

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

โมดูลพิเศษ ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโมดูลนี้ ดังนี้

- รีจิสเตอร์ **ADCON0** ทำหน้าที่ในการกำหนดแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่โมดูล ADC โดยใช้บิต ADCS1:ADCS0 , เลือกขาสัญญาณ ADC โดยใช้บิต CHS3:CHS0 ,ให้เริ่มกระบวนการแปลงสัญญาณ ADC โดยใช้บิต GO และใช้ในการปิดเปิดการทำงานของโมดูล ADC โดยใช้บิต ADON

RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0	RW-0
ADCS1	ADCS0	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0

รูปแสดงตำแหน่งบิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ ADCON0

Digital And Microcontroller

7

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

bit 7-6 **ADCS1:0**: A/D Conversion Clock Select bits
 00 = Fosc/2
 01 = Fosc/8
 10 = Fosc/32
 11 = Frc (clock derived from a dedicated internal oscillator = 500 kHz max)

bit 5-2 **CHS3:0**: Analog Channel Select bits
 0000 = AN0
 0001 = AN1
 0010 = AN2
 0011 = AN3
 0100 = AN4
 0101 = AN5
 0110 = AN6
 0111 = AN7
 1000 = AN8
 1001 = AN9
 1010 = AN10
 1011 = AN11
 1100 = AN12
 1101 = AN13
 1110 = CVREF
 1111 = Fixed Ref (0.6 volt fixed reference)

bit 1 **GO/DONE**: A/D Conversion Status bit
 1 = A/D conversion cycle in progress. Setting this bit starts an A/D conversion cycle. This bit is automatically cleared by hardware when the A/D conversion has completed.
 0 = A/D conversion completed/not in progress

bit 0 **ADON**: ADC Enable bit
 1 = ADC is enabled
 0 = ADC is disabled and consumes no operating current

รูปแสดงวิธีการกำหนดค่าให้แก่บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ ADCON0

Digital And Microcontroller

8

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

- รีจิสเตอร์ **ADCON1** ทำหน้าที่ในการกำหนดวิธีการเก็บค่าข้อมูลผลลัพธ์ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลโดยใช้บิต ADFM และใช้กำหนดแรงดันอ้างอิงในการแปลงสัญญาณโดยใช้บิต VCFG1:VCFG0

RW-0	U-0	RW-0	RW-0	U-0	U-0	U-0	U-0
ADFM	—	VCFG1	VCFG0	—	—	—	—
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM**: A/D Conversion Result Format Select bit
 1 = Right justified
 0 = Left justified

bit 6 **Unimplemented**: Read as '0'

bit 5 **VCFG1**: Voltage Reference bit
 1 = VREF- pin
 0 = VSS

bit 4 **VCFG0**: Voltage Reference bit
 1 = VREF+ pin
 0 = VDD

bit 3-0 **Unimplemented**: Read as '0'

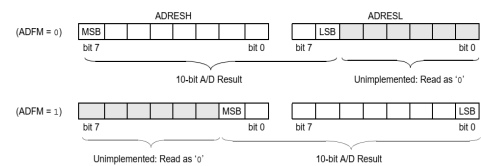
รูปแสดงวิธีการกำหนดค่าให้แก่บิตต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์ ADCON1

Digital And Microcontroller

9

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

- รีจิสเตอร์ **ADRESH** และ รีจิสเตอร์ **ADRESL** คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการเก็บผลลัพธ์ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ถ้าบิต ADFM ของรีจิสเตอร์ ADCON1 มีค่าเท่ากับ '0' รีจิสเตอร์ ADRESH จะเก็บผลลัพธ์บิต 9 ถึง บิต 2 ส่วน ADRESL จะเก็บผลลัพธ์บิต 1 ถึง บิต 0 แต่ถ้าบิต ADFM ของรีจิสเตอร์ ADCON1 มีค่าเท่ากับ '1' รีจิสเตอร์ ADRESH จะเก็บผลลัพธ์บิต 9 ถึง บิต 8 ส่วน ADRESL จะเก็บผลลัพธ์บิต 7 ถึง บิต 0



รูปที่แสดงการเก็บข้อมูลผลลัพธ์การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

ด้วยรีจิสเตอร์ ADRESH และ ADRESL

Digital And Microcontroller

10

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

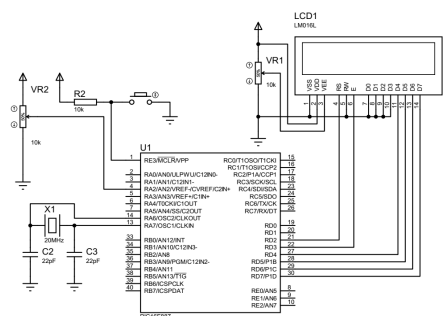
- รีจิสเตอร์ **ANSEL** ทำหน้าที่ในการกำหนดหน้าที่ขาของสัญญาณ AN7 - AN0 ให้ทำงานในโหมดอนาล็อกหรือดิจิทัล ซึ่งหลังจากการรีเซ็ตรีจิสเตอร์นี้ทุกบิตจะถูกเขียนค่าด้วยลอจิก '1' หมายความว่าขาสัญญาณให้เริ่มต้นการทำงานด้วยหน้าที่ขาอนาล็อก แต่ถ้าต้องการให้ขาใดให้ทำงานในรูปแบบขาสัญญาณดิจิทัลจะต้องเขียนข้อมูลที่ตรงกับบิตที่ต้องการลงที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วยลอจิก '0'

- รีจิสเตอร์ **ANSELH** ทำหน้าที่ในการกำหนดหน้าที่ขาของสัญญาณ AN13 - AN8 ให้ทำงานในโหมดอนาล็อกหรือดิจิทัล ซึ่งหลังจากการรีเซ็ตรีจิสเตอร์นี้ทุกบิตจะถูกเขียนค่าด้วยลอจิก '1' หมายความว่าขาสัญญาณให้เริ่มต้นการทำงานด้วยหน้าที่ขาอนาล็อก แต่ถ้าต้องการให้ขาใดให้ทำงานในรูปแบบขาสัญญาณดิจิทัลจะต้องเขียนข้อมูลที่ตรงกับบิตที่ต้องการลงที่รีจิสเตอร์ตัวนี้ด้วยลอจิก '0'

Digital And Microcontroller

11

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปแสดงวงจรทดสอบการทำงานขาสัญญาณอนาล็อก

ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887

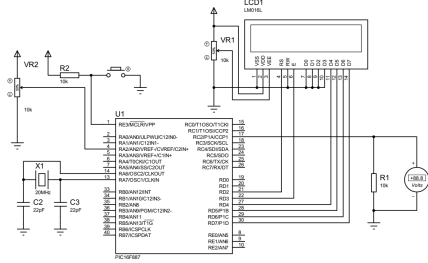
Digital And Microcontroller

12

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 การแปลงสัญญาณ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887

การแปลงสัญญาณ DAC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F887 นั้นจะใช้วิธีการสร้างไมโคร DAC เสมือนจากการใช้งานไมโคร PWM เพื่อสร้างแรงดันเฉลี่ยที่หาสัญญาณ PWM ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวที่ใช้เกล



รูปการแปลงสัญญาณ DAC ด้วย PWM ของ PIC16F887

Digital And Microcontroller

13

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

3. การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 มีโมดูลพิเศษ ADC อยู่ภายในตัวจำนวน 8 ช่อง สามารถแปลงค่าแรงดันอนาล็อกเป็นข้อมูลทางดิจิทัลที่มีความละเอียดขนาด 10 บิต ส่วนโมดูล DAC ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 จะไม่มีโมดูลพิเศษนี้บรรจุอยู่ภายใน แต่สามารถสร้างโมดูล DAC เสมือนได้จากการใช้ไมโคร PWM เพื่อสร้างแรงดันเฉลี่ยที่หาสัญญาณ PWM ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวที่ใช้เกล หรืออาจจะทำการเชื่อมต่อไปยังวงจรรวมที่หาหน้า DAC เช่น DAC0808 เป็นต้น

3.1 การแปลงสัญญาณ A/D ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32

การแปลงสัญญาณ ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 นั้นจะใช้โมดูลพิเศษ ADC ที่อยู่ภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีจำนวนหาสัญญาณให้เลือกใช้งานจำนวน 8 ช่อง โดยแต่ละช่องสามารถกำหนดค่าแรงดันอนาล็อกที่สามารถรับได้ว่าจะอยู่ในช่วงของแรงดันเท่าไรได้ 3 รูปแบบ คือ AREF ถึง GND หรือ AVCC ถึง GND หรือ Internal 2.56V เมื่อทำการแปลงแรงดันอนาล็อกเป็นดิจิทัลแล้วข้อมูลจะมีความละเอียดขนาด 10 บิต หมายความว่าค่าแรงดันอนาล็อกที่ทำการแปลงข้อมูลดิจิทัลจะมีค่าอยู่ระหว่างข้อมูล 0 ถึง 1023

Digital And Microcontroller

14

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

โมดูลพิเศษ ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโมดูลนี้ ดังนี้

1. รีจิสเตอร์ ADMUX ทำหน้าที่ในการกำหนดแรงดันอ้างอิงให้แก่โมดูลพิเศษ ADC ด้วยบิต REFS1:REFS0 , กำหนดลักษณะการเก็บผลลัพธ์ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลลงในรีจิสเตอร์ ADCH และ ADCL ด้วยบิต ADLAR , กำหนดช่องสัญญาณที่ต้องการอ่านค่าอนาล็อกพร้อมอัตราการขยายสัญญาณด้วยบิต MUX4:MUX0

7	6	5	4	3	2	1	0	
REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

REFS1	REFS0	Voltage Reference Selection
0	0	AREF: Internal Vref turned off
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.56V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

รูปการกำหนดค่าบิต REFS1:REFS0 ของรีจิสเตอร์ ADMUX เพื่อกำหนดแรงดันอ้างอิงให้แก่โมดูล ADC

Digital And Microcontroller

15

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

MUX4:0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain	01000	ADC0	ADC0	10x
10000	ADC0				01001	ADC1	ADC0	10x
00001	ADC1				01010 ⁽¹⁾	ADC0	ADC0	200x
00010	ADC2				01011 ⁽¹⁾	ADC1	ADC0	200x
00011	ADC3	N/A			01100	ADC2	ADC2	10x
00100	ADC4				01101	ADC3	ADC2	10x
00101	ADC5				01110 ⁽¹⁾	ADC2	ADC2	200x
00110	ADC6				01111 ⁽¹⁾	ADC3	ADC2	200x
00111	ADC7				10000	ADC0	ADC1	1x
					10001	ADC1	ADC1	1x
					10010	ADC2	ADC1	1x
					10011	ADC3	ADC1	1x
					10100	ADC4	ADC1	1x
					10101	ADC5	ADC1	1x
					10110	ADC6	ADC1	1x
					10111	ADC7	ADC1	1x
					11000	ADC0	ADC2	1x
					11001	ADC1	ADC2	1x
					11010	ADC2	ADC2	1x
					11011	ADC3	ADC2	1x
					11100	ADC4	ADC2	1x

รูปการกำหนดค่าบิต MUX4:MUX0 ของรีจิสเตอร์ ADMUX เพื่อเลือกช่องสัญญาณ ADC

Digital And Microcontroller

16

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. รีจิสเตอร์ ADCSRA ทำหน้าที่ในการเปิดการทำงานของโมดูลพิเศษ ADC ด้วยบิต ADEN , กำหนดการเริ่มขบวนการแปลงสัญญาณด้วยบิต ADSC , กำหนดการทำงานของโมดูล ADC แบบอัตโนมัติเพื่อให้โมดูล ADC ทำงานด้วยบิต ADATE และบิตที่กำหนดค่าปริสเกลเลอร์ของสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้แก่โมดูล ADC ได้แก่บิต ADPS2:ADPS0

7	6	5	4	3	2	1	0	
ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
0	0	0	0	0	0	0	0	

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

รูปตารางการกำหนดค่าปริสเกลเลอร์ของสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้แก่โมดูล ADC

Digital And Microcontroller

17

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

3. รีจิสเตอร์ ADCH และ ADCL คือรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการเก็บผลลัพธ์ของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล โดยถ้าบิต ADLAR ของรีจิสเตอร์ ADMUX มีค่าเท่ากับ '0' รีจิสเตอร์ ADCH จะเก็บผลลัพธ์บิต 9 ถึง บิต 8 ส่วน ADCL จะเก็บผลลัพธ์บิต 7 ถึง บิต 0 แต่ถ้าบิต ADLAR ของรีจิสเตอร์ ADMUX มีค่าเท่ากับ '1' รีจิสเตอร์ ADCH จะเก็บผลลัพธ์บิต 9 ถึง บิต 2 ส่วน ADCL จะเก็บผลลัพธ์บิต 1 ถึง บิต 0

15	14	13	12	11	10	9	8	
ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	
ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	

15	14	13	12	11	10	9	8	
ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	ADCH	
ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	ADCL	

รูปการเก็บค่าข้อมูลของรีจิสเตอร์ ADCH และ ADCL เมื่อบิต ADLAR เป็นลอจิก '0' หรือ '1'

Digital And Microcontroller

18

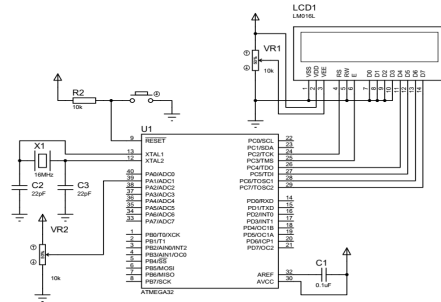
การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

4. รีจิสเตอร์ SFIOR ทำหน้าที่ในการกำหนดแหล่งสัญญาณอตรีกให้แก่โมดูลพิเศษ ADC โดยใช้บิต ADTS2:ADTS0

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter1 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

รูปแสดงการกำหนดบิต ADTS2:ADTS0 เพื่อเลือกแหล่งสัญญาณอตรีก

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปแสดงวงจรทดสอบการทำงานขาสัญญาณอนาล็อกของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32

การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2 การแปลงสัญญาณ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32

การแปลงสัญญาณ DAC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA32 นั้นจะใช้วิธีการสร้างโมดูล DAC เสมือนจากการใช้งานโมดูล PWM เพื่อสร้างแรงดันเฉลี่ยที่ขาสัญญาณ PWM ด้วยการเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิล ซึ่งวิธีการสร้างสัญญาณ PWM

