
BÀI 3. ADC

1. Mục đích

Qua bài học sinh viên có thể đạt được các kiến thức sau:

- Hiểu biết về cấu trúc của bộ ADC trong PIC24F.
- Xây dựng các ứng dụng cơ bản dùng ADC để đọc nhiệt độ và giá trị của biến trở trên board Explorer 16/32.

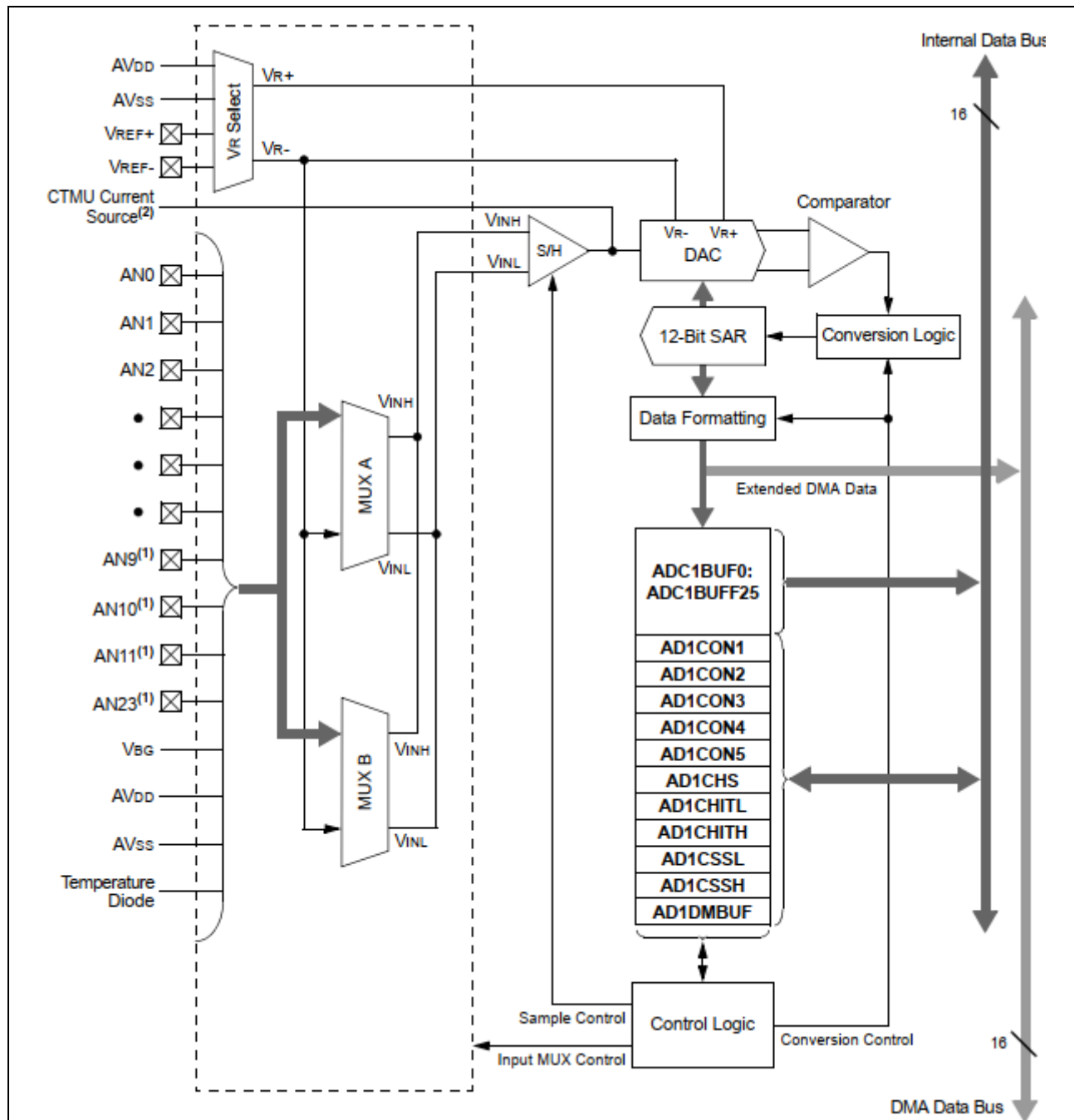
2. Tóm tắt nội dung lý thuyết

2.1. Giới thiệu

Bộ ADC 10-bit trong PIC24F có những đặc điểm sau:

- ADC chuyển đổi theo phương pháp xấp xỉ.
- Có thể chọn độ phân giải là 10-bit hoặc 12-bit.
- Tốc độ chuyển đổi đạt được 200 kbps (12 bit).
- Có 24 đầu vào.
- Có chân tín hiệu điện thế tham chiếu bên ngoài.
- Chế độ dò kênh tự động.
- Có khả năng lựa chọn nguồn trigger.
- Buffer kết quả chuyển đổi 16-word.
- Có khả năng lựa chọn chế độ ghi dữ liệu và buffer.
- Bốn tùy chọn căn chỉnh kết quả.
- Tăng cường hoạt động với DMA.
- Hoạt động ngay cả khi CPU đang ngủ hoặc không hoạt động.

Tùy thuộc vào sơ đồ chân của thiết bị cụ thể, bộ chuyển đổi ADC 10 bit (12 bit) có thể có tối đa 24 chân đầu vào tương tự, được chỉ định AN0 đến AN23. Ngoài ra, có hai chân đầu vào tương tự cho các kết nối tham chiếu điện áp bên ngoài. Các đầu vào tham chiếu điện áp này có thể được chia sẻ với các chân đầu vào tương tự khác. Số lượng chân thực của đầu vào tương tự và cấu hình đầu vào tham chiếu điện áp bên ngoài sẽ phụ thuộc vào thiết bị.



Hình 2.1. Sơ đồ khối của bộ ADC.

2.2. Các thanh ghi của bộ ADC

2.2.1. Thanh ghi AD1CON1: Thanh điều khiển ADC 1

R/W-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ADON ⁽¹⁾	—	ADSIDL	—	—	—	FORM1	FORM0
bit 15						bit 8	

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0, HCS	R/C-0, HCS
SSRC2	SSRC1	SSRC0	—	—	ASAM	SAMP	DONE
bit 7						bit 0	

Legend:	C = Clearable bit	HCS = Hardware Clearable/Settable bit
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared
		x = Bit is unknown

Hình 2.2. Thanh ghi AD1CON1.

Bảng 2.1. Bảng mô tả các bit của thanh ghi AD1CON1.

Bit	Tên	Chức năng
15	ADON: A/D Operating Mode bit.	1 = Bộ ADC đang hoạt động. 0 = Bộ ADC đang tắt.
13	ADSIDL: Stop in Idle Mode bit.	1 = Khi thiết bị vào chế độ nghỉ (Idle) thì bộ ADC không làm việc. 0 = Bộ ADC tiếp tục làm việc khi thiết bị vào chế độ nghỉ.
12	DMABM: Extended DMA Buffer Mode Select bit	1 = Chế độ mở rộng bộ đệm: Địa chỉ của bộ đệm được xác định bởi thanh ghi DMADSTn. 0 = Chế độ PIA: Địa chỉ của bộ đệm được xác định bởi DMA controller và thanh ghi AD1CON4<2:0>.
11	DMAEN: Extended DMA/Buffer Enable bit	1 = Tính năng mở rộng bộ đệm và DMA được cho phép. 0 = Vô hiệu hóa tính năng mở rộng.
10	MODE12: A/D 12-Bit Operation Mode bit	1 = Bộ ADC hoạt động với độ phân giải 12 bit. 0 = Bộ ADC hoạt động với độ phân giải 10 bit.
9-8	FORM<1:0>: Data Output Format bits	11 = Phân số có dấu (sddd dddd dd00 0000). 10 = Phân số (sddd dddd dd00 0000). 01 = Số nguyên có dấu (ssss sssd dddd dddd). 00 = Số nguyên (0000 00dd dddd dddd).
7-5	SSRC<2:0>: Sample Clock Source Select bits	111 = Bộ đếm nội kết thúc và bắt đầu chuyển đổi (tự động chuyển đổi). 110 = Timer1 (có thể trigger trong chế độ sleep mode). 101 = Timer1 (không trigger trong chế độ sleep mode).

		<p>100 = CTMU Trigger</p> <p>010 = Timer3 so sánh kết thúc lấy mẫu và bắt đầu chuyển đổi.</p> <p>001 = Kích hoạt chuyển đổi trên chân INT0 khi kết thúc lấy mẫu và bắt đầu chuyển đổi.</p> <p>000 = Xóa bit SAMP kết thúc lấy mẫu và bắt đầu chuyển đổi.</p>
2	ASAM: A/D Sample Auto-Start bit	<p>1 = Lấy mẫu bắt đầu ngay sau khi chuyển đổi cuối cùng hoàn thành; SAMP bit được tự động thiết lập.</p> <p>0 = Lấy mẫu bắt đầu khi bit SAMP được đặt.</p>
1	SAMP: A/D Sample Enable bit	<p>1 = ADC bộ khuyết đại Sample-and-Hold đang lấy mẫu đầu vào.</p> <p>0 = ADC bộ khuyết đại Sample-and-Hold đang giữ tín hiệu đầu vào.</p>
0	DONE: A/D Conversion Status bit	<p>1 = ADC chuyển đổi đã hoàn tất.</p> <p>0 = ADC chuyển đổi chưa hoàn tất.</p>

2.2.2. Thanh ghi AD1CON2: Thanh ghi điều khiển ADC 2

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	U-0	U-0
VCFG2	VCFG1	VCFG0	r	—	CSCNA	—	—
bit 15						bit 8	

R-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
BUFS	—	SMPI3	SMPI2	SMPI1	SMPI0	BUFM	ALTS
bit 7						bit 0	

Legend:	r = Reserved bit		
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Hình 2.3. Thanh ghi AD1CON2.

Bảng 2.2. Bảng mô tả các bit của thanh ghi AD1CON2.

Bit	Tên	Chức năng
15-14	PVCFG<2:0>: Voltage Reference Configuration bits	<p>1x = Chưa được định nghĩa.</p> <p>01 = VREF+ từ chân ngoài.</p> <p>00 = AVDD.</p>
13	NVCFG0: A/D Converter Negative Voltage Reference Configuration bit	<p>1 = VREF- từ chân ngoài.</p> <p>0 = AVSS.</p>
10	CSCNA: Scan Input Selections for CH0+ S/H Input for MUX A Input Multiplexor Setting bit	<p>1 = Quét dữ liệu từ các đầu vào.</p> <p>0 = Không quét các đầu vào.</p>
7	BUFS: Buffer Fill Status bit (valid only when BUFM = 1)	<p>Khi DMAEN = 1 and DMABM = 1:</p> <p>1 = Bộ ADC đang điền dữ liệu vào buffer từ [buffer start + (buffer size/2)] đến [buffer start +</p>

		<p>(buffer size – 1)]. Người dùng có thể truy cập dữ liệu từ [buffer start] đến [buffer start + (buffer size/2) – 1].</p> <p>0 = Bộ ADC đang điền dữ liệu vào buffer từ [buffer start] đến [buffer start + (buffer size/2) – 1]. Người dùng có thể truy cập từ [buffer start + (buffer size/2)] đến [buffer start + (buffer size – 1)].</p> <p>Khi DMAEN = 0:</p> <p>1 = Bộ ADC đang điền dữ liệu vào ADC1BUF13-ADC1BUF25, người dùng có thể truy cập dữ liệu từ DC1BUF0-ADC1BUF12.</p> <p>0 = Bộ ADC đang điền dữ liệu vào Buffer ADC1BUF0-ADC1BUF12, người dùng có thể truy cập dữ liệu từ ADC1BUF13-ADC1BUF25.</p>
6-2	SMPI<4:0> : Interrupt Sample/DMA Increment Rate Select bits	<p>+ Khi DMAEN = 1 và DMAMB = 0</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11111 = Tăng địa chỉ DMA sau khi hoàn thành việc lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 32. • 11110 = Tăng địa chỉ DMA sau khi hoàn thành việc lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 31. • ... • 00001 = Tăng địa chỉ DMA sau khi hoàn thành việc lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 2. • 00000 = Tăng địa chỉ DMA sau khi hoàn thành một lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi. <p>+ Khi DMAEN = 1 và DMABM = 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 11111 = Reset địa chỉ offset DMA sau khi hoàn thành lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 32. • 11110 = Reset địa chỉ offset DMA sau khi hoàn thành lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 31. • ... • 00001 = Reset địa chỉ offset DMA sau khi hoàn thành lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi thứ 2. • 00000 = Reset địa chỉ offset DMA sau khi hoàn thành 1 lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi. <p>+ Khi DMAEN = 0:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • 11111 = Ngắt khi hoàn thành chuyển đổi cho lần chuyển đổi hoặc lấy mẫu thứ 32. • 11110 = Ngắt khi hoàn thành chuyển đổi cho lần chuyển đổi hoặc lấy mẫu thứ 31. • • 00001: Ngắt khi hoàn thành chuyển đổi cho lần chuyển đổi hoặc lấy mẫu thứ 2. • 0000 = Ngắt khi hoàn thành chuyển đổi cho một lần lấy mẫu hoặc chuyển đổi.
1	BUF0M: Buffer Mode Select bit	<p>1 = Bắt đầu ghi dữ liệu vào ADC1BUF0 vào lần interrupt đầu tiên và ADC1BUF13 vào interurpt tiếp theo.</p> <p>0 = Luôn bắt đầu ghi dữ liệu vào bộ đệm ADC1BUF0.</p>
0	ALTS: Alternate Input Sample Mode Select bit	<p>1 = Sử dụng MUX A đầu vào multiplexor cài đặt cho các mẫu đầu tiên, sau đó xen giữa các thiết lập multiplexor MUX B và MUX A cho tất cả các mẫu tiếp theo.</p> <p>0 = Luôn sử dụng thiết đặt multiplexor MUX A đầu vào.</p>

2.2.3. Thanh ghi AD1CON3: Thanh ghi điều khiển ADC 3

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADRC	—	—	SAMC4	SAMC3	SAMC2	SAMC1	SAMC0
bit 15			bit 8				

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADCS7	ADCS6	ADCS5	ADCS4	ADCS3	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7			bit 0				

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 -n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Hình 2.4. Thanh ghi AD1CON3.

Bảng 2.3. Bảng mô tả các bit của thanh ghi AD1CON3.

Bit	Tên	Chức năng
15	ADRC: A/D Conversion Clock Source bit	<p>1 = Dùng clock nội của bộ ADC.</p> <p>0 = Clock được lấy từ clock hệ thống.</p>
14	EXTSAM: Extended Sampling Time bit	<p>1 = Bộ ADC đang thực hiện lấy mẫu sau khi SAMP = 0.</p> <p>0 = Bộ ADC thực hiện xong việc lấy mẫu.</p>
13	PUMPEN: Charge Pump Enable bit	<p>1 = Cho phép charge pump.</p> <p>0 = Vô hiệu hóa charge pump.</p>

12-8	SAMC <4:0>: Auto-Sample Time bits	11111 = 31 TAD 00001 = 1 TAD 00000 = 0 TAD (not recommended)
7-0	ADCS <7:0>: A/D Conversion Clock Select bits	11111111 = 256 * TCY 00000001 = 2 * TCY 00000000 = TCY

2.2.4. Thanh ghi AD1CON4: Thanh ghi cấu hình ADC 4

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	—	DMABL<2:0> ⁽¹⁾		
bit 7							bit 0

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Hình 2.5. Thanh ghi AD1CON4.

Bảng 2.4. Bảng mô tả các bit của thanh ghi AD1CON4.

Bit	Tên	Chức năng
2-0	DMABL<2:0>: DMA Buffer Size Select bits	111 = Phân bổ 128 word buffer cho mỗi analog input. 110 = Phân bổ 64 word buffer cho mỗi analog input. 101 = Phân bổ 32 word buffer cho mỗi analog input. 100 = Phân bổ 16 word buffer cho mỗi analog input. 011 = Phân bổ 8 word buffer cho mỗi analog input. 010 = Phân bổ 4 word buffer cho mỗi analog input. 001 = Phân bổ 2 word buffer cho mỗi analog input. 000 = Phân bổ 1 word buffer cho mỗi analog input.

2.2.5. Thanh ghi AD1CON5: Thanh ghi cấu hình ADC 5

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ASEN	LPEN	CTMREQ	BGREQ	—	—	ASINT1	ASINT0
bit 15						bit 8	

U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	—	—	WM1	WM0	CM1	CM0
bit 7						bit 0	

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

-n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Hình 2.6. Thanh ghi AD1CON5.

Bảng 2.5. Bảng mô tả các bit của thanh ghi AD1CON5.

Bit	Tên	Chức năng
15	ASEN: Auto-Scan Enable bit	1 = Cho phép chức năng tự động quét kênh. 0 = Vô hiệu hóa chức năng tự động quét kênh.
14	LPEN: Low-Power Enable bit	1 = Chế độ low power được kích hoạt sau khi quét kênh. 0 = Chế độ đầy đủ năng lượng được kích hoạt sau khi quét kênh.
13	CTMREQ: CTMU Request bit	1 = CTMU Được kích hoạt khi bộ ADC được cho phép hoạt động. 0 = CTMU bị vô hiệu hóa bởi bộ ADC.
12	BGREQ: Band Gap Request bit	1 = Band được kích hoạt khi bộ ADC được cho phép hoạt động. 0 = Band gap bị vô hiệu hóa bởi bộ ADC.
9-8	ASINT<1:0>: Auto-Scan (Threshold Detect) Interrupt Mode bits	11 = Interrupt xảy ra sau khi lấy ngưỡng và so sánh hoàn tất. 10 = Interrupt xảy ra sau khi so sánh hoàn tất. 01 = Interrupt xảy ra sau khi lấy ngưỡng hoàn tất. 00 = Không có interrupt.
3-2	WM<1:0>: Write Mode bits	11 = Chưa được định nghĩa. 10 = Chỉ thực hiện tự động quét kênh. 01 = Thực hiện chuyển đổi và lưu trữ. 00 = Thực hiện chế độ legacy.
1-0	CM<1:0>: Compare Mode bits	11 = Chế độ bên ngoài cửa sổ: Dữ liệu hợp lệ xảy ra nếu kết quả chuyển đổi nằm ngoài cửa sổ được xác định bởi cặp buffer tương ứng. 10 = Chế độ bên trong cửa sổ: Dữ liệu hợp lệ xảy ra nếu kết quả chuyển đổi nằm trong cửa sổ được xác định bởi cặp buffer tương ứng.

		<p>01 = Chế độ lớn hơn: Dữ liệu hợp lệ xảy ra khi kết quả lớn hơn giá trị trong thanh ghi buffer tương ứng.</p> <p>00 = Chế độ nhỏ hơn: Dữ liệu hợp lệ xảy ra khi kết quả nhỏ hơn giá trị trong thanh ghi buffer tương ứng.</p>
--	--	---

2.2.6. Thanh ghi AD1CHS: Thanh ghi lựa chọn ADC

R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NB	—	—	—	CH0SB3	CH0SB2	CH0SB1	CH0SB0
bit 15				bit 8			

R/W-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CH0NA	—	—	—	CH0SA3	CH0SA2	CH0SA1	CH0SA0
bit 7				bit 0			

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Hình 2.7. Thanh ghi AD1CHS.

Bảng 2.6. Mô tả các bit của thanh ghi AD1CHS.

Bit	Tên	Chức năng
15-13	CH0NB<2:0> : Channel 0 Negative Input Select for MUX B Multiplexor Setting bit	xxx = Chưa định nghĩa. 000 = Đầu vào âm kênh 0 là AVss.
11-8	CH0SB<4:0> : Channel 0 Positive Input Select for MUX B Multiplexor Setting bits	11110 = AVDD(1) 11101 = AVSS(1) 11100 = Band Gap Reference (VBG)(1) 11011 = Reserved 11010 = Reserved 11001 = No channels connected (used for CTMU) 11000 = No channels connected (used for CTMU temperature sensor) 10111 = AN23 10110 = AN22 10101 = AN21 10100 = AN20 10011 = AN19 10010 = AN18 10001 = AN17 10000 = AN16 01111 = AN15 01110 = AN14 01101 = AN13

		01100 = AN12 01011 = AN11 01010 = AN10 01001 = AN9 01000 = AN8 00111 = AN7 00110 = AN6 00101 = AN5 00100 = AN4 00011 = AN3 00010 = AN2 00001 = AN1 00000 = AN0
7-5	CH0NA<2:0> : Channel 0 Negative Input Select for MUX A Multiplexor Setting bit	Định nghĩa như CH0NB<2:0> .
4-0	CH0SA<4:0> : Channel 0 Positive Input Select for MUX A Multiplexor Setting bits	Định nghĩa như CH0SB<4:0> .

2.2.7. Thanh ghi AD1PCFG: Thanh ghi cấu hình ADC

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PCFG15	PCFG14	PCFG13	PCFG12	PCFG11	PCFG10	PCFG9	PCFG8
bit 15							bit 8

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PCFG7	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Hình 2.8. Thanh ghi AD1PCFG.

Bit **PCFGx** nếu là “1” thì các chân analog được cấu hình là chân digital, cho phép đọc như I/O port. Ngược lại, nếu bit PCFGx là “0” thì chân được cấu hình là analog, không cho phép đọc I/O port và trở thành chân ADC lấy mẫu.

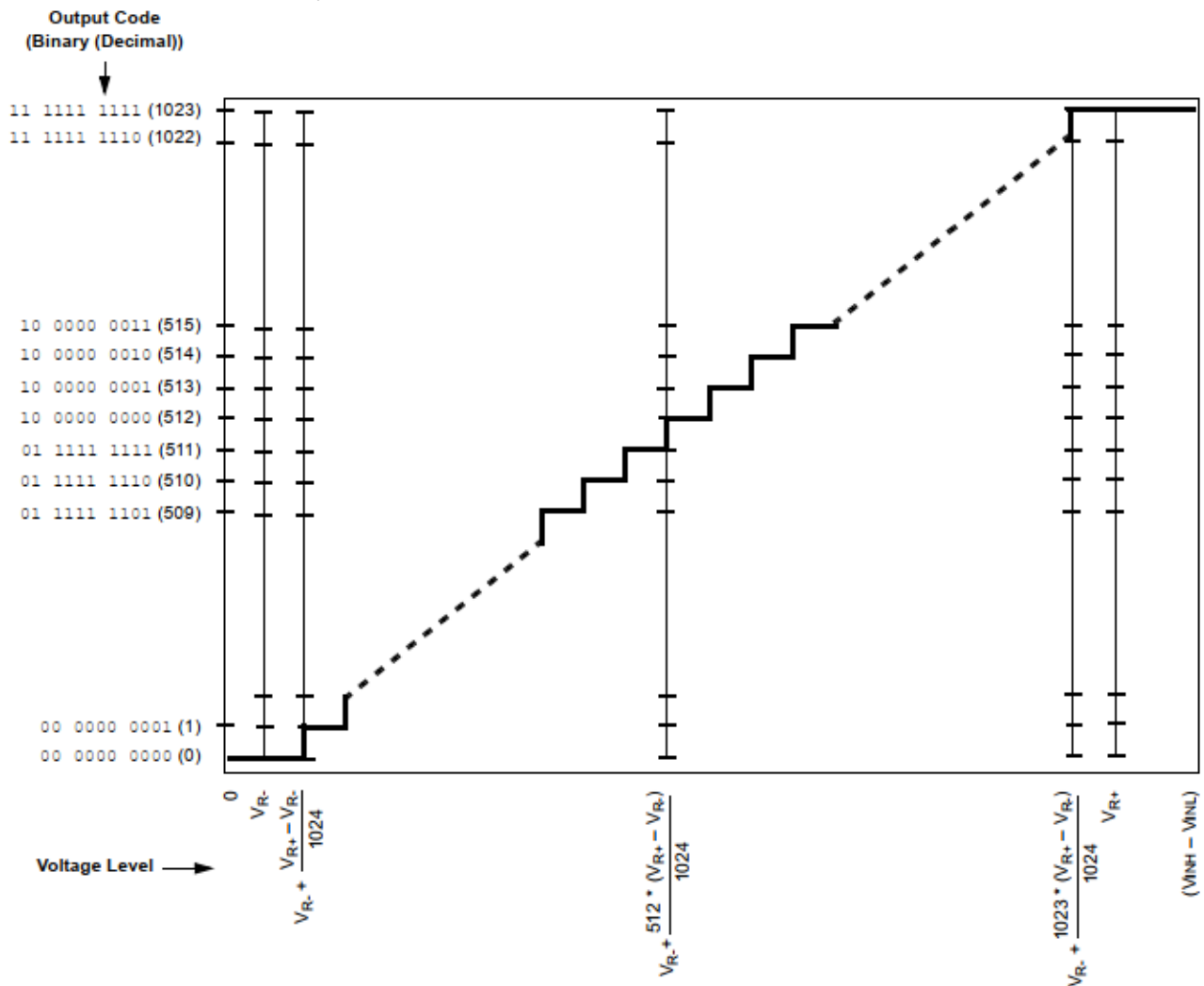
2.2.8. Thanh ghi AD1CSSL: Thanh ghi chọn quét kênh

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CSSL15	CSSL14	CSSL13	CSSL12	CSSL11	CSSL10	CSSL9	CSSL8
bit 15							bit 8
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CSSL7	CSSL6	CSSL5	CSSL4	CSSL3	CSSL2	CSSL1	CSSL0
bit 7							bit 0
Legend: R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0' -n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown							

Hình 2.9. Thanh ghi AD1CSSL.

Bit **CSSLx** nếu là “1” thì kênh analog tương ứng được chọn để quét đầu vào, nếu là “0” thì kênh analog là bỏ qua từ quét đầu vào.

2.3. Hàm chuyển đổi



Hình 2.10. Hàm chuyển đổi ADC.

Chức năng chuyển của bộ chuyển đổi ADC được hiển thị trong hình 2.8. Sự khác biệt của điện áp đầu vào, $(V_{INH} - V_{INL})$, được so sánh với tham chiếu, $((V_{R+}) - (V_{R-}))$. Do đây là ADC 10-bit nên có được 1024 mã giá trị.

Công thức chuyển đổi:
$$V_{out} = \frac{Code \times (V_{R+} - V_{R-})}{1024}$$

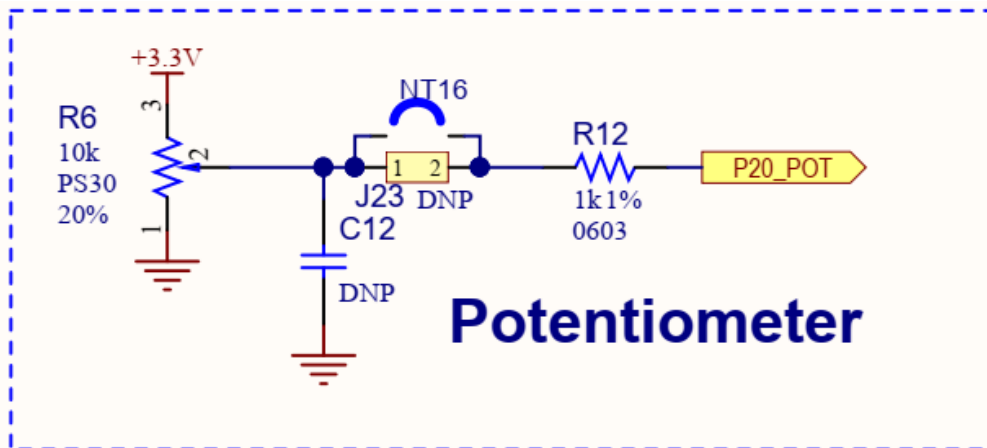
3. Nội dung thực hành

3.1. Các bước cấu hình ADC

1. Cấu hình chân analog bởi cấu hình thanh ghi **ANSx**.
2. Lựa chọn giá điện thế tham chiếu bằng bit **AD1CON2<15:13>**.
3. Chọn bộ multiplexer là âm hay dương cho mỗi kênh bằng bit **AD1CHS<15:0>**.
4. Cấu hình clock cho bộ ADC bằng bit **AD1CON3<7:0>**.
5. Chọn chuỗi mẫu/chuyển đổi thích hợp bằng bit **AD1CON1<7:4>** và **AD1CON3<12:8>**.

6. Đối với hoạt động quét kênh A, chọn các kênh tích cực tương ứng bằng thanh ghi **AD1CSSL**.
7. Cấu hình cách thể hiện kết quả trong buffer bằng bit **AD1CON1<9:8>** và thanh ghi **AD1CON5**.
8. Cấu hình tốc độ tăng địa chỉ DMA bằng bit **AD1CON2<6:2>**.
9. Bật bộ ADC bằng bit **AD1CON1<15>**.

3.2. Đọc giá trị biến trở



Hình 2.11. Biến trở trên board Explorer 16.

Trên board Explorer 16/32 có biến trở như hình 2.11 và được nối với chân số 5 PORTB tương ứng với kênh số 5 của bộ ADC. Đoạn code bên dưới thực hiện đọc giá trị điện thế đầu ra của biến trở sau khi đã được chuyển đổi bởi bộ ADC.

```
#include "xc.h"
#include <p24fj1024gb610.h>
#define POT 5 // 10k potentiometer connected to AN5 input
#define AINPUTS 0xffef // Analog inputs for Explorer16 POT

void initADC(int pinNumber) {
    ANSB = pinNumber;
    _SSRC = 0x7;
    AD1CSSL = 0;
    AD1CON2 = 0;
    AD1CON3 = 0x1F02;
    _ADON = 1;
}

int readADC(int ch) {
    AD1CHS = ch;
    _SAMP = 1;
    while (_DONE == 1); //AD1CON1bits.DONE
```

```

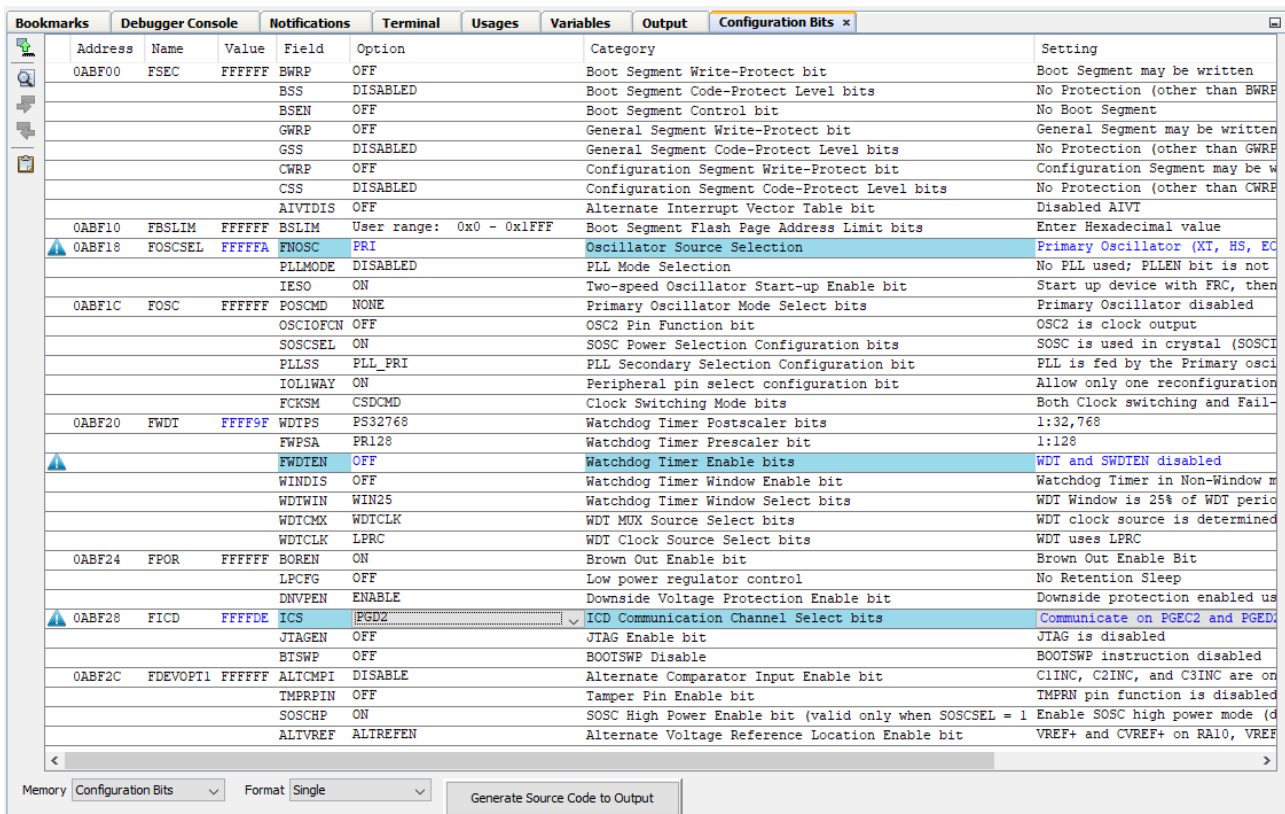
    return ADC1BUF0;
} // readADC

main (){
    int a;
    initADC( AINPUTS); // initialize the ADC for the Explorer16 analog inputs
    TRISA = 0xff00; // select the PORTA pins as outputs to drive the LEDs
    while( 1){
        a = readADC( POT); // select the POT input and convert
        // reduce the 10-bit result to a 3 bit value (0..7)
        // (divide by 128 or shift right 7 times
        a >>= 7;
        // turn on only the corresponding LED
        // 0 -> leftmost LED.... 7-> rightmost LED
        PORTA = (0x80 >> a);
    }
}

```

Tạo project trên MPLAB-X cho device là **PIC24FJ1024GB610** và đặt tên **Lab3** rồi lưu ở thư mục **D:\VDK\Lab3**. Thực hiện thêm file main.c với nội dung như đoạn code trên.

Lưu ý: sinh viên phải cấu hình bit như hình 2.12 để xuất giá trị LED.



Hình 2.12. Cấu hình bit.

Tiến hành chạy chương trình và cho biết kết quả.

Chú ý: Cấu hình bit như bài 1 để xuất giá trị ra LED.

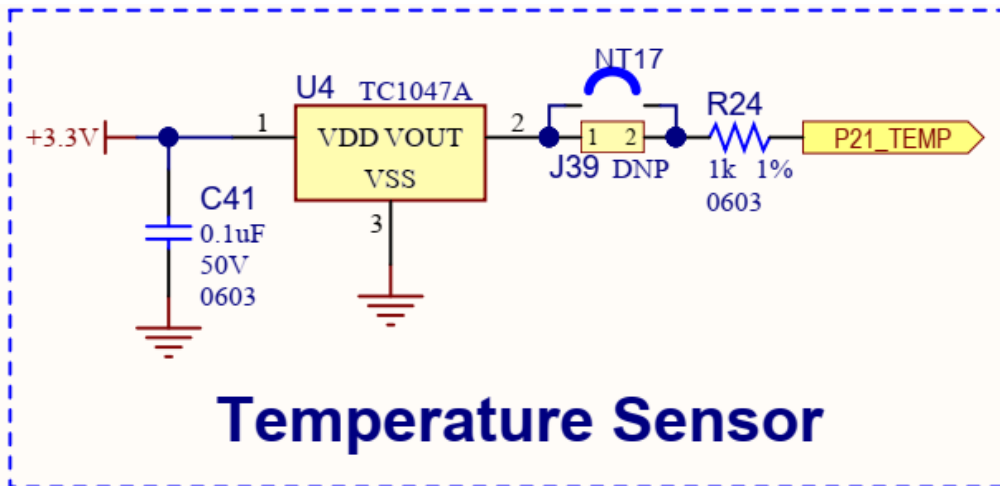
4. Bài tập

4.1. Bài tập chuẩn bị ở nhà

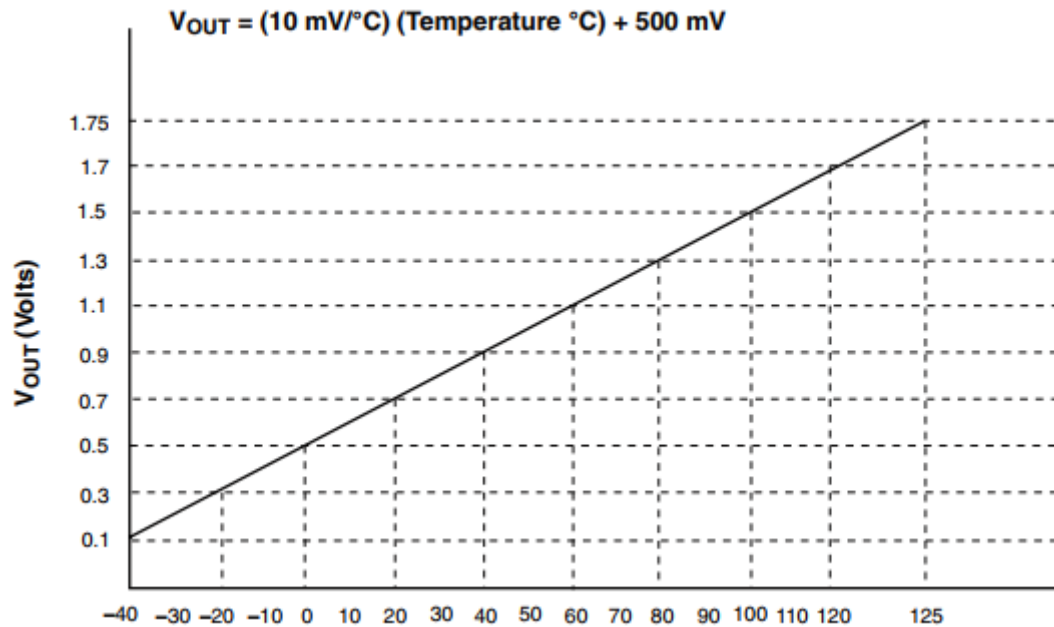
1. Trình bày cách hoạt động của bộ ADC, cho biết có bao nhiêu loại ADC và cách tính điện thế ngõ ra tương ứng với mã được tạo bởi ADC.
2. Giải thích đoạn code mẫu dùng để cấu hình ADC trong phần 3.

4.2. Bài tập trên lớp

1. Trên board Explorer 16 có cảm biến nhiệt độ được kết nối như hình 2.13. Công thức tính nhiệt độ và đồ thị biểu diễn nhiệt độ theo điện thế ngõ ra được thể hiện trong hình 2.13. Tiến hành viết chương trình C để thực hiện đọc nhiệt độ từ cảm biến nhiệt độ sau mỗi 1 giây và ghi kết quả ra LED.



Hình 2.13. Cảm biến nhiệt độ TC1047A.



Hình 2.14. Công thức và biểu đồ biểu thị nhiệt độ theo điện thế ngõ ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Explorer 16-32 Development Board User's Guide.pdf.
2. PIC24FJ1024GB610 family datasheet.pdf.
3. Explorer_16_32_Schematics_R6_3.pdf.
4. PIC24FJ1024GB610 Plug-In Module (PIM) Information Sheet.pdf.
5. Section 51. 12-Bit ADC Converter - Threshold Detect - PIC24F FRM.pdf.