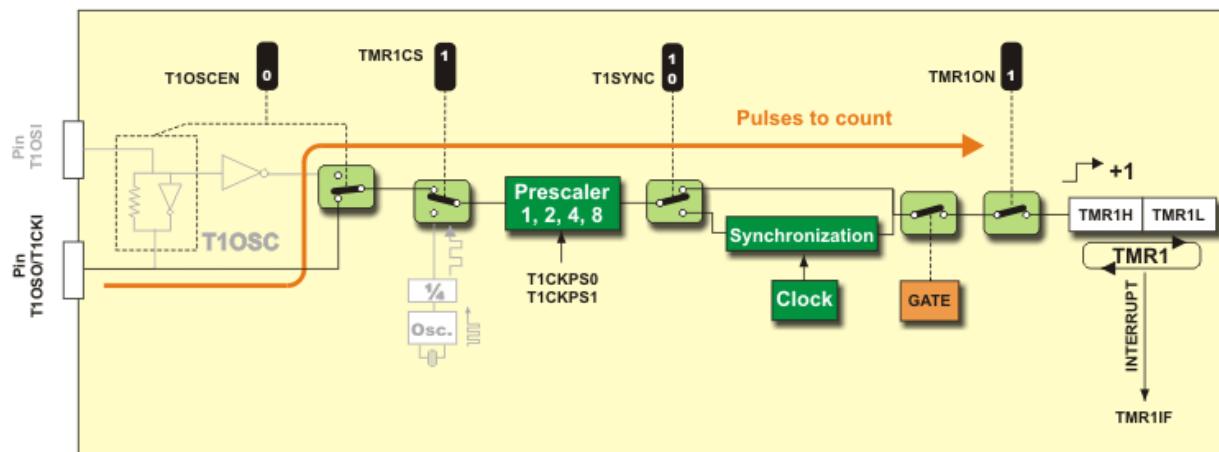
Nếu bit TMR1CS bằng 1 thì T1 hoạt động đếm xung ngoại. Xung ngoại có 2 nguồn xung phụ thuộc vào bit T1OSCEN:

Nếu bit T1OSCEN bằng 1 thì T1 đếm xung ngoại từ mạch dao động của T1 - xem hình 6-10.

Nếu bit T1OSCEN bằng 0 thì T1 đếm xung ngoại đưa đến ngõ vào T1CKI - xem hình 6-11.

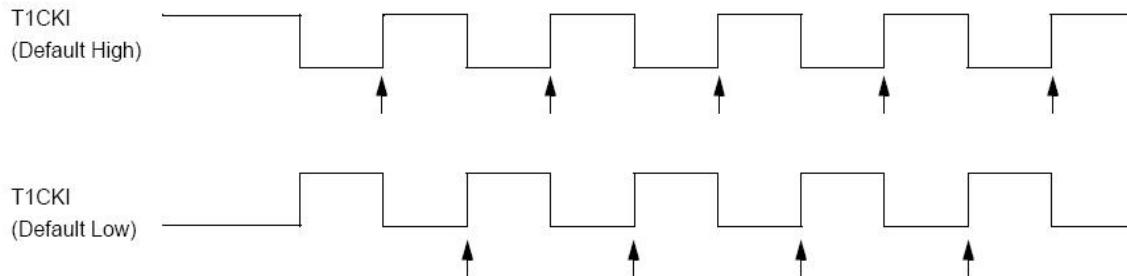


Hình 6-10: T1 hoạt động đếm xung ngoại từ mạch dao động T1.



Hình 6-11: T1 hoạt động đếm xung ngoại đưa đến ngõ vào T1CKI.

Timer1 tăng giá trị khi có xung cạnh lên. Counter chỉ tăng giá trị đếm sau khi nhận 1 xung cạnh xuống được minh họa hình 6-12.



Hình 6-12: Giản đồ thời gian xung đếm của Counter1.

Hình trên thì ngõ vào đang ở mức 1, counter sẽ đếm khi có xung cạnh lén.

Hình dưới thì ngõ vào đang ở mức thấp, xung cạnh lên thứ nhất thì mạch vẫn chưa đếm, xung xuống mức thấp và khi có cạnh lên thứ 2 thì counter bắt đầu đếm.

3. HOẠT ĐỘNG CỦA TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ COUNTER ĐỒNG BỘ

Khi bit TMR1CS bằng 1 thì T1 hoạt động ở chế độ Counter:

- Nếu bit T1OSCEN bằng 1 thì đếm xung từ mạch dao động của T1.
- Nếu bit T1OSCEN bằng 1 thì đếm xung cạnh lén đưa đến ngõ vào RC0/T1OSO/T1CKI.

Nếu bit T1SYNC bằng 0 thì ngõ vào xung ngoại được đồng bộ với xung bên trong. Ở chế độ đồng bộ, nếu CPU ở chế độ ngủ thì Timer1 sẽ không đếm vì mạch đồng bộ ngừng hoạt động.

4. HOẠT ĐỘNG CỦA TIMER1 Ở CHẾ ĐỘ COUNTER BẤT ĐỒNG BỘ

Nếu bit T1SYNC bằng 1 thì xung ngõ vào từ bên ngoài không được đồng bộ. Bộ đếm tiếp tục tăng bất đồng bộ với xung bên trong. Bộ đếm vẫn đếm khi CPU ở trong chế độ ngủ và khi tràn sẽ phát sinh ngắt và đánh thức CPU. Ngắt T1 có thể ngăn được.

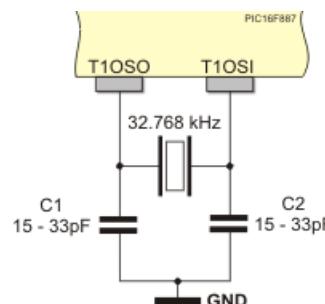
5. ĐỌC VÀ GHI TIMER1 TRONG CHẾ ĐỘ ĐÉM KHÔNG ĐỒNG BỘ

Timer T1 cho phép đọc giá trị các thanh ghi TMR1H hoặc TMR1L khi timer đang đếm xung bất đồng bộ bên ngoài.

Khi ghi thì nên ngưng timer lại rồi mới ghi giá trị mong muốn vào các thanh ghi. Nếu ghi mà timer đang đếm vẫn được nhưng có thể tạo ra một giá trị đếm không dự đoán được hay không chính xác.

6. BỘ DAO ĐỘNG CỦA TIMER1

Mạch dao động được tích hợp bên trong và tụ thạch anh nối giữa 2 chân T1OSI và T1OSO để tạo dao động - xem hình 6-13. Bộ dao động được phép hoạt động khi bit T1OSCEN bằng 1.



Hình 6-13: Kết nối thạch anh tạo dao động.

Bộ dao động là dao động công suất thấp, tốc độ 200 kHz. Bộ dao động vẫn tiếp tục chạy khi CPU ở chế độ ngủ. Bộ dao động chỉ dùng với tụ thạch anh 32 kHz. Bảng sau trình bày cách lựa chọn tụ cho bộ dao động Timer1.

Bảng 6-2. Lựa chọn tần số và tụ tương ứng của Timer1.

| Loại dao động | Tần số | Tụ C1 | Tụ C2 |
|---------------|--------|-------|-------|
| LP | 32kHz | 33pF | 33pF |
| | 100kHz | 15pF | 15pF |
| | 200kHz | 15pF | 15pF |

7. RESET TIMER1 SỬ DỤNG NGÕ RA CCP TRIGGER

Nếu khôi CCP1 và CCP2 được định cấu hình ở chế độ so sánh để tạo ra “xung kích” (CCP1M3:CCP1M0 = 1011), tín hiệu này sẽ reset Timer1.

Chú ý: “xung kích” từ khôi CCP1 và CCP2 sẽ không làm cờ ngắt TMR1IF (PIR1<0>) bằng 1.

Timer1 phải định cấu hình ở chế độ đếm thời hoặc bộ đếm đồng bộ để tạo tiện ích cho cấu trúc này. Nếu Timer1 đang hoạt động ở chế độ đếm bắt đồng bộ thì hoạt động Reset không thể thực hiện được.

8. RESET CẤP THANH GHI TMR1H, TMR1L CỦA TIMER1

Hoạt động reset lúc cấp nguồn POR (Power On Reset) hoặc bất kì reset nào khác không ảnh hưởng đến hai thanh ghi TMR1H và TMR1L, ngoại trừ khi xảy ra “xung kích” của CCP1 và CCP2 thì xóa hai thanh ghi về 00H.

Thanh ghi T1CON được reset về 00h

Reset lúc cấp nguồn POR hoặc khi Brown-out Reset sẽ xóa thanh ghi T1CON và timer T1 ở trạng thái ngưng (OFF) và hệ số chia trước là 1:1. Các reset khác thì thanh ghi không bị ảnh hưởng.

IV. KHẢO SÁT TIMER2 CỦA PIC16F887

Timer2 là timer 8 bit có bộ chia trước (prescaler) và có bộ chia sau (postscaler).

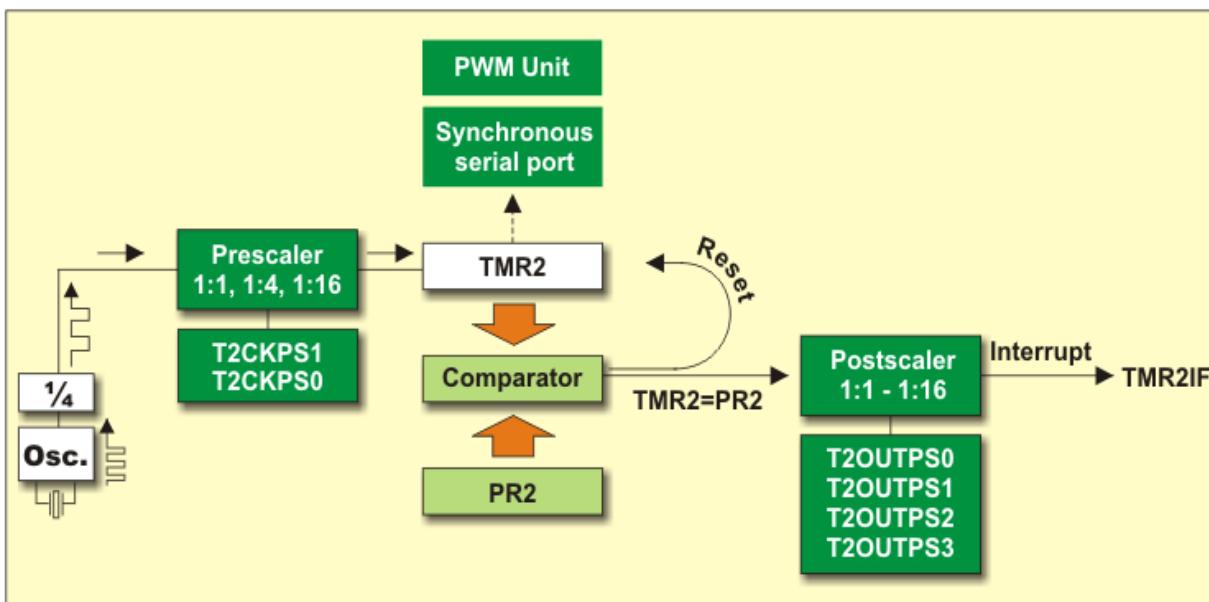
Timer2 được sử dụng điều chế xung khi khởi CCP hoạt động ở chế độ PWM (pulse width modulation). Thanh ghi TMR2 có thể đọc/ghi và xoá khi bị reset.

Xung nội (FOSC/4) qua bộ chia trước có hệ số chia: “1:1”, “1:4” hoặc “1:16” được lựa chọn bằng các bit điều khiển T2CKPS1:T2CKPS0 (T2CON<1:0>).

PR2 là thanh ghi chu kỳ 8 bit dùng để so sánh. Timer2 tăng giá trị từ 00h cho đến khi bằng giá trị lưu trong thanh ghi PR2 thì reset về 00h rồi lặp lại.

PR2 là thanh ghi có thể đọc/ghi, khi hệ thống bị reset thì thanh ghi PR được khởi tạo giá trị FFH.

Ngõ ra của TMR2 đi qua bộ chia sau (postscaler) 4 bit trước khi phát sinh yêu cầu ngắt làm cờ TMR2IF (PIR1<1>) lên 1. Khi bit TMR2ON bằng 0 thì tắt Timer2 để giảm công suất tiêu thụ.



Hình 6-14: Sơ đồ khái niệm của Timer2.

Thanh ghi điều khiển timer2:

| | U(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) |
|-------|------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| T2CON | - | TOUTPS3 | TOUTPS2 | TOUTPS1 | TOUTPS0 | TMR2ON | T2CKPS1 | T2CKPS0 |

Bit 7 U(0): chưa dùng

Bit 0

Hình 6-15: Thanh ghi T2CON.

Bit 7 Chưa sử dụng nếu đọc sẽ có giá trị '0'.

Bit 6-3 TOUTPS3:TOUTPS0: các bit lựa chọn ngõ ra bộ chia sau (Postscaler) của Timer2

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0000=1:1 | 0001=1:2 | 0010=1:3 | 0011=1:4 |
| 0100=1:5 | 0101=1:6 | 0110=1:7 | 0111=1:8 |
| 1000=1:9 | 1001=1:10 | 1010=1:11 | 1011=1:12 |
| 1100=1:13 | 1101=1:14 | 1110=1:15 | 1111=1:16 |

Bit 2 TMR2ON: Bit điều khiển cho phép/cấm Timer2

1= cho phép timer2 đếm.

0= Timer2 ngừng đếm.

Bit 1-0 T2CKPS1:T2CKPS0: bit lựa chọn hệ số chia trước cho nguồn xung clock của timer2

00= hệ số chia là 1.

01= hệ số chia là 4.

1x= hệ số chia là 16.

1. BỘ CHIA TRƯỚC VÀ CHIA SAU CỦA TIMER2

Bộ đếm chia trước và bộ chia sau sẽ bị xóa khi xảy ra một trong các sự kiện sau:

- Thực hiện ghi dữ liệu vào thanh ghi TMR2.
- Thực hiện ghi dữ liệu vào thanh ghi T2CON.
- Bất kỳ Reset nào tác động.

TMR2 không bị xóa khi ghi dữ liệu vào thanh ghi T2CON.

2. NGÕ RA CỦA TMR2

Ngõ ra của TMR2 được nối tới khối SSP – khối này có thể tùy chọn để tạo ra xung nhịp.

V. CÁC LỆNH CỦA TIMER – COUNTER TRONG NGÔN NGỮ PIC-C

Các lệnh của ngôn ngữ lập trình C liên quan đến timer/counter bao gồm:

- o Lệnh **SETUP_TIMER_X()**
- o Lệnh **SET_TIMER0()**
- o Lệnh **SETUP_COUNTERS()**
- o Lệnh **SETUP_WDT()**
- o Lệnh **RESTART_WDT()**
- o Lệnh **GET_TIMER0()**

SETUP_TIMER_0 (T0_EXT_L_TO_H |

T0_DIV_1);

1. LỆNH SETUP_TIMER_0(MODE)

Cú pháp: `setup_timer_0(mode)`

Thông số: `mode` có thể là 1 hoặc 2 hằng số định nghĩa trong file `device.h`. Các

#INCLUDE<16F887.H>

RTCC_INTERNAL, RTCC_EXT_L_TO_H hoặc RTCC_EXT_H_TO_L

RTCC_DIV_2, RTCC_DIV_4, RTCC_DIV_8, RTCC_DIV_16, RTCC_DIV_32, RTCC_DIV_64, RTCC_DIV_128, RTCC_DIV_256.

Các hằng số từ nhiều nhóm khác nhau thì có thể or với nhau.

Chức năng: Định cấu hình cho TIMER0.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

`SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL |`

`T1_DIV_BY_8);`

2. LỆNH SETUP_TIMER_1(MODE)

Cú pháp: `setup_timer_1(mode)`

Thông số: `mode` có thể là 1 hoặc 2 hằng số định nghĩa trong file device.h. Các thông số gồm T1_DISABLED, T1_INTERNAL, T1_EXTERNAL, T1_EXTERNAL_SYNC TC_CLK_OUT, T1_DIV_BY_1, T1_DIV_BY_2, T1_DIV_BY_4, T1_DIV_BY_8. Các hằng số từ nhiều nhóm khác nhau thì có thể or với nhau.

Chức năng: Khởi tạo cho TIMER1.

Với tần số thạch anh là 20MHz và khởi tạo T1_DIV_BY_8 thì timer sẽ tăng giá trị sau mỗi khoảng thời gian 1.6 μ s. Timer sẽ tràn sau 104.8576 ms.

Có hiệu lực: Cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer 1.

3. LỆNH SETUP_TIMER_2(MODE)

Cú pháp: `setup_timer_2(mode, period, postscale)`

Thông số: `mode` có thể là 1 trong các thông số: T2_DISABLED, T2_DIV_BY_1, T2_DIV_BY_4, T2_DIV_BY_16

`Period` là số nguyên có giá trị từ 0 đến 255 dùng để xác định khi nào timer2 bị reset hay giá này trị dùng để nạp cho thanh ghi PR2.

`postscale` là số nguyên có giá trị từ 1 đến 16 dùng để xác định timer tràn bao nhiêu lần trước khi phát sinh tín hiệu ngắn – chọn tỉ lệ chia của bộ chia sau.

Chức năng: khởi tạo cho TIMER2.

Mode chỉ định kiểu bộ chia của timer từ tần số của mạch dao động.

Giá trị của timer có thể đọc hoặc ghi dùng lệnh GET_TIMER2() và SET_TIMER2().

TIMER2 là timer 8 bit.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer 2.

`SET_TIMER0(0); //COUNTER`

`//DEM SAN PHAM - BAT DAU = 0`

4. LỆNH SET_TIMERx(value)

Cú pháp: `set_timerX(value)`; x là 0, 1, 2

Thông số: `value` là hằng số nguyên 8 hoặc 16 bit

`// MUON TIMER DEM 65536 · 3036 = 50.000 XUNG THI TRAN`

Chức năng: thiết lập giá trị bắt đầu cho TIMER.

`SET_TIMER1(3036);`

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer.

5. LỆNH GET_TIMERx()

Cú pháp: `value = get_timerX();` ; x là 0, 1, 2

Thông số: **không có**.

Chức năng: đọc giá trị của TIMER/COUNTER.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer.

6. LỆNH SETUP_WDT()

Cú pháp: `setup_wdt(mode)`

Thông số: For PCB/PCM parts: WDT_18MS, WDT_36MS, WDT_72MS,

WDT_144MS, WDT_288MS, WDT_576MS, WDT_1152MS, WDT_2304MS

For PIC®18 parts: WDT_ON, WDT_OFF

Chức năng:

Thiết lập cho bộ định thời watchdog.

Bộ định thời watchdog được sử dụng để reset phần cứng nếu phần mềm lập trình bị sa lầy ở những vòng lặp vô tận hoặc một sự kiện nào đó chờ chúng xảy ra nhưng chúng lại không bao giờ xảy ra, để chấm dứt việc chờ đợi này thì ta phải sử dụng bộ định thời watchdog.

Trước khi tiến hành vào vòng lặp thi ta phải cho phép bộ định thời watchdog đếm với khoảng thời gian lập trình trước và nếu sự kiện đó không xảy ra thì bộ định thời watchdog sẽ hết thời gian lập trình sẽ reset phần cứng thoát khỏi vòng lặp.

| | PCB/PCM | PCH |
|----------------|---------------|---------------|
| Enable/Disable | #fuses | setup_wdt() |
| Timeout time | setup_wd() | #fuses |
| Restart | restart_wdt() | restart_wdt() |

Có hiệu lực:

Cho tất cả các thiết bị

Yêu cầu:

#fuses, hằng số được định nghĩa trong file devices.h

7. LỆNH RESTART_WDT()

Cú pháp:

restart_wdt()

Thông số:

Không có

Chức năng:

Khởi tạo lại bộ định thời watchdog. Nếu bộ định thời watchdog được cho phép thì lệnh này sẽ khởi tạo lại giá trị định thời để ngăn chặn không cho bộ định thời reset CPU vì sự kiện chờ đợi đã xảy ra.

| | PCB/PCM | PCH |
|----------------|---------------|---------------|
| Enable/Disable | #fuses | setup_wdt() |
| Timeout time | setup_dt() | fuses |
| Restart | restart_wdt() | restart_wdt() |

Có hiệu lực:

Cho tất cả các thiết bị

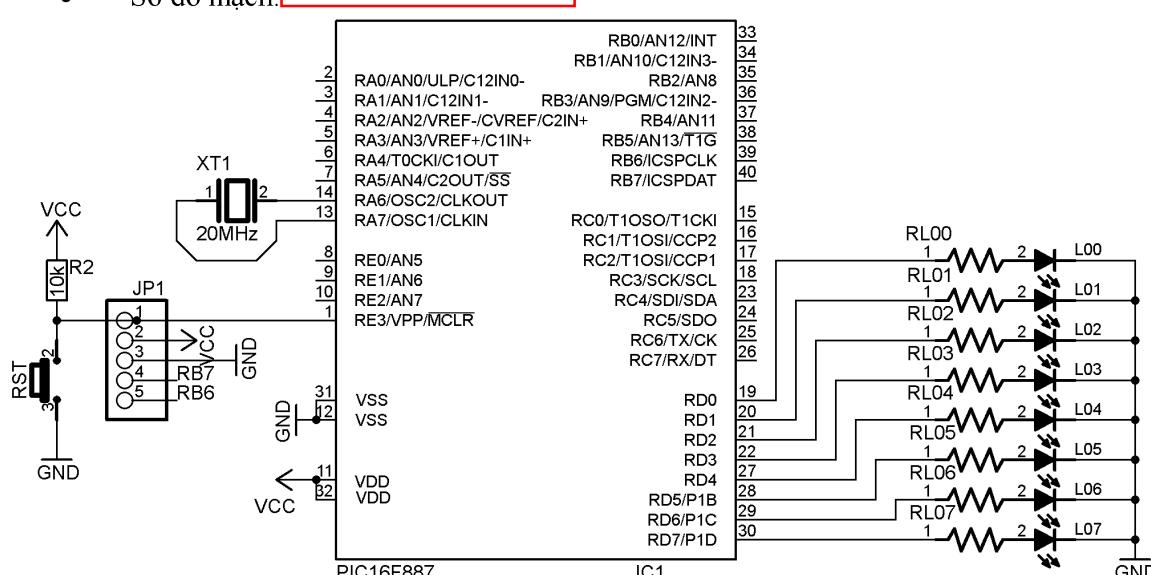
Yêu cầu:

#fuses, hằng số được định nghĩa trong file devices.h

VI. CÁC ỨNG DỤNG ĐỊNH THỜI DÙNG TIMER

Bài 6-1: Dùng vi điều khiển PIC 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T1 với chu kỳ delay là 210ms. SANG = 210/2 = 105 ms

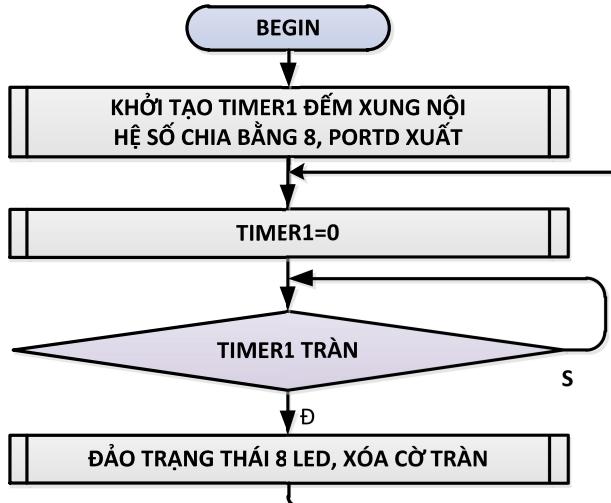
- Sơ đồ mạch: TAT = 105 ms



Hình 6-15: PIC điều khiển 8 led sáng tắt.

Sử dụng portD để điều khiển 8 led đơn, thạch anh sử dụng là 20Mhz.

- Lưu đồ:



Hình 6-16: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt– định thời 210ms.

- Chương trình:

```

#INCLUDE <TV_16F887.C>
#BIT      TMR1IF = 0x0C.0
UNSIGNED INT8 X;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);          X=0X00;  OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (TMR1IF==1)
        {
            X=~X;      OUTPUT_D(X);
            TMR1IF=0;
        }
    }
}
    
```

DINH NGHIA --> co bao tran cua Timer
Trang 19 --> cau truc bo nho --> 0x0C thanh ghi PIR1
Trang 107 --> hang 3 --> bit 0 cua PIR1

$f = 1/4 = 20M/4 = 5M$
 $f = 1/8 (5M) = 625 kHz$
 $\rightarrow T = 0.0016 \times 10^{-3} (s) \times 10^6$
 $= 1.6\mu s = 1600 ns$
Timer dem tu: $0 \cdot 65535 + 1 = 65536$
tran --> $65536 \times 1.6\mu s = 104857 \mu s = 105ms$

Kiem tra co tran

Xoa co tran

• Giai cong viec can xu ly
Khởi tạo và tính toán thời gian delay:
với tần số 20MHz qua bộ chia 4 còn 5MHz. Sử dụng bộ chia trước
để đếm với tần số còn lại là 5MHz/8 = 0,625MHz hay bằng 625kHz,
chu kỳ là 1,6μs

Khởi tạo biến X bằng 00 và gởi biến đếm ra portD sẽ làm các led tắt.

Lệnh if kiểm tra cờ tràn TMR1IF của timer1: nếu chưa tràn thì chờ cho đến khi tràn thì TMR1IF bằng 1, lệnh đảo biến X, giá trị này gởi ra port sẽ làm các led sáng, xóa cờ tràn để báo hiệu tràn cho lần sau.

Nếu tràn lần tiếp theo thì lệnh $X = \sim X$ sẽ nghịch đảo biến X bằng 0x00, giá trị này gởi ra port sẽ làm các led tắt, ...

Timer T1 đếm 65536, thời gian đếm bằng số xung đếm nhân với chu kỳ mỗi xung: $xung \times T_{xung} = 65536 \times 1,6\mu s = 104857,6 \mu s \approx 105ms$ nên thời gian sáng và tắt của 8 led đều bằng 105ms hay chu kỳ bằng 210ms.

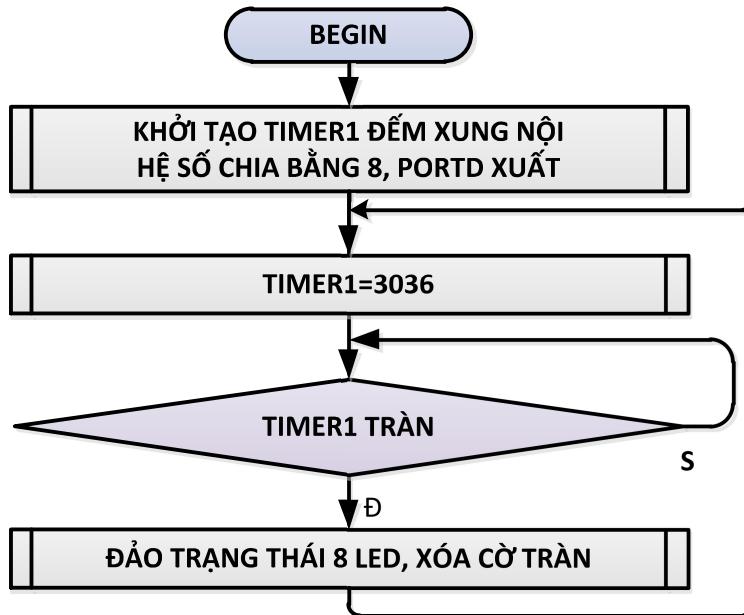
Trong chương trình này sử dụng bit TMR1IF để kiểm tra nhưng thư viện <16F887.H> không định nghĩa bit này, nên có thêm hàng lệnh "#bit tmr1if = 0x0C.0" để định nghĩa bit cờ tràn.

Cờ tràn nằm ở bit thứ 0, trong thanh ghi PIR1 có địa chỉ 0x0C.

Thời gian định thời lớn nhất có thể có của Timer1 là 105ms với tần số thạch anh là 20MHz, bạn chỉ có thể định thời nhỏ hơn nếu chỉ dùng timer, muốn định thời lớn hơn thì phải dùng thêm biến.

Bài 6-2: Dùng vi điều khiển PIC 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T1 với chu kỳ delay là 200ms. ← 100ms / 100ms

- Sơ đồ mạch: giống bài 6-1.
- Lưu đồ:



Hình 6-17: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt dùng ngắn – định thời 200ms.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#BIT      TMR1IF = 0x0C.0
UNSIGNED INT8 X;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);  X=0X00;  OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(3036);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (TMR1IF==1)
        {
            X=~X;      OUTPUT_D(X);  SET_TIMER1(3036);
            TMR1IF=0;
        }
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình này khởi tạo giá trị bắt đầu đếm cho timer T1 là 3036, timer đếm thêm 62500 xung nữa thì tràn, số lượng xung đếm là 62500 xung, mỗi xung là 1,6 μ s nên thời gian sáng bằng thời gian tắt bằng $62500 \times 1,6\mu\text{s} = 1.000.000\mu\text{s} = 100\text{ms}$, chu kỳ bằng 200ms.

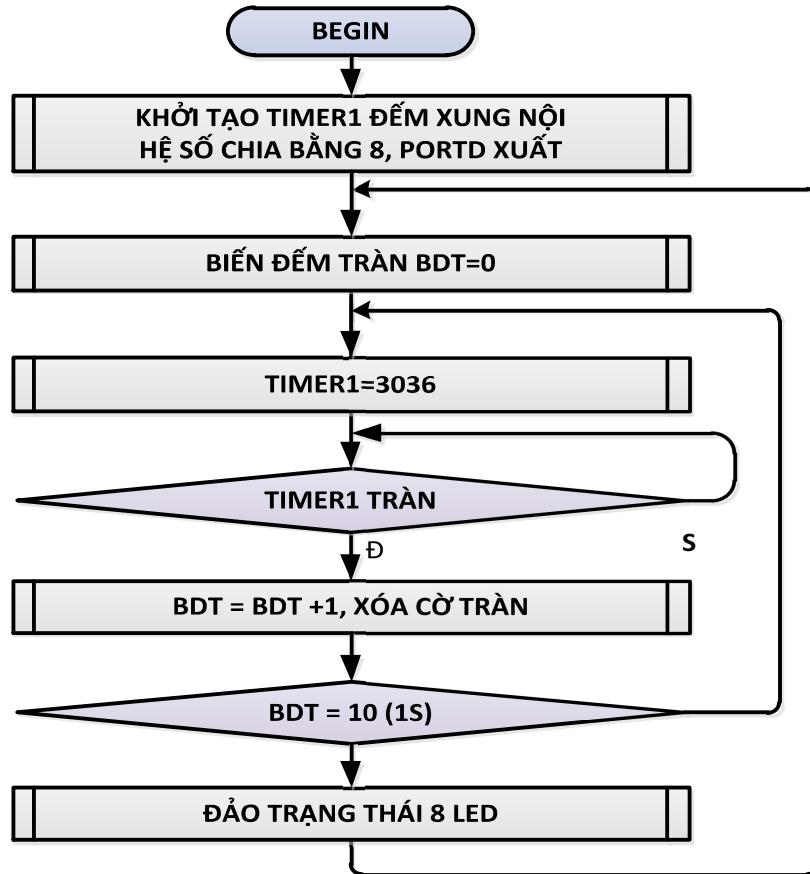
Bạn có thể tính như sau: thời gian delay là 100ms hay 100,000 μ s, mỗi chu kỳ xung là 1,6 μ s. Khi đó số xung đếm bằng thời gian chia cho chu kỳ xung sẽ được 62500 xung phù hợp với giá trị 16 bit của Timer1.

Nếu số lượng xung tính lớn hơn số bit của timer thì giảm thời gian đếm.

Bài 6-3: Dùng vi điều khiển PIC 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T1 với chu kỳ delay là 2s, 1 giây sáng, 1 giây tắt.

- Sơ đồ mạch: giống bài 6-1.

- Lưu đồ:



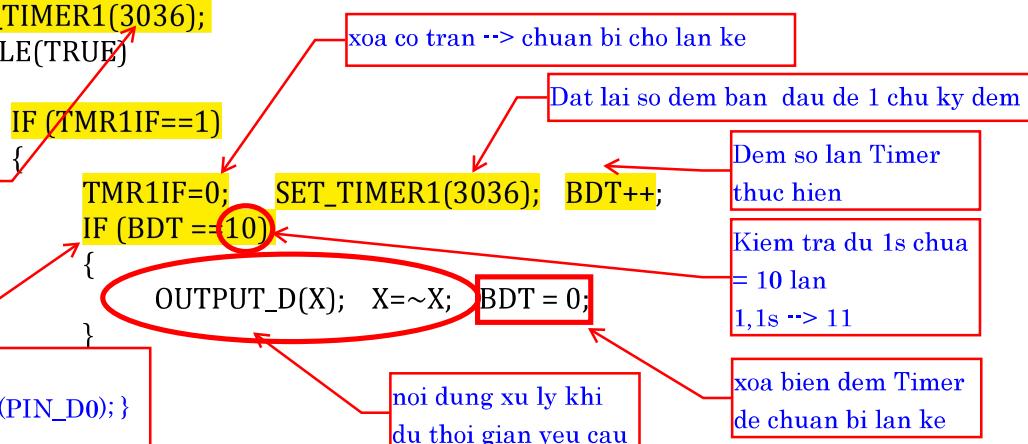
Hình 6-18: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt – định thời 1s.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#BIT TMR1IF = 0x0C.0
UNSIGNED INT8 X, BDT;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00); X=0; BDT=0; OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(3036);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (TMR1IF==1)
        {
            TMR1IF=0; SET_TIMER1(3036); BDT++;
            if(BDT == 1)
            { OUTPUT_LOW(PIN_D0); }
            IF(BDT == 4)
            {
                OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
                BDT = 0;
            }
        }
        IF (BDT == 10)
        {
            OUTPUT_D(X); X=~X; BDT = 0;
        }
    }
}
    
```

Chu kỳ: 200ms
Duty: 50ms → 150ms
mục tháp
→ 31250 xung x 1.6μs
→ 65536 - 31250
→ 34286 (50ms)



hướng trình:
nh kiểm tra cờ tràn, nếu tràn thì khởi tạo lại và tăng biến đếm tràn BDT lên 1, BDT bằng 10 hay chưa, nếu chưa bằng thì thoát chờ báo tràn tiếp theo, nếu của led và xóa biến tràn.

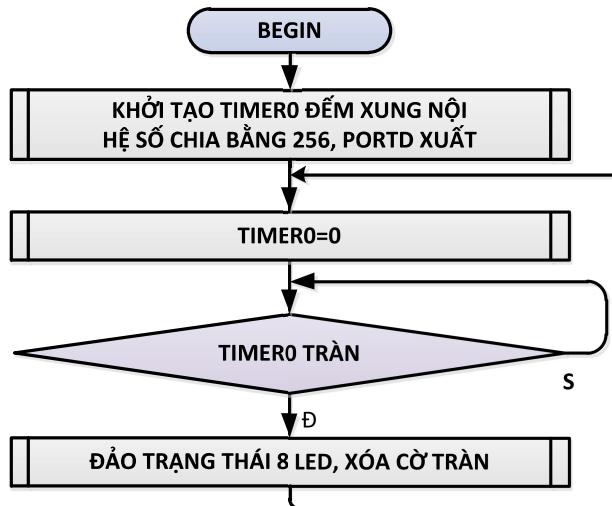
Thời gian sáng bằng thời gian tắt và bằng $100\text{ms} \times 10 = 1000\text{ms} = 1\text{s}$.

Bài tập 6-1: Hãy viết chương trình điều khiển 8 led đơn nối với portD sáng 2 giây, tắt 1 giây, dùng Timer1 định thời.

Bài tập 6-2: Hãy viết chương trình đếm giây chính xác hiển thị trên 2 led 7 đoạn kết nối trực tiếp dùng portB và C, dùng Timer1 định thời.

Bài 6-4: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T0 với chu kỳ delay là 26ms, 13ms sáng, 13ms tắt.

- Sơ đồ mạch: giống bài 6-1.
- Lưu đồ:



Hình 6-19: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 13,107ms dùng T0.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#BIT TMR0IF = 0x0B.2
UNSIGNED INT8 X;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);
    X=0; OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_0(T0_INTERNAL | T0_DIV_256);
    SET_TIMER0(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (TMR0IF==1)
        {
            TMR0IF=0; SET_TIMER0(0);
            X=~X; OUTPUT_D(X);
        }
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Khởi tạo timer0 đếm xung nội có tần số 20MHz qua bộ chia 4 còn 5MHz. Sử dụng bộ chia trước với tỉ lệ chia là 256 nên xung vào bộ đếm với tần số còn lại là $5\text{MHz}/256 = 0,01953125\text{MHz}$ hay bằng $19,53125\text{kHz}$, chu kỳ là $51,2\mu\text{s}$.

Timer T0 đếm 256 xung, thời gian đếm bằng số xung đếm nhân với chu kỳ mỗi xung: $xung \times Txung = 256 \times 51,2\mu s = 13107,2\mu s$, thời gian sáng và tắt của 8 led đều bằng 13,107 ms hay chu kỳ bằng 26,214ms.

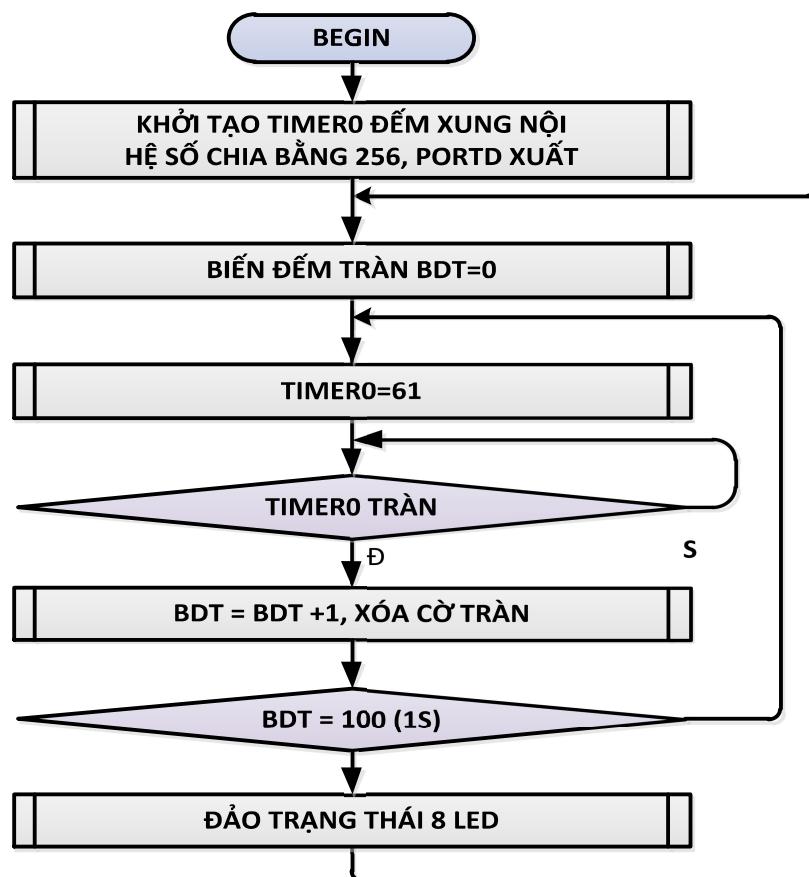
Trong chương trình này sử dụng bit TMR0IF để kiểm tra nhưng thư viện <16F887.H> không định nghĩa bit này, nên có thêm hàng lệnh "#bit tmr0if = 0x0B.2" để định nghĩa bit cờ tràn.

Cờ tràn nằm ở bit thứ 2, trong thanh ghi INTCON có địa chỉ 0x0B.

Thời gian định thời lớn nhất có thể có của Timer0 là 13,107ms với tần số thạch anh là 20MHz, bạn chỉ có thể định thời nhỏ hơn nếu chỉ dùng timer, muốn định thời lớn hơn thì phải dùng thêm biến.

Bài 6-5: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T0 với chu kỳ delay là 2s, 1s sáng, 1s tắt.

- Sơ đồ mạch: giống bài 6-1.
- Lưu đồ:



Hình 6-20: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 1s dùng T0.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#BIT TMROIF = 0x0B.2
UNSIGNED INT8 X, BDT;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);
    X=0;      BDT=0;      OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_0(T0_INTERNAL | T0_DIV_256);
    SET_TIMER0(61);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (TMROIF==1)
    }
}
    
```

```

    {
        TMR0IF=0;      SET_TIMER0(61);      BDT++;
        if (BDT==100)
        {
            BDT=0;      X=~X;  OUTPUT_D(X);
        }
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

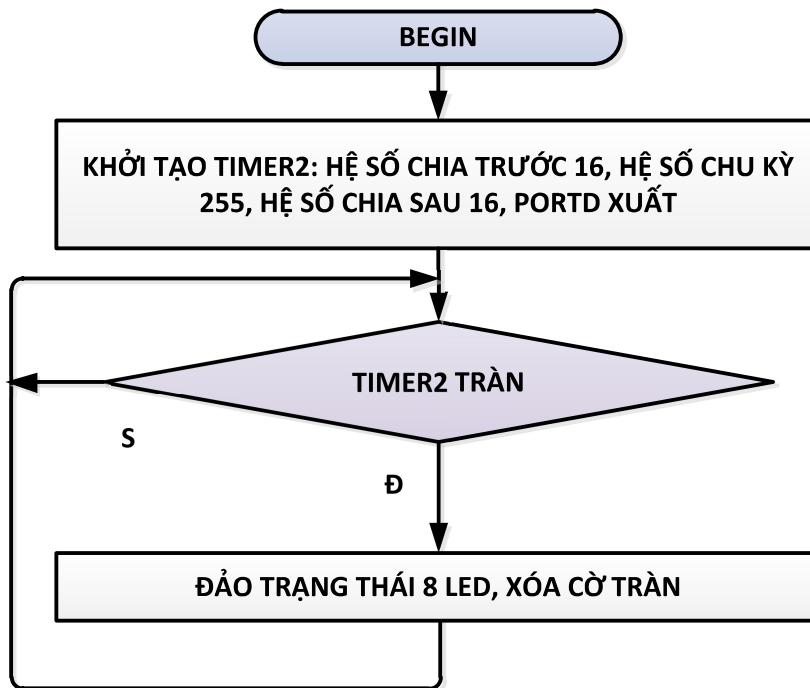
Timer T0 đếm 195 xung, thời gian đếm bằng số xung đếm nhân với chu kỳ mỗi xung: $xung \times Txung = 195 \times 51,2\mu s = 9984\mu s \approx 10ms$.

Sau 100 lần ngắt thì tiến hành đảo biến X và gởi ra port nên thời gian sáng và tắt của 8 led đều bằng 1s.

Trong chương trình này có sai số: thiếu 16 μs cho khoảng thời gian 10ms, thiếu 1600 μs cho khoảng thời gian 1s.

Bài 6-6: Dùng vi điều khiển 16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt dùng timer T2 với chu kỳ delay là 26ms, 13ms sáng, 13ms tắt.

- Sơ đồ mạch: giống bài 6-1.
- Lưu đồ:



Hình 6-21: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt, định thời 13,107ms dùng T2.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
#BIT TMR2IF = 0x0C.1
UNSIGNED INT8 X;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);      X=0;      OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_2(T2_DIV_BY_16, 255, 16);
    WHILE(TRUE)
    {

```

```

IF (TMR2IF==1)
{
    TMR2IF=0;      X=~X;  OUTPUT_D(X);
}
}
}

```

- Giải thích chương trình:

Khởi tạo Timer2 đếm xung nội có tần số 20MHz qua bộ chia 4 còn 5MHz. Sử dụng bộ chia trước với tỉ lệ chia là 16 nên xung vào bộ đếm với tần số còn lại là $5\text{MHz}/16 = 0,3125\text{MHz}$ hay bằng $312,5\text{k}\mu\text{s}$, chu kỳ là $3,2\mu\text{s}$.

Timer T2 đếm 256 xung vì so sánh với giá trị của thanh ghi PR2 bằng 255, thời gian đếm bằng số xung đếm nhân với chu kỳ mỗi xung: $\text{xung} \times \text{Txung} = 256 \times 3,2\mu\text{s} = 819,2\mu\text{s}$.

Bộ chia sau là 16 nên sau 16 lần thì báo ngắt, thời gian sáng và tắt của 8 led đều bằng $819,2\mu\text{s} \times 16 \text{ ms} = 13107,2 \mu\text{s}$ hay chu kỳ bằng $26,214\text{ms}$.

Trong chương trình này sử dụng bit TMR2IF để kiểm tra nhưng thư viện <16F887.H> không định nghĩa bit này, nên có thêm hàng lệnh "#bit tmr2if = 0x0C.1" để định nghĩa bit cờ tràn.

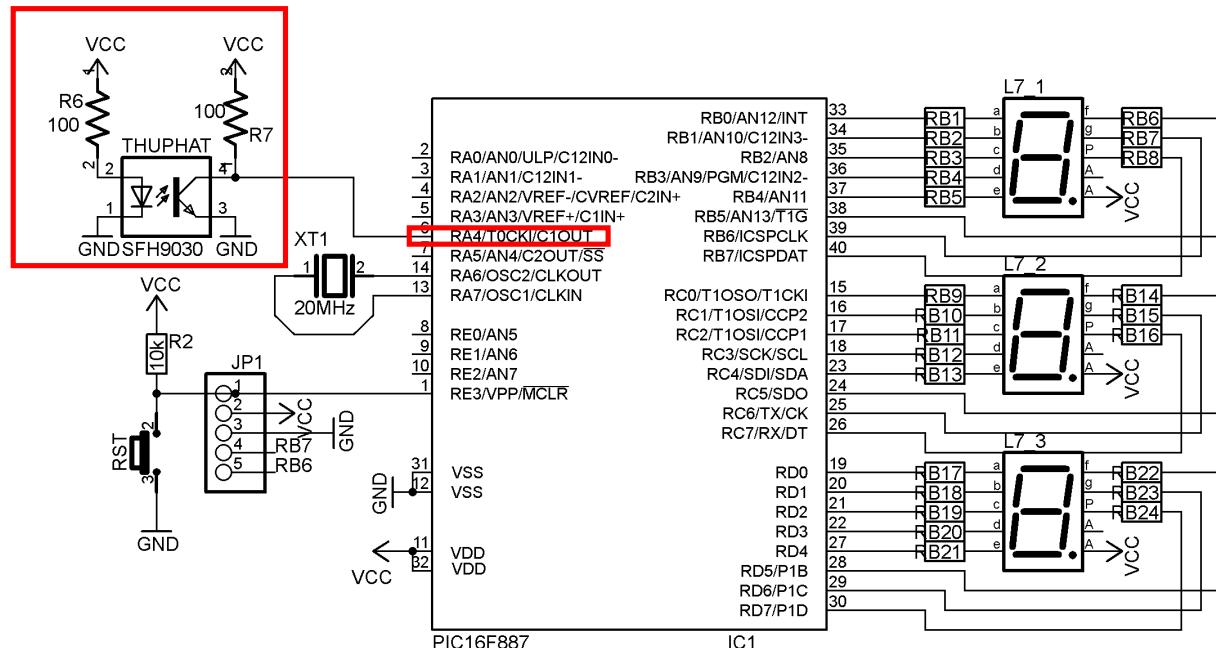
Cờ tràn nằm ở bit thứ 1, trong thanh ghi PIR1 có địa chỉ 0x0C.

Bài tập 6-3: Hãy viết chương trình đếm giây hiển thị trên 2 led 7 đoạn kết nối trực tiếp dùng portB và C, dùng Timer2 định thời.

VII. CÁC ÚNG DỤNG ĐÉM XUNG NGOẠI DÙNG COUNTER

Bài 6-7: Dùng vi điều khiển 16F887 đếm xung ngoại dùng T0, kết quả đếm hiển thị trên 3 led kết nối trực tiếp với 3 port, giới hạn đếm từ 000 đến 255, khi bằng 255 thì quay về 0.

- Sơ đồ mạch:



Hình 6-22: Đếm xung ngoại dùng counter T0.

- Giải thích nguyên lý hoạt động của mạch:

Mạch tạo xung dùng led thu và led phát, khi không có vật che giữa led thu và led phát thì transistor được phân cực dẫn bảo hoà, ngõ ra cực C ở mức 0. Khi có sản phẩm che giữa led phát và transistor thì transistor không được phân cực, tắt nên ngõ ra cực C ở mức 1. Khi sản phẩm đi qua thì tín hiệu về lại mức 0, vậy mỗi sản phẩm đi qua sẽ tạo ra 1 xung.

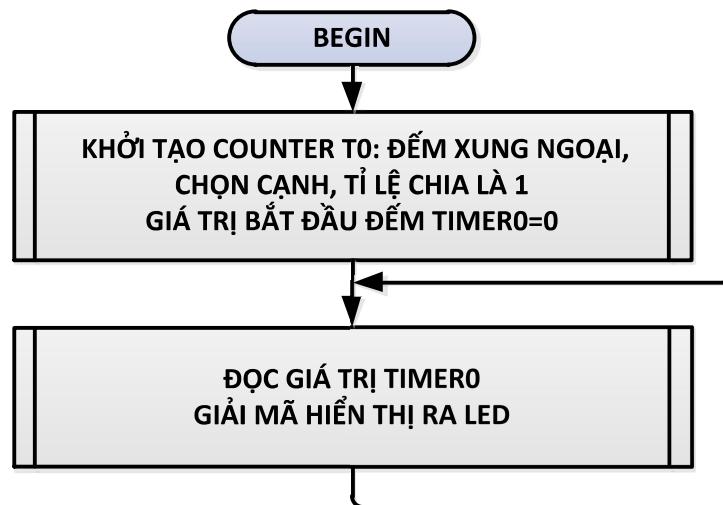
Xung được đưa đến ngõ vào RA4/T0CKI, 3 port B, C và D để điều khiển 3 led 7 đoạn.

- Lưu đồ: hình 6-23.

Lưu đồ khởi tạo 10 mã 7 đoạn, timer hoạt động đếm xung ngoại, xung đếm tích cực cạnh lên, tỉ lệ chia là 1:1 có nghĩa là không chia, cho giá trị đếm bắt đầu từ 0. Vòng lặp thực hiện công việc đọc giá trị của counter đếm được đếm chuyển thành số BCD, giải mã và gửi ra port để hiển thị ra led.

- Chương trình:

```
#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT8 T0;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00); SET_TRIS_C(0x00); SET_TRIS_D(0x00);
    SETUP_TIMER_0(T0_EXT_L_TO_H | T0_DIV_1);
    SET_TIMER0(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        T0=GET_TIMER0();
        OUTPUT_B(MA7DOAN[T0%10]);
        OUTPUT_C(MA7DOAN[T0/10%10]);
        OUTPUT_D(MA7DOAN[T0/100]);
    }
}
```



Hình 6-23: Lưu đồ đếm xung ngoại dùng counter T0.

- Giải thích chương trình:

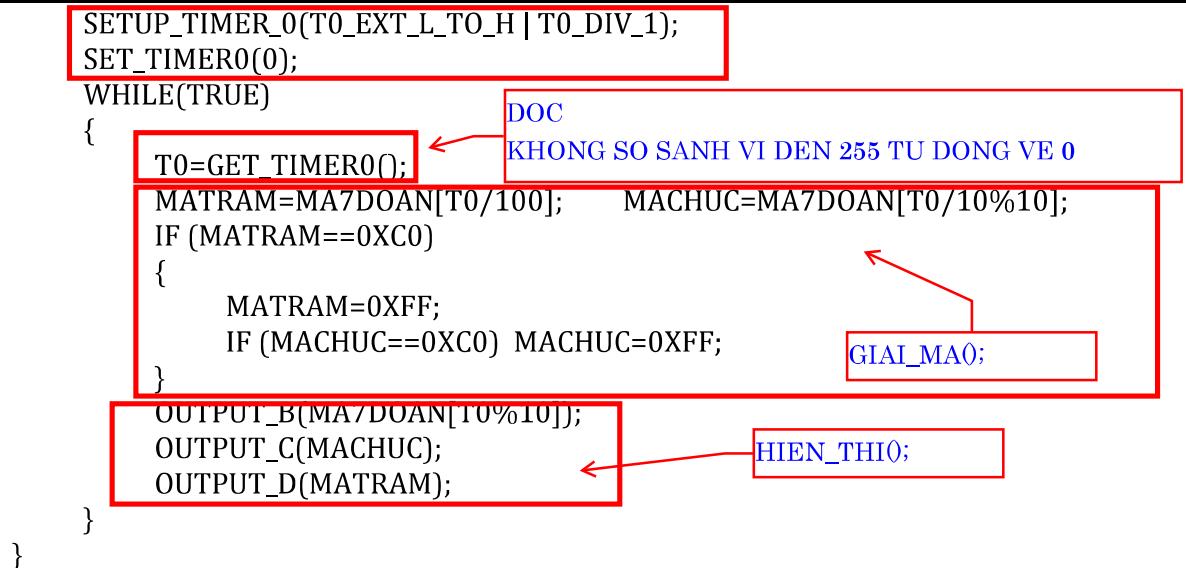
Chương trình khởi tạo 3 port xuất dữ liệu, timer hoạt động chế độ đếm xung ngoại, hệ số chia bằng 1, cho giá trị đếm ban đầu bằng 0.

Vòng lặp while tiến hành đọc giá trị của timer0 gán cho biến “T0”, tiến hành chia để tách từng số đơn vị, chục, trăm, giải mã 7 đoạn và gửi ra port điều khiển led sáng.

Do counter T0 chỉ đếm 8 bit nên giới hạn đếm từ 0 đến 255, muốn đếm giá trị lớn hơn thì phải xử lý hoặc dùng counter T1 đếm 16 bit.

Trong chương trình trên thì mới bắt đầu hiển thị cả 3 số 0, chương trình sau sẽ có chức năng tắt 2 số 0 vô nghĩa của hàng trăm và hàng chục.

```
#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT8 T0, MATRAM, MACHUC;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00); SET_TRIS_C(0x00); SET_TRIS_D(0x00);
```



- Giải COUNTER CHI DEM 1 DON VI ROI XOA VE 0

Tách hàng không, nếu bằng DUNG THEM 1 BIEN 16 BIT DE DEM 0-999
thì làm led 7 đoạn

Trong chương trình ta kiểm tra hàng trăm t
kiểm tra hàng chục rồi đến hàng trăm?

Bài tập 6-4: Hãy viết chương trình đếm xung
trên 3 led 7 đoạn kết nối trực tiếp.

UNSIGNED INT16 KQ_T0;

```

TAM = GET_TIMER0();
IF (TAM == 1)
{
    SET_TIMER0(0);
    KQ_T0++;
    IF(KQ_T0 == 1000) KQ_T0 = 0;
}

```

nh hàng trăm có bằng 0 hay
1 port điều khiển led 7 đoạn
r.

ta không

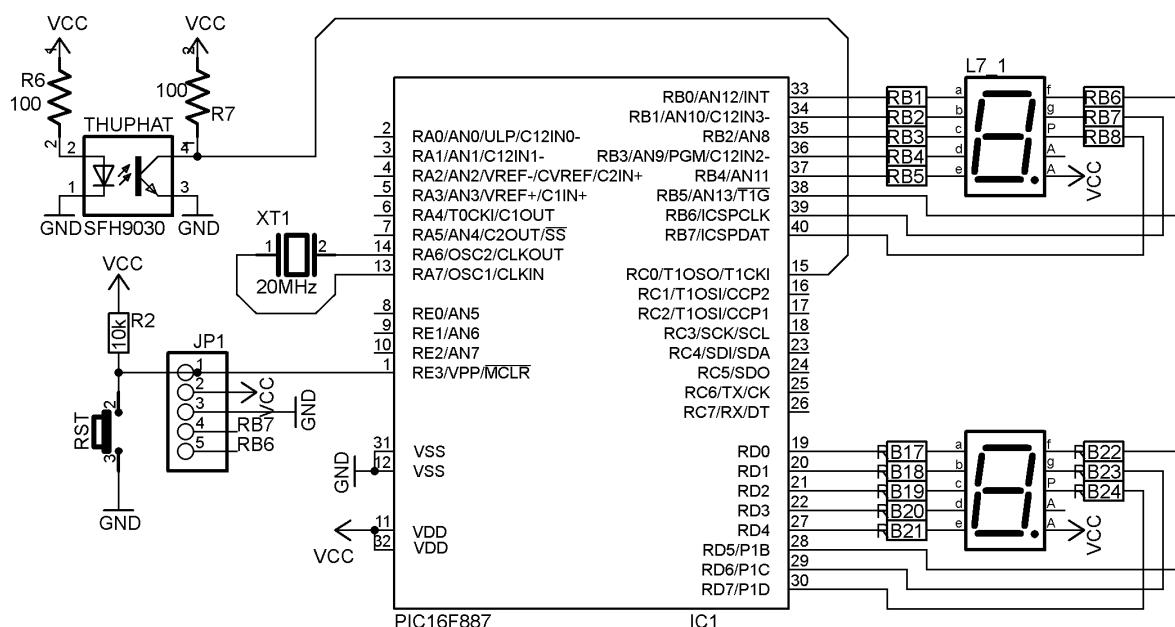
0 đến 999

0 đến 999

Bài tập 6-5: Hãy viết chương trình đếm xung
trên LCD.

Bài 6-8: Dùng vi điều khiển 16F887 đếm xung ngoại dùng T1, kết quả đếm hiển thị trên 2 led
kết nối trực tiếp với 2 port, giới hạn đếm từ 00 đến 99, khi bằng 100 thì quay về 0.

- Sơ đồ mạch:



Hình 6-24: Đếm xung ngoại dùng counter T0.

- Giải thích mạch:

Mạch tạo xung giống như trên. Xung bảy giờ đưa đến chân T1CKI/RC0 nên portC không thể dùng để điều khiển led 7 đoạn và chỉ còn 2 port đầy đủ là B và D nên chỉ kết nối 2 led 7 đoạn trực tiếp.

- Lưu đồ: hình 6-25.

Lưu đồ khởi tạo 10 mã 7 đoạn, timer hoạt động đếm xung ngoại, xung đếm tích cực cạnh lên, tỉ lệ chia là 1:1 có nghĩa là không chia, cho giá trị đếm bắt đầu từ 0. Vòng lặp thực hiện công việc đọc giá trị của counter đếm được đếm chuyển thành số BCD, giải mã và gởi ra port để hiển thị ra led.

- Chương trình:

```
#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 T1;
VOID MAIN()
{
SET_TRIS_B(0x00); SET_TRIS_D(0x00);
    SETUP_TIMER_1(T1_EXTERNAL | T1_DIV_BY_1);
    SET_TIMER1(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        T1=GET_TIMER1();
        OUTPUT_B(MA7DOAN[T1%10]);
        IF (T1/10==0) OUTPUT_D(0xFF);
        ELSE      OUTPUT_D(MA7DOAN[T1/10]);
        IF(T1==100) SET_TIMER1(0);
    }
}
```

T1 = GET_TIMER1();
IF(T1 == 100) SET_TIMER1(0);

TS_GM();
HIEN THI();



Hình 6-25: Lưu đồ đếm xung ngoại dùng counter T1.

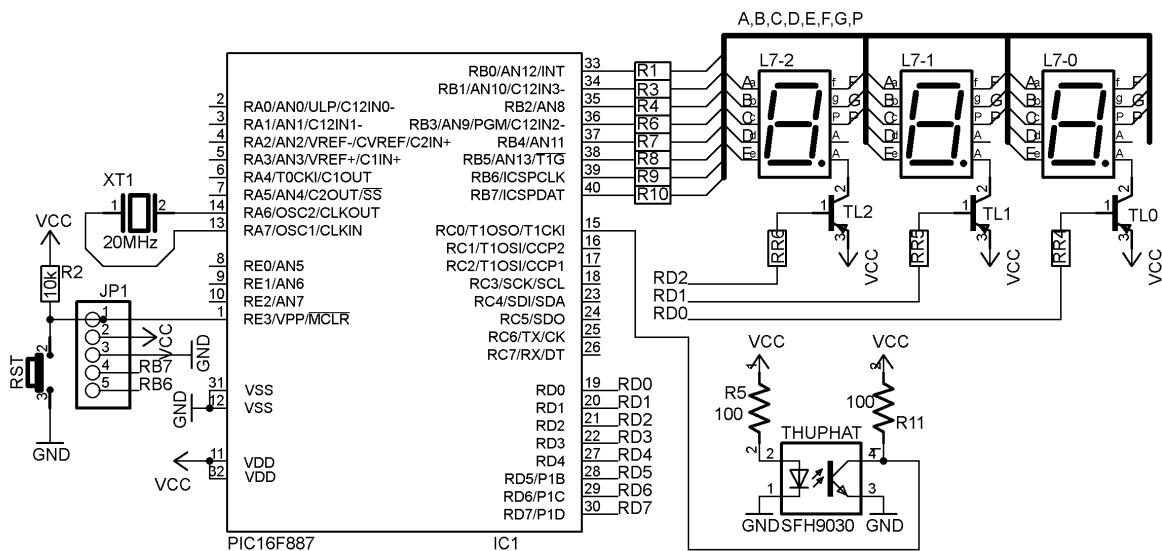
- Giải thích chương trình:

Chương trình khởi tạo 3 port xuất dữ liệu, timer hoạt động chế độ đếm xung ngoại, hệ số chia bằng 1, cho giá trị đếm ban đầu bằng 0.

Vòng lặp while tiến hành đọc giá trị của timer1 gán cho biến “T1”, tiến hành chia để tách từng số đơn vị, chục, giải mã 7 đoạn và gởi ra port điều khiển led sáng.

Bài 6-9: Dùng vi điều khiển 16F887 đếm xung ngoại dùng T1, kết quả đếm hiển thị trên 3 led quét nối với 2 port, giới hạn đếm từ 0 đến 999, khi bằng 1000 thì quay về 0.

- Sơ đồ mạch:



Hình 6-26: Đếm xung ngoại dùng counter T1 hiển thị trên 3 led quét.

- Giải thích nguyên lý hoạt động của mạch:

Mạch tạo xung giống như bài đã trình bày, xung ngõ ra của mạch đưa đến ngõ vào T1CKI ở port RC0, dùng port B và 3 bit của portD để điều khiển 3 led 7 đoạn.

- Lưu đồ: hình 6-22.

Lưu đồ khởi tạo 10 mã 7 đoạn, timer 1 hoạt động đếm xung ngoại, tỉ lệ chia là 1 có nghĩa là không chia, cho giá trị đếm bắt đầu từ 0. Vòng lặp thực hiện công việc đọc giá trị của counter đếm được đếm chuyển thành số BCD, giải mã và quét led hiển thị.



Hình 6-22: Lưu đồ chương trình đếm dùng counter T1 của PIC 16F887.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 T1;
UNSIGNED CHAR MADONVI,MACHUC,MATRAM;

VOID GAIMA()
{
    MATRAM = MA7DOAN[T1 / 100];
    MACHUC = MA7DOAN[T1 / 10 % 10];
    MADONVI = MA7DOAN[T1 % 10];
    IF (MATRAM == 0XC0)

```

```

{
    MATRAM=0xFF;
    IF (MACHUC == 0xC0 )
    {
        MACHUC=0xFF;
    }
}
VOID HIENTHI()
{
    OUTPUT_B(MADONVI);      OUTPUT_LOW(PIN_D0);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D0);

    OUTPUT_B(MACHUC);       OUTPUT_LOW(PIN_D1);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D1);

    OUTPUT_B(MATRAM);       OUTPUT_LOW(PIN_D2);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D2);
}
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);      SET_TRIS_D(0x00);
    SETUP_TIMER_1(T1_EXTERNAL | T1_DIV_BY_1);
    SET_TIMER1(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        T1=GET_TIMER1();
        GAIMA();
        HIENTHI(); ← KHÔNG CÓ HÀM DELAY_MS();
        IF (T1==1000) SET_TIMER1(0)
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Chương trình khởi tạo 2 port xuất dữ liệu, timer 1 hoạt động chế độ đếm xung ngoại, hệ số chia bằng 1, cho giá trị đếm ban đầu bằng 0.

Vòng lặp while tiến hành đọc giá trị của timer1 gán cho biến “T1”, gọi chương trình chia để tách từng số đơn vị, chục, trăm, giải mã 7 đoạn và quét led hiển thị kết quả đếm.

Chương trình này khi thực hiện chương trình con quét hiển thị 3 led thì thời gian delay cho mỗi led là 1ms, 3 led mất 3ms, nếu xung đếm có chu kỳ nhỏ hơn 3ms thì không hiển thị theo đúng giá trị đếm.

Bài tập 6-6: Hãy viết chương trình đếm xung ngoại dùng T1 hiển thị kết quả đếm từ 0 đến 9999 trên LCD.

Bài tập 6-7: Hãy viết chương trình đếm xung ngoại 2 kênh dù từ 0 đến 9999 trên LCD. T0 hiển thị ở hàng 1, T1 hiển thị ở hàng 2.

VIII. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu số 6-1: Hãy cho biết tên các thanh ghi liên quan đến timer T0

Câu số 6-2: Hãy cho biết chức năng các bit trong thanh ghi OPTIO

```

VOID MAIN()
{
    //KHOI TAO COUNTER 0
    // KHOI TAO COUNTER 1
    WHILE(TRUE)
    {
        //DOC COUNTER 0
        //DOC COUNTER 1
        // TS_GM (T0 VA T1)
        // HIEN THI (T0 VA T1)
    }
}

```


VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ SANG SỐ

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ ADC CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - KHẢO SÁT ADC CỦA PIC 16F887
 - KHẢO SÁT CÁC THANH GHI CỦA PIC 16F887
 - TRÌNH TỰ THỰC HIỆN CHUYỂN ĐỔI ADC
 - LỰA CHỌN NGUỒN XUNG CHO CHUYỂN ĐỔI ADC
- ❑ CÁC LỆNH CỦA ADC TRONG NGÔN NGỮ CCS-C
 - LỆNH SETUP_ADC(MODE)
 - LỆNH SETUP_ADC_PORT(VALUE)
 - LỆNH SET_ADC_CHANNEL(CHAN)
 - LỆNH VALUE = READ_ADC(MODE)
- ❑ CÁC ỨNG DỤNG ADC CỦA PIC 16F887
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM
 - BÀI TẬP

I. GIỚI THIỆU

Ở chương này khảo sát vi điều khiển giao tiếp với vi mạch chuyển đổi tương tự sang số (ADC) và vi điều khiển có tích hợp ADC để thực hiện các ứng dụng trong đo lường và điều khiển.

Sau khi kết thúc chương này bạn có thể kết nối vi điều khiển không có tích hợp bộ chuyển đổi ADC với các vi mạch ADC, sử dụng được vi điều khiển có tích hợp ADC, biết trình tự thực hiện quá trình chuyển đổi ADC, biết tính toán độ phân giải, chuyển đổi và tính trung bình kết quả.

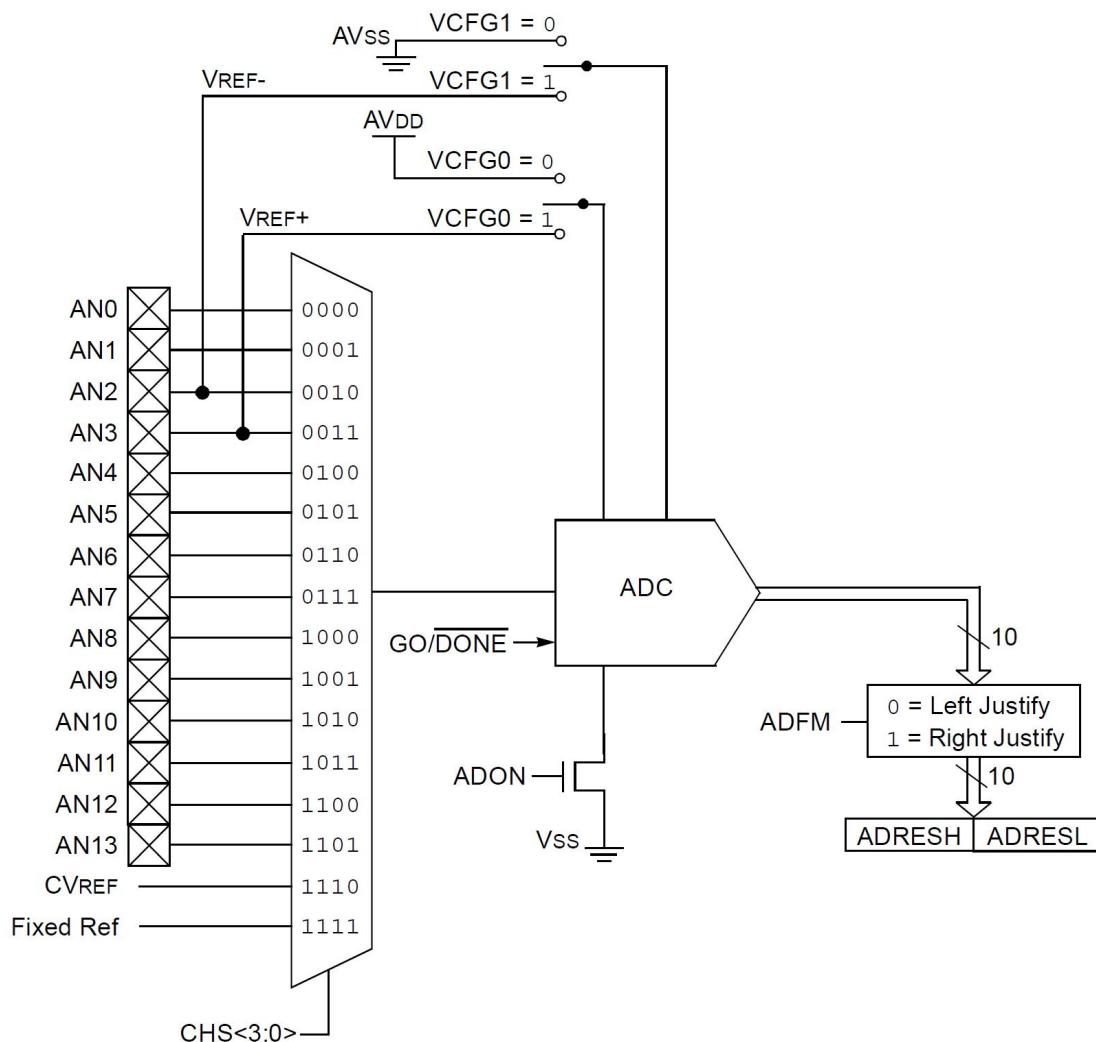
II. ADC CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

Vi điều khiển PIC 16F877A có bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số ADC 10 bit đa hợp 8 kênh và PIC 16F887 có 14 kênh. Mạch ADC dùng cho các ứng dụng giao tiếp với tín hiệu tương tự có thể nhận từ các cảm biến như cảm biến nhiệt độ LM35, cảm biến áp suất, cảm biến độ ẩm, cảm biến khoảng cách, ...

Phần này sẽ khảo sát chi tiết khối ADC của PIC, các thanh ghi của khối ADC, trình tự thực hiện chuyển đổi, tập lệnh lập trình C cho ADC và ứng dụng ADC để đo nhiệt độ.

1. KHẢO SÁT ADC CỦA PIC 16F887

ADC của PIC16F887 có sơ đồ khối như hình 7-1:



Hình 7-1: Sơ đồ khối của ADC PIC 16F887.

Chức năng các thành phần:

- AN0 đến AN13 (analog) là 14 ngõ vào của 14 kênh tương tự được đưa đến mạch đa hợp.
- CHS<3:0> là các ngõ vào chọn kênh của bộ đa hợp tương tự.
- Tín hiệu kênh tương tự đã chọn sẽ được đưa đến bộ chuyển đổi ADC.

- Điện áp tham chiếu dương Vref+ có thể lập trình nối với nguồn cung cấp dương AV_{DD} hoặc điện áp tham chiếu bên ngoài nối với ngõ vào Vref+ của chân AN3, bit lựa chọn là VCFG0.
- Điện áp tham chiếu âm Vref- có thể lập trình nối với nguồn cung cấp AV_{SS} hoặc điện áp tham chiếu bên ngoài nối với ngõ vào Vref- của chân AN2, bit lựa chọn là VCFG1.
- Hai ngõ vào Vref+ và Vref- có chức năng thiết lập độ phân giải cho ADC.
- Bit ADON có chức năng cho phép ADC hoạt động hoặc tắt bộ ADC khi không hoạt động để giảm công suất tiêu tán, ADON bằng 1 thì cho phép, bằng 0 tắt.
- Kết quả chuyển đổi là số nhị phân 10 bit sẽ lưu vào cặp thanh ghi 16 bit có tên là ADRESH và ADRESL, 10 bit kết quả lưu vào thanh ghi 16 bit nên có dạng lưu là canh lề trái và canh lề phải tùy thuộc vào bit lựa chọn có tên ADFM.

ADC có 14 kênh nhưng mỗi thời điểm chỉ chuyển đổi 1 kênh và chuyển đổi kênh nào thì phụ thuộc vào 4 bit chọn kênh CHS4:CHS0. Hai ngõ vào điện áp tham chiếu dương và âm có thể lập trình nối với nguồn VDD và VSS hoặc nhận điện áp tham chiếu từ bên ngoài qua 2 chân RA3 và RA2.

Khối ADC độc lập với CPU nên có thể hoạt động khi CPU đang ở chế độ ngủ do xung cung cấp cho ADC lấy từ dao động RC bên trong của khối ADC.

2. KHẢO SÁT CÁC THANH GHI CỦA PIC 16F887

Khối ADC có 4 thanh ghi:

- Thanh ghi lưu kết quả byte cao: ADRESH (A/D Result High Register)
- Thanh ghi lưu kết quả byte thấp: ADRESL (A/D Result Low Register)
- Thanh ghi điều khiển ADC thứ 0: ADCON0 (A/D Control Register 0)
- Thanh ghi điều khiển ADC thứ 1: ADCON1 (A/D Control Register 1)

a. *Thanh ghi ADCON0 (ADC Control register) chứa các bit điều khiển khối ADC như sau*

| R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) | R/W(0) |
|--------|--|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| ADCS1 | ADCS0 | CHS3 | CHS2 | CHS1 | CHS0 | GO/DONE | ADON |
| Bit 7 | R/W(0): là cho phép đọc/ghi và khi reset thì bằng 0 | | | | | | Bit 0 |

Hình 7-2: *Thanh ghi ADCON0*.

Bit 7-6 ADCS<1:0>: Các bit lựa chọn xung chuyển đổi AD (AD Conversion Clock Select bits)

00 = F_{OSC}/2

01 = F_{OSC}/8

10 = F_{OSC}/32

11 = F_{RC} (xung clock lấy từ bộ dao động nội bộ trong có tần số lớn nhất là 500 kHz)

Bit 5-3 CHS<3:0>: Các bit lựa chọn kênh tương tự (Analog Channel Select bits) như sau:

| CHS<3:0> | Kênh | CHS<3:0> | Kênh | CHS<3:0> | Kênh | CHS<3:0> | Kênh |
|----------|------|----------|------|----------|------|----------|--------------------------------------|
| 0000 | 0 | 0100 | 4 | 1000 | 8 | 1100 | 12 |
| 0001 | 1 | 0101 | 5 | 1001 | 9 | 1101 | 13 |
| 0010 | 2 | 0110 | 6 | 1010 | 10 | 1110 | C _{VREF} |
| 0011 | 3 | 0111 | 7 | 1011 | 11 | 1111 | Điện áp tham chiếu cố định bằng 0,6V |

Bit 2 GO/DONE: bit báo trạng thái chuyển đổi ADC (A/D Conversion status bit)

Khi cho $GO/DONE = 1$ để bắt đầu thực hiện quá trình chuyển đổi.

Sau khi chuyển đổi xong thì mạch chuyển đổi làm bit $GO/DONE$ xuống mức 0.

Bit 0 ADON: bit mở nguồn cho ADC hoạt động (AD ON bit):

ADON = 1 có chức năng mở nguồn cho khối chuyển đổi ADC hoạt động.

ADON = 0 sẽ tắt nguồn khối chuyển đổi ADC để giảm công suất tiêu thụ.

b. Thanh ghi ADCON1 thiết lập các chân của port là tương tự hoặc xuất nhập số IO.

| R/W(0) | U(0) | R/W(0) | R/W(0) | U(0) | U(0) | U(0) | U(0) |
|--------|------|--------|--------|------|------|------|------|
| ADFM | - | VCFG1 | VCFG0 | - | - | - | - |

Bit 7 U(0): chưa dùng Bit 0

Hình 7-3: Thanh ghi ADCON1.

Bit 7 ADFM: bit lựa chọn định dạng kết quả ADC (AD Result Format Select bit):

ADFM = 1: có chức năng canh lề phải, 6 bit MSB của ADRESH có giá trị là ‘0’.

ADFM = 0: có chức năng canh lề trái, 6 bit LSB của ADRESL có giá trị là ‘0’.

Bit 5 VCFG1: bit lựa chọn điện áp tham chiếu (Voltage reference bit)

VCFG1 = 1: có chức năng nối điện áp tham chiếu Vref- với ngõ vào AN3.

VCFG1 = 0: có chức năng nối điện áp tham chiếu Vref- với V_{SS}.

Bit 4 VCFG0: bit lựa chọn điện áp tham chiếu (Voltage reference bit)

VCFG0 = 1: có chức năng nối điện áp tham chiếu Vref+ với ngõ vào AN3.

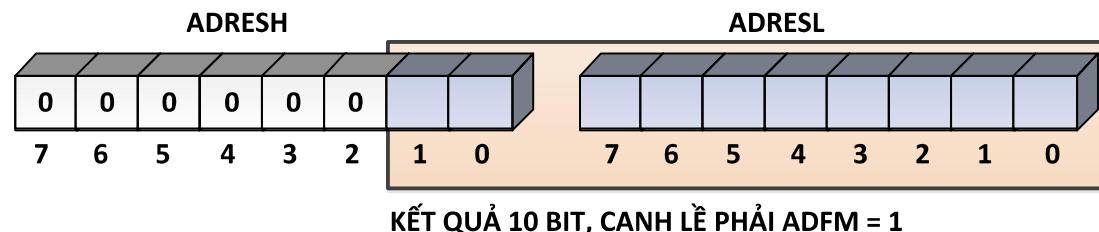
VCFG0 = 0: có chức năng nối điện áp tham chiếu Vref+ với V_{DD}.

Bit 6, 3-0: chưa dùng nếu đọc sẽ có giá trị là ‘0’

c. Thanh ghi ADRESH và ADRESL

Cặp thanh ghi 16 bit ADRESH: ADRESL dùng để lưu kết quả chuyển đổi 10 bit của ADC sau khi chuyển đổi xong. Do kết quả chỉ có 10 bit nhưng lưu trong cặp thanh ghi 16 bit nên có 2 kiểu định dạng tùy thuộc vào bit ADFM (ADC Format).

Hình sau trình bày 2 kiểu định dạng của cặp thanh ghi kết quả:



Hình 7-4: Định dạng cặp thanh ghi lưu kết quả.

Chức năng của canh lề phục vụ cho 2 khả năng xử lý kết quả: nếu lấy kết quả 10 bit để xử lý thì nên chọn chế độ canh lề phải, còn nếu lấy kết quả 8 bit thì chọn chế độ canh lề trái và chỉ lấy kết quả của thanh ghi byte cao ADRESH, bỏ đi 2 bit có trọng số thấp nhất của thanh ghi ADRESL và chú ý

đến tính toán giá trị, trong chương trình C nếu không khai báo thuộc tính ADC 10 bit thì phần mềm tự động lấy giá trị 8 bit cao.

3. TRÌNH TỰ THỰC HIỆN CHUYỂN ĐỔI ADC

Để thực hiện chuyên đổi ADC thì phải thực hiện các bước sau:

Bước 1: Cấu hình cho port:

- Cấu hình cho các port ở chế độ ngõ vào tương tự.
- Không được định cấu hình cho các port ở chế độ xuất dữ liệu.

Bước 2: Cấu hình cho module ADC:

- Chọn xung clock cho chuyển đổi ADC.
- Định cấu hình cho điện áp chuẩn.
- Chọn kênh ngõ vào tương tự cần chuyển đổi.
- Chọn định dạng cho 2 thanh ghi lưu kết quả.
- Mở nguồn cho ADC.

Bước 3: Thiết lập cấu hình ngắt ADC nếu sử dụng:

- Xóa cờ báo ngắt ADIF của ADC.
- Cho bit ADIE bằng 1 để cho phép ADC ngắt.
- Cho bit PEIE bằng 1 để cho phép ngắt ngoại vi.
- Cho bit GIE bằng 1 để cho phép ngắt toàn cục.

Bước 4: Chờ hết thời gian ổn định theo yêu cầu.

Bước 5: Bắt đầu chuyển đổi bằng cách cho bit GO/ \overline{DONE} lên 1

Bước 6: Kiểm tra chuyển đổi ADC kết thúc bằng cách:

- Kiểm tra liên tục bit GO/ \overline{DONE} nếu về 0 thì quá trình chuyển đổi kết thúc.
- Nếu dùng ngắt thì chờ ngắt ADC xảy ra.

Bước 7: Đọc cặp thanh ghi kết quả (ADRESH: ADRESL), xóa bit ADIF nếu dùng ngắt.

Bước 8: Thực hiện chuyển đổi kế tiếp.

4. LỰA CHỌN NGUỒN XUNG CHO CHUYỂN ĐỔI ADC

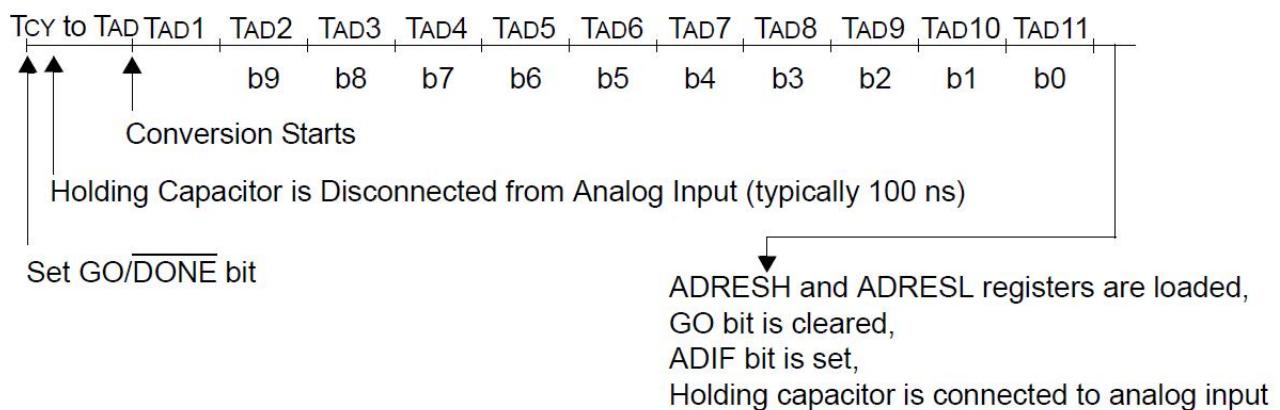
Tần số xung clock cho bộ chuyển đổi ADC được lựa chọn bằng phần mềm bởi các bit ADCS nằm trong thanh ghi ADCON0. Có 4 lựa chọn cho nguồn xung clock như sau:

- Fosc/2
- Fosc/8
- Fosc/32
- F_{RC} lấy từ bộ dao động bên trong.

Bảng 7-1: Tần số xung clock tùy chọn phụ thuộc vào tần số bộ dao động:

| Chu kỳ xung clock của ADC (T_{AD}) | | Tần số thiết bị (Fosc) | | | |
|--|----------|------------------------|-------|-------|------|
| Xung clock cho ADC | ADC<1:0> | 20MHz | 8MHz | 4MHz | 1MHz |
| Fosc/2 | 00 | 100ns | 250ns | 500ns | 2μs |
| Fosc/8 | 01 | 400ns | 1μs | 2μs | 8μs |
| Fosc/32 | 10 | 1.6μs | 4μs | 8μs | 32μs |

Thời gian chuyển đổi ADC cho mỗi bit được xác định bởi chu kỳ T_{AD} . Để chuyển đổi hoàn tất 10 bit sẽ dùng tối thiểu 11 chu kỳ T_{AD} như hình 7-5.



Hình 7-5: Thời gian chuyển đổi 10 bit.

III. CÁC LỆNH CỦA ADC TRONG NGÔN NGỮ CCS-C

Các lệnh của ngôn ngữ lập trình C liên quan đến ADC bao gồm:

Lệnh `SETUP_ADC(MODE)`

Lệnh `SETUP_ADC_PORT(VALUE)`

Lệnh `SET_ADC_CHANNEL(CHAN)`

Lệnh `VALUE=READ_ADC(MODE)`

1. LỆNH SETUP_ADC(MODE) - LỆNH ĐỊNH CÁU HÌNH CHO ADC

Cú pháp: `setup_adc (mode);`

Thông số: **mode**- Analog to digital mode. Xem trong file device.

Chức năng: định cấu hình cho ADC

Có hiệu lực: Cho các PIC có tích hợp ADC.

Ví dụ 7-1: `setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);`

2. LỆNH SETUP_ADC_PORT(VALUE) - LỆNH ĐỊNH CÁU HÌNH CHO PORT

Cú pháp: `setup_adc_ports (value)`

Hàng số: **value** - là hàng số định nghĩa trong file devices .h

Chức năng: Thiết lập chân của ADC là tương tự, số hoặc tổ hợp cả 2.

Hiệu lực: Cho các PIC có ADC.

Ví dụ 7-2: `setup_adc_ports(ALL_ANALOG); // sử dụng tất cả các kênh tương tự`

3. LỆNH SET_ADC_CHANNEL(chan) - LỆNH CHỌN KÊNH ADC

Cú pháp: `Set_adc_channel (chan)` - chọn kênh cần chuyển đổi khi đo nhiều hơn 1 kênh, nếu chỉ đo 1 kênh thì không cần.

Thông số: **Chan** là thứ tự kênh cần chuyển đổi. Kênh bắt đầu từ số 0.

Chức năng: Chọn kênh cần chuyển đổi ADC

Phải chờ 1 khoảng thời gian ngắn khi chuyển kênh, thường thì thời gian chờ khoảng 10μs.

Ví dụ 7-3: `SET_ADC_CHANNEL(2);`

`DELAY_US(10);`

`VALUE = READ_ADC();`

4. LỆNH value=READ_ADC(mode) - LỆNH ĐỌC KẾT QUẢ CHUYỂN ĐỔI ADC

Cú pháp: `value = read_adc ([mode])` - đọc kết quả sau khi chuyển đổi xong

Hằng số: mode là 1 trong các hằng số sau:

- ADC_START_AND_READ (thực hiện đọc liên tục, mặc nhiên là mode này)
- ADC_START_ONLY (bắt đầu chuyển đổi)
- ADC_READ_ONLY (đọc kết quả của lần chuyển đổi sau cùng)

Trả về: Kết quả 8 bit hay 16 bit tùy thuộc và khai báo #DEVICE ADC= directive.

Chức năng: Lệnh này sẽ đọc giá trị số sau khi chuyển đổi xong

Khai báo #DEVICE ADC= directive như sau:

| #DEVICE | 8 bit | 10 bit | 11 bit | 16 bit |
|---------|-------|--------|--------|--------|
|---------|-------|--------|--------|--------|

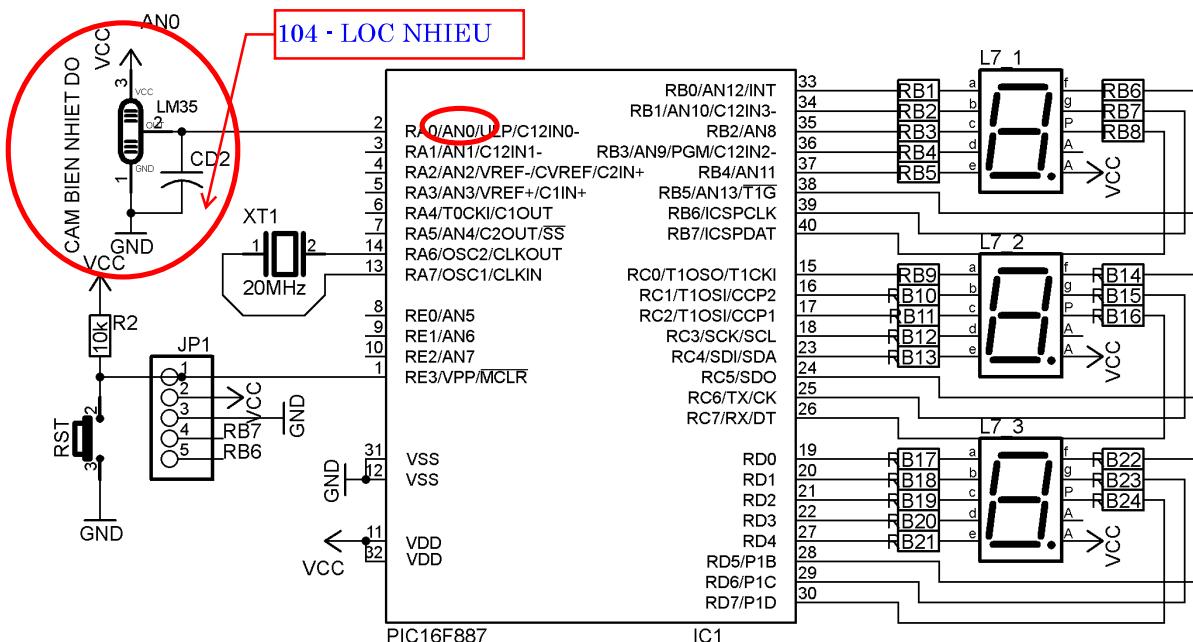
Ví dụ 7-4:

```
setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );
setup_adc_ports( ALL_ANALOG );
set_adc_channel(1);
read_adc(ADC_START_ONLY);
sleep();
value=read_adc(ADC_READ_ONLY);
```

IV. ỨNG DỤNG ADC CỦA PIC 16F887

Bài 7-1: Dùng ADC của vi điều khiển PIC 16F887 và cảm biến LM35 để đo nhiệt độ hiển thị trên 3 led 7 đoạn anode chung dùng 3 port, chỉ hiển thị đơn vị, chục và trăm. Sử dụng nguồn điện áp tham chiếu V_{REF+} nối với V_{DD} bằng 5V và V_{REF-} nối với nguồn V_{SS} bằng 0V.

- Sơ đồ mạch:



V_{REF+} : nối với giá trị điện áp ứng với ngõ ra của cảm biến khi ở giá trị d.ap thấp nhất

Tính toán độ phân giải

GIA TRI DIEN AP O
NGO VAO DE NGO
RA THAY DOI 1
DON VI

Theo yêu cầu thì các ngõ vào điện áp tham chiếu là

$$V_{REF-} = 0V, V_{REF+} = V_{DD} = 5V$$

Nên độ phân giải (step size) là $SS = \frac{V_{REF+} - V_{REF-}}{2^{10} - 1} = \frac{5000mV}{1023} = 4,887mV$

Thông số 2^{10} là do ADC 10 bit.

Điện áp toàn giải full scale = FS: $FS = SS \times 1023 = 4,887mV \times 1023 = 5,000mV = 5V$

Độ phân giải ADC là 4,887mV không tương thích với độ phân giải của cảm biến LM35 bằng 10mV, tỉ lệ chênh lệch là:

$$\frac{10mV}{4,887mV} = 2,046$$

Để có kết quả hiển thị đúng thi lấy kết quả chuyển đổi chia cho tỉ lệ chênh lệch.

- Lưu đồ:



Hình 7-7: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ kênh thứ 0.

- Chương trình:

```

#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 KQADC;
UNSIGNED INT J,MATRAM;

VOID HIEN_THI()
{
    MATRAM = MA7DOAN[KQADC/100];
    IF (MATRAM == 0XC0)    MATRAM=0xFF;
    OUTPUT_B(MA7DOAN[KQADC%10]);
    OUTPUT_C(MA7DOAN[KQADC/10%10]);
    OUTPUT_D(MA_TRAM);
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);  SET_TRIS_D(0x00);
    SET_TRIS_C(0x00);  SET_TRIS_A(0xFF);
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_2);
    SETUP_ADC_PORTS(sAN0 | sAN1 );
    SET_ADC_CHANNEL(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        KQADC=0;
        FOR (J=0; J<200; J++)
        {
            KQADC=KQADC+READ_ADC();
            DELAY_MS(1);
        }
        KQADC= KQADC /2.046;
        KOADC=KQADC/200;
        HIEN_THI();
        DELAY_MS(500);
    }
}

//Khi doc 2 kenh
DOC_ADC_00;
DOC_ADC_10;
  
```

KIEM TRA TRONG THU VIEN

#INCLUDE <16F887.H>
#DEVICE ADC = 10 // THEM VAO TV

khoi tao ADC (ngoai while (true))

SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_2);

SETUP_ADC_PORTS(sAN0 | sAN1);

SET_ADC_CHANNEL(0);

KQADC = READ_ADC() / 2.046;

// DOC ADC 1 LAN

// KHI DOC 2 KENGH

VOID DOC_ADC_0()

SET_ADC_CHANNEL(0);

DELAY_US(10);

KQ_ADC_0 = READ_ADC() / 2.046;

VOID DOC_ADC_1()

SET_ADC_CHANNEL(1);

DELAY_US(10);

KQ_ADC_1 = READ_ADC() / 2.046;

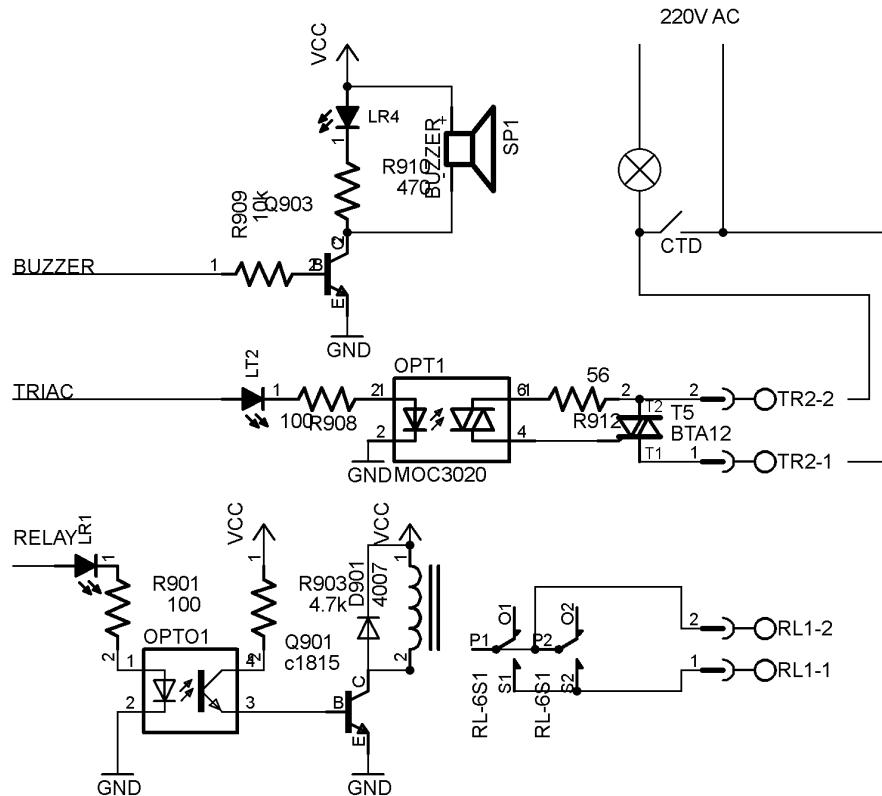
Giải thích chương trình:

Trong vòng lặp while ta cho biến KQADC bằng 0, vòng lặp for thực hiện 200 lần đo, kết quả cộng dồn vào biến KQADC.

Kết quả đúng của 200 lần đo sẽ chia cho 200 lần để được kết quả đo trung bình và chia cho hệ số 2.046 để có kết quả đúng hệ số độ phân giải, sau đó tiến hành giải mã hiển thị và xoá số 0 vô nghĩa.

Bài 7-2: Thêm vào bài 7-1 yêu cầu: khi nhiệt độ tăng nhưng nhỏ hơn 40 độ thì relay đóng, khi lớn hơn 40 độ thì relay ngắt, khi nhiệt độ giảm thấp hơn 35 độ thì relay đóng trở lại.

- Sơ đồ mạch:



Hình 7-8: Sơ đồ mạch giao tiếp điều khiển relay, triac, buzzer.

- Giải thích sơ đồ mạch:

Sơ đồ mạch gồm 3 đối tượng điều khiển:

Buzzer để tạo âm thanh bip dùng 1 buzzer và mạch khuếch đại dùng transistor, transistor với dòng làm việc lớn hơn dòng của buzzer khoảng 120mA. Mức 1 làm buzzer kêu, mức 0 tắt buzzer.

Mạch điều khiển tải ac dùng triac và opto cách ly. Mức 1 làm triac dẫn, mức 0 làm triac tắt.

Mạch điều khiển tải công suất dùng relay và opto cách ly. Mức 1 làm opto dẫn, transistor dẫn, relay dẫn, mức 0 làm opto tắt, transistor tắt, relay tắt.

Khi sử dụng đối tượng nào thì ta chỉ cần kết nối 1 port của vi điều khiển với 1 trong các mạch trên.

- Lưu đồ:



Hình 7-9: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ kênh thứ 0.

- Chương trình:

```

#define RELAY      PIN_A3

IF (KQADC>40) |-----| OUTPUT_LOW(RELAY);
ELSE          |-----| (KQADC<35)   OUTPUT_HIGH(RELAY);

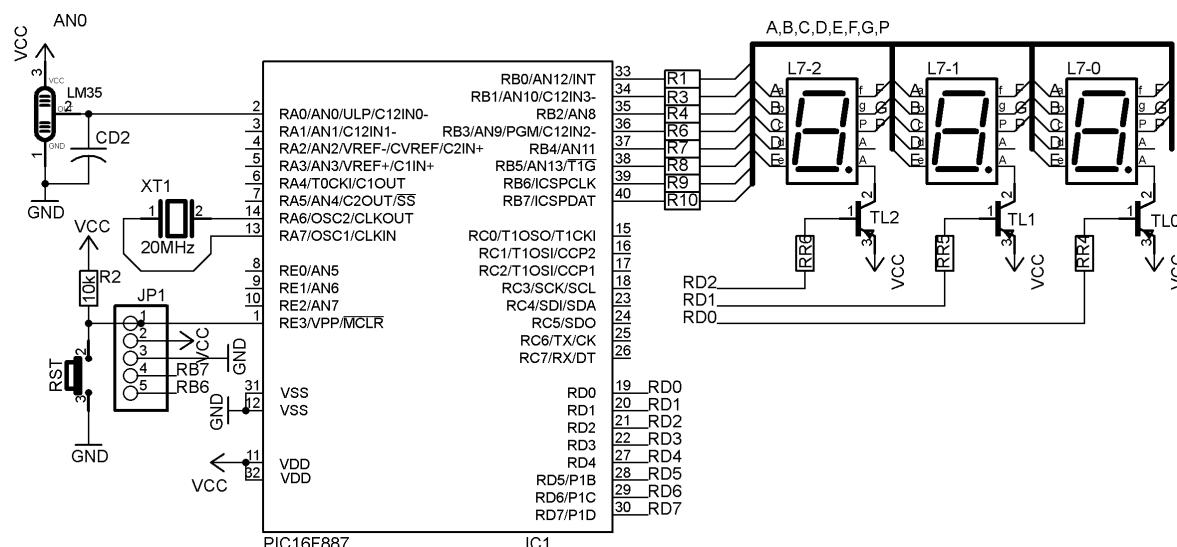
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình này giống như bài 7-1, chỉ thêm phần khai báo định nghĩa bit điều khiển RELAY là RA3 (chọn port nào chưa dùng là được). Trong chương trình chính thì thêm hàng lệnh trên có chức năng so sánh nếu nhiệt độ lớn hơn 40 thì relay tắt, nhỏ hơn 35 thì mở.

Bài 7-3: Dùng ADC của vi điều khiển PIC 16F887 và cảm biến LM35 để đo nhiệt độ hiển thị trên 3 led 7 đoạn anode chung kết nối theo phương pháp quét, sử dụng nguồn điện áp tham chiếu V_{REF+} nối với V_{DD} bằng 5V và V_{REF-} nối với nguồn V_{SS} bằng 0V.

- Sơ đồ mạch:



Hình 7-10: Sơ đồ mạch đo nhiệt độ dùng PIC16F887, hiển thị 3 led quét.

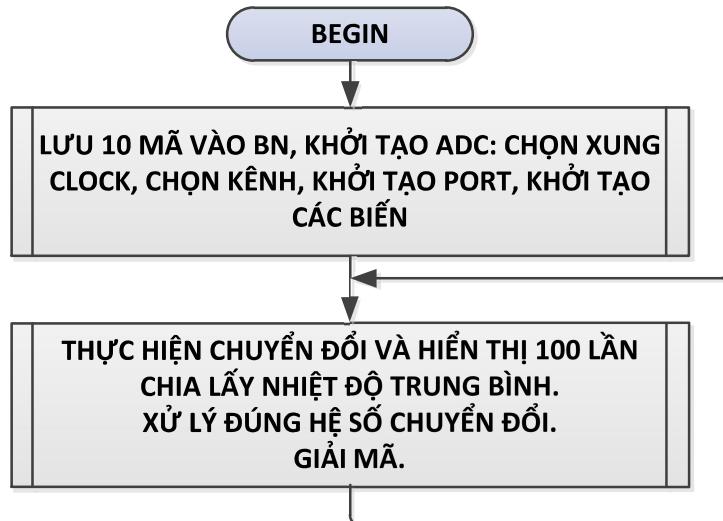
- Giải thích sơ đồ mạch:

Mạch dùng 3 led 7 đoạn để hiển thị kết quả nhiệt độ kết nối theo phương pháp quét sử dụng port B và 3 bit của port D để điều khiển 3 transistor.

Cảm biến LM35 nối với ngõ vào kênh tương tự thứ 0 (SAN0).

Mạch reset và các chân để kết nối mạch nạp, tụ thạch anh 20MHz.

- Lưu đồ:



Hình 7-11: Lưu đồ chuyển đổi ADC đo nhiệt độ hiển thị led quét.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 KQADC;
UNSIGNED INT J, MADONVI, MACHUC, MATRAM;
VOID GAIMA()
{
    MATRAM = MA7DOAN[KQADC / 100];
    MACHUC = MA7DOAN[KQADC / 10 % 10];
    MADONVI= MA7DOAN[KQADC % 10];
    IF (MATRAM == 0XC0) MATRAM=0xFF;
}

VOID HIENTHI()
{
    OUTPUT_B(MADONVI);      OUTPUT_LOW(PIN_D0);
    DELAY_MS(1);             OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
    OUTPUT_B(MACHUC);        OUTPUT_LOW(PIN_D1);
    DELAY_MS(1);             OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
    OUTPUT_B(MATRAM);        OUTPUT_LOW(PIN_D2);
    DELAY_MS(1);             OUTPUT_HIGH(PIN_D2);
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);  SET_TRIS_D(0x00);  SET_TRIS_A(0x01);
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_2);
    SETUP_ADC_PORTS(SAN0);
    SET_ADC_CHANNEL(0);
    WHILE(TRUE)
    {
        KQADC=0;
        FOR (J=0; J<100; J++)
        {
    
```

```
        KQADC=KQADC+READ_ADC();
        HIENTHI();
    }
    KQADC= KQADC /2.046;
    KQADC=KQADC/100;
    GIAIMA();
}
}

WHILE(TRUE)
{
    DOC_ADC_0();
    GIAI_MA();
    DELAY_HT();
}
```

- Giải thích chương trình

Trong vòng lặp while ta cho biến KQADC bằng 0, vòng lặp for thực hiện 100 lần đo, kết quả công dồn vào biến KQADC.

Chương trình này giống như các bài trước, sự khác nhau là trong quá trình chuyển đổi thì thực hiện hiển thị để 3 led 7 đoạn sáng liên tục và vì thời gian quét 3 led dài nên ta giảm bớt số lần đo trung bình xuống còn 100 để tăng nhanh đáp ứng thời gian.

Ở các bài này thì công việc chính là chuyển đổi ADC và hiển thị, nếu các chương trình ứng dụng lớn thực hiện nhiều công việc thì ta phải giảm số lần đo trung bình xuống cho phù hợp với đáp ứng thời gian.

V. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM - BÀI TẬP

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu 7-1: Hãy trình bày cấu trúc khối ADC của PIC16F887.

Câu 7-2: Hãy cho biết chức năng của các tín hiệu V_{REF+} và V_{REF-} .

Câu 7-3: Hãy cho biết trình tự chuyển đổi ADC của IC16F887.

Câu 7-4: Hãy so sánh ADC của IC16F887 và PIC 16F877A.

2. CÂU HỎI MỎ RÔNG

Câu 7-6: Hãy khảo sát cấu trúc ADC của PIC18F4550 và PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 7-1: Công thức tính độ phân giải ADC của PIC16F887 là:

$$(a) SS = \frac{V_{REF+} - V_{REF-}}{2^{10} - 1}$$

$$(b) SS = \frac{V_I - V_{REF+}}{V - V}$$

$$(c) SS = \frac{V_I - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} (2^{10} - 1)$$

$$(d) \ SS = \frac{V_I - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} (2^{10})$$

Câu 7-2: PIC 16F877A có bộ ADC bao nhiêu bit?

Câu 7-3: PIC 16F877A có bộ ADC bao nhiêu kênh?

Câu 7-4: PIC 16F887 có bộ ADC bao nhiêu kênh?

Câu 7-5: ADC của PIC 16F887 có bao nhiêu thanh ghi:

Câu 7-6: Các thanh ghi lưu kết quả ADC của PIC 16F887 có tên là:

Câu 7-7: Các thanh ghi điều khiển ADC của PIC 16F887 có tên là:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| (a) ADCON1 và ADCON0 | (b) ADRES1 và ADRES0 |
| (c) ADRESH và ADRESL | (d) ADCONH và ADCONL |

Câu 7-8: Các bit lựa chọn kênh ADC của PIC 16F887 có tên là:

- | | | | |
|------------------|----------------|------------------|----------------|
| (a) ADCS2: ADCS0 | (b) CHS2: CHS0 | (c) PCFG2: PCFG0 | (d) CHS3: CHS0 |
|------------------|----------------|------------------|----------------|

Câu 7-9: Có bao nhiêu bit lựa chọn kênh ADC của PIC 16F887:

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| (a) 2 | (b) 4 | (c) 3 | (d) 8 |
|-------|-------|-------|-------|

Câu 7-10: Có bao nhiêu bit lựa chọn cấu hình port cho ADC của PIC 16F887:

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| (a) 2 | (b) 4 | (c) 3 | (d) 8 |
|-------|-------|-------|-------|

Câu 7-11: Các bit lựa chọn cấu hình cho ADC của PIC 16F887 có tên là:

- | | | | |
|------------------|------------------|------------------|----------------|
| (a) ADCS2: ADCS0 | (b) PCFG3: PCFG0 | (c) PCFG2: PCFG0 | (d) CHS3: CHS0 |
|------------------|------------------|------------------|----------------|

Câu 7-12: Có bao nhiêu bit lựa chọn nguồn xung clock cho ADC của PIC 16F887:

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| (a) 2 | (b) 4 | (c) 3 | (d) 8 |
|-------|-------|-------|-------|

Câu 7-13: Các bit lựa chọn xung clock cho ADC của PIC 16F887 có tên là:

- | | | | |
|------------------|------------------|------------------|----------------|
| (a) ADCS2: ADCS0 | (b) PCFG3: PCFG0 | (c) PCFG2: PCFG0 | (d) CHS3: CHS0 |
|------------------|------------------|------------------|----------------|

Câu 7-14: Lệnh “SETUP_ADC(MODE)” của PIC 16F887 có chức năng là:

- | | | | |
|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------|
| (a) Chọn kênh | (b) Chọn độ phân giải | (c) Đọc giá trị | (d) Định cấu hình |
|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------|

Câu 7-15: Bit ra lệnh chuyển đổi ADC của PIC 16F887 có tên là:

- | | | | |
|------------------|-------------|----------|----------|
| (a) ADCS2: ADCS0 | (b) GO/DONE | (c) ADON | (d) ADFM |
|------------------|-------------|----------|----------|

Câu 7-16: Bit chọn định dạng kết quả ADC cạnh trái hoặc phải của PIC16F887 có tên là:

- | | | | |
|------------------|-------------|----------|----------|
| (a) ADCS2: ADCS0 | (b) GO/DONE | (c) ADON | (d) ADFM |
|------------------|-------------|----------|----------|

Câu 7-17: Lệnh “SETUP_ADC_PORT(VALUE)” của PIC 16F887 có chức năng là:

- | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| (a) Thiết lập các kênh | (b) Chọn độ phân giải | (c) Đọc giá trị | (d) Chọn tốc độ |
|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|

Câu 7-18: Lệnh “SET_ADC_CHANNEL(CHAN)” của PIC 16F887 có chức năng là:

- | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| (a) Thiết lập các kênh | (b) Chọn độ phân giải | (c) Đọc giá trị | (d) Chọn kênh |
|------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|

Câu 7-19: Lệnh “VALUE=READ_ADC(MODE)” của PIC 16F887 có chức năng là:

- | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| (a) Thiết lập các kênh | (b) Chọn độ phân giải | (c) Đọc giá trị | (d) Chọn tốc độ |
|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|

Câu 7-20: Công thức tính giá trị số nhị phân sau khi chuyển đổi ADC của PIC16F887 là:

$$(a) N = \frac{V_{REF+} - V_{REF-}}{2^{10} - 1}$$

$$(b) N = \frac{V_I - V_{REF+}}{SS}$$

$$(c) N = \frac{V_I - V_{REF-}}{SS}$$

$$(d) N = \frac{V_I - V_{REF-}}{SS} (2^{10})$$

4. BÀI TẬP

Bài tập 7-1: Mạch đo nhiệt độ 2 kênh dùng cảm biến LM35, vi điều khiển PIC16F887 và 3 led 7 đoạn.

Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình đo nhiệt độ 2 kênh lần lượt hiển thị trên 3 led, mỗi kênh đo trong khoảng thời gian 1s, định thời 1 giây chuyển kênh dùng Timer T1.

Bài tập 7-2: Mạch đo nhiệt độ 8 kênh dùng cảm biến LM35, vi điều khiển PIC16F887 và 3 led 7 đoạn.

Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình đo nhiệt độ 8 kênh lần lượt hiển thị trên 3 led, mỗi kênh đo trong khoảng thời gian 1s, định thời 1 giây chuyển kênh dùng Timer T1.

Bài tập 7-3: Mạch đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35, vi điều khiển PIC16F887 và LCD 16x2.

Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình đo nhiệt độ nối với kênh AN0 và hiển thị kết quả trên LCD.

Bài tập 7-4: Mạch đo nhiệt độ 2 kênh dùng 2 cảm biến LM35 và vi điều khiển PIC16F887 hiển thị kết quả đo kênh 1 ở hàng 1, kênh 2 ở hàng 2 của LCD 16x2.

Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình.

Bài tập 7-5: Mạch đo nhiệt độ 1 kênh dùng cảm biến LM35 và đếm sản phẩm dùng vi điều khiển PIC16F887 hiển thị kết quả đo hàng 1 và kết quả đếm ở hàng 2 của LCD 16x2.

Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình.

```

VOID MAIN()
{
    // KHOI TAO PORT
    // KHOI TAO ADC

    WHILE(TRUE)
    {
        // DOC KENH 0 _ DOC_ADC_0
        // DOC KENH 1 _ DOC_ADC_1

        // TS - GM --> 2 KENH (KQADC_0, KQADC_1)
        // HIEN THI LCD --> HANG 1 + HANG 2

        // SO SANH --> DIEU KHIEN
    }
}

VOID MAIN()
{
    // KHOI TAO PORT
    // KHOI TAO ADC
    // KHOI TAO COUNTER 0

    WHILE(TRUE)
    {
        // DOC KENH 0 _ DOC_ADC_0
        // SO SANH --> DIEU KHIEN

        // DOC COUNTER 0
        // SO SANH SO DEM CUOI

        // TS - GM --> KQADC_0, T0
        // HIEN THI LCD --> HANG 1: NHIET DO
        //                                HANG 2: SO DEM
    }
}

```

VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: NGẮT

- GIỚI THIỆU
- TỔNG QUAN VỀ NGẮT
- NGẮT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887
 - CÁC NGUỒN NGẮT CỦA PIC16F887
 - CÁC THANH GHI NGẮT CỦA PIC16F887
 - Thanh ghi INTCON (*Interrupt CONTROL*)
 - Thanh ghi PIE1 (*Peripheral Interrupt Enable*) và PIR1 (*Peripheral Interrupt Request*)
 - Thanh ghi PIE2 (*Peripheral Interrupt Enable*) và PIR2 (*Peripheral Interrupt Request*)
- CÁC LỆNH NGẮT CỦA PIC16F887 TRONG NGÔN NGỮ CCS-C
 - LỆNH ENABLE_INTERRUPT(LEVEL)
 - LỆNH DISABLE_INTERRUPT(LEVEL)
- CÁC ỨNG DỤNG NGẮT CỦA PIC 16F887
- CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

I. GIỚI THIỆU

Ngắt có nhiều tiện ích trong điều khiển nên hầu hết các vi điều khiển đều tích hợp, ở chương này chúng ta sẽ khảo sát nguyên lý hoạt động của ngắt, các nguồn ngắt, vector địa chỉ ngắt, viết chương trình con phục vụ ngắt cho các ứng dụng.

Sau khi kết thúc chương này bạn có thể sử dụng được ngắt của các vi điều khiển.

II. TỔNG QUAN VỀ NGẮT

Ngắt sử dụng trong vi xử lý hay vi điều khiển hoạt động như sau: vi xử lý hay vi điều khiển luôn thực hiện một chương trình thường gọi là chương trình chính, khi có tác động từ bên ngoài bằng phần cứng hay tác động bên trong làm cho vi xử lý ngừng thực hiện chương trình chính để thực hiện một chương trình khác (còn gọi là chương trình phục vụ ngắt ISR) và sau khi thực hiện xong vi xử lý trở lại thực hiện tiếp chương trình chính. Quá trình làm gián đoạn vi xử lý thực hiện chương trình chính xem như là ngắt.

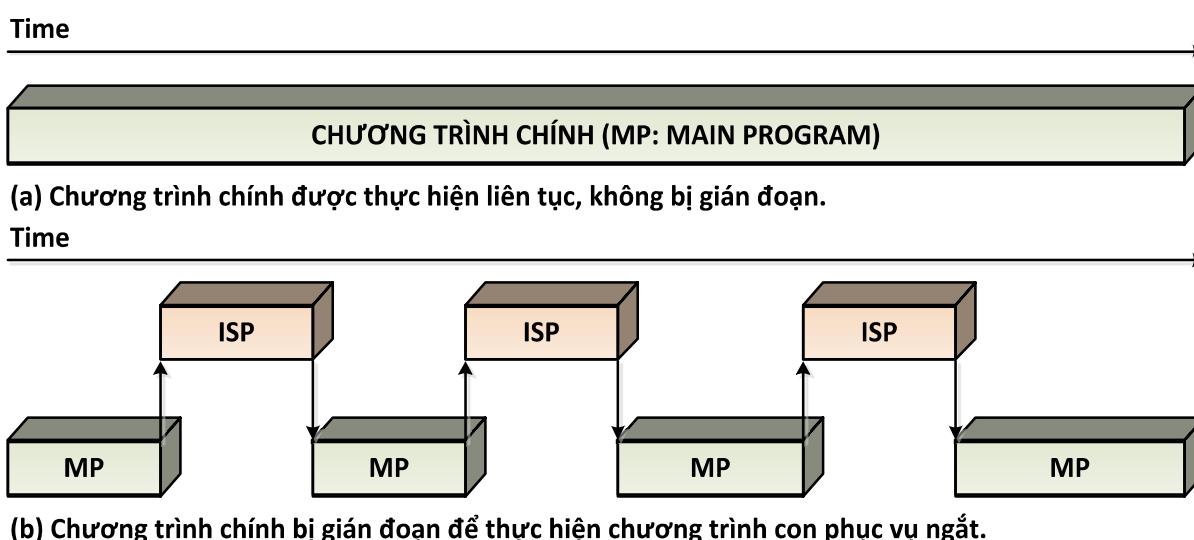
Có nhiều tác động làm ngừng chương trình chính gọi là các nguồn ngắt, ví dụ khi timer/counter đếm tràn sẽ phát sinh yêu cầu ngắt.

Ngắt đóng một vai trò quan trọng trong lập trình điều khiển, vi xử lý hay vi điều khiển sử dụng ngắt để đáp ứng nhiều sự kiện quan trọng khác trong mà vẫn đảm bảo thực hiện được chương trình chính.

Ví dụ trong khi vi điều khiển đang thực hiện chương trình chính thì có dữ liệu từ hệ thống khác gởi đến, khi đó vi điều khiển ngừng chương trình chính để thực hiện chương trình phục vụ ngắt nhận dữ liệu xong rồi trở lại tiếp tục thực hiện chương trình chính, hoặc có một tín hiệu báo ngắt từ bên ngoài thì vi điều khiển sẽ ngừng thực hiện chương trình chính để thực hiện chương trình ngắt rồi tiếp tục thực hiện chương trình chính.

Có thể sử dụng ngắt để yêu cầu vi điều khiển thực hiện nhiều chương trình cùng một lúc có nghĩa là các chương trình được thực hiện xoay vòng.

CPU thực hiện chương trình trong trường hợp có ngắt và không có ngắt như hình 8-1.



Hình 8-1: Vi điều khiển thực hiện chương trình chính trong 2 trường hợp không và có ngắt.

III. NGẮT CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887

1. CÁC NGUỒN NGẮT CỦA PIC16F887

Vi điều khiển PIC 16F887 có nhiều nguồn ngắt:

- Ngắt ngoài RB0/INT.
- Ngắt của timer T0 khi đếm tràn.

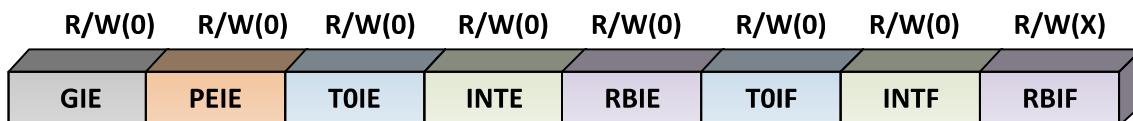
- Ngắt của timer T1 khi đếm tràn.
- Ngắt của timer T2 khi giá trị đếm bằng giá trị của thanh ghi PR2.
- Ngắt portB thay đổi.
- Ngắt của 2 bộ so sánh điện áp tương tự.
- Ngắt của bộ chuyển đổi ADC.
- Ngắt khi ghi dữ liệu vào Eeprom.
- Ngắt khi bộ giám sát phát hiện nguồn xung clock bị hỏng.
- Ngắt của khối CCP tăng cường.
- Ngắt truyền và nhận dữ liệu EUSART.
- Ngắt đánh thức CPU với nguồn công suất cực thấp.
- Ngắt của khôi truyền dữ liệu đồng bộ MSSP.

2. CÁC THANH GHI NGẮT CỦA PIC16F887

Trong vi điều khiển PIC16F887 có 5 thanh ghi phục vụ cho ngắt là INTCON, PIE1, PIE2, PIR1, PIR2. Tổ chức của từng thanh ghi như sau:

a. Thanh ghi INTCON (Interrupt CONTROL)

Tổ chức của thanh ghi như hình sau:



Hình 8-2: Thanh ghi INTCON.

Bảng 8-1: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt INTCON có địa chỉ 0x0B:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|----------|---------|--|
| INTCON.7 | GIE | Bit cho phép/cấm toàn bộ các nguồn ngắt. |
| INTCON.6 | PEIE | Bit cho phép ngắt ngoại vi |
| INTCON.5 | T0IE | Bit cho phép ngắt timer T0. |
| INTCON.4 | INTE | Bit cho phép ngắt ngoại. |
| INTCON.3 | RBIE | Bit cho phép ngắt portB thay đổi. |
| INTCON.2 | T0IF | Cờ báo ngắt của timer T0. |
| INTCON.1 | INTF | Cờ báo ngắt của ngắt ngoại. |
| INTCON.0 | RBIF | Cờ báo ngắt portB thay đổi. |

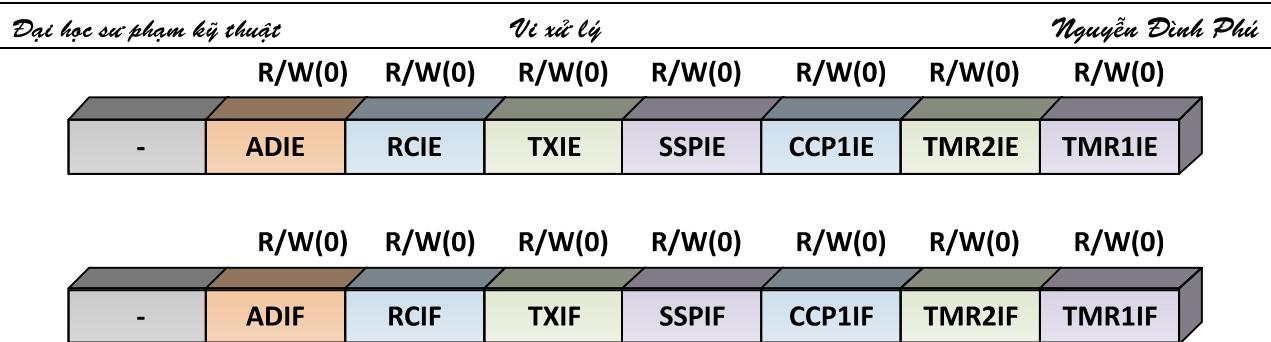
Trong thanh ghi trên thì bit GIE là bit cho phép/cấm ngắt toàn bộ các nguồn ngắt, bit PEIE cho phép/cấm các nguồn ngắt ngoại vi.

Các bit còn lại là bit cho phép/cấm ngắt và cờ báo ngắt của ngắt cứng INT, ngắt portB thay đổi và ngắt của timer0.

Ví dụ 8-1: Muốn cho phép timer0 ngắt thì lập trình cho các bit như sau: GIE = 1, T0IE = 1.

b. Thanh ghi PIE1 (Peripheral Interrupt Enable) và PIR1 (Peripheral Interrupt Request)

Tổ chức của thanh ghi như hình sau:



Hình 8-3: Thanh ghi PIE1 và PIR1.

Bảng 8-2: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIE1 có địa chỉ 0x8C:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|--------|---------|---|
| PIE1.7 | - | Bit chưa có chức năng. |
| PIE1.6 | ADIE | Bit cho phép ADC ngắt. |
| PIE1.5 | RCIE | Bit cho phép ngắt nhận dữ liệu. |
| PIE1.4 | TXIE | Bit cho phép ngắt phát dữ liệu. |
| PIE1.3 | SSPIE | Bit cho phép ngắt truyền dữ liệu đồng bộ. |
| PIE1.2 | CCP1IE | Bit cho phép ngắt khỏi CCP1. |
| PIE1.1 | TMR2IE | Bit cho phép ngắt của timer T2. |
| PIE1.0 | TMR1IE | Bit cho phép ngắt của timer T1. |

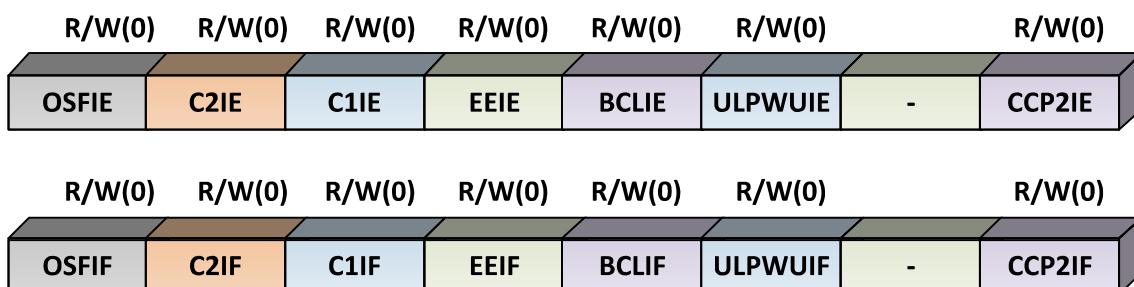
Bảng 8-3: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIR1 có địa chỉ 0x0C:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (ngắt xảy ra = 1; chưa xảy ra = 0) |
|--------|---------|--|
| PIR1.7 | - | Bit chưa có chức năng. |
| PIR1.6 | ADIF | Cờ báo ngắt của ADC. |
| PIR1.5 | RCIF | Cờ báo ngắt nhận dữ liệu. |
| PIR1.4 | TXIF | Cờ báo ngắt phát dữ liệu. |
| PIR1.3 | SSPIF | Cờ báo ngắt truyền dữ liệu đồng bộ. |
| PIR1.2 | CCP1IF | Cờ báo ngắt khỏi CCP1. |
| PIR1.1 | TMR2IF | Cờ báo ngắt của timer T2. |
| PIR1.0 | TMR1IF | Cờ báo ngắt của timer T1. |

Hai thanh ghi chứa các bit cho phép ngắt và cờ báo ngắt tương ứng của 7 ngắt ngoại vi.

Ví dụ 8-2: Muốn cho phép timer2 ngắt thì lập trình cho các bit như sau: GIE = 1, TMR2IE = 1 và bit cho phép ngắt ngoại vi PEIE = 1.

c. **Thanh ghi PIE2 (Peripheral Interrupt Enable) và PIR2 (Peripheral Interrupt Request)**
Tổ chức của thanh ghi như hình sau:



Hình 8-4: Thanh ghi PIE2 và PIR2.

Bảng 8-4: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIE2 có địa chỉ 0x8D:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|--------|---------|--|
| PIE2.7 | OSFIE | Bit cho phép ngắt của bộ dao động hỏng. |
| PIE2.6 | C2IE | Bit cho phép ngắt của khói so sánh 2. |
| PIE2.5 | C1IE | Bit cho phép ngắt của khói so sánh 1. |
| PIE2.4 | EEIE | Bit cho phép ngắt của bộ nhớ eeprom. |
| PIE2.3 | BCLIE | Bit cho phép ngắt xung đột truyền dữ liệu I2C. |
| PIE2.2 | ULWUIE | Bit cho phép ngắt của bộ đánh thức CPU với công suất cực thấp. |
| PIE2.1 | - | Bit chưa có chức năng. |
| PIE2.0 | CCP2IE | Bit cho phép ngắt của CCP2. |

Bảng 8-5: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi cho phép ngắt PIR2 có địa chỉ 0x0D:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|--------|---------|--|
| PIR2.7 | OSFIF | Cờ báo ngắt của bộ dao động hỏng. |
| PIR2.6 | C2IF | Cờ báo ngắt của khói so sánh 2. |
| PIR2.5 | C1IF | Cờ báo ngắt của khói so sánh 1. |
| PIR2.4 | EEIF | Cờ báo ngắt của bộ nhớ eeprom. |
| PIR2.3 | BCLIF | Cờ báo ngắt xung đột truyền dữ liệu I2C. |
| PIR2.2 | ULWUIF | Cờ báo ngắt của bộ đánh thức CPU với công suất cực thấp. |
| PIR2.1 | - | Bit chưa có chức năng. |
| PIR2.0 | CCP2IF | Cờ báo ngắt của CCP2. |

Cấu trúc mạch điện ngắt của PIC16F877 như hình 8-5:

Trong mạch điện chúng ta có thể nhìn thấy để CPU thực hiện ngắt của timer0 thì phải hội đủ các điều kiện sau: bit cho phép ngắt T0IE = 1, timer0 đếm và tràn làm cờ báo ngắt T0IF = 1 và bit cho phép ngắt toàn cục GIE = 1.

Khi một ngắt được đáp ứng thì bit GIE bị xóa để không cho phép bắt kì ngắt nào khác xảy ra nữa, địa chỉ trả về được cắt vào trong ngăn xếp và thanh ghi PC được nạp địa chỉ 0004h.

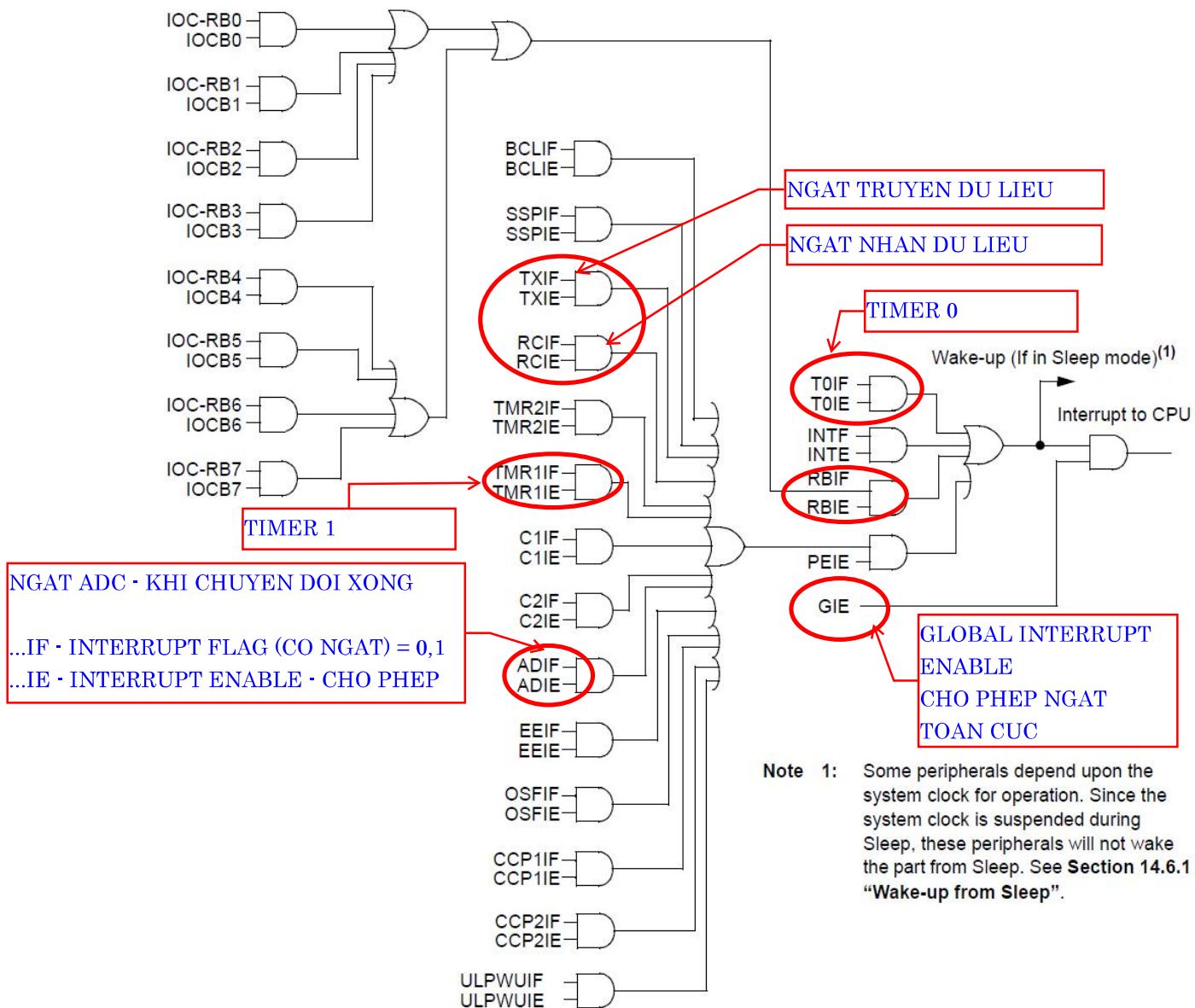
Do chỉ có 1 vector địa chỉ ngắt là 0004H thì làm sao để biết ngắt nào đang thực hiện?

Nếu trong chương trình chỉ sử dụng có 1 ngắt thì khi ngắt xảy ra thì chương trình con phục ngắt đó sẽ được thực hiện.

Nếu trong chương trình sử dụng nhiều nguồn ngắt thì chương trình ngắt viết tại địa chỉ 0004H sẽ kiểm tra xem cờ báo ngắt nào lên 1, nếu bằng 0 thì kiểm tra tiếp cờ khác, nếu bằng 1 thì thực hiện chương trình ngắt tương ứng.

Quá trình kiểm tra cờ báo ngắt nào bằng 1 và thực hiện chương trình phục vụ ngắt tương ứng trước cũng xác định luôn thứ tự ưu tiên ngắt.

Thứ tự ngắt và ưu tiên ngắt của PIC16F887 khác với vi điều khiển AT89S52.



Hình 8-5: Mạch điện ngắn của PIC16F887.

IV. CÁC LỆNH NGẮT CỦA PIC16F887 TRONG NGÔN NGỮ PIC-C

Các lệnh của ngôn ngữ lập trình C liên quan đến ngắt bao gồm:

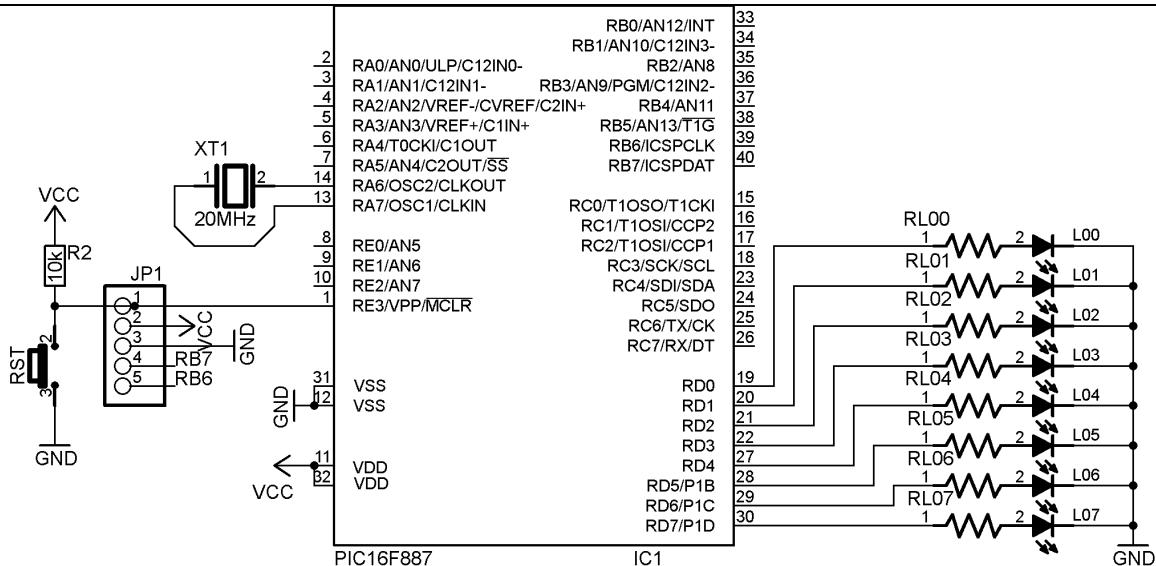
1. LỆNH `ENABLE_INTERRUPTS(LEVEL)`: có chức năng cho phép ngắt.
2. LỆNH `DISABLE_INTERRUPTS(LEVEL)`: có chức năng cấm ngắt.

V. CÁC ỨNG DỤNG NGẮT CỦA PIC 16F887

Phần này trình bày các ứng dụng ngắt đơn giản của PIC16F887, qua các ứng dụng này giúp bạn biết viết lưu đồ cho những ứng dụng có dùng ngắt, biết viết chương trình có sử dụng ngắt và đặc biệt là biết thêm cách tính toán thời gian delay cho các timer. Từ các kiến thức cơ bản này sẽ giúp bạn hiểu và viết được các ứng dụng khác.

Bài 8-1: Dùng vi điều khiển PIC16F887 điều khiển 8 led đơn sáng tắt sử dụng ngắt timer T1 với chu kỳ delay là 262ms.

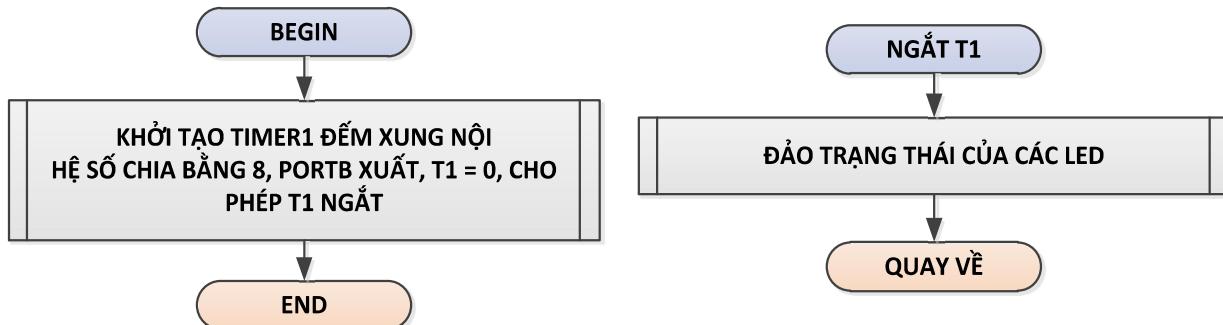
- Sơ đồ mạch:



Hình 8-6: Điều khiển 8 led sáng tắt.

Sử dụng portB để điều khiển 8 led đơn, thạch anh sử dụng là 20Mhz.

- Lưu đồ:



Hình 8-7: Lưu đồ điều khiển 8 led sáng tắt – định thời 262ms dùng ngắt.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT8 X;
#int_timer1
void interrupt_timer1()
{
    X=~X;
    OUTPUT_D(X);
}
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_D(0x00);          X=0X00;  OUTPUT_D(X);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(0);
    ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL);  ENABLE_INTERRUPTS(INT_TIMER1);
    WHILE(TRUE)
    {
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình và tính toán thời gian delay:

Chương trình này về cơ bản giống chương trình đã viết ở chương 6 phần timer. Bài này sử dụng ngắt khi timer đếm bị tràn, chương trình chính thực hiện cho phép ngắt toàn cục và cho phép Timer1 ngắt. Sau khi Timer1 đếm và tràn thì chương trình chính sẽ ngừng và thực hiện chương trình phục vụ

ngắt của Timer1 bao gồm 2 lệnh: đảo giá trị của biến X và xuất dữ liệu ra portD và kết thúc để trở lại chương trình chính cho đến khi tràn lần tiếp theo.

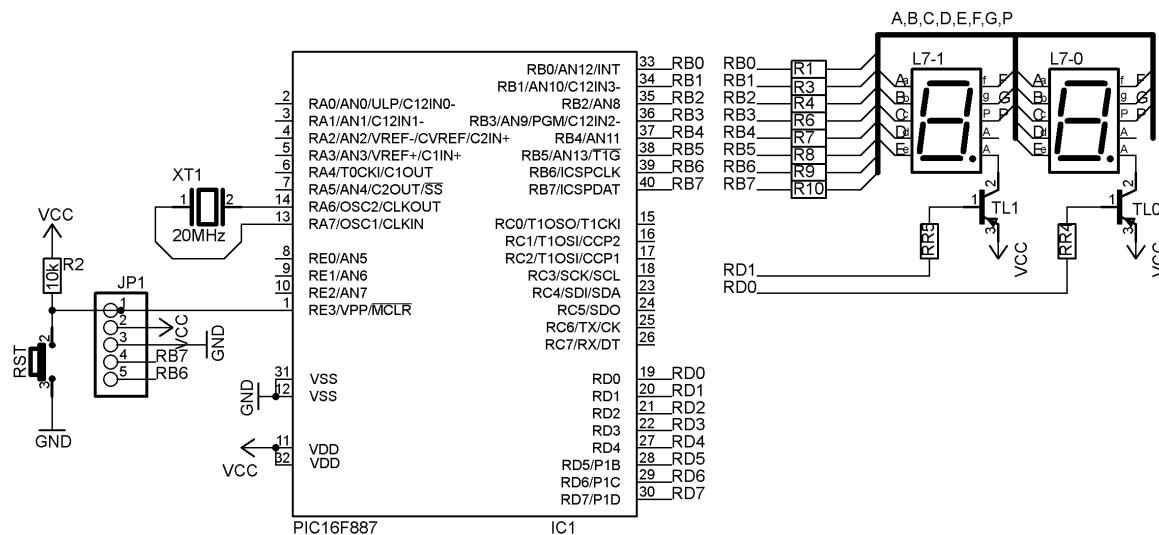
Thời gian tính toán giống như bài 6-1, thời gian sáng bằng thời gian tắt là 105ms, chu kỳ 210ms.

Chương trình chính sau khi thực hiện khởi tạo xong thì không làm gì cả nên ta chưa thấy rõ ưu điểm của ngắt.

Khai báo nhẫn của chương trình ngắt cũng như các tên cho trong file thư viện của vi điều khiển, không được đặt tên khác trừ khi bạn định nghĩa lại.

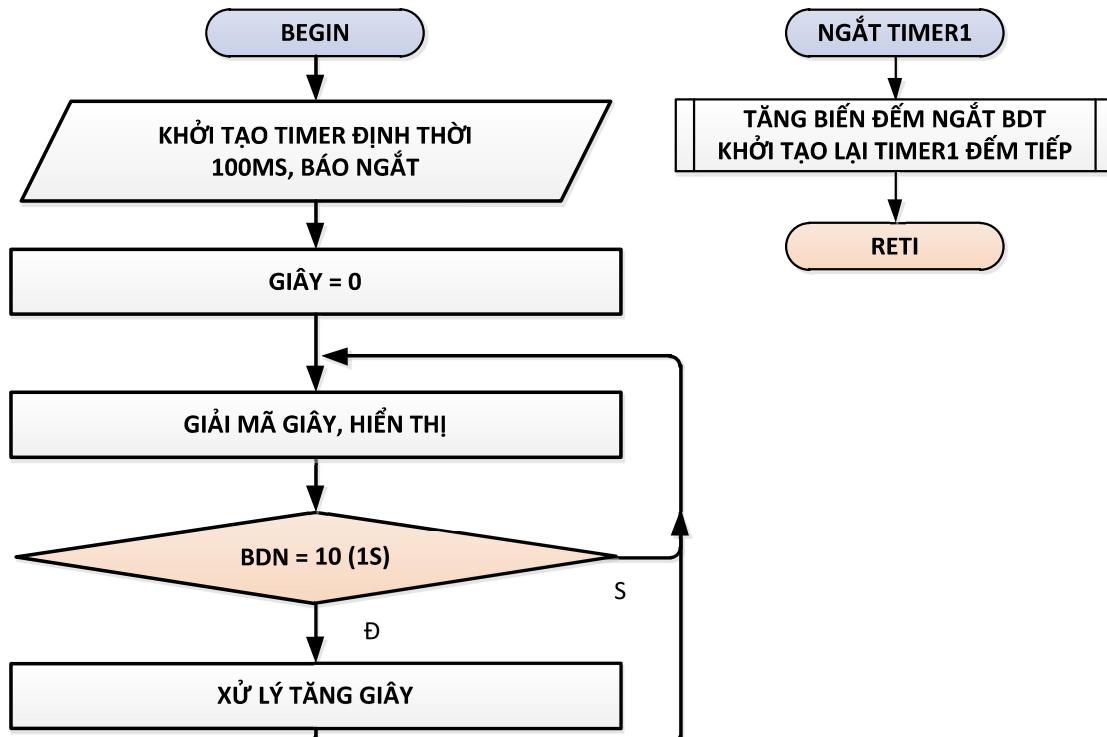
Bài 8-2: Chương trình đếm giây chính xác hiển thị trên 2 led 7 đoạn quét dùng vi điều khiển PIC 16F887 dùng Timer và ngắt.

- Sơ đồ mạch:



Hình 8-8: Mạch giao tiếp 2 led 7 đoạn quét hiển thị đếm giây.

- Lưu đồ:



Hình 8-9: Lưu đồ đếm giây dùng Timer định thời báo ngắt.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT8 GIAY, BDT;
#int_timer1
void interrupt_timer1()
{
    SET_TIMER1(3036);
    BDT++;
}

VOID HIENTHI()
{
    OUTPUT_B(MA7DOAN[GIAY %10]);    OUTPUT_LOW(PIN_D0);
    DELAY_MS(1);                   OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
    OUTPUT_B(MA7DOAN[GIAY/10]);    OUTPUT_LOW(PIN_D1);
    DELAY_MS(1);                   OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);  SET_TRIS_D(0x00);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(3036);
    ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL);   ENABLE_INTERRUPTS(INT_TIMER1);
    GIAY = 0;  BDT=0;
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (BDT >=10)
        {
            BDT = 0;
            IF (GIAY == 59) GIAY = 0;
            ELSE      GIAY++;
        }
        ELSE HIENTHI();
    }
}

```

BAI TAP 8-1:
GIAY ++;
IF(GIAY == 60)
{
 GIAY = 0;
 PHUT++;
 IF(PHUT == 60) PHUT = 0;
}

DO LED QUÉT TÀI PHAI HIỂN THỊ LIỀN
TỰ KIỂM CHUA ĐỦ 1S

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thực hiện khởi tạo Timer1 định thời đếm 100ms (xem lại bài 6-2 và 6-3). Gán giá trị GIAY bằng 0, biến đếm tràn BDT bằng 0, cho phép Timer1 ngắt khi tràn còn được gọi là biến đếm ngắt vì mỗi lần tràn thì phát sinh ngắt.

Vòng lặp while thực hiện kiểm tra xem nếu biến đếm tràn nhỏ hơn 10 thì tiến hành gọi hàm hiển thị, thời gian thực hiện chương trình con hiển thị lớn hơn 2ms và nhỏ hơn nhiều so với thời gian định thời 100ms của Timer.

Khi biến đếm tràn BDT bằng 10 hoặc lớn hơn 10 thì tương đương 1 giây nên reset lại biến đếm tràn, kiểm tra và tăng giá trị của giây.

Ở bài này thì chương trình luôn thực hiện công việc thường xuyên là quét 2 led hiển thị, trong khi đó Timer1 vẫn đếm: cả 2 hoạt động song – song cho đến khi Timer tràn thì ngừng chương trình chính để đi thực hiện chương trình con phục vụ ngắt là tăng giá trị biến đếm tràn và khởi tạo lại giá trị bắt đầu chu kỳ mới cho Timer, sau khi làm xong thì trở lại chương trình chính thực hiện tiếp công việc bị gián đoạn lúc ngắt.

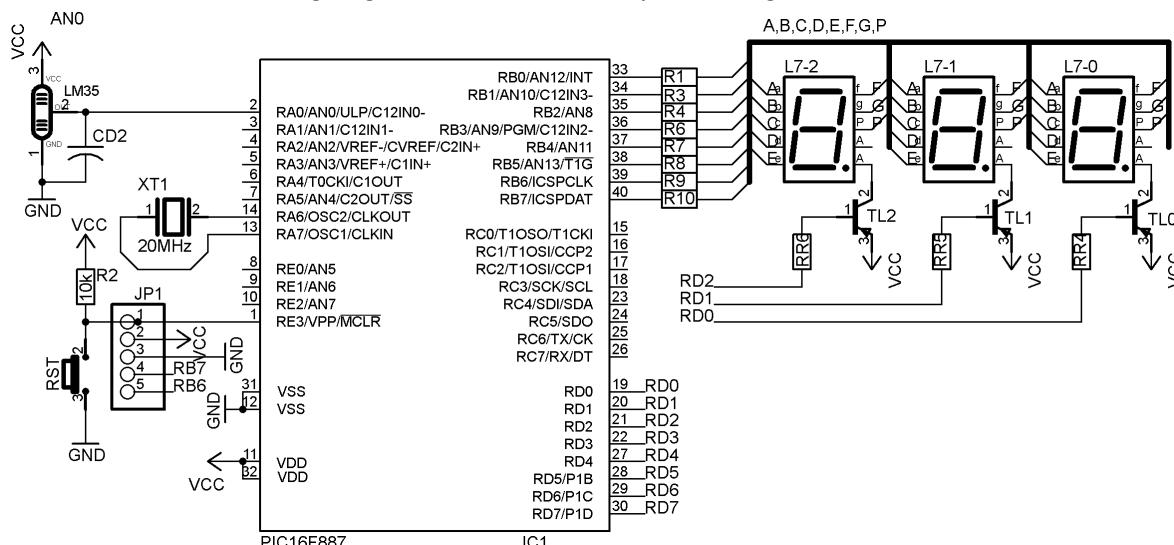
Trong chương trình này mạch đếm thời gian chính xác vì timer đếm chính xác và khi ngắt xảy ra thì chỉ thực hiện 2 lệnh cố định nên thời gian luôn là hằng số.

Bài tập 8-1: Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình mạch đếm phút giây hiển thị trên 4 led 7 đoạn kết nối theo phương pháp quét.

Bài tập 8-2: Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình mạch đếm giờ phút giây hiển thị trên 6 led 7 đoạn kết nối theo phương pháp quét.

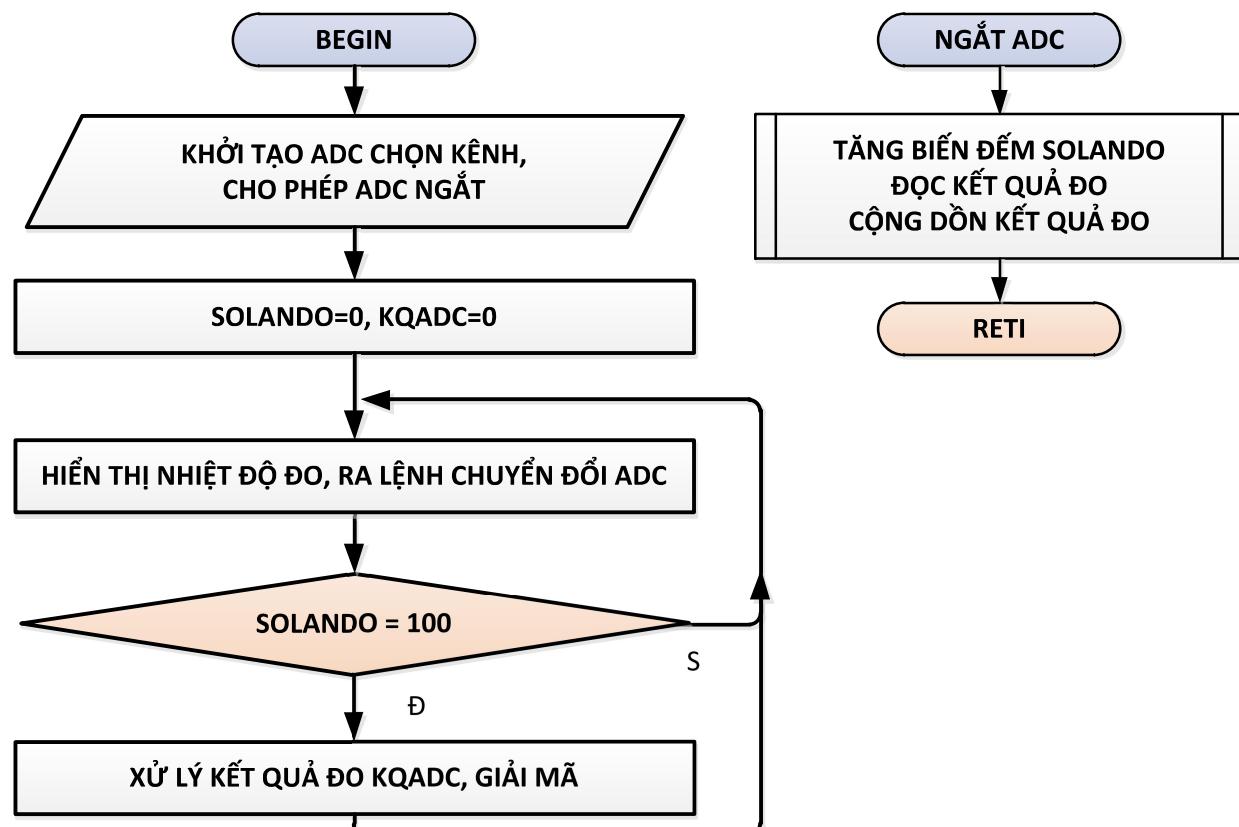
Bài 8-3: Chương trình đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35, dùng ADC của vi điều khiển PIC 16F887 báo ngắt sau khi chuyển đổi xong, hiển thị kết quả đo trên 3 led đoạn kết nối theo phương pháp quét, sử dụng điện áp tham chiếu V_{DD} và V_{SS}.

- Sơ đồ mạch: giống như mạch đã trình bày ở chương 7.



Hình 8-10: Mạch đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35.

- Lưu đồ:



Hình 8-11: Lưu đồ chuyển đổi ADC có báo ngắt.

- Chương trình:

```

#include<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 KQADC=0;
UNSIGNED INT SOLANDO, MADONVI, MACHUC, MATRAM;
#INT_ADC
void interrupt_ADC()
{
    SOLANDO++;
    KQADC=KQADC+READ_ADC(ADC_READ_ONLY);
}

VOID GIAIMA()
{
    MATRAM = MA7DOAN[KQADC/100];
    MACHUC = MA7DOAN[KQADC/10 % 10];
    MADONVI= MA7DOAN[KQADC % 10];
    IF (MATRAM == 0XC0) MATRAM=0xFF;
}

VOID HIENTHI ()
{
    OUTPUT_B(MADONVI);      OUTPUT_LOW(PIN_D0);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
    OUTPUT_B(MACHUC);       OUTPUT_LOW(PIN_D1);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
    OUTPUT_B(MATRAM);       OUTPUT_LOW(PIN_D2);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D2);
}

VOID MAIN()
{
    SET TRIS B(0x00); SET TRIS D(0x00); SET_TRIS_A(0x01);
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_2);
    SETUP_ADC_PORTS(SANO);
    SET ADC CHANNEL(0);
    ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF (SOLANDO<100)
        {
            HIENTHI();
            READ_ADC(ADC_START_ONLY);
        }
        ELSE
        {
            SOLANDO=0;
            KQADC= KQADC /2.046;
            KQADC=KQADC/100;
            GIAIMA();
            KQADC=0;
        }
    }
}

```

3. XỬ LÝ NGẮT ADC

KQ_ADC = READ_ADC(ADC_READ_ONLY) / 2.046;
TT = 1; // TRANG THAI DA DOC XONG

1. KHỞI TẠO ADC
2. CHỌN PHEP
NGẤT

READ_ADC(ADC_START_ONLY);
WHILE(TRUE)
{
 IF(TT == 1)
 {
 GIAI_MA0; TT = 0;
 READ_ADC(ADC_START_ONLY);
 }
 ELSE DELAY_MS();
}

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thực hiện khởi tạo ADC (xem lại các của chương 7). Khởi tạo cho phép ADC ngắt.

Vòng lặp while thực hiện kiểm tra xem nếu biến đếm số lần đo nếu nhỏ hơn 100 thì chỉ thực hiện chương trình con hiển thị nhiệt độ đo lần trước và ra lệnh chuyển đổi ADC. Khi số lần đo bằng 100 thì tiến hành xử lý kết quả đo, giải mã và xoá kết quả đếm về 0 để thực hiện chu kỳ đo trung bình lần tiếp theo.

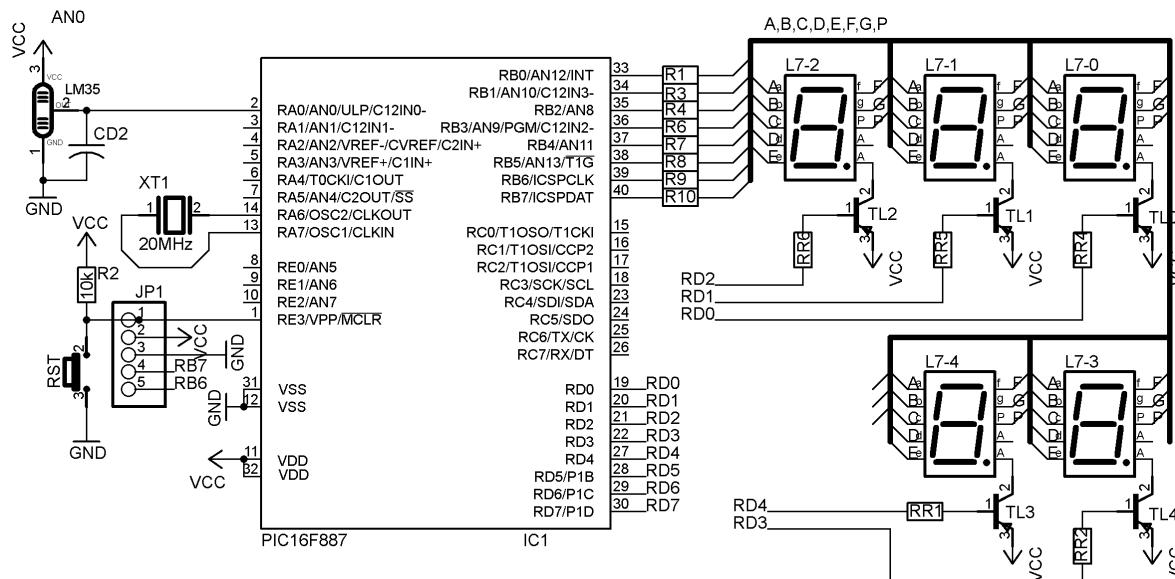
Lệnh “READ_ADC(ADC_START_ONLY);” có chức năng là ra lệnh chuyển đổi.

Khi ra lệnh chuyển đổi thì chờ ADC chuyển đổi xong sẽ báo ngắt, chương trình con phục vụ ngắt của ADC sẽ tiến hành tăng biến số lần đo và công dồn kết quả đo.

Lệnh “READ_ADC(ADC_READ_ONLY);” có chức năng là đọc kết quả chuyển đổi.

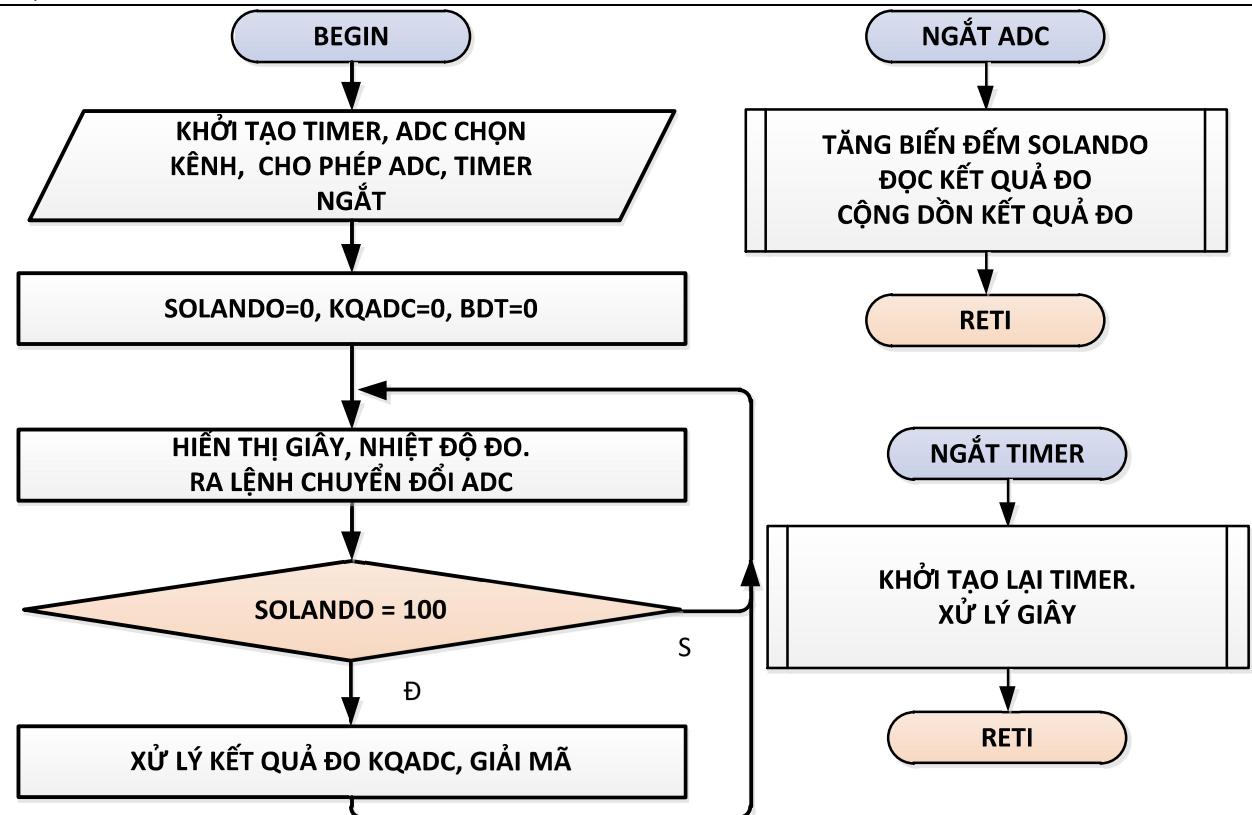
Bài 8-4: Chương trình đo nhiệt độ và đếm giây. Đếm giây dùng timer định thời báo ngắt hiển thị giây trên led 7 đoạn quét, đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35, dùng ADC của vi điều khiển PIC 16F887 báo ngắt sau khi chuyển đổi xong, hiển thị kết quả đo trên 3 led đoạn kết nối theo phương pháp quét, sử dụng điện áp tham chiếu V_{DD} và V_{SS}.

- Số đèn mạch: 2 đèn hiển thị giây và 3 đèn hiển thị nhiệt độ nên tổng số đèn là 5.



Hình 8-12: Đo nhiệt độ dùng cảm biến LM35 và đếm giây.

- Lưu đồ:



Hình 8-13: Lưu đồ chuyển đổi ADC có báo ngắt và đếm giây dùng timer báo ngắt.

- Giải thích lưu đồ:

Hệ thống thực hiện 2 chức năng đếm giây và đo nhiệt độ. Cả 2 đều sử dụng ngắt, bài này tổng hợp của bài 8-2 và 8-3 để cho thấy có thể một ứng dụng có thể sử dụng nhiều ngắt.

Khi timer đếm tràn thì tiến hành xử lý ngắn của timer thực hiện việc xử lý giây.

Khi ADC chuyển đổi xong thì tiến hành công dồn kết quả ADC.

- Chương trình:

```
#INCLUDE<TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 KQADC=0;
UNSIGNED INT GIAY,BDT,SOLANDO, MADONVI, MACHUC, MATRAM;
#int_timer1
void interrupt_timer1()
{
    SET_TIMER1(3036);
    BDT++;
    IF(BDT>=10)
    {
        BDT = 0;
        IF (GIAY == 59) GIAY = 0;
        ELSE      GIAY++;
    }
}
#INT_AD
void interrupt_ADC()
{
    SOLANDO++;
    KQADC=KQADC+READ_ADC(ADC_READ_ONLY);
}
```

```

VOID GIAIMA()
{
    MATRAM = MA7DOAN[KQADC/100];
    MACHUC = MA7DOAN[KQADC/10 % 10];
    MADONVI= MA7DOAN[KQADC % 10];
    IF (MATRAM == 0XC0) MATRAM=0xFF;
}

VOID HIENTHI ()
{
    OUTPUT_B(MADONVI);      OUTPUT_LOW(PIN_D0);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D0);
    OUTPUT_B(MACHUC);       OUTPUT_LOW(PIN_D1);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D1);
    OUTPUT_B(MATRAM);       OUTPUT_LOW(PIN_D2);
    DELAY_MS(1);            OUTPUT_HIGH(PIN_D2);

    OUTPUT_B(MA7DOAN[GIAY %10]);   OUTPUT_LOW(PIN_D3);
    DELAY_MS(1);              OUTPUT_HIGH(PIN_D3);
    OUTPUT_B(MA7DOAN[GIAY/10]);  OUTPUT_LOW(PIN_D4);
    DELAY_MS(1);              OUTPUT_HIGH(PIN_D4);
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_B(0x00);  SET_TRIS_D(0x00);  SET_TRIS_A(0x01);
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_DIV_2);
    SETUP_ADC_PORTS(SANO);
    SET_ADC_CHANNEL(0);  SOLANDO=0;    GIAY = 0;  BDT=0;
    ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL);  ENABLE_INTERRUPTS(INT_AD);
    SETUP_TIMER_1(T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8);
    SET_TIMER1(0);
    ENABLE_INTERRUPTS(INT_TIMER1);

    WHILE(TRUE)
    {
        IF (SOLANDO<100)
        {
            HIENTHI();
            READ_ADC(ADC_START_ONLY);
        }
        ELSE
        {
            SOLANDO=0;
            KQADC= KQADC /2.046;
            KQADC=KQADC/100;
            GIAIMA();
            KQADC=0;
        }
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thực hiện khởi tạo ADC giống như bài 8-3 và khởi tạo Timer1 giống như bài 8-2.

Vòng lặp while thực hiện các lệnh giống bài 8-3.

Chương trình con hiển thị có chức năng hiển thị nhiệt độ và giây.

Khi timer đếm tràn thì phát sinh ngắt và chương trình phục vụ ngắt thực hiện tăng biến đếm tràn, kiểm tra nếu đúng 1 giây thì tiến hành xử lý giây.

Phần ADC giống như đã giải thích ở bài 8-3.

Trong chương trình phục vụ ngắt không phải là hằng số cố định vì các lệnh kiểm tra biến đếm tràn sẽ có 2 trường hợp: không thoát thì thoát – thời gian thực hiện ngắn hơn, khi thoát điều kiện thì thực hiện nhiều lệnh hơn và thời gian dài hơn, hiện tượng này trong 1 số chương trình sẽ gây ra sai sót nhưng ở bài này do timer đếm độc lập và báo ngắt nên không gây ảnh hưởng vì ta khởi tạo lại timer ngay từ lúc bắt đầu chương trình phục vụ ngắt nên timer sẽ tự động đếm chu kỳ tiếp theo và không phụ thuộc vào các lệnh còn lại của chương trình con phục vụ ngắt.

Bài tập 8-3: Hãy vẽ mạch, viết lưu đồ và chương trình mạch đếm giờ phút giây hiển thị trên 6 led 7 đoạn kết nối theo phương pháp quét và đo nhiệt độ hiển thị trên 3 led 7 đoạn. Cả 2 đều dùng ngắt.

Bài tập 8-4: Giống bài 8-3 nhưng ADC không dùng ngắt.

Bài tập 8-5: Một vi điều khiển PIC16F887 giao tiếp với 3 led 7 đoạn loại anode chung, 2 cảm biến nhiệt độ LM35 nối với kênh AN0, AN1.

Hãy viết lưu đồ và chương trình chuyển đổi nhiệt độ dùng ngắt của ADC để biết quá trình chuyển đổi xong, mỗi kênh chuyển đổi trong thời gian 5 giây, dùng timer1 đếm thời gian và báo ngắt để chuyển kênh.

Bài tập 8-6: Một vi điều khiển PIC16F887 giao tiếp với 4 led 7 đoạn loại anode chung, 1 led hiển thị số thứ tự kênh, 3 led còn lại hiển thị nhiệt độ, 4 cảm biến nhiệt độ LM35 nối với 4 kênh từ AN0 đến AN3, có 3 nút nhấn: 1 nút chọn chế độ tự động hay bằng tay, 2 nút còn lại là UP và DW, nhấn UP là tăng lên để chọn kênh ADC cao hơn, DW thi giảm.

Hãy viết lưu đồ và chương trình chuyển đổi nhiệt độ ở chế độ tự động dùng ngắt của ADC để biết quá trình chuyển đổi xong, mỗi kênh chuyển đổi trong thời gian 5 giây, dùng timer1 đếm thời gian và báo ngắt để chuyển kênh.

Ở chế độ bằng tay thì chuyển kênh khi nhấn UP hoặc DW.

VI. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu 8-1: Hãy cho biết tên các thanh ghi liên quan đến ngắt của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 8-2: Hãy cho biết chức năng các bit trong các thanh ghi ngắt của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 8-3: Hãy cho biết vector địa chỉ ngắt của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 8-4: Hãy cho biết cách xử lý ưu tiên ngắt của vi điều khiển PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu 8-5: Hãy so sánh ngắt của vi điều khiển AT89S52 với PIC16F887.

Câu 8-6: Hãy so sánh ngắt của vi điều khiển PIC18F4550 với PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 8-1: Vi điều khiển PIC 16F887 có mấy nguồn ngắt:

(a) 17

(b) 14

(c) 15

(d) 16

Câu 8-2: Vi điều khiển PIC 16F887 có mấy thanh ghi liên quan đến ngắt:

| <i>Đại học sư phạm kỹ thuật</i> | <i>Vị xử lý</i> | <i>Nguyễn Đình Phú</i> |
|---|-----------------|------------------------|
| (a) 3 | (b) 4 | (c) 5 |
| (d) 6 | | |
| <i>Câu 8-3:</i> Thanh ghi OPTION_REG chưa mấy nguồn ngắn: | | |
| (a) 3 | (b) 4 | (c) 5 |
| (d) 6 | | |
| <i>Câu 8-4:</i> Ngắt nào của PIC 16F887 được xem là ngắn trong: | | |
| (a) Timer0 | (b) Timer1 | (c) Timer2 |
| (d) ADC | | |
| <i>Câu 8-5:</i> Ngắt nào của PIC 16F887 được xem là ngắn trong: | | |
| (a) RCIE | (b) Timer1 | (c) Timer2 |
| (d) INT | | |
| <i>Câu 8-16:</i> Bit nào của PIC 16F887 là bit cho phép ngắn ngoại vi: | | |
| (a) PEIE | (b) GIE | (c) T0IE |
| (d) ADIE | | |
| <i>Câu 8-7:</i> Ngắt nào của PIC 16F887 có mức ưu tiên cao nhất: | | |
| (a) ADC | (b) Timer0 | (c) INT |
| (d) Không có | | |
| <i>Câu 8-8:</i> Bit nào của PIC 16F887 là bit cho phép/cấm ngắn toàn bộ: | | |
| (a) PEIE | (b) GIE | (c) T0IE |
| (d) ADIE | | |
| <i>Câu 8-9:</i> Mạch điện xử lý ngắn của PIC16F887 gồm các công: | | |
| (a) AND, NOR | (b) AND | (c) AND, OR |
| (d) AND, OR, NOT | | |
| <i>Câu 8-10:</i> Vector địa chỉ ngắn của PIC16F887 là: | | |
| (a) 0000H | (b) 0003H | (c) 000BH |
| (d) 0004H | | |
| <i>Câu 8-11:</i> Ngắt ngoài thứ 1 của AT89S52 có số thứ tự trong lập trình C là: | | |
| (a) Thứ 0 | (b) Thứ 1 | (c) Thứ 2 |
| (d) Thứ 3 | | |
| <i>Câu 8-12:</i> Ngắt truyền dữ liệu của AT89S52 có số thứ tự trong lập trình C là: | | |
| (a) Thứ 5 | (b) Thứ 6 | (c) Thứ 4 |
| (d) Thứ 3 | | |

VI ĐIỀU KHIỂN PIC16F887: TRUYỀN DỮ LIỆU UART

- ❑ GIỚI THIỆU
- ❑ TỔNG QUAN VỀ CÁC KIỂU TRUYỀN DỮ LIỆU
- ❑ TRUYỀN DỮ LIỆU NỘI TIẾP ĐỒNG BỘ VÀ KHÔNG ĐỒNG BỘ
- ❑ TRUYỀN DỮ LIỆU CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887
 - TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART
 - CÁC THANH GHI PHỤC VỤ CHO KHÓI ESUART CỦA PIC16F887
 - Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khói phát TXSTA
 - Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khói nhận RCSTA
 - Thanh ghi điều khiển tốc độ truyền - BAUDCTL
- ❑ CÁC LỆNH TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART
 - LỆNH SETUP_UART(BAUD,STREAM)
 - LỆNH PUTS(STRING)
 - LỆNH VALUE = GETC(), VALUE = FGETC(STREAM), VALUE = GETCH()
 - LỆNH VALUE = KBHIT()
- ❑ ỨNG DỤNG TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART
- ❑ CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM
 - CÂU HỎI ÔN TẬP
 - CÂU HỎI MỞ RỘNG
 - CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

I. GIỚI THIỆU

Truyền dữ liệu nối tiếp có nhiều tiện ích trong điều khiển nên hầu hết các vi điều khiển đều tích hợp, ở chương này chúng ta sẽ khảo sát nguyên lý hoạt động truyền dữ liệu đồng bộ và không đồng bộ, cách viết chương trình truyền dữ liệu cho các ứng dụng.

Sau khi kết thúc chương này bạn có thể sử dụng được truyền dữ liệu nối tiếp của các vi điều khiển.

II. TỔNG QUAN VỀ CÁC KIỂU TRUYỀN DỮ LIỆU

Có nhiều kiểu truyền dữ liệu phổ biến tích hợp trong các họ vi điều khiển bao gồm:

- Truyền dữ liệu nối tiếp đồng bộ và bất đồng bộ (UART synchronous asynchronous receiver and transmitter).
- Truyền dữ liệu giữa các vi điều khiển với các thiết bị ngoại vi (SPI serial peripheral interface).
- Truyền dữ liệu 2 dây (I2C inter-integrated circuit).

Ở kiểu truyền nối tiếp đồng bộ thì có 1 đường dữ liệu và 1 đường xung clock, thiết bị nào cấp xung clock thì thiết bị đóng vai trò là chủ, thiết bị nhận xung clock đóng vai trò là tớ, tốc độ truyền dữ liệu phụ thuộc vào tần số xung clock.

Ở kiểu truyền nối tiếp bất đồng bộ thì có 1 đường phát dữ liệu và 1 đường nhận dữ liệu, không còn tín hiệu xung clock nên gọi là bất đồng bộ. Để truyền được dữ liệu thì cả bên phát và bên nhận phải tự tạo xung clock có cùng tần số và thường gọi là tốc độ truyền dữ liệu (baud), ví dụ 2400baud, 4800baud, ..., 2400baud có nghĩa là truyền 2400 bit trên 1 giây.

Hai kiểu truyền SPI và I2C sẽ được trình bày ở chương tiếp theo.

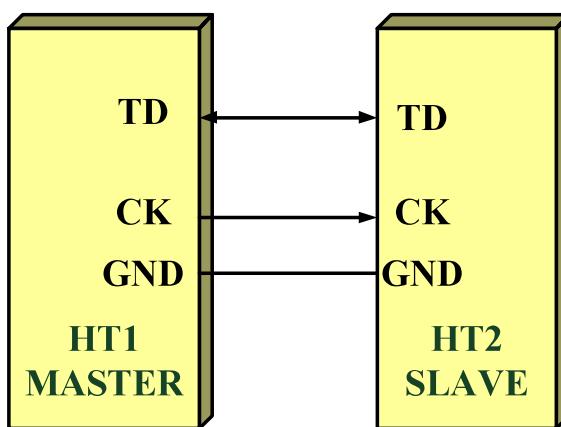
III. TRUYỀN DỮ LIỆU NỐI TIẾP ĐỒNG BỘ VÀ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Truyền dữ liệu đồng bộ gồm các đường truyền dữ liệu (DT) và tín hiệu xung clock (CK) – chức năng của CK dùng để dịch chuyển dữ liệu, **mỗi 1 xung ck là 1 bit dữ liệu được truyền đi**.

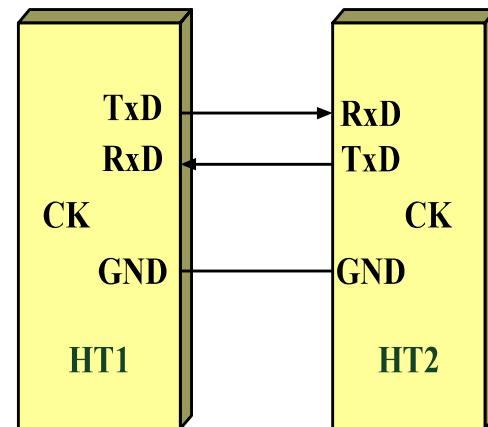
Trong hệ thống truyền dữ liệu đồng bộ, hệ thống nào cung cấp xung CK thì đóng vai trò là master (chủ) – những hệ thống còn lại nhận xung ck đóng vai trò là slave (tớ).

Tốc độ truyền dữ liệu chính là tốc độ của xung ck – chính là tần số xung ck.

Ví dụ tần số xung ck là 1MHz thì tốc độ truyền dữ liệu là 1MBPS – 1M baud.



Hình 9-1: Hệ thống truyền đồng bộ.



Hình 9-2: Hệ thống truyền bất đồng bộ.

Truyền dữ liệu không đồng bộ giống như hệ thống truyền dữ liệu đồng bộ nhưng không có xung CK. Không còn phân biệt chủ và tớ – các hệ thống là ngang cấp.

Mỗi 1 xung ck là 1 bit dữ liệu được truyền đi – bây giờ không còn xung Ck thì làm sao để truyền dữ liệu?

Để truyền dữ liệu thì mỗi hệ thống phải có 1 mạch dao động tạo xung CK – hai hệ thống sẽ có 2 mạch dao động độc lập nhưng phải cùng tần số hay cùng tốc độ.

IV. TRUYỀN DỮ LIỆU CỦA VI ĐIỀU KHIỂN PIC 16F887

1. TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART

Vì điều khiển PIC16F887 có khối truyền dữ liệu đồng bộ, bất đồng bộ đa năng cải tiến. Khối truyền dữ liệu nối tiếp đa năng bao gồm bộ phát xung clock tạo tốc độ truyền, các thanh ghi dịch và bộ đếm dữ liệu rất cần thiết để thực hiện truyền hoặc nhận dữ liệu nối tiếp một cách độc lập. Khối EUSART cũng có thể xem là giao tiếp truyền dữ liệu nối tiếp SCI (Serial Communication Interface), có thể định cấu hình cho truyền dữ liệu bất đồng bộ song công hoặc đồng bộ bán song công.

Truyền dữ liệu song công được sử dụng để truyền dữ liệu giữa các hệ thống ngoại vi như thiết bị đầu cuối CRT và máy tính.

Truyền dữ liệu đồng bộ bán song công được sử dụng để truyền dữ liệu giữa các hệ thống ngoại vi như các bộ ADC, DAC, bộ nhớ nối tiếp EEPROM hoặc các bộ vi điều khiển. Các thiết bị này thường không có nguồn xung clock bên trong để tạo tốc độ baud nên cần phải sử dụng nguồn xung clock từ bên ngoài.

Khối truyền dữ liệu của PIC16F887 có khả năng:

- Hoạt động truyền và dữ liệu song công bất đồng bộ.
- Bộ đếm nhận chứa được 2 kí tự.
- Bộ đếm phát chứa 1 kí tự.
- Có thể lập trình chiều dài dữ liệu 8 bit hoặc 9 bit.
- Có khối phát hiện địa chỉ 9 bit
- Có khối phát hiện bộ đếm nhận bị tràn
- Có khối phát hiện lỗi khung của kí tự nhận về.
- Có thể hoạt động chế độ chủ ở kiểu truyền dữ liệu đồng bộ bán song công.
- Có thể hoạt động chế độ từ ở kiểu truyền dữ liệu đồng bộ bán song công.
- Có thể lập trình chọn cực cho xung clock ở chế độ truyền đồng bộ.

Khối EUSART được sử dụng cho các cấu trúc mở rộng theo sau, thích hợp cho hệ thống bus mạng kết nối cục bộ (LIN: Local Interconnect Network):

- Tự động phát hiện và thiết lập tốc độ baud.
- Có khối đánh thức PIC khỏi chế độ ngủ.
- Phát kí tự ngừng 13 bit.

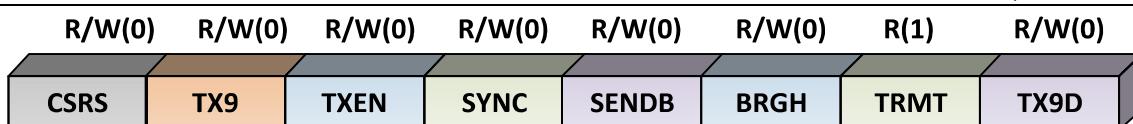
2. CÁC THANH GHI PHỤC VỤ CHO KHỐI EUSART CỦA PIC16F887

Hoạt động của khối EUSART được điều khiển thông qua 3 thanh ghi như sau:

- Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khối phát (TXSTA – transmit Status and Control).
- Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khối nhận (RCSTA – receive Status and Control).
- Thanh ghi điều khiển tốc độ baud (BAUDCTL – Baud Rate Control)

a. *Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khối phát TXSTA*

Tổ chức của thanh ghi như hình sau:



Hình 9-3: Thanh ghi TXSTA.

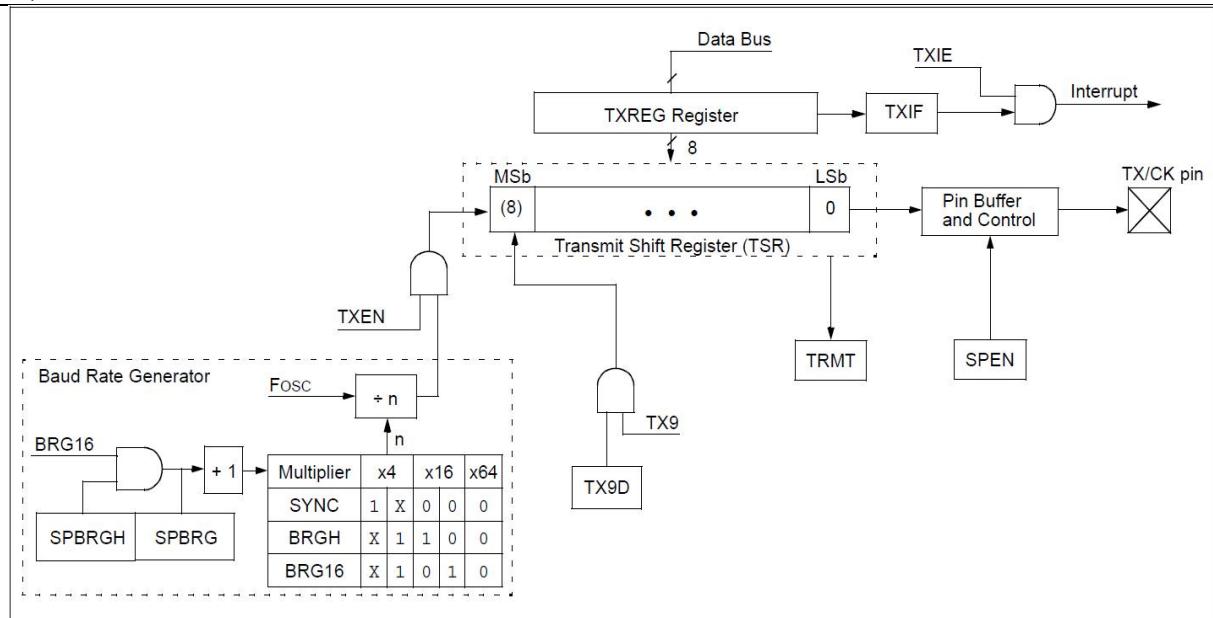
Bảng 9-1: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi TXSTA:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|---------|---------|--|
| TXSTA.7 | CSRS | Clock Source Select bit: Ở chế độ bắt đồng bộ thì không có tác dụng. Ở chế độ bắt đồng bộ thì có chức năng: CSRS = 1: Hoạt động ở chế độ chủ - phát xung clock. CSRS = 0: Hoạt động ở chế độ tớ - nhận xung clock. |
| TXSTA.6 | TX9 | 9 bit Transmit Enable bit. TX9 = 1: thì truyền dữ liệu 9 bit. TX9 = 0: thì truyền dữ liệu 8 bit. |
| TXSTA.5 | TXEN | Transmit Enable bit: TXEN = 1: cho phép phát dữ liệu. TXEN = 0: cấm phát dữ liệu. |
| TXSTA.4 | SYNC | EUSART mode select bit: SYNC = 1: Cho phép truyền đồng bộ. SYNC = 0: Cho phép truyền bất đồng bộ. |
| TXSTA.3 | SENDB | Send Break Character bit Ở chế độ không đồng bộ: SENDB = 1: gửi ngắt đồng bộ cho truyền dữ liệu tiếp theo SENDB = 0: báo hiệu truyền ngắt đồng bộ đã hoàn tất. Ở chế độ đồng bộ: không có tác dụng. |
| TXSTA.2 | BRGH | High Baud Rate Select bit: BRGH=1: chế độ tốc độ cao. BRGH=0: chế độ tốc độ thấp. Ở chế độ đồng bộ: không có tác dụng. |
| TXSTA.1 | TRMT | Bit xác định trạng thái của thanh ghi TSR. TRMT xuống mức 0 khi đang truyền dữ liệu. TRMT lên 1 khi đã truyền xong. |
| TXSTA.0 | TX9D | Bit lưu dữ liệu phát thứ 9. |

Sơ đồ khối của khối phát như hình sau:

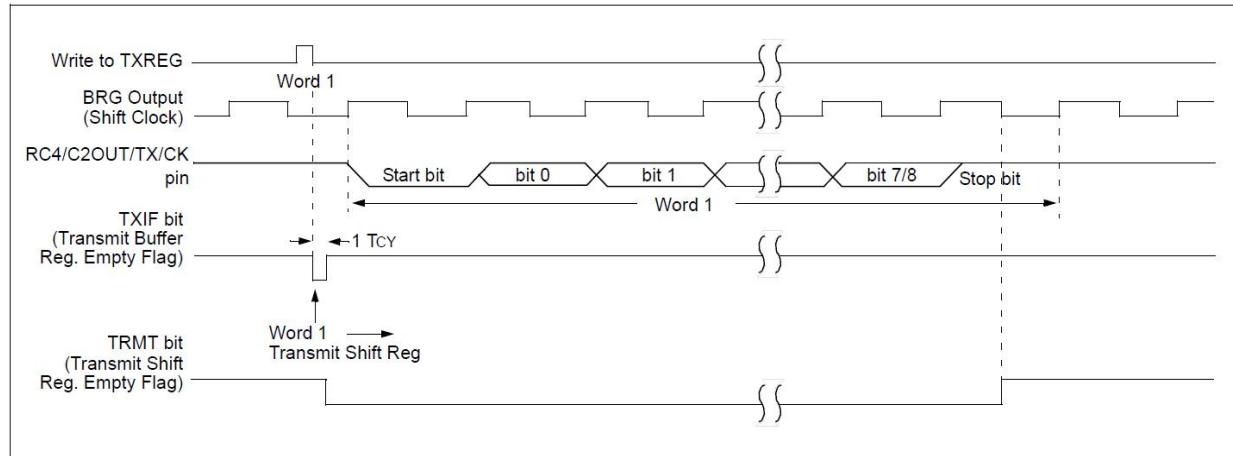
Thiết lập truyền dữ liệu bắt đồng bộ

- Thiết lập giá trị cho cặp thanh ghi SPBRGH và SPBRG và BRGH và bit BRG16 để có tốc độ baud mong muốn.
- Cho phép truyền dữ liệu bắt đồng bộ bằng cách xóa bit SYNC làm bit SPEN lên 1.
- Nếu truyền dữ liệu 9 bit thì thiết lập bit cho phép TX9 lên 1.
- Làm bit TXEN lên 1 để cho phép truyền dữ liệu.
- Nếu muốn sử dụng ngắt thì cho bit TXIE lên 1, cho phép ngắt ngoại vi và cho phép ngắt toàn cục.
- Nếu truyền dữ liệu 9 bit thì phải gán giá trị bit thứ 9 cho bit TX9D
- Tiến hành nạp giá trị cần truyền vào thanh ghi TXREG, khi đó quá trình truyền dữ liệu sẽ bắt đầu.



Hình 9-4: Sơ đồ khối của khối phát dữ liệu của PIC16F887.

Dạng sóng truyền dữ liệu bắt đồng bộ như hình sau:



Hình 9-5: Dạng sóng truyền dữ liệu.

Giải thích dạng sóng:

Dạng sóng tín hiệu thứ hai là BRG: là tín hiệu tạo xung clock để dịch dữ liệu được phát liên tục.

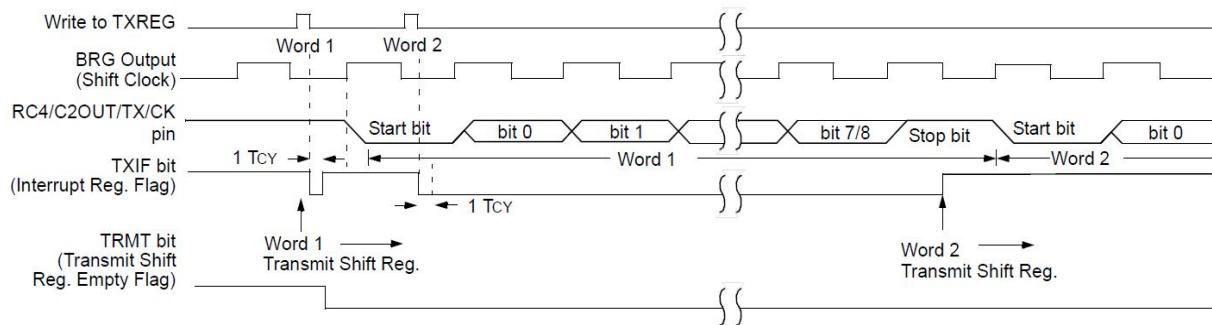
Dạng sóng tín hiệu thứ nhất: là khi thực hiện lệnh ghi dữ liệu cần truyền byte thứ nhất vào thanh ghi TXREG.

Dạng sóng thứ tư cho biết trạng thái của cờ báo ngắt TXIF: tín hiệu từ 1 xuống 0 rồi lên 1 trở lại cho biết trạng thái thanh ghi bộ đệm còn rỗng, thời gian xuống mức 0 chỉ tồn tại 1 chu kỳ.

Dạng sóng thứ năm cho biết trạng thái của bit TRMT: tín hiệu từ 1 xuống 0 để cho biết quá trình dịch dữ liệu bắt đầu và trở lại mức 0 khi đã dịch xong dữ liệu.

Dạng sóng thứ ba là ngõ xuất dữ liệu nối tiếp ra ngoài: bit đầu tiên được phát là bit Start, tiếp theo là bit dữ liệu thứ 0, 1, ..., đến bit dữ liệu cuối cùng là bit thứ 7 nếu truyền 8 bit, là bit thứ 8 nếu truyền 9 bit, bit cuối cùng là bit Stop.

Dạng truyền thứ 2 như hình sau, ở kiểu này thì truyền 2 byte:



Hình 9-6: Dạng sóng truyền 2 byte dữ liệu.

Giải thích dạng sóng:

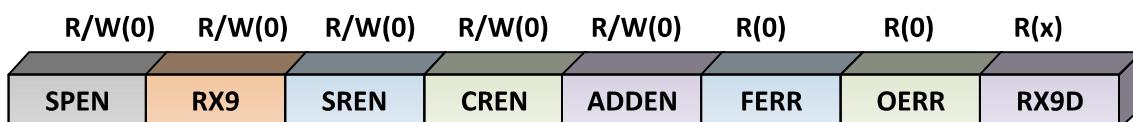
Dạng sóng tín hiệu thứ nhất: là khi thực hiện lệnh ghi dữ liệu cần truyền byte thứ nhất vào thanh ghi TXREG, sau đó thực hiện tiếp byte thứ 2. Bộ đếm có thể chứa 2 byte để truyền đi.

Dạng sóng thứ tư cho biết trạng thái của cờ báo ngắt TXIF: tín hiệu từ 1 xuống 0 rồi lên 1 trở lại cho biết trạng thái thanh ghi bộ đếm còn rỗng 1 byte, sau đó nhận tiếp byte thứ 2 thì tín hiệu này xuống lại mức 0 và ở luôn mức 0 vì bộ đếm đầy. Sau khi truyền xong 1 byte thì bộ đếm rỗng nên tín hiệu này lên 1 trở lại, ta có thể ghi dữ liệu để phát tiếp.

Dạng sóng thứ ba là ngõ xuất dữ liệu nối tiếp ra ngoài: sẽ phát lần lượt từng byte.

b. Thanh ghi điều khiển và trạng thái của khối nhận RCSTA

Tổ chức của thanh ghi như hình sau:



Hình 9-7: Thanh ghi RCSTA.

Bảng 9-2: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi RCSTA:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|---------|---------|---|
| RCSTA.7 | SPEN | Serial Port Enable bit: SPEN = 1: cho phép port nối tiếp (cấu hình các chân RX/TD và TX/CK là các chân cho truyền dữ liệu nối tiếp). SPEN = 0: thì cấm. |
| RCSTA.6 | RX9 | 9 bit Receive Enable bit. RX9 = 1: thì cho phép nhận dữ liệu 9 bit. RX9 = 0: thì cho phép nhận dữ liệu 8 bit. |
| RCSTA.5 | SREN | Single Receive Enable bit: Ở chế độ không đồng bộ: không có tác dụng. Ở chế độ đồng bộ - chủ SREN = 1: cho phép nhận đơn. SREN = 0: cấm nhận đơn. Bit SREN bị xóa sau khi quá trình nhận hoàn tất. Ở chế độ đồng bộ - tớ: không có tác dụng. |
| RCSTA.4 | CREN | Continuous Receive Enable bit: Ở chế độ không đồng bộ: CREN = 1: Cho phép nhận. CREN = 0: Cấm nhận. Ở chế độ đồng bộ: CREN = 1: Cho phép nhận liên tục cho đến khi bit CREN bị xóa. CREN = 0: Cấm nhận liên tục. |

| | | |
|---------|-------|--|
| RCSTA.3 | ADDEN | Address Detect Enable bit Ở chế độ không đồng bộ 9 bit: ADDEN = 1: Cho phép phát hiện địa chỉ, cho phép ngắt và nạp bộ đệm nhận khi bit RSR<8> lên 1. ADDEN = 0: cấm bộ phát hiện địa chỉ, tất cả các byte được nhận và bit thứ 9 có thể dùng làm bit kiểm tra chẵn lẻ. Ở chế độ không đồng bộ 8 bit: không có tác dụng. |
| RCSTA.2 | FERR | Framing Error bit: FERR = 1: xảy ra lỗi khung dữ liệu. FERR = 0: không có lỗi khung xảy ra. |
| RCSTA.1 | OERR | Overrun Error bit OERR = 1: xảy ra lỗi tràn. OERR = 0: không xảy ra lỗi tràn. |
| RCSTA.0 | RX9D | Ninth bit of Receive Data. Bit này dùng để lưu dữ liệu nhận về của bit thứ 9 hoặc có thể là bit kiểm tra chẵn lẻ. |

Khối nhận dữ liệu EUASRT

Sơ đồ khối nhận của khối EUASRT như hình 9-6.

Dữ liệu nhận vào ở chân RX/DT và điều khiển khối khôi phục dữ liệu. Khối khôi phục dữ liệu là khôi dịch tốc độ cao hoạt động gấp 16 lần tốc độ baud, trong khi đó thanh ghi nhận dữ liệu (RSR: Receive Shift Register) hoạt động dịch dữ liệu cùng với tốc độ baud.

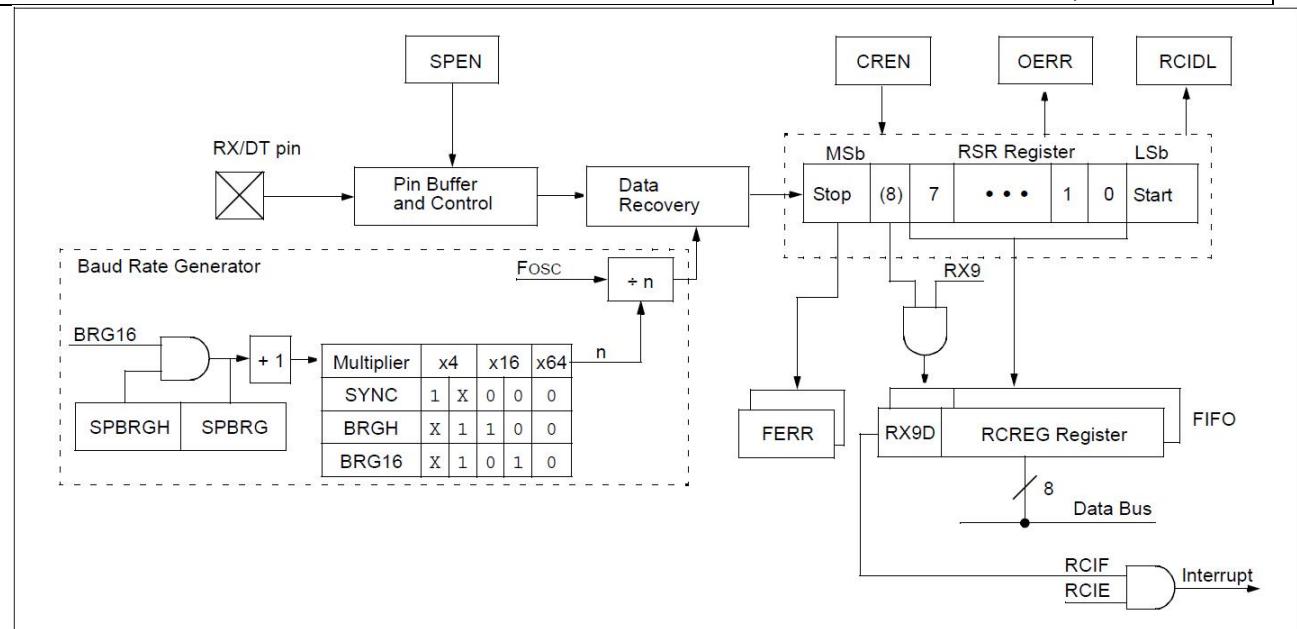
Khi tất cả 8 bit hoặc 9 bit dữ liệu được dịch vào thì ngay lập tức sẽ được truyền cho bộ đệm chưa được 2 kí tự dạng FIFO, nếu có thêm một ký tự nữa mà phần mềm chưa đọc 2 byte đã nhận thì sẽ phát sinh lỗi tràn. Phần mềm không thể truy xuất bộ đệm FIFO và thanh ghi RSR mà chỉ được phép truy xuất thanh ghi RCREG.

Khởi tạo quá trình nhận dữ liệu:

- Thiết lập giá trị cho cặp thanh ghi SPBRGH và SPBRG và BRGH và bit BRG16 để có tốc độ baud mong muốn.
- Cho phép truyền dữ liệu bắt đồng bộ bằng cách xóa bit SYNC làm bit SPEN lên 1.
- Nếu nhận dữ liệu 9 bit thì thiết lập bit cho phép RX9 lên 1.
- Làm bit CREN lên 1 để cho phép nhận dữ liệu.
- Nếu muốn sử dụng ngắt thì cho bit RCIE lên 1, cho phép ngắt ngoại vi và cho phép ngắt toàn cục.
- Cờ báo ngắt RCIF sẽ lên 1 khi một kí tự chuyển từ RSR sang bộ đệm, ngắt sẽ phát sinh nếu được phép.
- Đọc thanh ghi trạng thái nhận RCSTA để kiểm tra các cờ báo lỗi.
- Nhận dữ liệu 8 bit từ thanh ghi RCREG.
- Nếu có lỗi tràn xảy ra thì xóa bit cho phép nhận CREN

Khởi tạo quá trình nhận dữ liệu ở chế độ phát hiện 9 bit địa chỉ: chế độ này thường được dùng trong hệ thống truyền theo chuẩn RS-485.

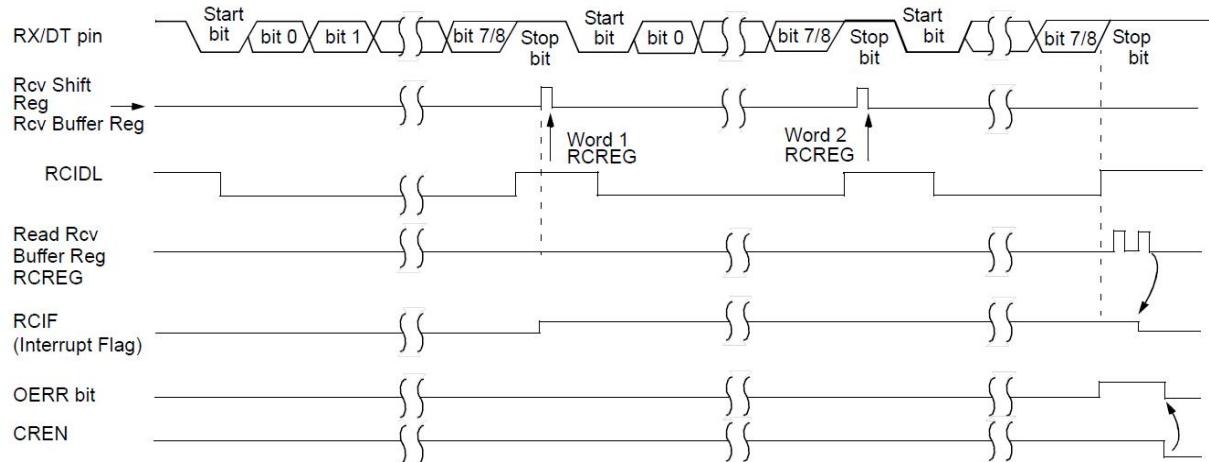
- Thiết lập giá trị cho cặp thanh ghi SPBRGH và SPBRG và BRGH và bit BRG16 để có tốc độ baud mong muốn.
- Cho phép truyền dữ liệu bắt đồng bộ bằng cách xóa bit SYNC làm bit SPEN lên 1.
- Nếu muốn sử dụng ngắt thì cho bit RCIE lên 1, cho phép ngắt ngoại vi và cho phép ngắt toàn cục.



Hình 9-8: Sơ đồ khái niệm của khối nhận dữ liệu của PIC16F887.

- Nếu nhận dữ liệu 9 bit thì thiết lập bit cho phép RX9 lên 1.
- Cho phép phát hiện địa chỉ 9 bit bằng cách cho bit ADDEN lên 1.
- Làm bit CREN lên 1 để cho phép nhận dữ liệu.
- Cờ báo ngắt RCIF sẽ lên 1 khi một kí tự chuyển từ RSR sang bộ đếm, ngắt sẽ phát sinh nếu được phép.
- Đọc thanh ghi trạng thái nhận RCSTA để kiểm tra các cờ báo lỗi. Bit thứ 9 luôn là 1.
- Nhận dữ liệu 8 bit từ thanh ghi RCREG, phần mềm sẽ tiến hành kiểm tra địa chỉ của thiết bị.
- Nếu có lỗi tràn xảy ra thì xóa bit cho phép nhận CREN.
- Nếu đúng địa chỉ của thiết bị thì tiến hành xóa bit ADDEN để cho phép nhận dữ liệu vào bộ đếm và phát sinh ngắt.

Dạng sóng nhận dữ liệu như hình 9-7:



Hình 9-9: Dạng sóng nhận dữ liệu.

Dạng sóng tín hiệu thứ nhất: là dữ liệu nhận về ở chân RX/DT, có 3 kí tự được nhận liên tục.

Dạng sóng tín hiệu thứ hai: cho biết sau khi nhận xong 1 kí tự (nhận xong bit stop) thì nạp lưu vào thanh ghi bộ đếm.

Dạng sóng tín hiệu thứ ba: cho biết tín hiệu RCIDL xuống mức 0 khi phát hiện bit start và lên 1 khi phát hiện bit stop.

Dạng sóng tín hiệu thứ năm: cho biết cờ nhận RCIF lên mức 1 khi nhận được 1 kí tự và xuống mức 0 khi đã tiến hành đọc xong các kí tự đã nhận.

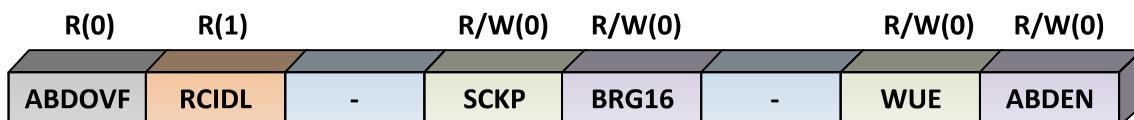
Dạng sóng tín hiệu thứ sáu: cho biết bit báo lỗi tràn OERR lên mức 1 khi nhận tới 3 kí tự.

Dạng sóng tín hiệu thứ bảy: cho biết khi xóa bit CREN thì xóa luôn bit báo lỗi tràn OERR.

Dạng sóng tín hiệu thứ tám: cho biết tiến hành đọc 2 byte dữ liệu (đã mất 1 byte), khi đọc xong thì xóa luôn cờ báo ngắt.

c. Thanh ghi điều khiển tốc độ truyền - BAUDCTL

Tổ chức của thanh ghi như hình 9-8:



Hình 9-10: Thanh ghi RCSTA.

Bảng 9-3: Tóm tắt chức năng các bit trong thanh ghi BAUDCTL:

| Bit | Kí hiệu | Chức năng (cho phép = 1; cấm = 0) |
|-----------|---------|---|
| BAUDCTL.7 | ABDOVF | Auto – Baud detect Overflow bit: bit tự động phát hiện tràn tốc độ baud Ở chế độ không đồng bộ: ABDOVF = 1: cho biết timer tạo tốc độ baud tự động bị tràn. ABDOVF = 0: cho biết timer tạo tốc độ baud tự động không bị tràn. Ở chế độ đồng bộ: không có tác dụng. |
| BAUDCTL.6 | RCIDL | Receive Idle Flag bit: bit cờ ngừng nhận Ở chế độ không đồng bộ: RCIDL = 1: cho biết bộ nhận đang ngừng – lên 1 khi phát hiện bit stop. RCIDL = 0: cho biết bắt đầu nhận bit start cho đến bit dữ liệu cuối cùng. Ở chế độ đồng bộ: không có tác dụng. |
| BAUDCTL.4 | SCKP | Synchronous Clock Polarity bit: Ở chế độ không đồng bộ: SCKP = 1: phát dữ liệu đảo đến chân TX/CK. SCKP = 0: phát dữ liệu không đảo đến chân TX/CK. Ở chế độ đồng bộ: SCKP = 1: dữ liệu được dịch khi có cạnh lên của xung clock. SCKP = 0: dữ liệu được dịch khi có cạnh xuống của xung clock. |
| BAUDCTL.3 | BRG16 | 16 bit Baud Rate generator bit BRG16 = 1: sử dụng bộ tạo tốc độ baud 16 bit. BRG16 = 0: sử dụng bộ tạo tốc độ baud 8 bit. |
| BAUDCTL.1 | WUE | Wake – up Enable bit: bit cho phép đánh thức CPU Ở chế độ không đồng bộ: WUE = 1: cho phép bộ nhận chờ cho đến khi có xung cạnh xuống. Sẽ không có kí tự nào được nhận nếu bit RCIF thiết lập ở mức 1. WUE sẽ tự động xóa sau khi bit RCIF lên 1. WUE = 0: Bộ nhận hoạt động bình thường. Ở chế độ đồng bộ: không có chức năng. |
| BAUDCTL.0 | ABDEN | Auto-Baud Detect Enable bit: bit cho phép phát hiện tốc độ baud tự động. ABDEN = 1: cho phép hoạt động tốc độ baud tự động. ABDEN = 0: không cho phép hoạt động tốc độ baud tự động |

Bộ phát tốc độ baud (Baud Rate Generator) là timer 8 bit hoặc 16 bit để tạo tốc độ cho hoạt động truyền dữ liệu ESUART đồng bộ và bất đồng bộ.

Mặc nhiên thì khói tạo tốc độ baud BRG hoạt động chế độ 8 bit, nếu cho bit BRG16 bằng 1 thì hoạt động chế độ 16 bit.

Cặp thanh ghi SPBRGH và SPBRG xác định chu kỳ tạo tốc độ baud của timer.

Trong chế độ truyền đồng bộ thì bộ nhân chu kỳ tốc độ baud được xác định bởi cả 2 bit BRGH trong thanh ghi TXSTA và bit BRG16 trong thanh ghi BAUDCTL.

Trong chế độ truyền bất đồng bộ thì bộ nhân chu kỳ tốc độ baud chỉ được xác định bởi bit BRGH.

Bảng 9-4: Tóm tắt các công thức tính tốc độ baud:

| Configuration Bits | | | BRG/EUSART Mode | Baud Rate Formula |
|--------------------|-------|------|---------------------|---------------------|
| SYNC | BRG16 | BRGH | | |
| 0 | 0 | 0 | 8-bit/Asynchronous | $F_{OSC}/[64(n+1)]$ |
| 0 | 0 | 1 | 8-bit/Asynchronous | $F_{OSC}/[16(n+1)]$ |
| 0 | 1 | 0 | 16-bit/Asynchronous | |
| 0 | 1 | 1 | 16-bit/Asynchronous | |
| 1 | 0 | x | 8-bit/Synchronous | $F_{OSC}/[4(n+1)]$ |
| 1 | 1 | x | 16-bit/Synchronous | |

Üng với từng trạng thái của 3 bit SYNC, BRG16 và BRGH mà có các công thức tính tốc độ baud tương ứng. Trong công thức tính tốc độ baud thì n là giá trị của cặp thanh ghi SPBRGH và SPBRG.

Ví dụ 9-1: Hãy tính giá trị n của cặp thanh ghi để tốc độ truyền là 9600BAUD, sử dụng thạch anh có tần số 16MHz, hoạt động bất đồng bộ, bộ phát tốc độ BRG 8 bit.

$$\text{Công thức tính tốc độ baud: } TDTDL = TDBAUD = \frac{F_{OSC}}{64(n+1)} = \frac{F_{OSC}}{64([SPBGRH : SPBRG] + 1)}$$

$$\text{Tính giá trị của cặp thanh ghi: } SPBGRH : SPBRG = \frac{F_{OSC}}{64 \times TDBAUD} - 1 = \frac{16000000}{64 \times 9600} - 1 = 25,041$$

Giá trị để nạp cho cặp thanh ghi là 25, khi đó tốc độ thực là:

$$TDBAUD_{TINH} = \frac{F_{OSC}}{64([SPBGRH : SPBRG] + 1)} = \frac{16000000}{64(25 + 1)} = 9615$$

$$\text{Sai số so với tốc độ 9600 là: } SAISO = \frac{TDBAUD_{TINH} - TDBAUD}{TDBAUD} = \frac{9615 - 9600}{9600} = 0,16\%$$

V. CÁC LỆNH TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART CỦA PIC16F887

Các lệnh của ngôn ngữ lập trình C liên quan đến ngắt bao gồm:

1. LỆNH SETUP_UART(**BAUD, STREAM**)

Cú pháp: `setup_uart(baud, stream)`, `setup_uart(baud)`, `set_uart_speed(baud,[stream])`

Thông số: **baud, stream** có thể là 1 hoặc 2 hằng số: hằng số thứ nhất là tốc độ, hằng số thứ 2 là tên của cổng giao tiếp nếu hệ thống có nhiều cổng giao tiếp EUART để phân biệt. Nếu chỉ có 1 thì không cần thông số thứ 2.

Chức năng: thiết lập tốc độ baud cho EUART.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

Ví dụ 9-2: thiết lập tốc độ 9600 baud: `setup_uart(9600);`

ngoại cổng UART cung cấp RC6, RC7

tạo thêm cổng UART mem (bang phan mem)

su dung lenh nay khi chi khai bao

#USE RS232

2. LỆNH PUTS(STRING)

Cú pháp: `puts(string)` ← `putc(char) --> truyền ký tự, 1 byte`

Thông số: `string` là chuỗi ký tự gửi đi.

Chức năng: có chức năng gửi từng ký tự ra port nối tiếp, sau khi gửi xong chuỗi ký tự thì tự động gửi thêm ký tự RETURN (có mã là 13) và ký tự xuống hàng (LINE-FEED có mã là 10).

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

Ví dụ 9-3: `puts(" | HELLO| ");`

mã CR-LF (giao tiếp theo tap lenh
AT - SIM900 (module GSM))

3. LỆNH Value = Getc(), Value = Fgetc(Stream), Value = Getch(), Value = Getchar()

Cú pháp: `value = getc()`, `value = fgetc(stream)`, `value = getch()`, `value = getchar()`

Thông số: `stream` là tên của cổng EUART nếu có.

UART CUNG RC6,RC7

Chức năng: có chức năng chờ cho đến khi có ký tự gửi đến thì nhận.

UART MEM

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

Ví dụ 9-4: `kitu = getch();`

4. LỆNH value = KBHIT()

Cú pháp: `value = KBHIT()`

Thông số: *không có*

Chức năng: có chức năng trả về kết quả đúng nếu có ký tự đã nhận và trả về kết quả sai nếu không có ký tự.

`if(KBHIT() == TRUE)`

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC.

`IF(KBHIT())`

Ví dụ 9-5: `if(KBHIT) kitu = getch(); // nếu có ký tự thì nhận`

VI. ỨNG DỤNG TRUYỀN DỮ LIỆU EUSART CỦA PIC16F887

Phần này trình bày các ứng dụng truyền dữ liệu đơn giản của PIC16F887, qua các ứng dụng này giúp bạn biết sử dụng chức năng truyền dữ liệu của PIC16F887.

Bài 9-1: Một hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và điều khiển PIC 16F887: máy tính sẽ gửi dữ liệu xuống vi điều khiển, vi điều khiển sẽ nhận dữ liệu và gửi ra portD nối với 8 led. Máy tính sử dụng phần mềm Terminal.
Tốc độ truyền là 9600 baud.

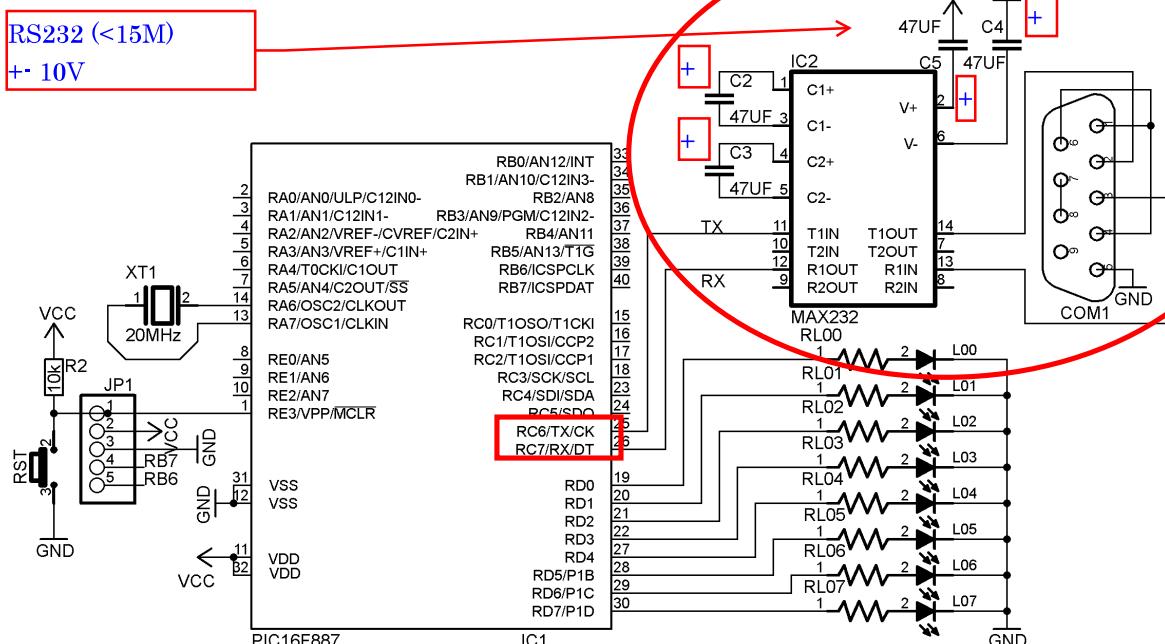
- Sơ đồ mạch:

Trong sơ đồ mạch có dùng IC2 có tên là MAX232 dùng để chuyển đổi tín hiệu RS232 của cổng COM của máy tính thành chuẩn TTL để tương thích với vi điều khiển.

IC MAX232 có tích hợp 2 bộ chuyển đổi, trong mạch này chỉ dùng 1 bộ chuyển đổi. Các tụ điện trong mạch theo số tay của IC do nhà chế tạo cung cấp.

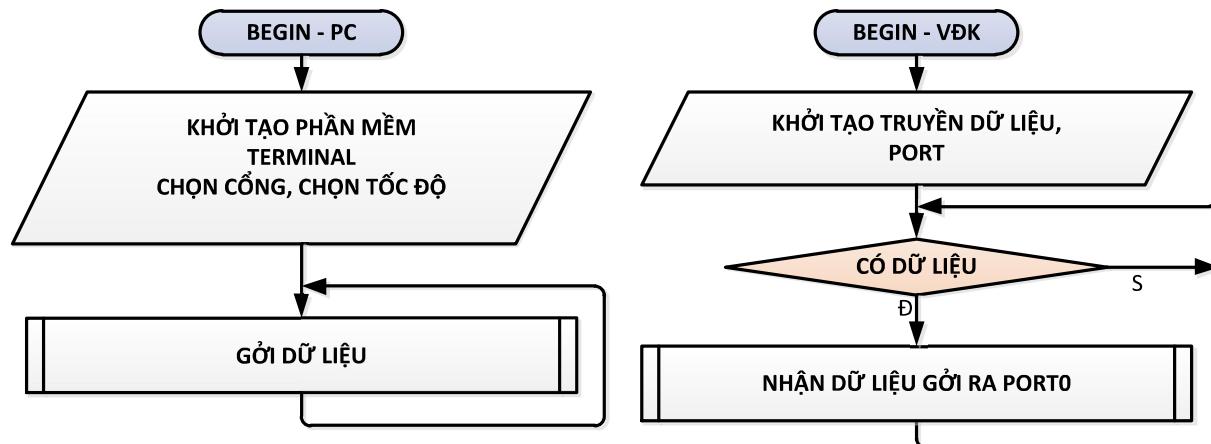
Truyền dữ liệu UART thường dùng cổng giao tiếp là 9 chân có tên là COM1 (trước dùng cổng 25 chân nhưng đã bỏ). Chú ý khi vẽ mạch in (PCB) thì bạn phải chọn cổng COM 9 chân loại hàn vào mạch in và khi chọn linh kiện bạn phải chọn đúng loại cái. Các dây cáp kết nối sử dụng đầu jack đặc nên sẽ giúp bạn kết nối đúng.

Sử dụng portD để điều khiển 8 led đơn, thạch anh sử dụng là 20Mhz.



Hình 9-11: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển.

- Lưu đồ:



Hình 9-12: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu.

- Chương trình: cho vi điều khiển nhận dữ liệu

```

#include <TV_16F887.C>
#USE rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
UNSIGNED INT8 RDATA=0;
VOID MAIN()
{

```

```

    SET_TRIS_D(0x00); OUTPUT_D(RDATA);
    WHILE(TRUE)

```

9-3 - VDK A
SET_TRIS_E(0xFF);

9.3 - VDK A
{
KT_ON();
KT_OFF();
}
HAM XU LY
IOAC VIET TRUC
TIEP NEU NGAN

```

    {  
IF(KBHIT())
    {  
    RDATA = GETCH();
    OUTPUT_D(RDATA);
    }
}

```

kiem tra du lieu co
hay khong

doc du lieu nhan
duoc

PUTS(); //TRUYEN CHUOI
PUTC(); // TRUYEN 1 GIA TRI

IF(RDATA == 0X30) OUTPUT_D(0xFF);
IF(RDATA == 0X31) OUTPUT_D(0x00);

Truyền dữ liệu uart.

- Giải thích chương trình:

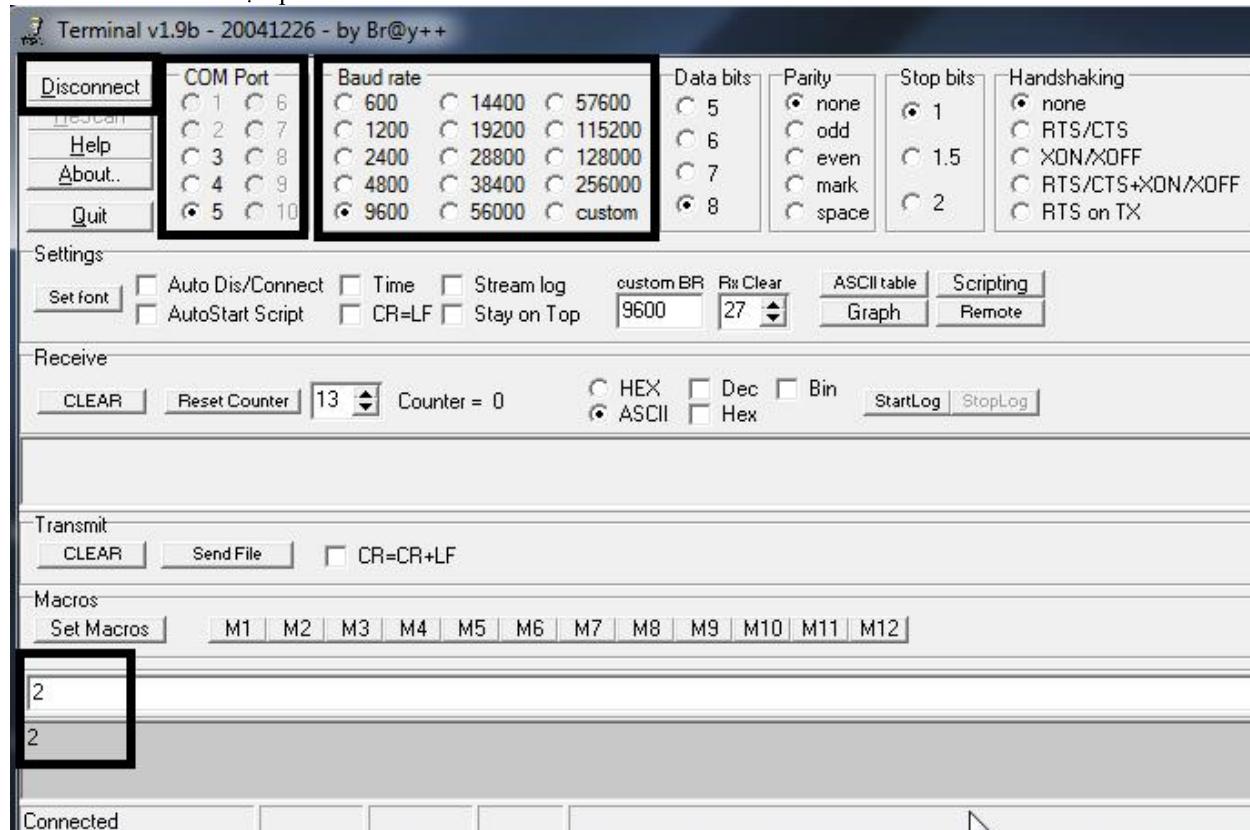
Hàng thứ 1 là khai báo thư viện sử dụng giống các bài đã viết.

Hàng thứ 2 khai báo thiết lập truyền dữ liệu gồm 3 thông số: chọn tốc độ truyền là 9600 baud, chọn port phát dữ liệu là chân thứ 6 của portC, chọn port nhận dữ liệu là chân thứ 7 của portC.

Theo sơ đồ chân thì 2 chân RC6 và RC7 là TD và RD nhưng bạn cũng có thể chọn chân khác để kết nối cũng được, khi đó bạn phải hiệu chỉnh mạch điện và cả chương trình.

Trong vòng lặp while thì tiến hành kiểm tra xem nếu có dữ liệu thì tiến hành nhận và xuất ra portD.

- Giao diện phần mềm Terminal:



Hình 9-13: Giao diện phần mềm Terminal để gửi dữ liệu.

Bạn phải xem trong “Device Manager” để xem cổng COM đang sử dụng là COM thứ bao nhiêu và tiến hành chọn cho đúng cổng COM port, trong tài liệu này máy tính sử dụng cổng COM5.

Tốc độ mặc nhiên của phần mềm là 9600 baud.

Bạn tiến hành chọn mục “Connect”, sau khi kết nối thành công thì tên của nút nhấn trở thành “Disconnect”.

Hàng trắng bên dưới bạn đánh ký tự cần gửi và nhấn enter thì phần mềm sẽ gửi xuống máy tính. Trong hình thì đã gửi ký tự số 2.

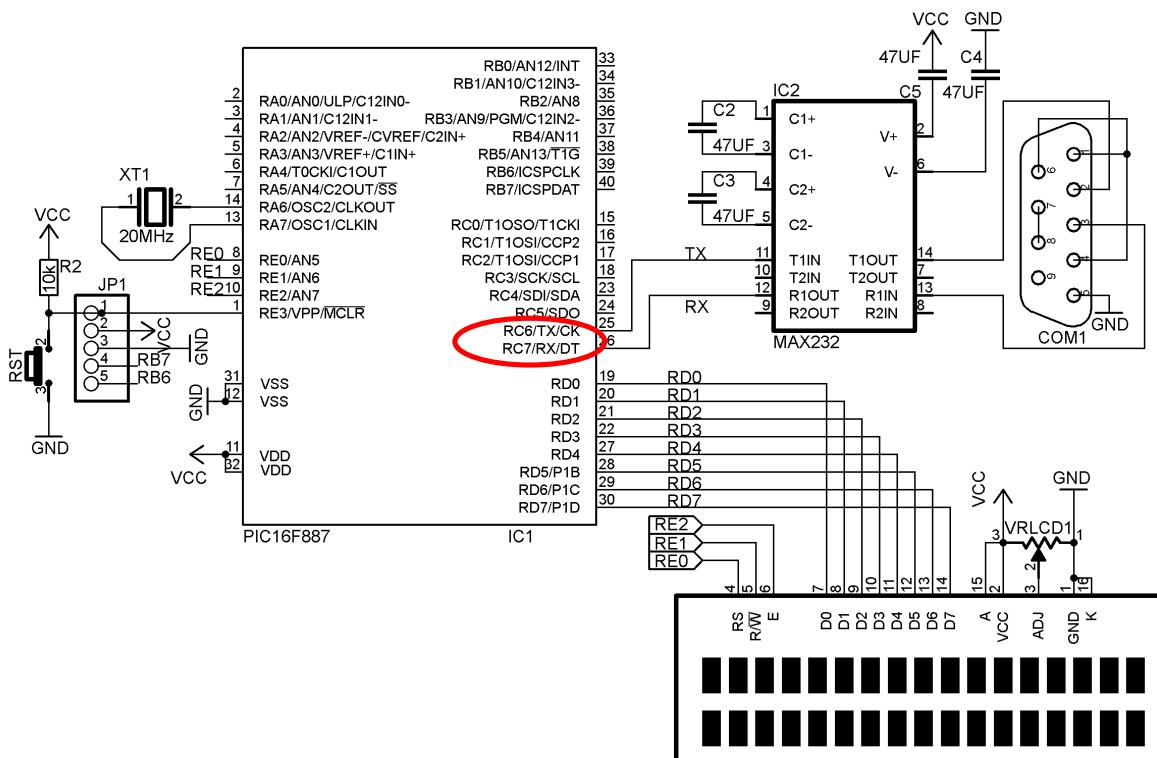
Phần mềm Terminal gửi ký tự ở dạng mã ASCII. Khi gửi số 2 thì máy tính sẽ gửi mã ASCII của số 2 là 0x32, dữ liệu điều khiển portD sẽ là 00110010.

Mục đích của bài này cho các bạn thấy cách viết chương trình truyền dữ liệu khá đơn giản, các bài tiếp theo sẽ hiển thị được nhiều ký tự và rõ ràng hơn ví dụ bạn gửi số 2 trên máy tính thì bạn có thể nhìn thấy được số 2 hiển thị trên LCD bên vi điều khiển, bạn có thể gửi 1 chuỗi nhiều ký tự.

Bài 9-2: Một hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và điều khiển PIC 16F887: máy tính sẽ gửi dữ liệu xuống vi điều khiển, vi điều khiển sẽ nhận dữ liệu và hiển thị trên LCD. Máy tính sử dụng phần mềm Terminal.

Tốc độ truyền là 9600 baud.

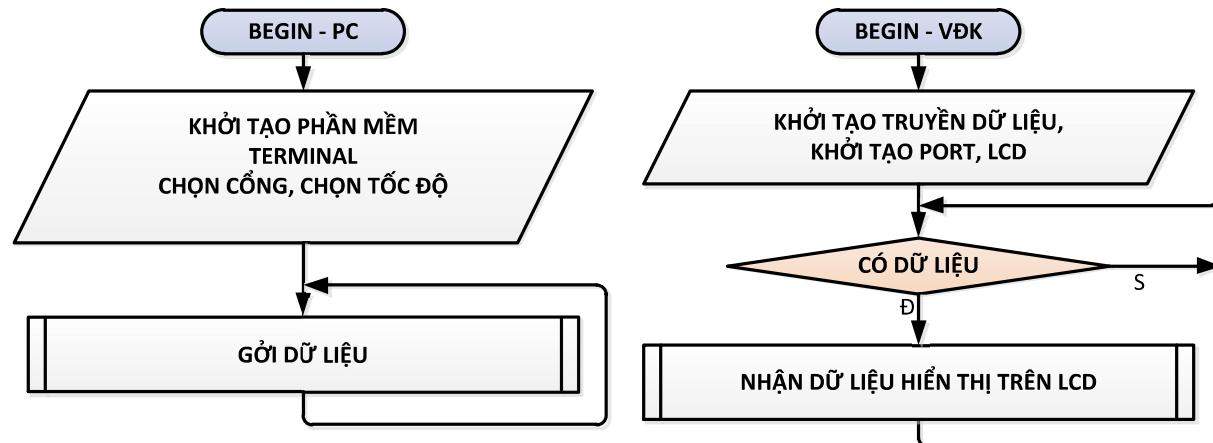
- Sơ đồ mạch:



Hình 9-14: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển, hiển thị LCD.

Sơ đồ mạch dùng LCD để hiển thị được mã ASCII để tương thích với máy tính.

- Lưu đồ:



Hình 9-15: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu, hiển thị trên LCD.

- Chương trình: cho vi điều khiển nhận dữ liệu

```
#INCLUDE <TV_16F887.C>
#INCLUDE <TV_LCD.C>
#USE rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
UNSIGNED INT8 RDATA=0,I;
const unsigned char HANG1[16]={"GIAO TIEP MAY TINH"};
VOID MAIN()
```

```

{
    SET TRIS E(0x00);      SET TRIS D(0x00);
    LCD_SETUP();
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE1);  DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++) { LCD_DATA(HANG1[I]);}
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE2);  DELAY_US(10);
    WHILE(TRUE)
    {
        IF(KBHIT())
        {
            RDATA = GETCH();
            LCD_DATA(RDATA);
        }
    }
}

```

DO MÁY TÍNH GỬI
MA ASCII NÊN TA
NHAN DUOC THI
HIEN THI LUON

LCD_DATA(RDATA);

- Giải thích chương trình:

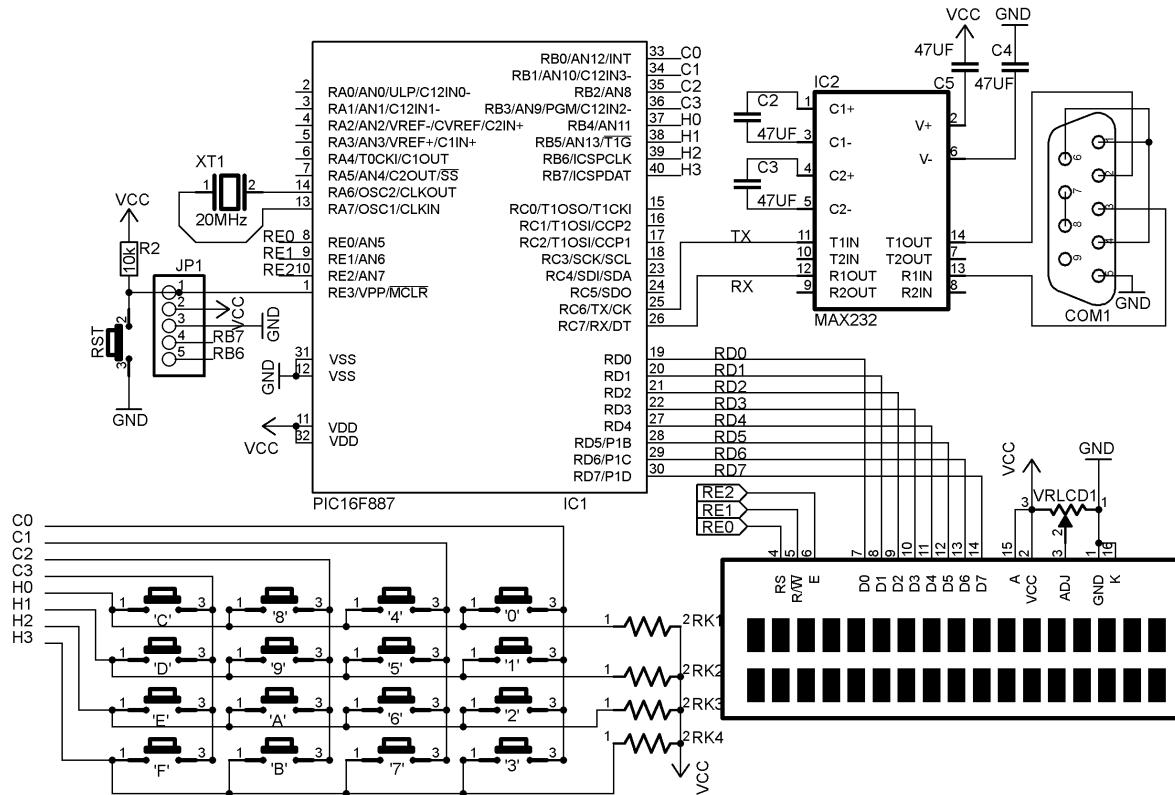
Về cơ bản thì chương trình này chỉ khác là dùng LCD để hiển thị được các ký tự từ máy tính gửi xuống vì LCD hiển thị ký tự mã ASCII.

Do LCD sử dụng là 16x2 có thể hiển thị được 16 ký tự nên bạn có thể gửi được 16 ký tự hiển thị trên LCD cùng 1 lúc, nếu gửi nhiều hơn thì các ký tự thứ 17 sẽ không nhìn thấy.

Ở bài minh họa này ta đã gửi dữ liệu từ máy tính xuống hiển thị trên LCD nhưng chưa thực hiện gửi dữ liệu từ vi điều khiển lên máy tính. Bài tiếp theo ta sẽ minh họa cho cả 2 chiều.

Bài 9-3: Một hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và điều khiển PIC 16F887: máy tính sẽ gửi dữ liệu xuống vi điều khiển, vi điều khiển sẽ nhận dữ liệu và hiển thị trên LCD. Khi nhấn 1 phím bất kỳ của bàn phím ma trận 4x4 thì mã phím đó hiển thị trên LCD ở hàng 1, đồng thời gửi về máy tính.
Máy tính sử dụng phần mềm Terminal.
Tốc độ truyền là 9600 baud.

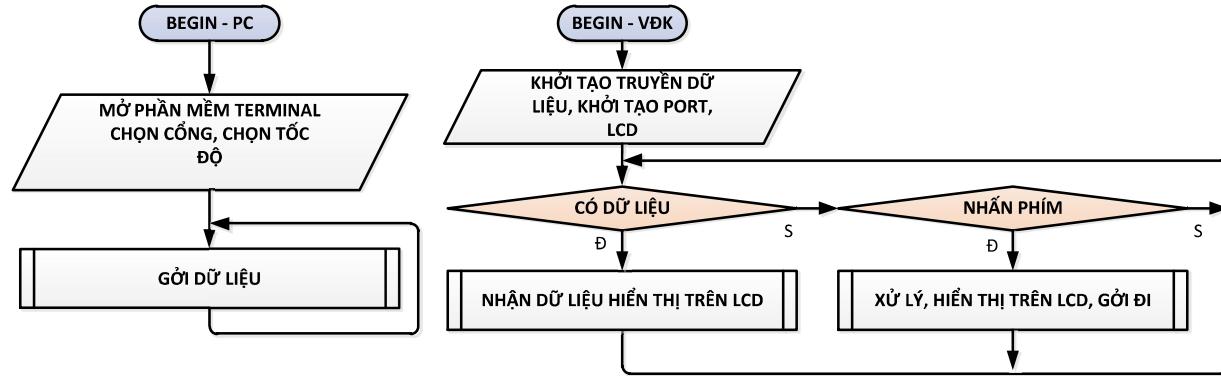
- Sơ đồ mạch:



Hình 9-16: Hệ thống truyền dữ liệu giữa máy tính và vi điều khiển, có LCD, bàn phím.

Sơ đồ mạch thêm phần giao tiếp bàn phím ma trận 4x4 để thực hiện chức năng khi nhấn phím nào thì mã phím đó sẽ hiển thị trên LCD đồng thời gửi về máy tính.

- Lưu đồ:



Hình 9-17: Lưu đồ điều khiển truyền dữ liệu, có thêm LCD và bàn phím.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#include <TV_LCD.C>
#include <TV_KEY4X4.C>
#USE rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7)
UNSIGNED INT8 RDATA=0, MP, I, TDATA, VITRI_H1=0, VITRI_H2=0;
const unsigned char HANG1[16]={"GIAO TIEP MAY TINH"};
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_E(0x00);      SET_TRIS_D(0x00);
    SET_TRIS_B(0xF0);      PORT_B_PULLUPS(0XF0);
    LCD_SETUP();
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE1);  DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++) { LCD_DATA(HANG1[I]);}
    WHILE(TRUE)
    {
        IF(KBHIT())
        {
            LCD_COMMAND(ADDR_LINE2+VITRI_H2);  DELAY_US(10);
            RDATA = GETCH();
            LCD_DATA(RDATA);
            IF (VITRI_H2==16) VITRI_H2=0;
            ELSE             VITRI_H2++;
        }
        MP= KEY_4X4();
        IF (MP!=0xFF)
        {
            LCD_COMMAND(ADDR_LINE1+VITRI_H1);  DELAY_US(10);
            IF (MP<10)     TDATA = MP+0X30;
            ELSE           TDATA = MP+0X37;
            PUTC(TDATA);
            LCD_DATA(TDATA);
            IF (VITRI_H1==16) VITRI_H1=0;
            ELSE             VITRI_H1++;
        }
    }
}
    
```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thức hiên 2 yêu cầu:

Yêu cầu thứ 1: Kiểm tra nếu có dữ liệu từ máy tính gửi xuống thì tiến hành hiển thị ở hàng 2.

Yêu cầu thứ 2: Gọi chương trình con quét ma trận phím, nếu có phím nhấn thi tiến hành kiểm tra nếu các phím số có mã từ 0 đến 9 thi chuyển sang mã ASCII bằng cách cộng thêm 0x30 rồi hiển thị và gởi về máy tính, nếu là các phím có mã từ 0x0A đến 0x0F thi cộng thêm 0x37 để chuyển thành các ký tự tương ứng từ A đến F để hiển thi trên LCD và gởi về máy tính.

Do mỗi hàng chỉ hiển thị được 16 ký tự và 2 hàng độc lập về địa chỉ nên phải thiết lập địa chỉ trước khi gởi dữ liệu, khi gởi 1 ký tự ra LCD thì địa chỉ tăng lên 1, khi bằng 16 thì cho địa chỉ về 0 để về lại đầu hàng.

Bài tập 9-1: Hãy hiệu chỉnh chương trình bài 9-3 dùng ngắt để nhận dữ liệu.

Bài tập 9-2: Một hệ thống điều khiển dùng 2 vi điều khiển PIC 16F887: vi điều khiển A có portD nối với 8 led đơn, vi điều khiển B cũng có portD nối với 8 led. Dữ liệu 8 bit từ vi điều khiển A điều khiển portD đồng thời gửi sang vi điều khiển B để hiển thị ra 8 led. Hai vi điều khiển giao tiếp bất đồng bộ tốc độ 9600 baud. Hãy vẽ sơ đồ mạch, viết lưu đồ và chương trình.

Bài tập 9-3: Một hệ thống điều khiển dùng 2 vi điều khiển PIC16F887: vi điều khiển A kết nối với 2 nút nhấn ON và OFF, vi điều khiển B nối với 8 led. Khi nhấn ON thì vi điều khiển A gởi dữ liệu sang vi điều khiển B làm 8 led đơn sáng, khi nhấn OFF thì gởi mã làm 8 led tắt.
Hai vi điều khiển giao tiếp bất đồng bộ tốc độ 9600 baud.
Hãy vẽ sơ đồ mạch, viết lưu đồ và chương trình.

VII. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu 9-1: Hãy cho biết tên các thanh ghi liên quan đến truyền dữ liệu của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 9-2: Hãy cho biết chức năng của các bit trong thanh ghi TXSTA của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 9-3: Hãy cho biết chức năng của các bit trong thanh ghi RCSTA của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 9-4: Hãy cho biết chức năng của các bit trong thanh ghi BAUDCTL của vi điều khiển PIC16F887.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu 9-5: Hãy tìm hiểu truyền dữ liệu của vi điều khiển PIC18F4550 và so sánh với PIC16F887.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 9-1: Vi điều khiển PIC 16F887 có mấy chế độ truyền dữ liệu USART:

Câu 9-2: Vi điều khiển PIC 16F887 khi truyền đồng bộ thì các tín hiệu có tên là:

Câu 9-3: Vị điều khiển PIC 16F887 khi truyền bất đồng bộ thì các tín hiệu có tên là:

- (a) RxD, TxD (b) RxD, CK (c) TD, CK (d) TD, TK

Câu 9-4: Vì điều khiển PIC 16F887 thì thanh ghi nào thiết lập tốc độ truyền dữ liệu?

Câu 9-5: Trong công thức tính tốc độ của PIC16F887 thì biến “Fosc” là:

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| (a) Tần số dao động của timer T1 | (b) Tần số dao động của tụ thạch anh |
| (c) Tần số dao động của timer T0 | (d) Tần số dao động của ADC |

Câu 9-21: Cặp thanh ghi nào của PIC16F887 lưu giá trị để tạo tốc độ baud:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| (a) TXSTA, RCSTA | (b) BAUDCTL, RCSTA |
| (c) TSPBGRH, SPBRGL | (d) TSPBGRH, SPBRG |

Câu 9-22: Vì điều khiển PIC 16F887 sử dụng timer nào để thiết lập tốc độ truyền dữ liệu:

- | | |
|--------|----------------------|
| (a) T0 | (b) T1 |
| (c) T2 | (d) Không dùng timer |

Câu 9-23: Bit cho phép ngắt và cờ ngắt nhận dữ liệu của PIC 16F887:

- | | |
|----------------|----------------|
| (a) RCIF, TXIF | (b) TXIE, TXIF |
| (c) RCIE, RCIF | (d) TXIE, RCIE |

Câu 9-24: Bit cho phép ngắt và cờ ngắt phát dữ liệu của PIC 16F887:

- | | |
|----------------|----------------|
| (a) RCIF, TXIF | (b) TXIE, TXIF |
| (c) RCIE, RCIF | (d) TXIE, RCIE |

VỊ ĐIỀU KHIỂN PIC16F8873

ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG - PWM

- **GIỚI THIỆU**

- **KHẢO SÁT PWM**

- NGUYÊN LÝ ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG PWM
- CẤU TRÚC KHỐI ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG PWM
- TÍNH CHU KỲ XUNG PWM
- TÍNH HỆ SỐ CHU KỲ PWM

- **CÁC LỆNH ĐIỀU KHIỂN PWM**

- LỆNH ĐỊNH CẤU HÌNH KHỐI CCP SETUP_CCP(MODE)
- LỆNH THIẾT LẬP HỆ SỐ CHU KỲ SET_PMWX_DUTY(VALUE)
- LỆNH ĐỊNH CẤU HÌNH CHO TIMER_2 SETUP_TIMER_2 (MODE,PERIOD,PASTSCALE)
- LỆNH THIẾT LẬP GIÁ TRỊ BẮT ĐẦU CHO TIMER SET_TIMERx(value)

- **CÁC CHƯƠNG TRÌNH ỨNG DỤNG PWM**

- **CÁC CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM**

I. GIỚI THIỆU

Vì điều khiển PIC họ 16F887 có 2 bộ PWM (Pulse Width Modulation) cơ bản dùng để điều khiển tốc độ động cơ DC.

Phần này sẽ khảo sát chi tiết khói PWM của PIC và tập lệnh lập trình C cho PWM, các ứng dụng dùng PWM.

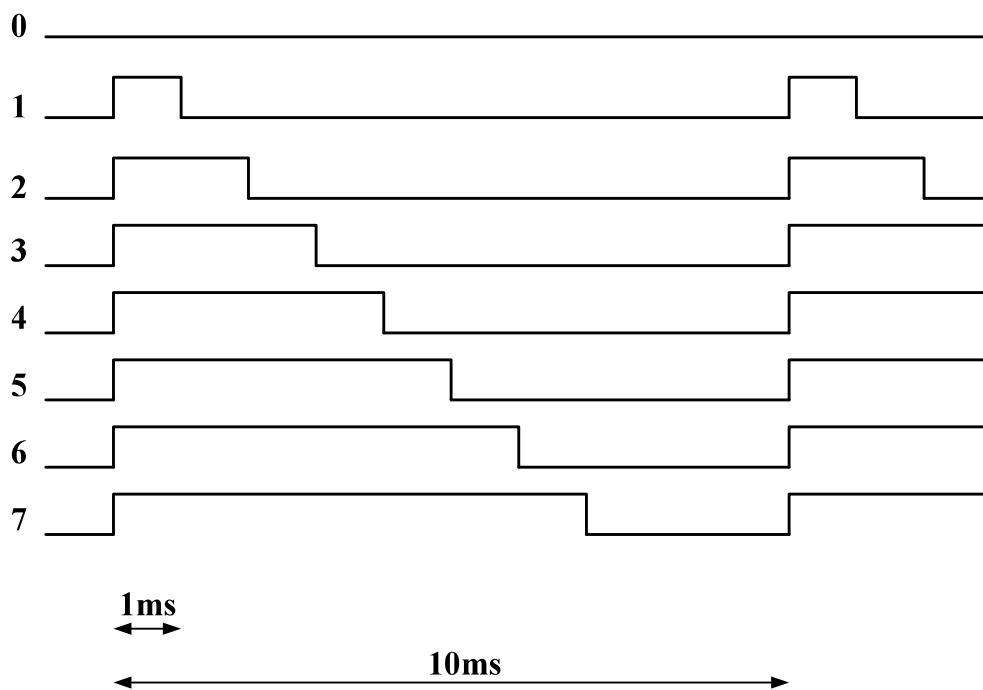
II. KHẢO SÁT PWM

1. NGUYÊN LÝ ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG PWM

Nguyên lý điều chế độ rộng xung là mạch tạo ra xung vuông có chu kỳ là hằng số nhưng hệ số công tác (còn gọi là hệ số chu kỳ - duty cycle) có thể thay đổi được. Sự thay đổi của hệ số chu kỳ làm thay đổi điện áp trung bình hoặc dòng điện trung bình.

Sự thay đổi điện áp hoặc dòng trung bình dùng để điều khiển các tải như động cơ DC thì làm thay đổi tốc độ động cơ, điều khiển bóng đèn thì làm thay đổi cường độ sáng của bóng đèn, ...

Các dạng sóng điều chế độ rộng xung với các hệ số chu kỳ khác nhau như hình 10-1.



Hình 10-1: Dạng sóng điều chế độ rộng xung.

Cho chu kỳ 10ms, ở cấp tốc độ 0 thì tín hiệu bằng 0. Điện áp hay dòng trung bình sẽ bằng 0, nếu tín hiệu này điều khiển đèn led thì đèn led sẽ tắt.

Ở cấp tốc độ 1 thì tín hiệu điều khiển ở mức 1 chỉ có 1ms, ở mức 0 là 9ms. Giả sử dòng tạo ra là 10 mA khi ở mức 1, khi đó dòng trung bình là $(10*1)/10 = 1$ mA. Led sáng mờ với dòng là 1mA.

Ở cấp tốc độ 2 thì tín hiệu điều khiển ở mức 1 chỉ có 2ms, ở mức 0 là 8ms. Giả sử dòng tạo ra là 10 mA khi ở mức 1, khi đó dòng trung bình là $(10*2)/10 = 2$ mA. Led sáng hơn với dòng là 2mA.

Ở cấp tốc độ 5 thì tín hiệu điều khiển ở mức 1 chỉ có 5ms, ở mức 0 là 5ms. Giả sử dòng tạo ra là 10 mA khi ở mức 1, khi đó dòng trung bình là $(10*5)/10 = 5$ mA.

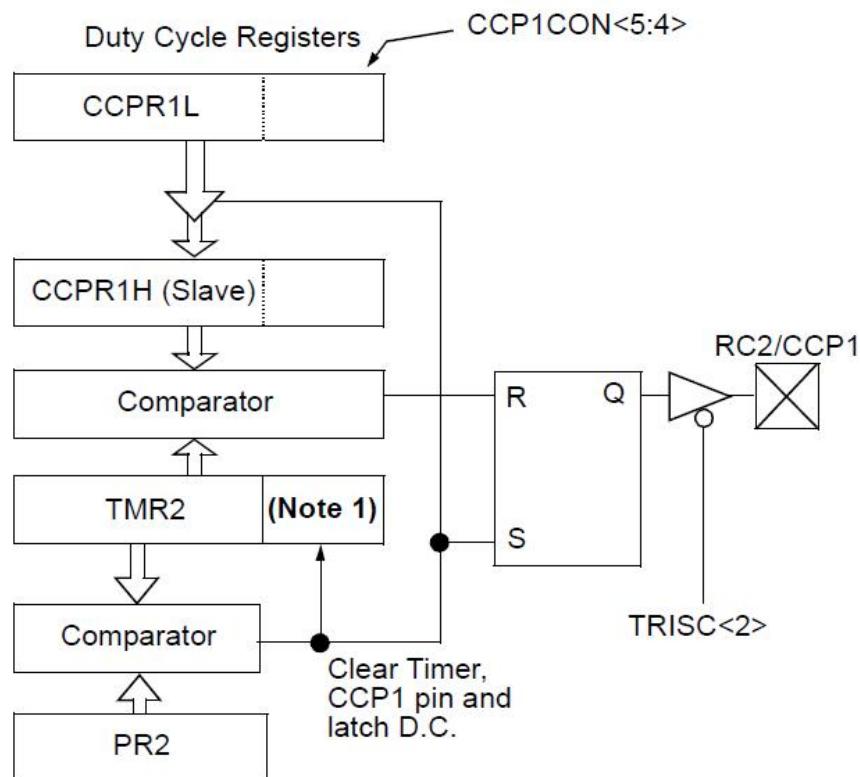
Ở cấp tốc độ 10 thì tín hiệu điều khiển ở mức 1 là 10ms, ở mức 0 là 0ms. Giả sử dòng tạo ra là 10 mA khi ở mức 1, khi đó dòng trung bình là $(10*10)/10 = 10$ mA. Led sáng cực đại với dòng là 10mA.

Khi thay đổi hệ số chu kỳ thì chỉ thay đổi thời gian xung ở mức 1, còn chu kỳ thì không đổi.

Qua phần giới thiệu này đã cho chúng ta biết rõ khái niệm điều chế độ rộng xung, phần tiếp theo chúng ta sẽ khảo sát mạch điện có chức năng tạo ra dạng sóng PWM và các phương trình tính toán để tạo ra chu kỳ tín hiệu và hệ số chu kỳ.

2. CẤU TRÚC KHỐI ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG PWM

PWM của PIC16F887 có sơ đồ khói như hình 10-2:



Hình 10-2: Sơ đồ khói của PWM PIC 16F887.

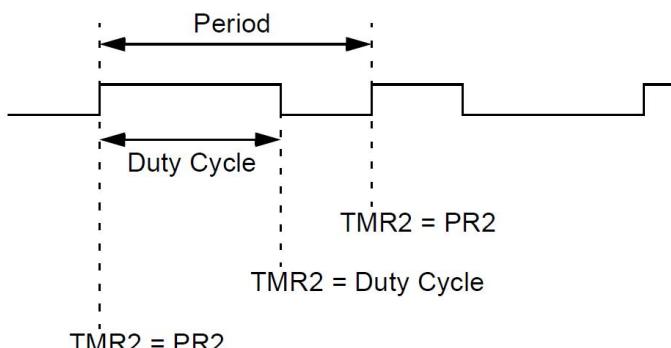
Khối PWM gồm có 2 mạch so sánh: mạch so sánh 2 dữ liệu 8 bit nằm bên dưới và mạch so sánh 2 dữ liệu 10 bit nằm bên trên.

Mạch so sánh 8 bit sẽ so sánh giá trị đếm của Timer2 với giá trị của thanh ghi PR2 (Period Register), giá trị trong Timer2 tăng từ giá trị đặt trước cho đến khi bằng giá trị của PR2 thì mạch so sánh sẽ kích flip flop RS làm ngõ ra RC2/CCP1 lên mức 1. Đồng thời nạp giá trị 10 bit từ thanh ghi CCPR1L sang thanh ghi CCPR1H.

Timer2 bị reset và bắt đầu đếm lại cho đến khi giá trị của Timer2 bằng giá trị của CCPR2H thì mạch so sánh sẽ reset flip flop RS làm ngõ ra RC2/CCP1 về mức 0.

Quá trình này lặp lại liên tục để tạo ra dạng sóng PWM liên tục.

Dạng sóng điều chế PWM như hình 10-3:



Hình 10-3: Dạng sóng PWM.

Chu kỳ không thay đổi, muốn thay đổi thời gian xung ở mức 1 thì ta thay đổi hệ số chu kỳ (Duty Cycle). Khi hệ số chu kỳ thay đổi thì điện áp hay dòng trung bình thay đổi.

Hệ số chu kỳ càng lớn thì dòng trung bình càng lớn, nếu điều khiển động cơ sẽ làm thay đổi tốc độ.

Chú ý 1: Để xuất tín hiệu Q của flip flop ra chân RC2/CCP1 thì phải khởi tạo RC2 là port xuất.

Chú ý 2: PIC 16F887 có 2 khối PWM nên các tên như CCPx, thanh ghi CCPRxL, CCPRxH với x có thể là 1 hoặc 2.

3. TÍNH CHU KỲ XUNG PWM

Chu kỳ PWM của PIC16F887 được tính theo công thức:

$$PERIOD_{PWM} = [(PR2) + 1] * 4 * T_{OSC} * PV_{TMR2} \quad (10-1)$$

Trong đó: T_{OSC} là chu kỳ của tụ thạch anh tạo dao động

PV_{TMR2} (Prescale Value) giá trị chia trước của timer2

Khi giá trị của timer 2 (TMR2) bằng giá trị của thanh ghi PR2 thì 3 sự kiện sau sẽ xảy ra:

- Thanh ghi TMR2 bị xóa
- Tín hiệu ngõ ra CCPx lên mức 1, ngoại trừ hệ số chu kỳ bằng 0% thì CCPx vẫn ở mức 0.
- Hệ số chu kỳ PWM được chuyển từ thanh ghi CCPRxL sang thanh ghi CCPRxH.

4. TÍNH HỆ SỐ CHU KỲ XUNG PWM

Hệ số chu kỳ được thiết lập bởi giá trị lưu trong thanh ghi 10 bit gồm thanh ghi 8 bit CCPRxL và 2 bit còn lại là bit thứ 4 và thứ 5 lưu ở trong thanh ghi CCPxCON – kí hiệu là CCPxCON<5:4>.

Giá trị của hệ số chu kỳ là 10 bit nên có thể thay đổi từ 0 đến 1023 tạo ra 1024 cấp giá trị điều khiển.

Giá trị 10 bit thì 8 bit có trọng số lớn lưu trong thanh ghi CCPRxL và 2 bit còn lại có trọng số thấp thì ở CCPxCON<5:4>.

Hệ số chu kỳ của PIC16F887 được tính theo công thức:

$$DUTY_CYCLE_{PWM} = (CCPRxL : CCPxCON <5:4>) * T_{OSC} * PV_{TMR2}$$

Chú ý: kí hiệu <5:4> cho biết vị trí bit thứ 5 và thứ 4.

III. CÁC LỆNH ĐIỀU KHIỂN**1. LỆNH ĐỊNH CÁU HÌNH KHỐI CCP**

Cú pháp: setup_ccp1 (**mode**) or setup_ccp1 (mode, pwm)

Thông số: **mode** là hằng số. Giá trị của mode xem trong file thiết bị, một vài thông số:
Disable the CCP: CCP_OFF
Set CCP to PWM mode: CCP_PWM Enable Pulse Width Modulator

Chức năng: Khởi tạo khối CCP.

Hiệu lực: Cho tất cả các vi điều khiển PIC tích hợp phần cứng CCP

Ví dụ 10-1: setup_ccp1(CCP_PWM); khởi tạo khối CCP1 có chức năng PWM

2. LỆNH THIẾT LẬP HỆ SỐ CHU KỲ

Cú pháp: set_pwm1_duty (**value**)

Thông số: **value** có thể là hằng số 8 bit hoặc 16 bit.

Chức năng: Ghi giá trị 10 bit vào PWM để thiết lập hệ số chu kỳ.

Giá trị 10 bit được dùng để xác định lượng thời gian của tín hiệu PWM ở mức 1 trong một chu kỳ như sau

3. LỆNH SETUP_TIMER_2 - LỆNH ĐỊNH CÁU HÌNH CHO TIMER_2

Cú pháp: `Setup_timer_2(mode, period, postscale)`

Thông số: `mode` có thể là 1 trong các thông số: T2_DISABLED, T2_DIV_BY_1, T2_DIV_BY_4, T2_DIV_BY_16

`Period` là số nguyên có giá trị từ 0 đến 255 dùng để xác định khi nào giá trị timer bị reset.

`postscale` là số nguyên có giá trị từ 1 đến 16 dùng để xác định timer tràn bao nhiêu lần trước khi phát sinh tín hiệu ngắt.

Chức năng: Khởi tạo cho TIMER2.

Mode chỉ định kiểu bộ chia của timer từ tần số của mạch dao động.

Giá trị của timer có thể đọc hoặc ghi dùng lệnh `GET_TIMER2()` và `SET_TIMER2()`.

TIMER2 là timer 8 bit.

Có hiệu lực: Cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer 2.

4. LỆNH SET_TIMERx(value) - LỆNH THIẾT LẬP GIÁ TRỊ BẮT ĐẦU CHO TIMER

Cú pháp: `set_timerX(value)` ; x là 0, 1, 2

Thông số: `value` là hằng số nguyên 8 hoặc 16 bit dùng để thiết lập giá trị mới cho timer.

Chức năng: thiết lập giá trị bắt đầu cho TIMER.

Có hiệu lực: cho tất cả các vi điều khiển PIC có timer.

Ví dụ 10-2: `SET_TIMER2 (0); //reset timer2`

IV. CÁC CHƯƠNG TRÌNH ỨNG DỤNG PWM – BÀI TẬP

Bài 10-1: Sử dụng PWM của PIC 16F887 để điều khiển 1 đèn led. Cho tần số tụ thạch anh là 20MHz. Cho chu kỳ PWM là 0,8ms.

Hãy tính toán các thông số và viết chương trình để điều khiển led sáng với cấp độ 1 bằng 1 phần 10 độ sáng cực đại.

- Tính toán:

Tần số thạch anh $f_{OSC} = 20MHz$ nên chu kỳ là: $T_{OSC} = \frac{1}{f_{OSC}} = \frac{1}{20MHz} = 0,05\mu s = 50ns$

Chu kỳ PWM: $PERIOD_{PWM} = [(PR2) + 1] * 4 * T_{OSC} * PV_{TMR2} = 0,8ms = 800,000ns$

Chỉ biết được $T_{OSC} = 50ns$ còn các thông số $PR2, PV_{TMR2}$ thì chưa biết.

Phải chọn 1 thông số và tính thông số còn lại: chú ý $PR2$ có giá trị 8 bit từ 0 đến 255, còn PV_{TMR2} có 3 giá trị là chia 1, chia 4 và chia 16.

Chọn hệ số chia lớn nhất là 16 hay $PV_{TMR2} = 16$

Khi đó tìm giá trị còn lại $PR2$:

$$[(PR2) + 1] = \frac{PERIOD_{PWM}}{4 * T_{OSC} * PV_{TMR2}} = \frac{800,000ns}{4 * 50ns * 16} = 250$$

Vậy $PR2 = 249$.

Lệnh khởi tạo cho timer2 là: $\boxed{\text{setup_timer_2(T2_DIV_BY_16, } 249, I)}$

XEM TRANG 113

$PR2+1 = 250$

Tính hệ số chu kỳ:

Hệ số chu kỳ thay đổi sẽ làm giá trị trung bình của tín hiệu thay đổi, hệ số chu kỳ nhỏ nhất là bằng 0 khi đó tín hiệu ra CCPx ở mức 0, hệ số chu kỳ tăng làm tín hiệu xuất hiện và giá trị trung bình tăng, hệ số chu kỳ lớn nhất bằng chu kỳ của PWM.

Cho hệ số chu kỳ bằng chu kỳ để tính toán giới hạn hệ số chu kỳ:

$$\boxed{DUTY_CYCLE_{PWM}} = PERIOD_{PWM_MAX}$$

Ta có công thức: $DUTY_CYCLE_{PWM} = (CCPRxL : CCPxCON <5:4>) * T_{OSC} * PV_{TMR2}$

Ta tìm giá trị lớn nhất của $CCPRxL : CCPxCON <5:4>$.

Suy ra: $(CCPRxL : CCPxCON <5:4>) = \frac{DUTY_CYCLE_{PWM_MAX}}{T_{OSC} * PV_{TMR2}} = \frac{PERIOD_{PWM}}{T_{OSC} * PV_{TMR2}}$

$$(CCPRxL : CCPxCON <5:4>) = \frac{PERIOD_{PWM}}{T_{OSC} * PV_{TMR2}} = \frac{800,000ns}{50ns * 16} = 1000$$

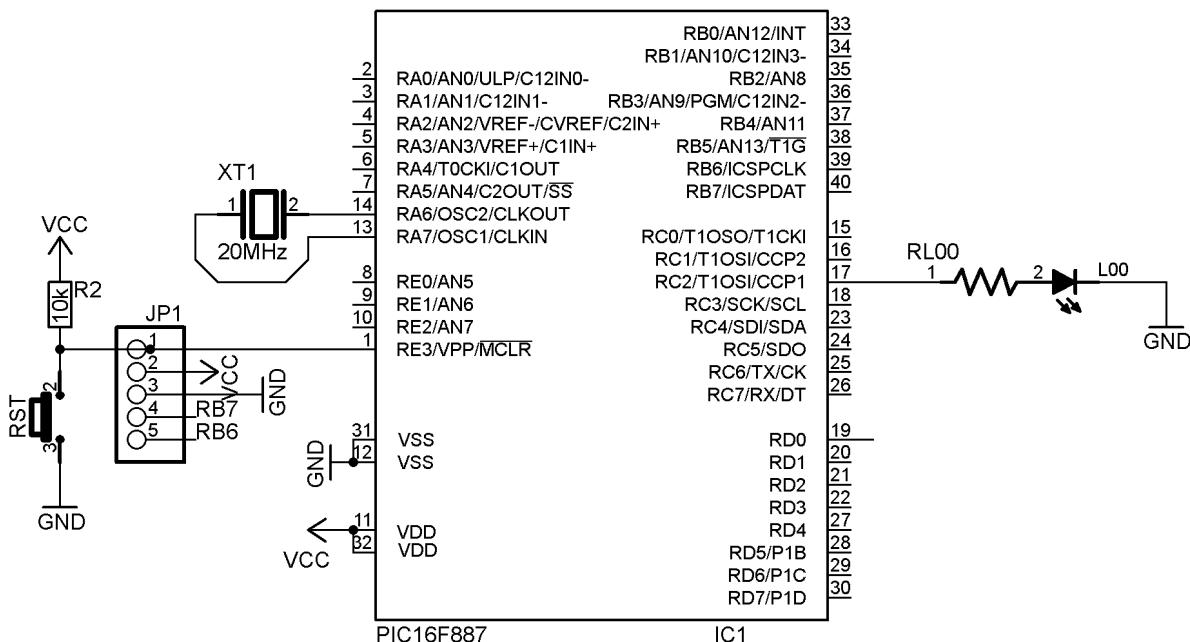
Giá trị điều khiển theo yêu cầu là 100.

TY LE 100% \rightarrow 1000

50% $\rightarrow ? = 500$

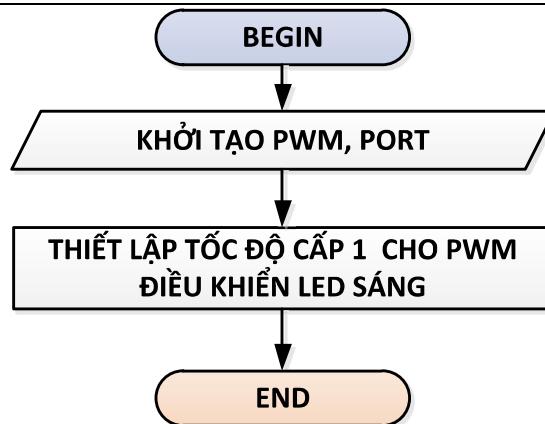
Cấp độ 0 là 0, cấp độ 1 là 100, cấp độ 2 là 200, ... cấp độ cực đại là 1000.

- Mạch điều khiển:



Hình 10-4: Mạch điều khiển thay đổi cường độ sáng của đèn dùng PWM.

- Lưu đồ:



Hình 10-5: Lưu đồ điều khiển đèn sáng dùng PWM.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
UNSIGNED INT16 BIEN_TOCTOCDO;
VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_C(0X00);
    SETUP_CCP1(CCP_PWM);
    SETUP_TIMER 2(T2 DIV BY 16,249,1);
    BIEN_TOCTOCDO=100;
    SET_PWM1_DUTY(BIEN_TOCTOCDO);
    WHILE(TRUE){}
}
  
```

PWM 1 --> CHÂN RC2

TINH TOAN

VIET PHAN KHOI TAO

VIET TRONG WHILE(TRUE)

DE CHO f · TAN SO --> CHU KY T --> RAP VAO CONG THUC

TINH TOAN

- Giải thích chương trình:

GIA TRI TAO DO RONG XUNG

VD: 50% --> 500

SET_PWM1_DUTY ((INT16) BIEN_TOCTOCDO);

yêu cầu:

Để PWM, khởi tạo Timer2 hoạt động đếm xung nội với các thông số: số nạp cho thanh ghi PR2 là 249, chọn bộ chia sau là 1. Tần số là 20MHz. Cáp độ là 1. Khởi tạo hệ số công tác để tạo xung cấp tốc độ 1, thực hiện while.

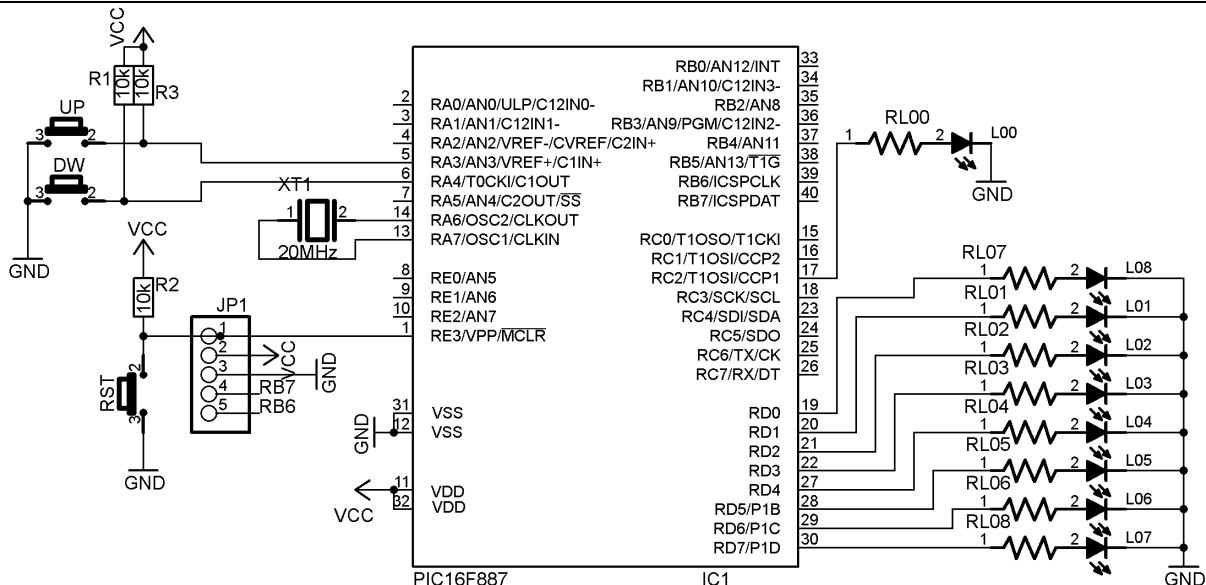
Bài 10-2: Sử dụng PWM của PIC 16F887 để điều khiển 1 đèn led. Cho tần số tụ thạch anh là 20MHz. Cho chu kỳ PWM là 0,8ms.
Hãy tính toán các thông số và viết chương trình điều khiển led thay đổi độ sáng 10 cấp bằng 2 nút nhấn UP và DW. Không tính cấp độ 0.
Hiển thị cấp độ dạng số nhị phân ở các led đơn nối với portD.
Giá trị thay đổi cho 1 cấp là 10.

- Tính toán: giống bài 10-1

Theo tính toán thì thông số thay đổi hệ số chu kỳ từ 0 đến 1000.

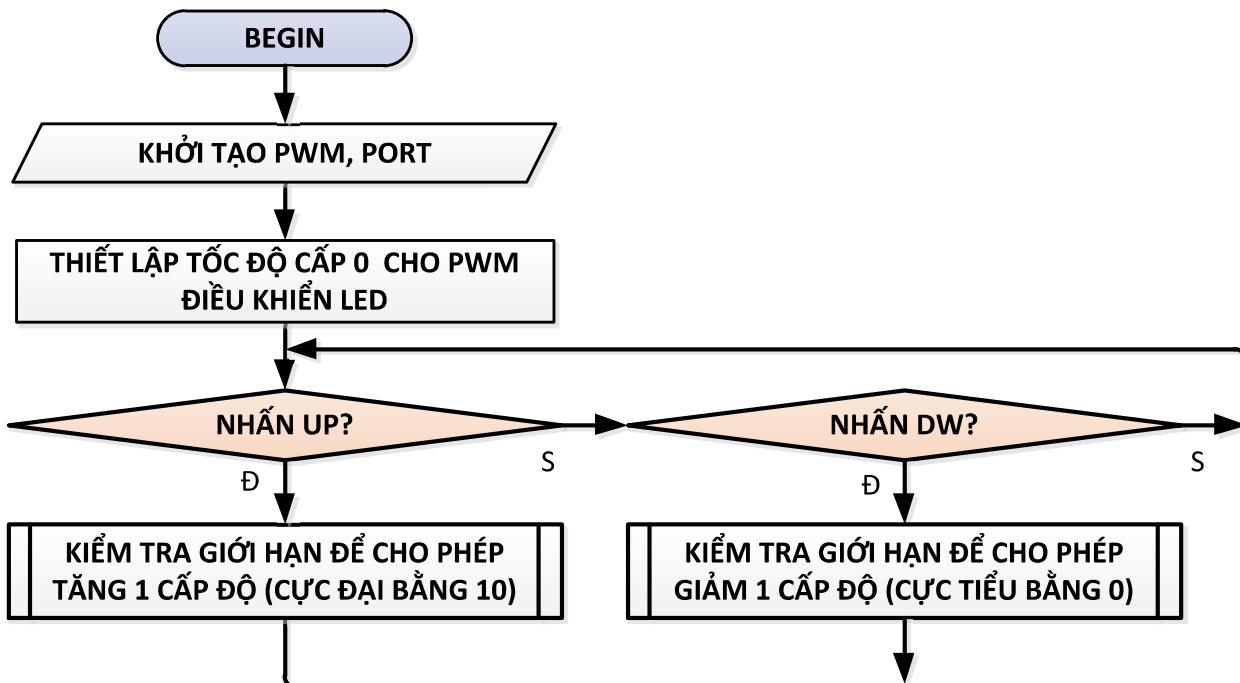
Theo yêu cầu của bài thi giá trị thay đổi mỗi cấp là 10, khi đó: cấp độ 0 là 0, cấp độ 1 là 10, cấp độ 2 là 20, ... cấp độ 10 là 100. Các giá trị từ 100 đến 1000 thì không sử dụng. Lý do khi chạy thực nghiệm thì từ 0 đến 100 ta nhìn thấy cường độ sáng của led thay đổi, còn từ 110 đến 1000 thì không còn quan sát được bằng mắt thường nữa.

- Mạch điều khiển:



Hình 10-6: Mạch thay đổi cường độ sáng của đèn dùng PWM và 2 nút nhấn.

- Lưu đồ:



Hình 10-7: Lưu đồ điều khiển đèn sáng dùng PWM và 2 nút nhấn.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#define UP PIN_A3
#define DW PIN_A4
UNSIGNED INT CAPDO=0;

VOID PHIM_UP()
{
    IF (!INPUT(UP))
    {
        DELAY_MS (20);
    }
}
    
```

```

        IF(!INPUT(UP))
        {
            IF (CAPDO<10)
            {
                CAPDO++;      SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);  OUTPUT_D(CAPDO);
                DO {}        WHILE (!INPUT(UP));
            }
        }
    }

VOID PHIM_DW()
{
    IF (!INPUT(DW))
    {
        DELAY_MS (20);
        IF(!INPUT(DW))
        {
            IF (CAPDO>0)
            {
                CAPDO--;      SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);  OUTPUT_D(CAPDO);
                DO {}        WHILE (!INPUT(DW));
            }
        }
    }
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_C(0X00);  SET_TRIS_A(0xFF);      SET_TRIS_D(0X00);  OUTPUT_D(CAPDO);
    SETUP_CCP1(CCP_PWM);
    SETUP_TIMER_2(T2_DIV_BY_16,249,1);
    SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);
    WHILE(TRUE)
    {
        PHIM_UP();
        PHIM_DW();
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thực hiện các yêu cầu:

Khởi tạo các port, PWM, Timer2 và tốc độ theo số cấp ban đầu là 0.

Vòng lặp while thực hiện kiểm tra nhấn phím UP và DW.

Chương trình con phím UP kiểm tra nếu có nhấn thì tiến hành chống dội và kiểm tra nếu chưa bằng cấp 10 thì tăng cấp độ lên 1, cấp nhật tốc độ mới, xuất ra port để biết cấp tốc độ đang thực hiện.

Chương trình con phím DW kiểm tra nếu có nhấn thì tiến hành chống dội và kiểm tra nếu chưa bằng cấp 0 thì giảm bớt 1 cấp độ, cấp nhật tốc độ mới, xuất ra port để biết cấp tốc độ đang thực hiện.

Bài tập 10-1: Hãy thiết kế mạch và viết chương trình giống bài 10-2 nhưng không hiển thị cấp tốc độ ở led đơn mà hiển thị ở 2 led 7 đoạn và có thêm 1 nút Stop khi nhấn thì tắt led.

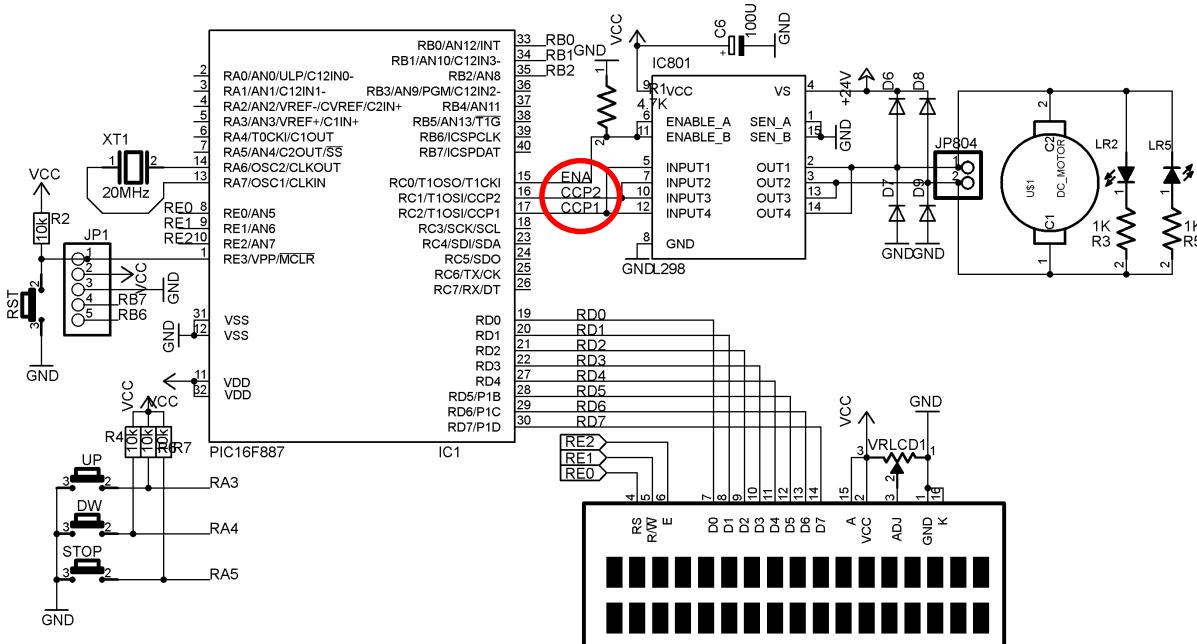
Bài 10-3: Sử dụng PWM của PIC 16F887 để điều khiển thay đổi tốc độ động cơ DC. Cho tần số tụ thạch anh là 20MHz. Cho chu kỳ PWM là 0,8ms. Động cơ dùng nguồn 24V DC, dòng 3A.

Hãy tính toán các thông số và viết chương trình điều khiển led thay đổi độ sáng 10 cấp bằng 2 nút nhấn UP và DW. Nút Stop khi nhấn thì động cơ ngừng, không tính cấp độ 0.

Hiển thị cấp độ trên LCD.

Giá trị thay đổi cho 1 cấp là 100.

- Tính toán: giống bài 10-1
- Mạch điều khiển:



Hình 10-8: Mạch điều khiển thay đổi tốc độ động cơ dùng PWM.

Đề bài yêu cầu điều khiển động cơ DC dùng nguồn 24V DC và dòng là 3A thì ta phải dùng thêm mạch giao tiếp công suất mới đủ dòng và áp điều khiển động cơ.

Có rất nhiều IC giao tiếp nhưng trong tài liệu này chọn 1 IC khá phổ biến là L298 có thể điều khiển áp lên đến 48V DC và dòng tổng lên đến 4A – theo datasheet.

Bên trong L298 có 2 mạch điều khiển nên có thể điều khiển được 2 động cơ, mỗi động cơ 2A.

Trong sơ đồ mạch ở trên thì 2 mạch điều khiển mắc song song nên mới có khả năng cấp dòng 3A cho động cơ.

Có 5 tín hiệu điều khiển nhưng do mắc song song 2 mạch công suất nên chỉ còn 3.

Tín hiệu cho phép ENA: khi ở mức 0 thì không cho phép bắt chấp 2 tín hiệu còn lại, mức 1 thì cho phép động cơ quay tuỳ thuộc vào 2 tín hiệu còn lại.

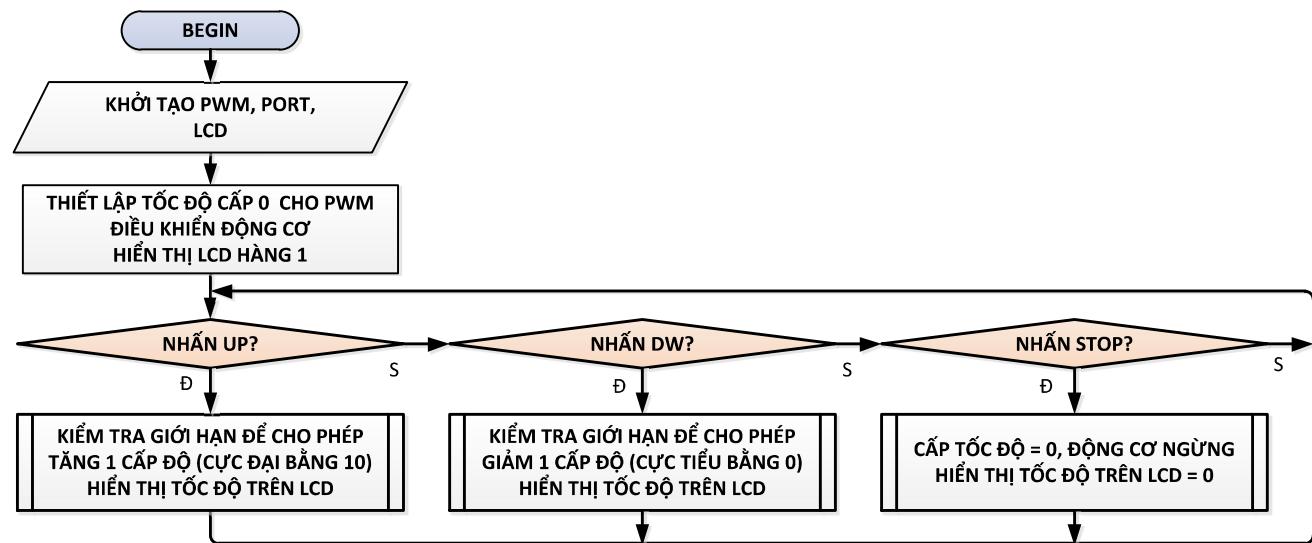
Bảng 10-1: Các trạng thái điều khiển động cơ DC:

| TT | ENA | CCP1 | CCP2 | TRẠNG THÁI ĐỘNG CƠ |
|----|-----|------|------|--------------------|
| 1 | 0 | X | X | NGỪNG |
| 2 | 1 | 0 | 0 | NGỪNG |
| 3 | 1 | 1 | 1 | NGỪNG |
| 4 | 1 | 1 | 0 | QUAY THUẬN |
| 5 | 1 | 0 | 1 | QUAY NGHỊCH |

Có 2 led mắc song song với động cơ để báo hiệu chiều quay của động cơ.

Hai tín hiệu CCP1 và CCP2 điều khiển 2 tín hiệu IN của IC L298 với mục đích có thể điều khiển động cơ quay thuận, quay ngược và có thể thay đổi được tốc độ ở cả 2 chế độ quay thuận và ngược.

- Lưu đồ:



Hình 10-9: Lưu đồ điều khiển thay đổi tốc độ động cơ dùng PWM.

- Chương trình:

```

#include <TV_16F887.C>
#include <TV_LCD.C>
#define UP PIN_A3
#define DW PIN_A4
#define STOP PIN_A5
#define MOTOR_ENA PIN_C0
const unsigned char HANG1[16]={"DK TOC DO DONGCO"};
SIGNED INT CAPDO=0, I;
VOID HIENTHI_CAP_TOODO ()
{
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE2+14); DELAY_US(10);
    LCD_DATA(CAPDO/10+0X30);
    LCD_DATA(CAPDO%10+0X30);
}
VOID PHIM_UP()
{
    IF (!INPUT(UP))
    {
        DELAY_MS (20);
        IF(!INPUT(UP))
        {
            IF (CAPDO<10)
            {
                CAPDO++; SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);
                HIENTHI_CAP_TOODO ();
                DO {} WHILE (!INPUT(UP));
            }
        }
    }
}
VOID PHIM_DW()
{

```

```

IF (!INPUT(DW))
{
    DELAY_MS (20);
    IF(!INPUT(DW))
    {
        IF (CAPDO>0)
        {
            CAPDO--;      SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);
            HIENTHI_CAP_TOCDO ();
            DO {}        WHILE (!INPUT(DW));
        }
    }
}

VOID PHIM_STOP()
{
    IF (!INPUT(STOP))
    {
        CAPDO=0;
        SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);
        HIENTHI_CAP_TOCDO ();
    }
}

VOID MAIN()
{
    SET_TRIS_C(0X00);    SET_TRIS_D(0X00);  SET_TRIS_E(0X00);
    SETUP_CCP1(CCP_PWM);
    SETUP_TIMER_2(T2_DIV_BY_16,249,1);
    SET_PWM1_DUTY(CAPDO*10);
    LCD_SETUP();
    LCD_COMMAND(ADDR_LINE1);  DELAY_US(10);
    FOR (I=0;I<16;I++) { LCD_DATA(HANG1[I]);}
    OUTPUT_HIGH(MOTOR_ENA);
    HIENTHI_CAP_TOCDO ();
    WHILE(TRUE)
    {
        PHIM_UP();
        PHIM_DW();
        PHIM_STOP();
    }
}

```

- Giải thích chương trình:

Chương trình chính thực hiện các yêu cầu:

Khởi tạo các port, PWM, Timer2 và tốc độ theo số cấp ban đầu là 0.

Khởi tạo LCD, hiển thị thông tin cho hàng 1.

Cho phép motor sẵn sàng hoạt động và hiển thị cấp độ ban đầu là 0.

Vòng lặp while thực hiện kiểm tra nhấn phím UP, DW và STOP.

Chương trình con phím UP kiểm tra nếu có nhấn thì tiến hành chép dội và kiểm tra nếu chưa bằng cấp 10 thì tăng cấp độ lên 1, cấp nhật tốc độ mới, hiển thị ra LCD cấp tốc độ đang thực hiện.

Chương trình con phím DW kiểm tra nếu có nhấn thì tiến hành chống dội và kiểm tra nếu chưa bằng cấp 0 thì giảm bớt 1 cấp độ, cập nhật tốc độ mới, hiển thị ra LCD cấp tốc độ đang thực hiện.

Chương trình con phím STOP kiểm tra nếu có nhấn thì tiến hành cho cấp tốc độ bằng 0, cho động cơ ngừng, hiển thị LCD cấp tốc độ bằng 0.

Bài tập 10-2: Hãy hiệu chỉnh bài 10-3 sao cho khi nhấn nút STOP thì động cơ ngừng đồng thời đảo chiều động cơ.

Khi động cơ quay thuận thì hiển thị “FOR” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Khi động cơ quay ngược thì hiển thị “REV” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Bài tập 10-3: Hãy hiệu chỉnh bài 10-3 với 2 nút nhấn UP, DW bây giờ có tên là START, INV.

Khi nhấn START thì động cơ quay tốc độ tự động tăng dần từng cấp sau mỗi giây cho đến khi đạt cấp 10. Chiều quay mặc nhiên ban đầu là quay thuận.

Khi nhấn INV thì động cơ ngừng ngay và đảo chiều quay.

Nút thứ 3 là STOP chỉ khi nhấn thì động cơ giảm tốc cho đến khi ngừng, mỗi lần giảm 1 cấp cho đến khi bằng 0.

Khi động cơ quay thuận thì hiển thị “FOR” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Khi động cơ quay ngược thì hiển thị “REV” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Bài tập 10-4: Hãy hiệu chỉnh bài 10-3 thay vì dùng 3 nút nhấn thì dùng bàn phím ma trận 4x4 nối với portB.

Khi động cơ quay thuận thì hiển thị “FOR” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Khi động cơ quay ngược thì hiển thị “REV” trên LCD ở 3 ký tự đầu hàng 2.

Bài tập 10-5: Hãy hiệu chỉnh bài 10-3 thay vì dùng 3 nút nhấn thì dùng bàn phím ma trận 4x4 nối với portB.

11 phím số có mã từ 0x0 đến 0xA dùng để điều khiển 11 cấp tương ứng, khi nhấn số 0 thì động cơ ngừng, khi nhấn phím số 1 thì động cơ chạy cấp tốc độ 1, khi nhấn phím số 2 thì động cơ chạy cấp 5, ... tương tự cho các phím còn lại. Chỉ chạy 1 chiều.

Bài tập 10-6: Hãy thêm vào bài tập 10-5 các yêu cầu sau:

Khi nhấn phím có mã là 0x0B thì đảo chiều động cơ, hiển thị FOR và Rev tương ứng trên LCD.

Khi nhấn phím có mã là 0x0d mà động cơ đang chạy thì không có tác dụng, nếu động cơ đang ngừng thì tự động quay theo chiều đã chọn và tăng tốc cho đến khi đạt cực đại, thời gian tăng mỗi cấp là 1 giây.

Khi nhấn phím có mã là 0x0e mà động cơ đang ngừng thì không có tác dụng, nếu động cơ đang chạy thì tự động giảm tốc cho đến khi ngừng, thời gian giảm mỗi cấp là 1 giây.

Bài tập 10-7: Hãy thiết hệ thống điều khiển 2 motor để kéo 2 bánh xe của 1 chiếc xe 3 bánh bằng 4 nút nhấn TỐI, LÙI, PHẢI, TRÁI.

Khi nhấn nút TỐI thì xe chạy tối, nếu tiếp tục nhấn và giữ thì xe chạy tăng tốc, khi không còn nhấn thì xe ngừng. Nếu muốn chạy tiếp thì nhấn lại.

Khi nhấn nút LÙI thì xe chạy lùi, nếu tiếp tục nhấn và giữ thì xe chạy lùi tăng tốc, khi không còn nhấn thì xe ngừng. Nếu muốn chạy tiếp thì nhấn lại.

Khi nhấn nút PHẢI thì xe vừa chạy tới vừa quẹo phải: động cơ bên phải chạy cấp độ 1, động cơ bên trái chạy cấp độ tăng dần nếu tiếp tục nhấn và giữ, sự chênh lệch này làm xe quẹo phải.

Khi nhấn nút TRÁI thì xe vừa chạy tới vừa quẹo trái: động cơ bên trái chạy cấp độ 1, động cơ bên phải chạy cấp độ tăng dần nếu tiếp tục nhấn và giữ, sự chênh lệch này làm xe quẹo trái.

Thiết kế mạch dùng 2 PWM của vi điều khiển PIC16F887 dùng transistor và relay, mỗi PWM điều khiển 1 động cơ. Relay có chức năng đảo chiều. PWM có chức năng thay đổi tốc độ.

V. CÂU HỎI ÔN TẬP – TRẮC NGHIỆM

1. CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu 10-1: Hãy cho biết tên các thanh ghi liên quan đến khói CCP của vi điều khiển PIC16F887.

Câu 10-2: Hãy cho biết ứng dụng của PWM trong điều khiển động cơ.

2. CÂU HỎI MỞ RỘNG

Câu 10-3: Hãy so sánh vi điều khiển không tích hợp chức năng PWM và có tích hợp PWM trong điều khiển thay đổi tốc độ động cơ DC.

3. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM