

เครื่องทุระเบิดมือกล
THE PROTECTOR BOMB



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

รฟ.
๙๓๖๗
๕๕๕

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46422
วัน, เดือน, ปี - 1 เม.ย. 2546

b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบเสนอปริญญาบัตร

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องทุกระเบิดมือกล	
นักศึกษา	นายฐิติวุฒิ สง่าทอง	รหัสประจำตัว 43015722
	นายสมพล พิบูลย์	รหัสประจำตัว 43015752
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ปิติเชต สุรักษา	
ระดับการศึกษา	อาจารย์ บุญชนะ ภูระหงษ์	
ภาควิชา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต	
ปีการศึกษา	สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์	
	เทคนิคอุตสาหกรรม	
	2544	

ปริญญาบัตรฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

(ผศ.ดร.ปิติเชต สุรักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ บุญชนะ ภูระหงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องทุระเบิดมือกล
นักศึกษา	นาย จิตวิวุฒิ สง่าทอง นาย สมพล พิบูลย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ปิติเขต สุรักษา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ บุญชนะ ภูระหงษ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การนำเอาอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์, ไฟฟ้า และเครื่องกล นำมาสร้างเป็นมือกล โดยใช้อุปกรณ์หลักๆ อันได้แก่ อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์, สเต็ปป์มิ่งมอเตอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์ ฯลฯ จุดประสงค์ เพื่อที่จะศึกษาถึงการนำเอาระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์เข้ากับระบบทางไฟฟ้าและทางกล เพื่อนำมาสร้างเป็นระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยหัวใจหลักของระบบนี้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 มาใช้เป็นตัวควบคุมระบบดังกล่าว

Thesis Title	The protector bomb
Students	Mr. Thitiwut sangathong Mr.Sompol piboon
Advisor	Dr.Pitikhate sooraksa
Co-Advisor	Mr.Boonchana poorahong
Education Level	Bachelor of industrial
Program in	Teenology electronic
Academic Year	2001

ABSTRACT

This thesis presents a provide device of Electronics ,Electrical and Machanic take to build Arm robot. in presents of Arm robot by using main device such as electronic device , Stepings moter , Microcontroller etc. The objective for studied toaddition Microcontroller system to apply in Electronics system and Machanic system .The Main purpose to used Microcontroller MCS-51 family for control system.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเพราะความร่วมมือ ร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มซึ่ง
ทุ่มเททั้งกำลังกายกำลังใจ กำลังสมองและกำลังทรัพย์เป็นเวลานานกว่าจะถึงวันนี้ รวมทั้งได้รับความช่วยเหลือจากท่าน ผศ.ดร.ปิติเชต สุรักษา และอาจารย์ บุญชนะ ภูระหงษ์ ที่ให้การอบรมสั่งสอนให้คำปรึกษา แนะนำอำนวยความสะดวกในการทำปริญญานิพนธ์อย่างเต็มที่และที่สำคัญหาที่เปรียบมิได้คือ บุพการีที่ให้กำเนิดอบรมเลี้ยงดูให้โอกาสทางการศึกษา รวมทั้งเพื่อนๆ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องกับทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1	
บทนำ	
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2	
ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051	4
2.1.2 คุณลักษณะทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 รุ่น AT89XX	5
2.1.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน MCS-51	6
2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่	9
2.2.1 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบแกนเกลิยว	9
2.2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้เฟืองทด	10
2.2.3 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้แสงอินฟราเรด	11
2.2.4 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบตัวต้านทานปรับค่าได้	16
2.3 หน่วยความจำและการเชื่อมต่อกับ MCS-51	17
2.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)	17
2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล	21
2.3.3 การอ่านและเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ	22
2.3.4 การเชื่อมต่อหน่วยความจำกับ MCS-51	25
2.4 การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์	36
2.4.1 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์	36
2.4.2 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์	36
2.5 การใช้งานไอซี PCF 8591	39
2.5.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.2 ออสซิลเลเตอร์

46

2.5.3 การเชื่อมต่อ PCF 8591 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

47

2.6 บอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

48

บทที่ 3

การออกแบบและการทำงาน

3.1 ส่วนประกอบทางด้าน Hardware (Master)

49

3.2 ส่วนประกอบทางด้าน Hardware (Slave)

56

3.3 ส่วนประกอบทางด้านวงจรไฟฟ้า

64

3.3.1 วงจรควบคุม

65

3.3.2 วงจรสเต็ปเปอร์มอเตอร์

69

3.3.3 วงจร Analog to Digital

70

3.3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ

71

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจร Analog to Digital

72

4.2 การทดลองตรวจสอบสเต็ปเปอร์มอเตอร์

73

4.3 การทดลองประกอบยัดเฟืองติดกับแกนกล

74

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหาแนว ทางแก้ไข

5.1 บทสรุป

76

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

76

5.3 แนวทางการพัฒนา

79

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์	4
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	5
รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณ MCS-51	6
รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51	7
รูปที่ 2.5 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ MCS-51	8
รูปที่ 2.6 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบเกลียว	9
รูปที่ 2.7 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้เฟืองทด	11
รูปที่ 2.8 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้แสงอินฟราเรด	12
รูปที่ 2.9 พัลส์จากชุดรับสัญญาณอินฟราเรด	12
รูปที่ 2.10 ช่อง Slit แสดงการเคลื่อนที่ของมอเตอร์	13
รูปที่ 2.11 แสดงลำแสงที่ผ่านช่อง Slit คู่ตัวรับสัญญาณแสง	13
รูปที่ 2.12 การส่งสัญญาณเข้าสู่ตัวรับแสง A และ B	14
รูปที่ 2.13 แสดงค่าพัลส์แตกต่างกัน 90 องศา	14
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ตัวต้านทานปรับค่าได้	16
รูปที่ 2.15 ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดแกนหมุน	16
รูปที่ 2.16 แสดง โครงสร้างของหน่วยความจำ ROM	18
รูปที่ 2.17 แสดงเทคโนโลยีแบบ MOS-Transistor ในหน่วยความจำ ROM	19
รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของ EPROM	20
รูปที่ 2.19 แสดงการเก็บข้อมูลแต่ละบิตของสแตติกแรม	21
รูปที่ 2.20 แสดง โครงสร้างภายในของสแตติกแรม	22
รูปที่ 2.21 แสดงกลุ่มสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำ	23
รูปที่ 2.22 แสดงสัญญาณในการอ่านข้อมูล	24
รูปที่ 2.23 แสดงสัญญาณในการเขียนข้อมูล	24
รูปที่ 2.24 แสดงสัญญาณของ MCS-51 ที่ใช้ติดต่อกับตำแหน่งหน่วยความจำ	25
รูปที่ 2.25 แสดงการต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำ	26
รูปที่ 2.26 แสดงสัญญาณเวลาที่ MCS-51 ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	27
รูปที่ 2.27 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำของ MCS-51	28
รูปที่ 2.28 แสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำ ROM ภายนอกขนาด 64K	28
เอกรูปที่ 2.29 แสดงการทำงานของ ไอซีเบอร์ 74LS138	30

การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.30 แสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำหลาย ๆ ตัว	31
รูปที่ 2.31 การวัดหน่วยความจำข้อมูลภายใน	32
รูปที่ 2.32 ไคอะแกรมเวลาการอ่านเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	33
รูปที่ 2.33 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	34
รูปที่ 2.34 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหลาย ๆ ตัว	35
รูปที่ 2.35 การพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ 4 เฟส	36
รูปที่ 2.36 ไคอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซิกเซสซีฟแอฟฟริอักษิเมชัน	39
รูปที่ 2.37 ไคอะแกรมเวลาแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซิกเซสซีฟแอฟฟริอักษิเมชัน	41
รูปที่ 2.38 การจัดขาไอซี ADC/DAC ขนาด 8 บิตผ่าน I2C เบอร์ PCF8591	43
รูปที่ 2.39 รายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนลงในรีจิสเตอร์ควบคุมภายใน ไอซี PCF8591	44
รูปที่ 2.40 การต่อ PCF8591 เข้ากับ MCS-51	48
รูปที่ 3.1 ข้อต่อนิ้วมือทรงสี่เหลี่ยม	49
รูปที่ 3.2 ส่วนยึดติดช่วงนิ้วและข้อมือแขน	50
รูปที่ 3.3 ส่วนข้อมือแขนมนุษย์	51
รูปที่ 3.4 แบบสำเร็จเมื่อทำการประกอบชิ้นส่วนข้อมือ	52
รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบท่อนแขนมนุษย์	53
รูปที่ 3.6 รูปสำเร็จเมื่อทำการประกอบท่อนแขนมนุษย์	54
รูปที่ 3.7 หัวไหล่ของแขนมนุษย์	55
รูปที่ 3.8 ทำการประกอบส่วนหัวไหล่ของแขนมนุษย์	56
รูปที่ 3.9 ท่อนแขนกลช่วงหัวไหล่	57
รูปที่ 3.10 เมื่อทำการประกอบท่อนแขนหัวไหล่	58
รูปที่ 3.11 รูปท่อนต่อแขนหัวไหล่มีอก	59
รูปที่ 3.12 รูปสำเร็จประกอบท่อนแขนต่อหัวไหล่มีอก	60
รูปที่ 3.13 เป็นท่อนแขนต่อข้อมือของมีอก	61
รูปที่ 3.14 เป็นท่อนแขนต่อข้อมือของมีอก	62
รูปที่ 3.15 เป็นรูปข้อมือของมีอก	62
รูปที่ 3.16 รูปแขนมนุษย์ที่ประกอบเสร็จสิ้นแล้ว	63
รูปที่ 3.17 รูปวงจรควบคุมหลัก	66
รูปที่ 3.18 การต่อ ไอซี 8255	67
รูปที่ 3.19 วงจรภาคขับสเต็ปมอเตอร์	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.20 การต่อภาคขยายต่อ Bit	69
รูปที่ 3.21 วงจรแปลงสัญญาณ Analog to digital	70
รูปที่ 3.22 วงจรจ่ายไฟให้กับไอซีต่าง ๆ	71
รูปที่ 4.3 แสดงการทดสอบเฟืองที่ใช้	75



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การ XOR ระหว่าง A และ B	15
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรสและข้อมูลเลขฐานสิบหก	18
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรสและข้อมูลเลขฐานสิบหก	19
ตารางที่ 2.4 แสดงสัญญาณควบคุมการอ่านและการเขียนหน่วยความจำ	26
ตารางที่ 2.5 แสดงการถอดรหัสของ ไอซี 74LS138	29
ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสการต่อใช้งานร่วมกับ ไอซี 74LS138	30
ตารางที่ 2.7 ลำดับการทำงานของขดลวดเมื่อได้รับการกระตุ้น 1 เฟส	37
ตารางที่ 2.8 การทำงานของขดลวดเมื่อได้รับการกระตุ้นชนิด 2 เฟส	38
ตารางที่ 2.9 แสดงลำดับการทำงานของขดลวด โดยกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป	38
ตารางที่ 4.1 การแสดงค่าช่วงความต้านทานที่ใช้ในการควบคุม	73
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าจำนวน STEP ที่ใช้ในการควบคุม	74
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองในช่วงนำหน้าต่าง ๆ	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เดินเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน สิ่งที่เกิดขึ้นก็เพื่อความสะดวกสบายของมนุษย์ อีกทั้งยังให้ความปลอดภัยในการทำงานที่มีความเสี่ยงสูงเพราะเครื่องจักรจะมีความแม่นยำสูง และยังสามารถทำงานได้นาน ไม่เหมือนมนุษย์ที่ต้องมีการเหนื่อยล้าและข้อผิดพลาดเพียง ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่เพียงใช้ในงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ยังมีการใช้ในด้าน การแพทย์ที่ต้องการความละเอียดสูง ทางด้านการทหาร ตลอดจนในบ้านหรือสังคมเราก็มียังมีระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ด้วย ในไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านอุตสาหกรรมถ้าเราพูดถึงก็มักจะคิด ภาพการทำงานของเครื่องกลที่ช่วยในการผลิต เช่น เครื่องจักรที่มีส่วนประกอบแขนกล ซึ่งระบบ แบบนี้มีการควบคุมแบบระบบปิด และมีขนาดใหญ่มาใช้ในการจับชิ้นงานหรือวัตถุคิบ ในการ ควบคุมแบบนี้ก็จะมีมอเตอร์เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อช่วยในการขยับหรือหมุนแขนกลไปยังตำแหน่งที่ ต้องการ แขนกลประเภทนี้จะมีการโปรแกรมให้มีลักษณะทำงานซ้ำๆ เพื่อที่จะได้ผลิตสินค้าออกมา จำนวนมากโดยมีลักษณะเหมือนกัน จากการทำงานของแขนกลนี้ผู้จัดทำจะจำลองการทำงานแขน กลออกมาใช้หีบจับสิ่งของ แต่การทำงานแขนกลของผู้จัดทำจะไม่ทำการ โปรแกรมแบบซ้ำๆ แบบ แขนกลโรงงาน แต่จะทำงานอิสระขึ้นอยู่กับการควบคุมของผู้ควบคุม

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถหยิบจับสิ่งของได้น้ำหนักไม่เกิน.....
2. มีระยะเวลาหยิบจับไม่เกิน.....

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในประกอบไปด้วย

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับพื้นฐานของหน่วยประมวลผล MCS-51, ระบบเซนเซอร์, การจับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบ โครงแขน กล วงจรจับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ประกอบไปด้วยการทดลองติดตั้งเฟืองของแกนกล, การทดลองวงจรขั้วสเต็ปเปอร์มอเตอร์

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา ในการทำหรือทดลองได้เกิดปัญหาขึ้นมากมายและได้เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

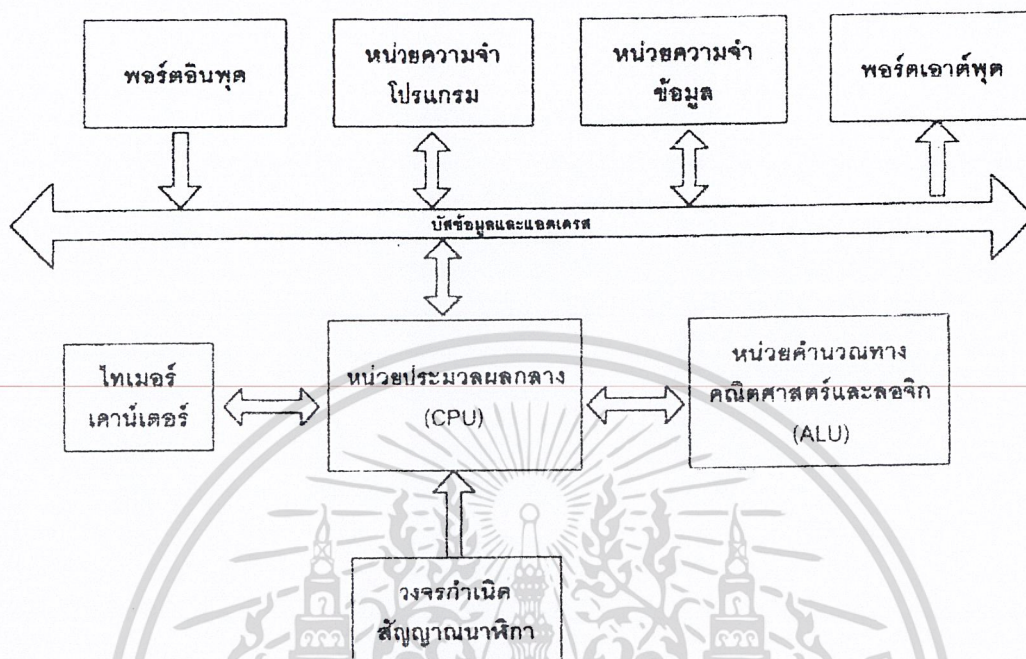
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์อาจจะเป็นคำที่ไม่ค่อยคุ้นเคยกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับคำว่าไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งมีการใช้งานแพร่หลายมากกว่า โดยมักจะเรียกว่าเป็นตัวประมวลผลกลาง หรือ ซีพียู (CPU) ของระบบ เมื่อมีการนำไปใช้งานจำเป็นจะต้องมีไอซีประกอบภายนอกเพิ่มเติมเข้าไปให้ระบบที่สมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำ และ พอร์ตควบคุม เป็นต้น ดังแผนภาพใน รูปที่ 1.1 โดยองค์ประกอบของไมโครโปรเซสเซอร์จะเป็นบล็อกทั้งหมดอยู่ในเส้นปะบล็อกของการทำงานอื่นๆ เป็นไอซีภายนอกที่จะต้องเพิ่มเติมเข้าไปให้ครบตามหน้าที่ที่ต้องการสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็มีหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกัน เพียงแค่องค์ประกอบการทำงานเหล่านั้นหลายส่วนได้รับการออกแบบให้บรรจุอยู่ในไอซีเพียงตัวเดียวกันเท่านั้น ดังนั้นการนำไปใช้งานก็ค่อนข้างจะสะดวกเพียงการต่อคริสตอลเพื่อเป็นฐานเวลาและแหล่งจ่ายไฟให้เท่านั้นก็จะเป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่องานควบคุมที่สมบูรณ์ ในบางครั้งจึงอาจเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็น 1 chip microcomputer ก็ได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์แล้วหน่วยการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นสามารถใช้งานได้อย่างค่อนข้างจำกัดมากกว่า ตัวอย่างเช่น มีหน่วยความจำแบบ ROM และ EPROM ภายในขนาดไม่เกิน 4 กิโลไบต์ หน่วยความจำแบบ RAM ขนาด 256 ไบต์ เท่านั้น และมีพอร์ตแบบขนานประมาณ 3 ถึง 4 พอร์ต เป็นต้น อย่างไรก็ตามหากมีความต้องการจะเพิ่มเติมจำนวนของหน่วยทำงานและข้อมูล เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์มาตรฐานภายนอกได้

ลักษณะการทำงานที่เหมาะสมกับการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งาน มักจะเป็นงานประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมหรือจัดการสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตของวงจรถอนิกส์และวงจรถิตตอลต่างๆ เช่นระบบแสดงผล หรือระบบเตือนภัย ระบบควบคุมภายในเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งงานควบคุมเหล่านี้มักจะไม่มีการคิดคำนวณที่ซับซ้อนมากนักแต่ ต้องการพื้นที่ของแผงวงจรถควบคุมที่จำกัด



รูปที่ 2.1 หน่วยการทำงานทั่วไปของระบบไมโครโปรเซสเซอร์

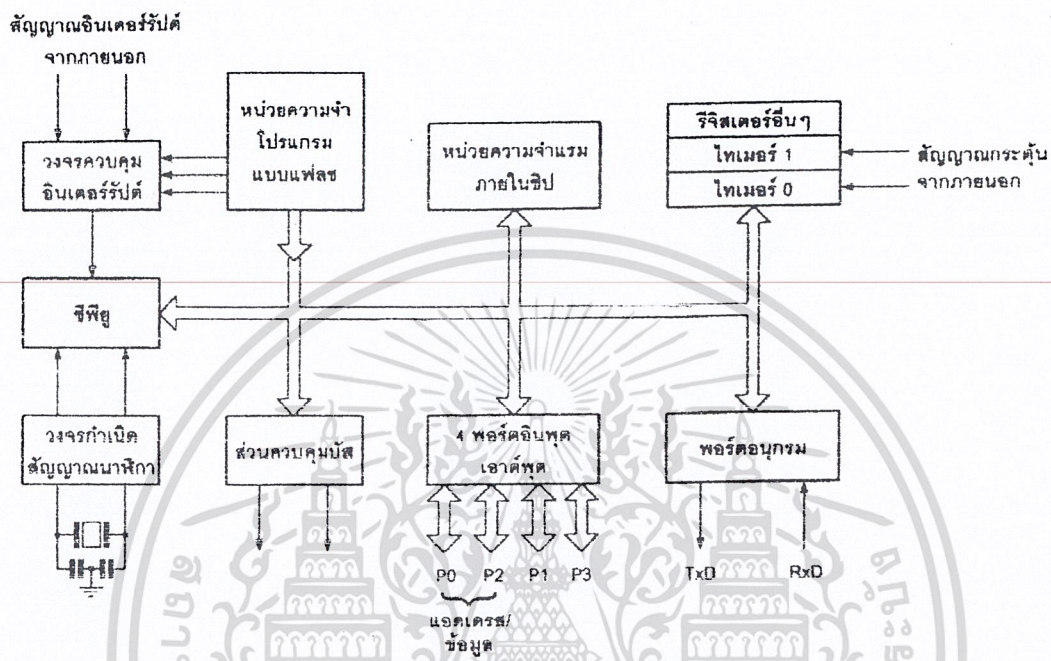
2.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

บรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการผลิตจากบริษัทต่างๆ จำนวนมากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จากบริษัท อินเทล (INTEL CORPORATION) ในตระกูล MCS-51 ได้มีการนำไปใช้งานกันแพร่หลายมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 เป็นต้นมา ในระยะที่ผ่านมาก็ได้มีอีกหลายบริษัท เช่น บริษัท PHILLIPS และ SIEMENS เป็นต้น ได้รับลิขสิทธิ์ในการไปผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพต่างๆ ที่มีพื้นฐานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของบริษัทอินเทลอยู่เป็นจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น (VERSION) ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมในงานประยุกต์ต่าง ๆ ตามความต้องการ โดยมีลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก (LSI) แบบ HMOS หรือ CHMOS ซึ่งมีคุณลักษณะที่สูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณลักษณะทางเทคนิคของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89XX



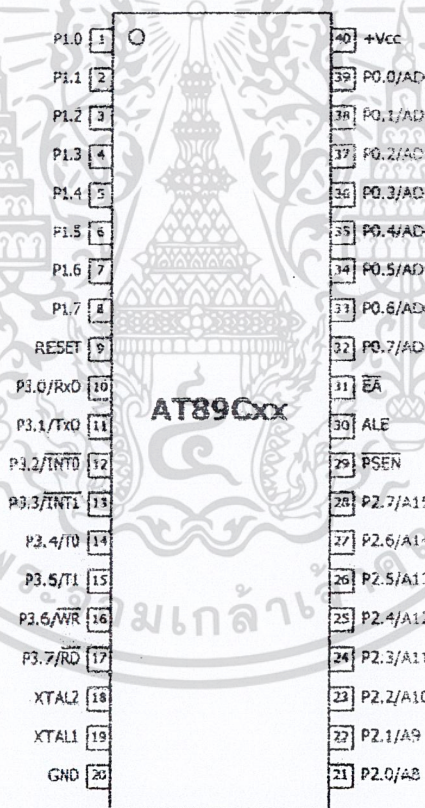
รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ

จากรูปที่ 2.2 นี้ประกอบด้วย

1. หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
2. ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบ อีอีพรอมเพิ่มเติม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
6. ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8. มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ในชิป
9. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89SXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม้อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบ DIP ขนาด 40 ขา ดังแผนภาพในรูปที่ 2.3 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีสัญญาณจะมีหน้าที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Functions ในรูปที่ 2.3) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวอย่างเป็น P 3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุตและอินพุตตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตของข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรม (RxD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ ซึ่งการกำหนดทำงานในลักษณะใดก็ขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและ โปรแกรมควบคุมของระบบนั้น



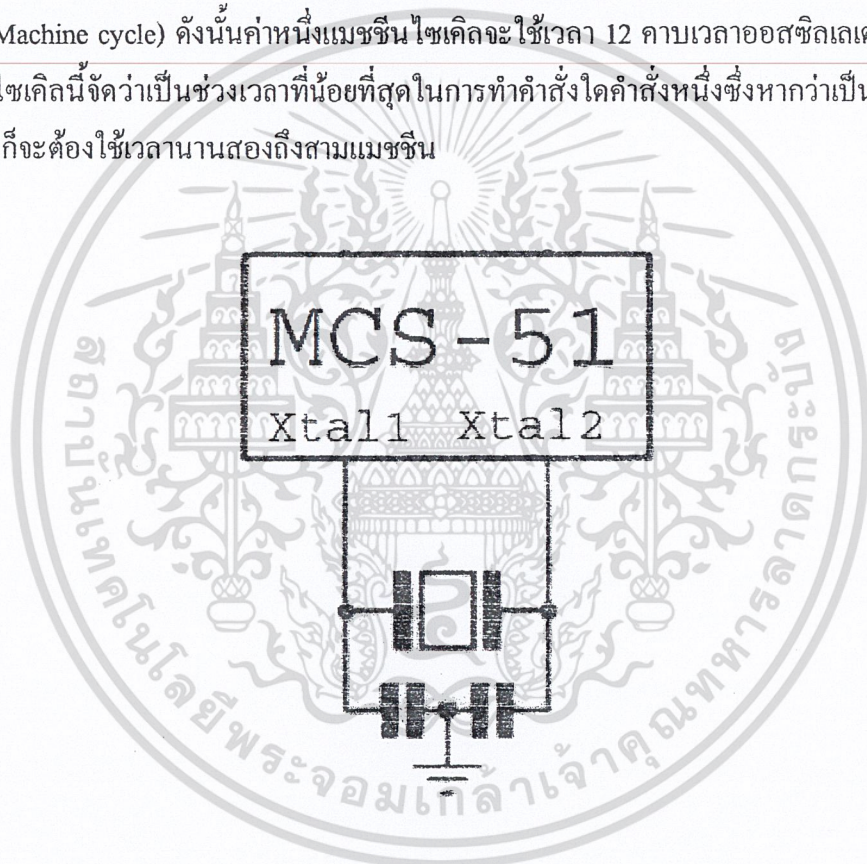
รูปที่ 2.3 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณMCS-51

2.1.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน MCS-51

8051 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานของหน่วยการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Synchronization) โดยปกติแล้วมักจะทำโดยการใช้คริสตอลเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณ XTAL1 และ XTAL 2 พร้อมกับตัวเก็บประจุลักษณะดังรูปที่ 2.4 หรืออาจจะเป็นสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

พัลส์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) และคาบของสัญญาณนาฬิกาเรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ (Oscillator period) คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวนสองคาบ เรียกว่า Stat (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร S) ซึ่งจะนำไปใช้เป็นช่วงเวลาพื้นฐานการทำงานย่อยของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การนำคำสั่ง , การถอดความหมาย, การประมวลผลและการเขียนข้อมูล เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ช่วงเวลาของ State จำนวนหกครั้ง จะเรียกว่าแมชชีนไซเคิล (Machine cycle) ดังนั้นค่าหนึ่งแมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ค่าของแมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่งซึ่งหากว่าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็ต้องใช้เวลานานสองถึงสามแมชชีน



รูปที่ 2.4 การใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51

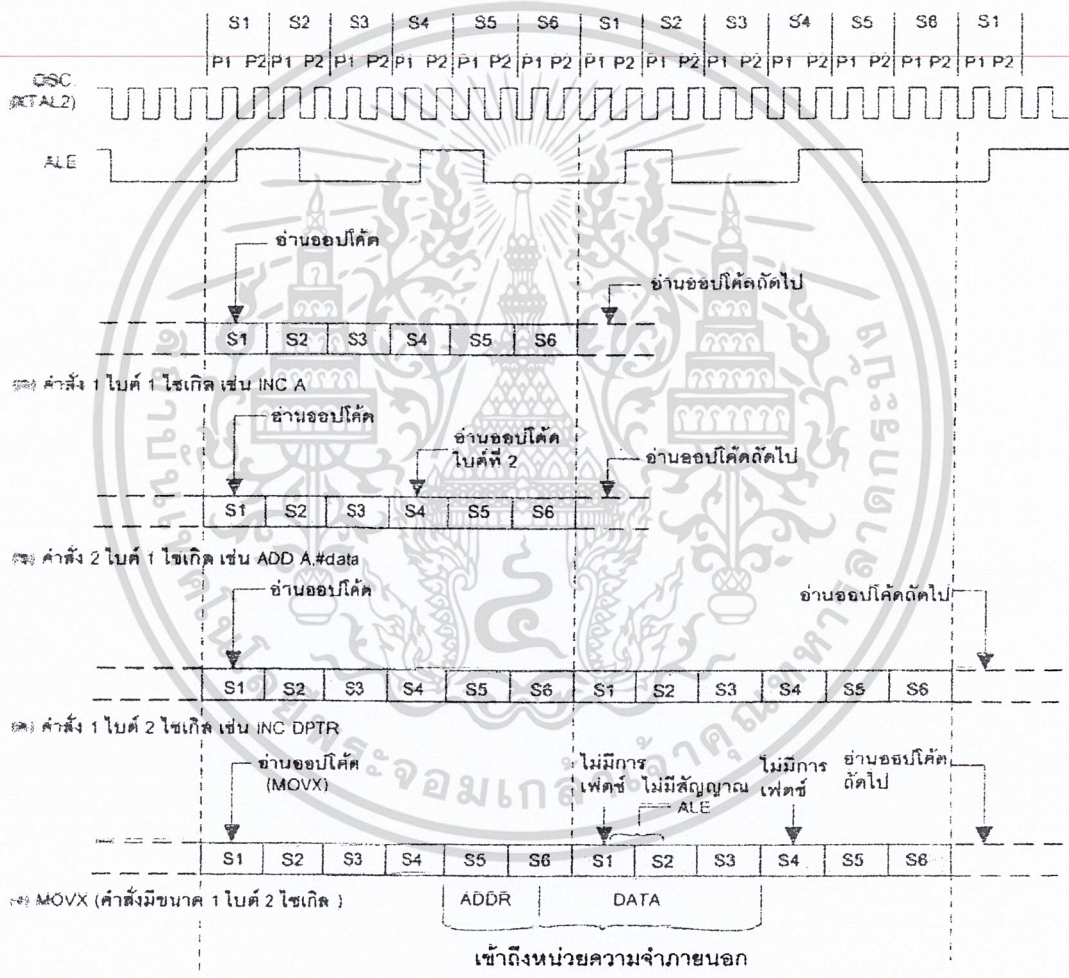
การคำนวณหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นใช้จำนวนแมชชีนไซเคิลเป็นเท่าไรในการประมวลผล เวลาที่ใช้จะคำนวณตามสูตร

$$T = \frac{c \times 12}{\text{CrystalFrequency}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย C เป็นค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

Crystal Frequency เป็นค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ MCS-51 อย่างไรก็ตาม ในบางครั้ง อาจพบเห็นการใช้ค่าของคริสตอลเป็น 11.059 เมกะเฮิร์ตซ์ ทั้งนี้โดยมีเหตุผลเนื่องจาก สามารถนำค่าที่ได้นี้ ไปใช้ในการเป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ในการรับและส่งข้อมูล อนุกรมซึ่งเป็นหน่วยทำงานภายใน MCS-51 ให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, และ 300 บิตต่อวินาที



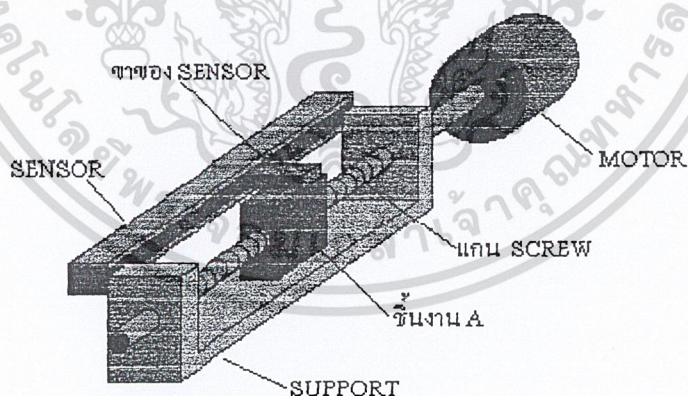
รูปที่ 2.5 แผนภาพเวลาพื้นฐานของ MCS-51 และลำดับของช่วงเวลา State ในการทำคำสั่งหนึ่งไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่

การทำงานด้านการควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control) ของสิ่งต่างๆให้เป็นที่ไปตามความต้องการ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของทิศทางของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ตำแหน่ง และในการเคลื่อนที่นั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต้องมี ต้นกำลัง ที่จะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นมา ซึ่งส่วนมากแล้วมักจะใช้มอเตอร์ เป็นต้นกำลัง มอเตอร์นั้นก็ยังมีหลากหลายชนิด เช่น AC MOTOR DC MOTOR เป็นต้น ซึ่งในการที่จะเลือกเอามอเตอร์ชนิดใดมาใช้งานนั้นก็ขึ้นกับจุดประสงค์ และรูปแบบของเครื่องจักรนั้นๆ และดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าการควบคุมการเคลื่อนที่เป็นการควบคุม ทิศทางของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ตำแหน่ง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ควบคุมการเคลื่อนที่นั้น ต้องสามารถตรวจสอบได้ว่า ทิศทางของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ตำแหน่ง ในขณะนั้นมีค่าเป็นเท่าไร ในการออกแบบเครื่องจักรต่างๆ จึงนิยมใช้วิธีการควบคุมการเคลื่อนที่แบบระบบปิด (Close loop control) ซึ่งเป็นการควบคุมแบบมีการตรวจสอบค่าย้อนกลับ จึงต้องมีอุปกรณ์อีกหนึ่งอย่างที่ทำหน้าที่ตรวจสอบค่าเหล่านี้เราเรียกอุปกรณ์นี้ว่า เซนเซอร์ (sensor) และ เซนเซอร์นั้น ก็มีหลายชนิด เช่น Limit switch, Opto detector, Sonar resistor เป็นต้น เราลองมาพิจารณาถึงการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์เหล่านี้ดังนี้

2.2.1 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบแกนเกลียว



รูปที่ 2.6 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบเกลียว

จากรูปที่ 2.6 ชิ้นงาน A ถูกต่อเข้ากับแกนเกลียว (Screw) ซึ่งต่อแกนร่วมกับแกนมอเตอร์ และชิ้นงาน A ถูกยึดไว้กับขาของเซนเซอร์ ซึ่งในที่นี้เป็นตัวด้านทานปรับค่าได้แบบ Slide โดยอุปกรณ์ทั้งหมดนี้ถูกยึดไว้กับโครง (Support) เมื่อมอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา หรือหมุนตามเข็มนาฬิกา

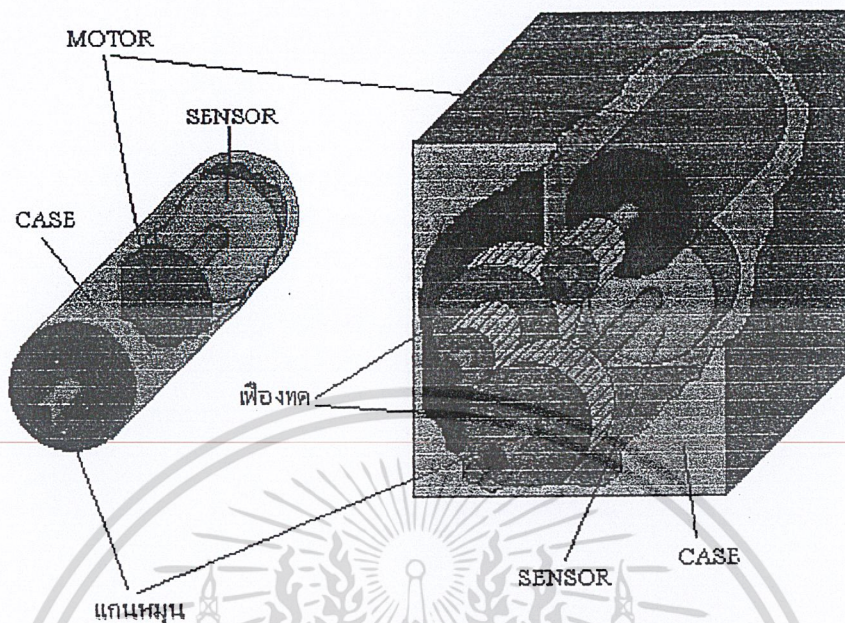
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาฬิกาที่ตามจะทำให้แกนเกลียวหมุนตามไปด้วย ส่งผลให้ชิ้นงาน A เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือทางขวาตามทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และเมื่อชิ้นงาน A เคลื่อนที่ไป จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่าได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยตามตำแหน่งของชิ้นงาน A และค่าความต้านทานนี้เองที่ทำให้ผู้ควบคุมทราบถึง ตำแหน่งของชิ้นงาน A และนำข้อมูลที่ได้นี้ไปปรับ ความเร็วรอบและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เพื่อให้ชิ้นงาน A มีทิศทางเคลื่อนที่ ความเร็วและตำแหน่งตามความต้องการได้

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมียังจอร์อ่านค่าของเซนเซอร์ และส่งค่านั้นมาให้วงจรควบคุม (controller ในที่นี้ อาจเป็น วงจร Logic, Microprocessor, วงจร Analog) ทำการประมวลผล เพื่อส่งค่าไปควบคุมวงจรถวลการหมุนของมอเตอร์ต่อไป โดยทั่วไปแล้วเราอาจแบ่งประเภทของเซนเซอร์ ตามลักษณะ Output ที่ได้จากเซนเซอร์ออกเป็น 2 แบบ คือ เซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Analog และเซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Digital ในแง่ของการใช้งานแล้วเซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Analog น่าจะเหมาะกับระบบควบคุมที่เป็นวงจร Analog มากกว่า หรือเซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Digital ก็เหมาะกับระบบควบคุมที่เป็นวงจร Digital เช่น วงจร Logic , Microprocessor เป็นต้น ทั้งนี้เพราะเมื่อไรก็ตามที่มีการต่อเชื่อมกันแบบต่างชนิดกัน เช่น เซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Analog นำไปต่อเชื่อมกับระบบควบคุมที่เป็นวงจร Digital หรือเซนเซอร์ที่มี Output เป็นค่า Digital นำไปต่อเชื่อมกับระบบควบคุมที่เป็นวงจร Analog นั้นจำเป็นต้องมียังจอร์แปลงสัญญาณ (Converter) มาคั่นกลางระหว่างเซนเซอร์ และระบบควบคุม เช่นวงจร Analog to Digital Converter (A/D) และวงจร Digital to Analog (D/A) เป็นต้น

2.2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้เฟืองทด

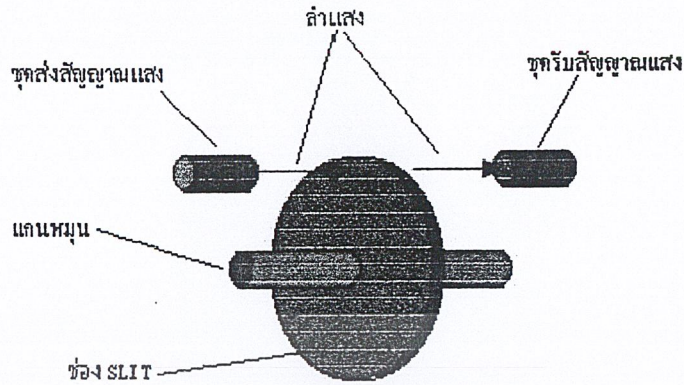
รูปแบบของการควบคุมตำแหน่งโดยใช้มอเตอร์ที่มีมักจะพบเห็นกันได้บ่อยๆ นั้นมักจะอยู่ในรูปแบบของ Servo motor ซึ่งจะมีทั้งตัวต้นกำลังและเซนเซอร์อยู่ในชุดเดียวกันโดยตัวต้นกำลังก็คือ มอเตอร์ และ เซนเซอร์นั้นจะต่อแกนร่วมเดียวกันกับแกนของมอเตอร์ (ดังรูปที่ 2.7) แต่ใน Servo motor บางชนิดก็อาจต่อแกนร่วมเข้ากับแกนของเฟืองทดของมอเตอร์



รูปที่ 2.7 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้เฟืองทด

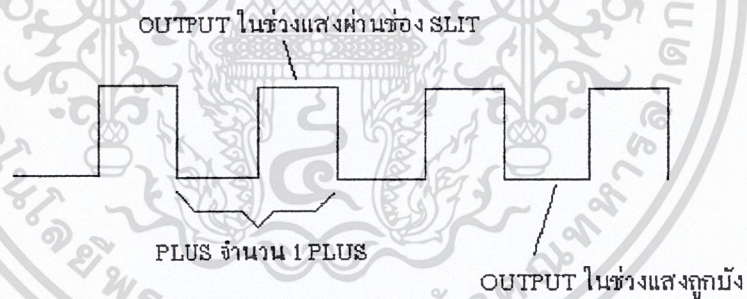
2.2.3. การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้แสงอินฟราเรด

Servo motor ในรูปที่ 2.8 นั้นจะใช้เซนเซอร์ที่เรียกว่า Rotary encoder มีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีแกนอยู่ตรงกลาง และที่แผ่นกลมจะมีช่องเล็กที่แสงสามารถส่องผ่านได้เป็นจำนวนมากเราเรียกช่องนี้ว่า ช่อง Slit ซึ่งที่ด้านหนึ่งของ แผ่นกลมนี้ จะมีตัวส่งแสงอินฟราเรด (Infared) ไปยังตัวรับสัญญาณแสงอินฟราเรดซึ่งจะอยู่ในด้านตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบใช้แสงอินฟราเรด

เมื่อหมุนแกนหมุนทำให้แผ่นกลมหมุนไปตัดลำแสงอินฟราเรดตั้งนั้นชุดรับแสงอินฟราเรด จึงมีแสงมากระทบเป็นช่วง ๆ (เป็น pluse) ตามจังหวะที่แสงผ่านช่อง Slit จึงทำให้สัญญาณ Output ของชุดรับแสงอินฟราเรดมีลักษณะเป็นพัลส์ดังรูปที่ 2.9



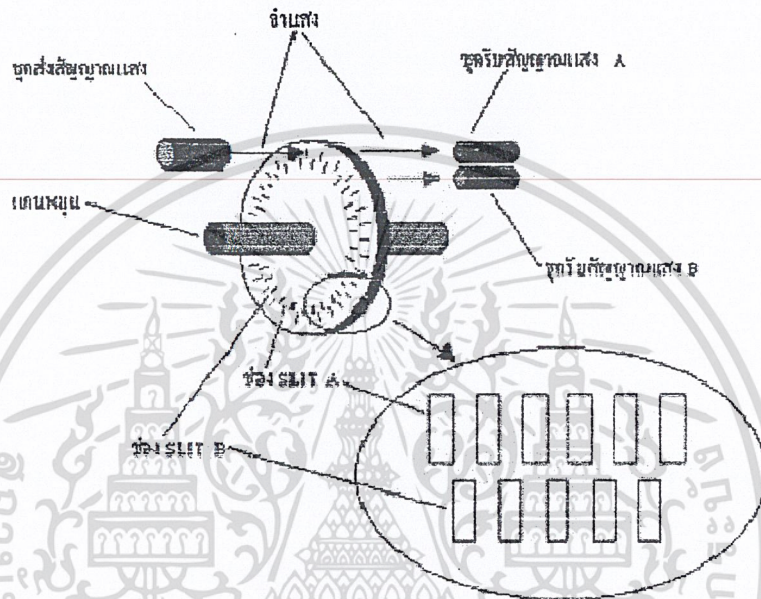
รูปที่ 2.9 พัลส์จากชุดรับสัญญาณอินฟราเรด

จำนวนพัลส์ที่ได้ออกมา นี้จะเป็นตัวที่ชี้บ่งว่ามอเตอร์หมุนไปกี่องศา หรือกี่รอบ ซึ่งเราสามารถคำนวณได้จากสูตร

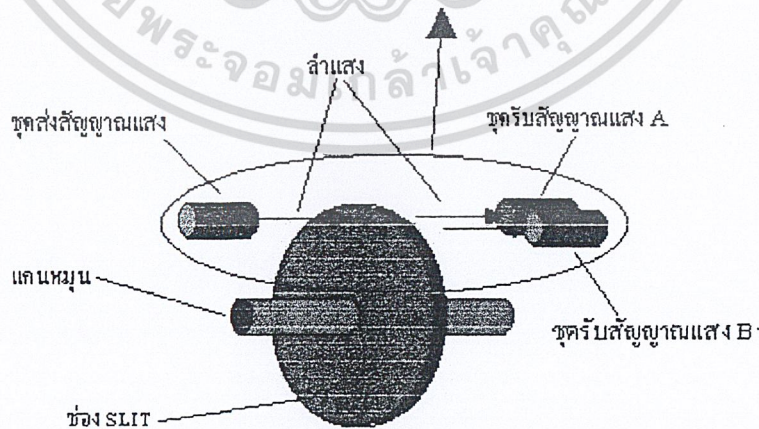
$$\text{จำนวนรอบที่มอเตอร์หมุนไป} = \text{จำนวนพัลส์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความละเอียดของ Rotary encoder โดยที่ ค่าความละเอียดของ Rotary encoder นั้นนิยมใช้หน่วยเป็น Plus/ round หรือ ppr เช่น 1000 ppr ก็หมายความว่าเมื่อมอเตอร์หมุนไป 1 รอบจะมีพัลส์ออกมา 1000 Plus เป็นต้น ส่วนในเรื่องที่ว่าเราจะทราบได้อย่างไรว่ามอเตอร์หมุนไปทิศทางใดนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีสร้างช่อง Slit เป็น 2 ชุด เหลื่อมกัน 90 องศา ดังรูปที่ 2.10



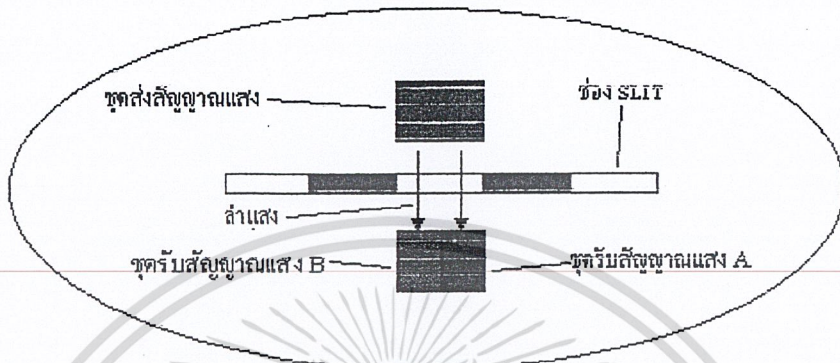
รูปที่ 2.10 ช่อง slit แสดงการเคลื่อนที่ของมอเตอร์



รูปที่ 2.11 แสดงลำแสงที่ผ่านช่อง slit สู่อุปกรณ์รับสัญญาณแสง

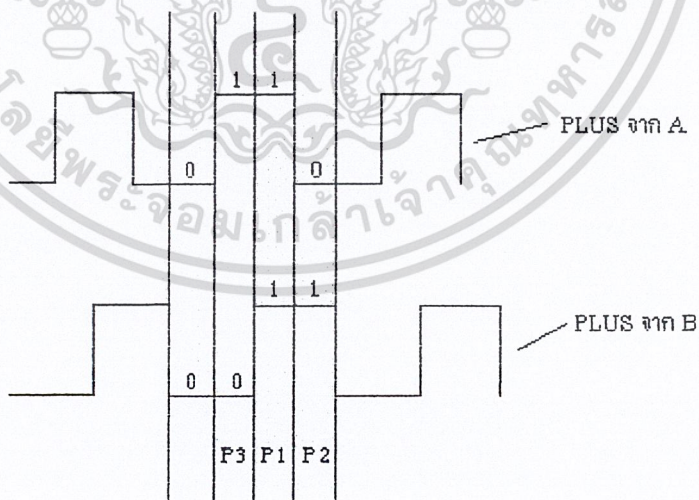
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปเชิงประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออาจจะใช้ช่อง Slit เพียง 1 ชุด แต่มีการจัดวางชุดรับสัญญาณแสงดังรูปข้างล่างแต่ข้อ
สำคัญคือจะต้องมีเฟสต่างกัน 90 องศา



รูปที่ 2.12 การส่งสัญญาณเข้าสู่ตัวรับแสง A และ B

ดังนั้นสัญญาณ Output จาก Servo motor จึงมี 2 ชุด คือ A และ B โดยที่สัญญาณพัลส์จาก A และ B ก็จะเหลื่อมกัน 90 องศา ด้วย อาจกล่าวได้ว่าสัญญาณ Output จาก Servo motor มีค่าเท่ากับ 2 Bit คือหนึ่ง Bit มาจาก A และอีกหนึ่ง Bit มาจาก B ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.13 แสดงค่าพัลส์แตกต่างกัน 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราให้พัลส์ในช่วง High มีค่าเป็น “1” และพัลส์ในช่วง Low มีค่าเป็น “0” เราสามารถใช้ค่าดังกล่าวมาคำนวณหาทิศทางที่ Servo motor หมุนได้โดยใช้วิธีการทางดิจิทัล คือ การนำค่าที่อ่านได้มาทำการ Exclusive OR (XOR) กัน โดยการนำ Bit ทางขวาของค่าเก่ามา XOR กับ Bit ทางซ้ายของค่าใหม่ที่อ่านได้

สมมติในตอนแรก Servo motor อยู่ที่ตำแหน่ง P1 เพราะฉะนั้นค่าของตัวเลขไบนารีที่อ่านได้จากวงจรถอดรหัส (Encoder) จะมีค่าเป็น 11 ถ้า Servo motor หมุนไปที่ตำแหน่ง P3 จะทำให้ค่าของตัวเลขไบนารี ที่อ่านได้จาก Encoder จะมีค่าเป็น 10 ดังนั้นถ้าเรานำเอาค่าทางขวา จากค่าที่อ่านได้ในครั้งแรก (11) ซึ่งก็คือ 1 มา XOR กับค่าทางซ้ายที่อ่านได้ในครั้งต่อมา (10) ซึ่งก็คือ 1 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0 เพราะฉะนั้นค่า 0 จึงเป็นค่าที่บอกว่า Servo motor หมุนไปทางขวา ในทางกลับกันถ้าในตอนแรก Servo motor อยู่ที่ตำแหน่ง P1 และต่อมา Servo motor หมุนไปที่ตำแหน่ง P2 ถ้าเรานำเอาค่าทางขวา จากค่าที่อ่านได้ในครั้งแรก (11) ซึ่งก็คือ 1 มา XOR กับค่าทางซ้ายที่อ่านได้ในครั้งต่อมา (01) ซึ่งก็คือ 0 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 1 เพราะฉะนั้นค่า 1 จึงเป็นค่าที่บอกว่า Servo motor หมุนไปทางซ้าย A และการ XOR ค่าต่างๆ ได้แสดงไว้ดังตารางที่ 1 ด้านล่าง

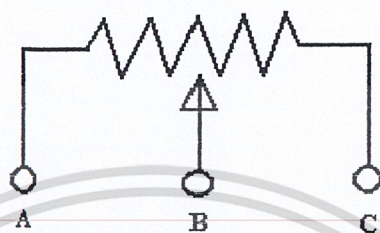
A	B	A x OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2.1 การ XOR ระหว่าง A และ B

พัลส์ที่ได้จาก Rotary encoder จะถูกนำไปเชื่อมต่อเข้ากับวงจรรับพัลส์ หรือวงจรรคำนวณ เพื่อที่จะตรวจสอบว่า Servo motor หมุนไปทิศทางใดและอยู่ที่ตำแหน่งใด ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยส่วนมากแล้ว Servo motor ที่ใช้ Rotary encoder แบบนี้ จะมีจำนวนรอบ ของการหมุน ที่ไม่จำกัด โดยจะหมุนไปกี่รอบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถของวงจรรับพัลส์ และวงจรรคำนวณ

2.2.4 การควบคุมการเคลื่อนที่แบบตัวต้านทานปรับค่าได้

ยังมีวงจรถนเซออร์ อีกหนึ่งชนิดที่มักจะใช้กันบ่อยๆคือ แบบ potentiometer หรือ ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ ซึ่งมีไดอะแกรมแสดงดังรูปที่ 2.14 และมีรูปแสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 2.15 ตัวต้านทานปรับค่าได้ชนิดแกนหมุน

เมื่อแกนหมุนถูกหมุนไม่ว่าจะเป็นในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ตามจะทำให้ค่าความต้านทานที่วัดได้ระหว่างจุด A – B และจุด B – C มีค่าเปลี่ยนไป นั่นคือถ้าค่าความต้านทานที่วัดได้ระหว่างจุด A – B มีค่ามากขึ้น ค่าความต้านทานที่วัดได้ระหว่างจุด B –C จะมีค่าน้อยลง หรือในทางกลับกัน ถ้าค่าความต้านทาน ที่วัดได้ระหว่างจุด A – B มีค่าน้อยลง ค่าความต้านทานที่วัดได้ระหว่างจุด B –C จะมีค่ามากขึ้น เป็นลักษณะส่วนที่แน่นอน ซึ่งหมายความว่าค่าความต้านทานของจุด A – B เมื่อนำมารวมกับ ค่าความต้านทานของจุด B –C จะมีค่าเท่าเดิมเสมอ ดังนั้นค่าความต้านทานระหว่างจุด A – B และจุด B – C นี้เองจะเป็นตัวที่บ่งชี้ถึงตำแหน่งของ Servo motor แต่อย่างไรก็ตาม Servo motor ที่ใช้ Encoder แบบนี้จะมีจำนวนรอบของการหมุนที่จำกัด โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าสูงสุดเท่ากับจำนวนรอบที่ Potentiometer สามารถจะหมุนได้โดยอาจจะมีตั้งแต่ 1 – 25 รอบ ขึ้นอยู่กับชนิดของ Potentiometer ที่เลือกใช้

2.3 หน่วยความจำและการเชื่อมต่อกับ MCS-51

การสร้างระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ชิพ MCS-51 จำเป็นต้องมีการขยายหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บ โปรแกรมและเก็บข้อมูลจากการประมวลผล เพราะว่าชิพ MCS-51 บางรุ่นจะไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน บางเบอร์มีหน่วยความจำภายในขนาดเล็กซึ่งไม่พอต่อการใช้งาน หน่วยความจำที่ใช้เก็บ โปรแกรมเรียกว่า หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) มีหน้าที่เก็บโปรแกรมที่จะสั่งให้ MCS-51 ทำงานต่างๆ หรือที่เรียกว่าเป็นโปรแกรมมอนิเตอร์ (Monitor Program) หน่วยความจำนี้อาจมีอยู่ภายในชิพของ MCS-51 บางเบอร์ หรือเป็นหน่วยความจำที่ต่อขยายขึ้นจากภายนอกก็ได้ สำหรับหน่วยความจำเก็บข้อมูล (Data Memory) จะใช้เก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของ MCS-51 ดังนั้นการเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำภายนอกจึงจำเป็นต้องทำ ไอซีหน่วยความจำมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดซึ่งจะได้ศึกษาต่อไปนี้

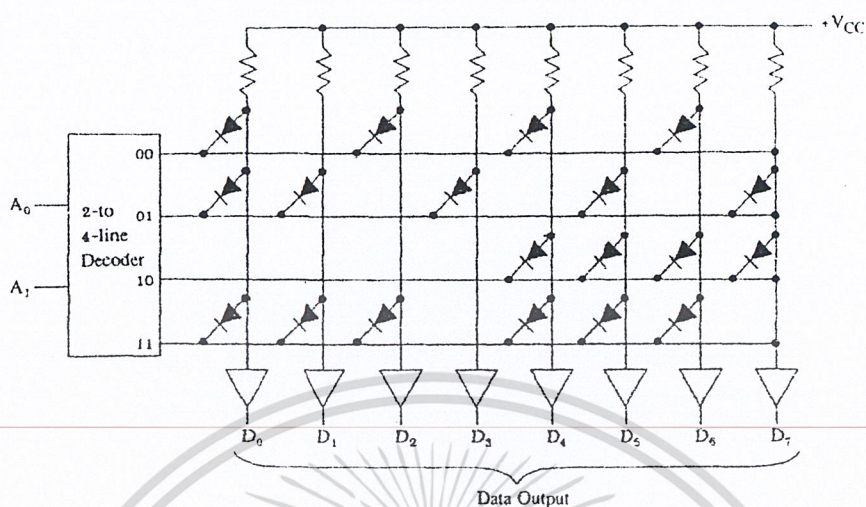
2.3.1 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถทำการเก็บข้อมูลได้ถึงแม้ว่าไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะยังคงอยู่ หน่วยความจำประเภทนี้มักใช้เก็บโปรแกรมระบบที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกแล้ว เช่น โปรแกรม BIOS (Basic Input Output Systems) ในระบบคอมพิวเตอร์ โปรแกรมมอนิเตอร์ในบอร์ดควบคุมต่าง ๆ หน่วยความจำประเภทนี้แบ่งได้หลายชนิดแต่เรียกรวม ๆ ว่า ROM

1) ROM (Read Only Memory)

ข้อมูลในหน่วยความจำประเภทนี้ CPU จะอ่านได้อย่างเดียว ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน ROM จะถูกโปรแกรมโดยโรงงานผู้ผลิต เราไม่สามารถนำมาโปรแกรมได้เอง หน่วยความจำประเภทนี้ บางครั้งจะเรียกว่า Mask-programmed ROM โดยโครงสร้างง่าย ๆ ของ ROM แสดงได้ดังรูปที่ 2.16 โดยภายในไอซี ROM จะถูกสร้างเป็นวงจรถอดรหัส และไดโอดต่อกันอยู่ในชิพ จากรูปจะเป็นตัวอย่าง ROM ที่เก็บข้อมูลได้ 4-Byte ในการอ่านข้อมูลจาก ROM จะอ้างตำแหน่งผ่านทางขาแอดเดรส A0,A1 ซึ่งจะทำให้สัญญาณที่ผ่านวงจรถอดรหัสเป็น “0” ตำแหน่งใดที่มีไดโอดต่ออยู่จะทำให้ข้อมูลที่ล่อจิกนั้นเป็น “0” ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

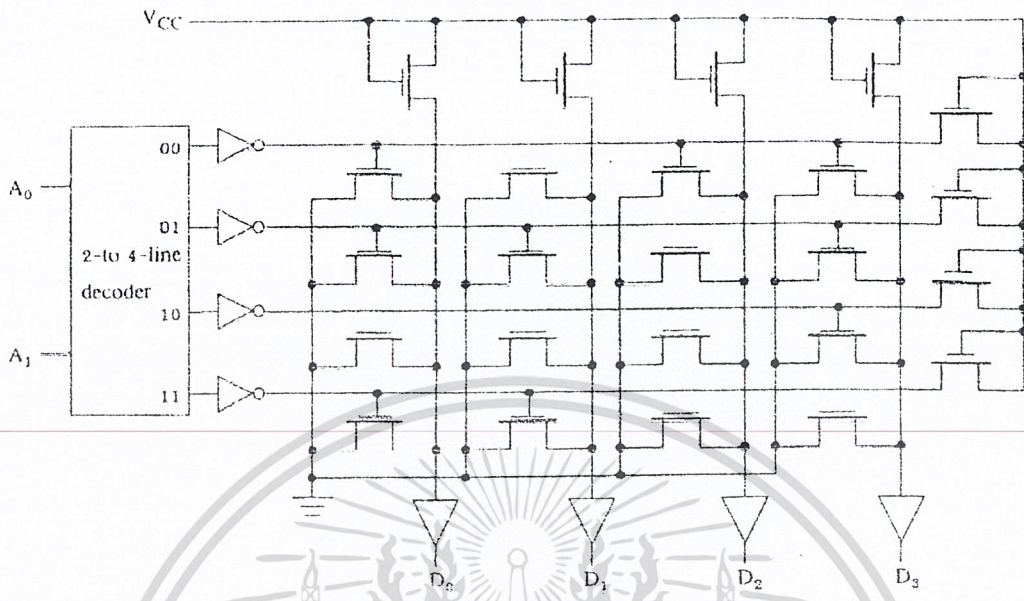


รูปที่ 2.16 แสดงโครงสร้างของหน่วยความจำ ROM

ตำแหน่งแอดเดรส	ข้อมูลเลขฐานสอง								ข้อมูลเลขฐานสิบหก
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
00	0	1	0	1	0	1	0	1	55
01	0	0	1	0	1	0	1	0	2A
10	1	1	1	1	0	0	0	0	F0
11	0	0	0	1	0	0	0	1	11

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรส และข้อมูลเลขฐานสิบหก

ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการสร้าง ROM จะใช้เทคโนโลยีแบบ MOS – Transistor แทนไดโอดซึ่งจะทำให้ไอซี ROM กินกระแสไฟฟ้าน้อย และในแต่ละคอลัมน์จะ Pull-up ด้วย MOS – Transistor Gates ถ้าทรานซิสเตอร์ตัวใดไม่นำกระแสจะได้ลอจิก “1” ที่ตำแหน่งนั้น ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงเทคโนโลยีแบบ MOS – Transistor ในหน่วยความจำ ROM

ตำแหน่งแอดเดรส	ข้อมูลเลขฐานสอง				ข้อมูลเลขฐานสิบหก
	D0	D1	D2	D3	
00	0	1	0	0	4
10	0	0	1	0	2
01	1	1	1	0	E
11	0	0	1	1	3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรส และข้อมูลเลขฐานสิบหก

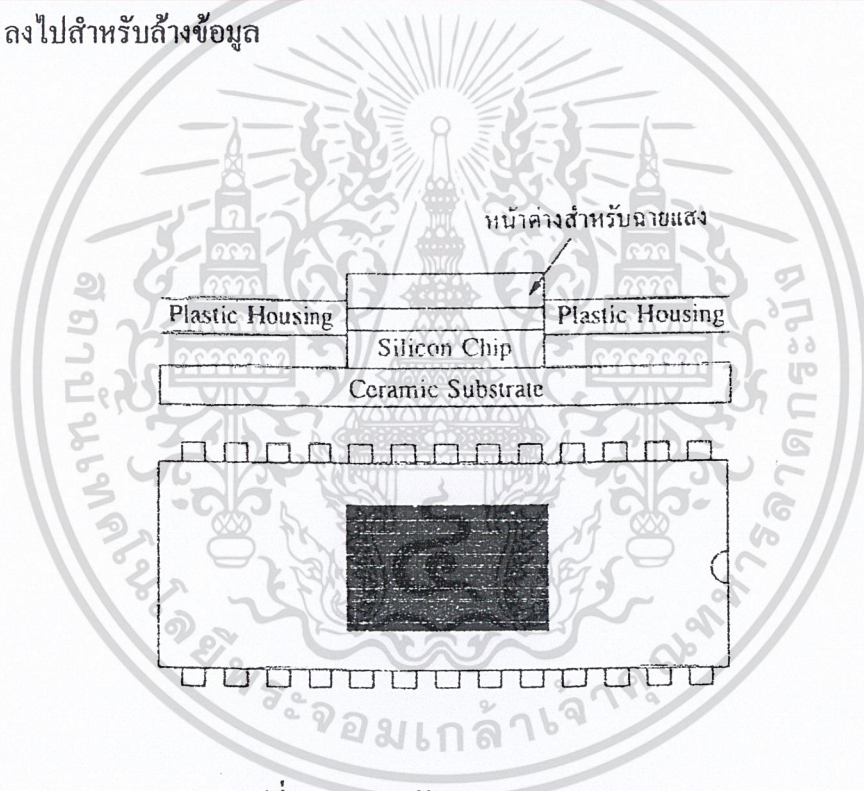
2) PROM (Programmable Read-only Memory)

เป็นหน่วยความจำ ROM ที่ผู้ใช้สามารถโปรแกรมข้อมูลได้เอง โดยการป้อนพัลส์ที่มีแรงดันสูง (High Voltage Pulsed) ทำให้โครงสร้างภายในตัวไอซีขาดออกจากกัน ทำให้เกิดลอจิก “1” หรือ “0” ตรงตามตำแหน่งที่กำหนด เมื่อ PROM ถูกโปรแกรมแล้วข้อมูลภายในไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) EPROM (Erasable Programmable ROM)

เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า PROM ที่สามารถลบได้ ข้อมูลภายในหน่วยความจำชนิดนี้ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้เอง แต่ข้อมูลภายในสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการลบข้อมูลออกให้หมดแล้วโปรแกรมลงไปใหม่การลบข้อมูลทำได้โดยการฉายแสงอุลตราไวโอเลตเข้าไปในตัวไอซีโดยไอซีจะมีช่องพลาสติกไว้สำหรับฉายแสงเมื่อโปรแกรมลงบนไอซีชนิดนี้แล้วควรใช้วัสดุทึบแสงปิดเอาไว้ หน่วยความจำชนิดนี้เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีโอกาสจะปรับปรุงโปรแกรมใหม่และเป็นหน่วยความจำโปรแกรมใหม่และเป็นหน่วยความจำโปรแกรมที่นิยมใช้มากเป็นอันดับหนึ่ง ลักษณะของ EPROM แสดงได้ดังรูปที่ 2.18 โดยด้านบนของชิพจะมีช่องพลาสติกเจาะอยู่เพื่อฉายแสง UV ลงไปสำหรับล้างข้อมูล



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะของ EPROM

4) EEPROM (Electrically Erasable ROM)

หน่วยความจำชนิดนี้จะคล้ายกับ EPROM แต่สามารถลบได้โดยใช้กระแสไฟฟ้าโดยไม่ต้องใช้แสง UV

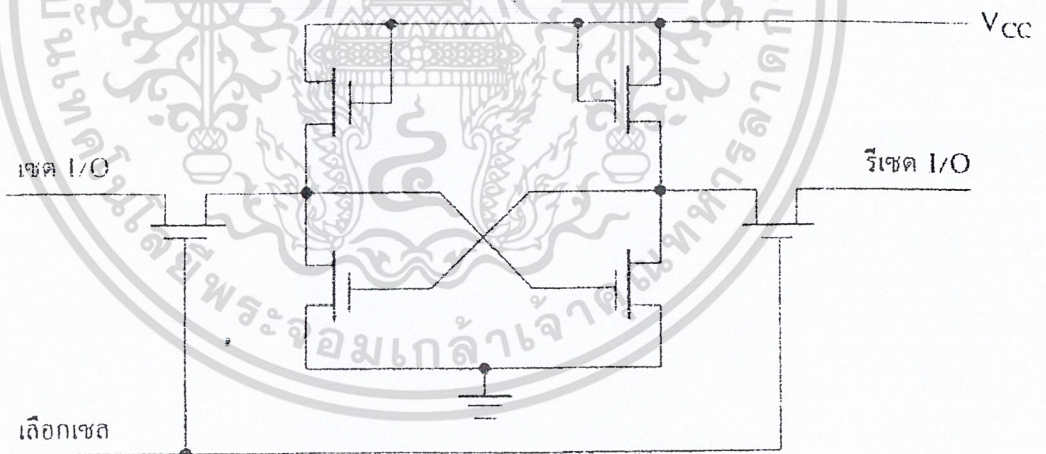
2.3.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำชนิดนี้ CPU สามารถจะอ่านและเขียนข้อมูลได้ เรียกว่า RAM (Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลจากการประมวลผลของ CPU ข้อมูลภายใน RAM จะคงอยู่ตลอดเวลาที่มีแหล่งจ่ายไฟต่ออยู่กับหน่วยความจำ ตัวหน่วยความจำ RAM นี้แบ่งออกได้เป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ

- สแตติกแรม (Static RAM)
- ไดนามิกแรม (Dynamic RAM)
-

1) สแตติกแรม (Static RAM)

เป็นหน่วยความจำ RAM ที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ และข้อมูลจะคงอยู่ตลอดถ้ามีไฟเลี้ยงโครงสร้างภายในในการเก็บข้อมูลแต่ละบิตจะสร้างเป็นฟลิปฟล็อป ทำให้การเก็บข้อมูลแต่ละบิตจะต้องสร้างจากทรานซิสเตอร์ออกมาหลายตัวดังรูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของสแตติกแรมในการเก็บข้อมูล 1 บิต



รูปที่ 2.19 แสดงการเก็บข้อมูลแต่ละบิตของสแตติกแรม

2) ไดนามิกแรม (Dynamic RAM)

เป็นหน่วยความจำที่ข้อมูลจะคงอยู่ตลอดไปถ้ามีไฟเลี้ยง แต่จะต้องมีการกระตุ้นหรือการเขียนข้อมูลซ้ำ (Refresh) ตลอดเวลาด้วยวงจรพิเศษ เนื่องจากโครงสร้างภายในของไดนามิกแรมจะสร้างเป็นตัวเก็บประจุคั้งนั้นในการเก็บข้อมูล 1 บิต จึงต้องมีการเขียนข้อมูลซ้ำเพื่อให้ประจุคงอยู่ และเนื่องจากโครงสร้างภายในเป็นแบบตัวเก็บประจุทำให้ในการเก็บข้อมูล 1 บิต จะสร้างทรานซิสเตอร์ไม่ก็ตัว ซึ่งจะทำให้ความจุของข้อมูลต่อชิพสูงกว่าหน่วยความจำแบบสแตติกแรม โครงสร้างภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2.20

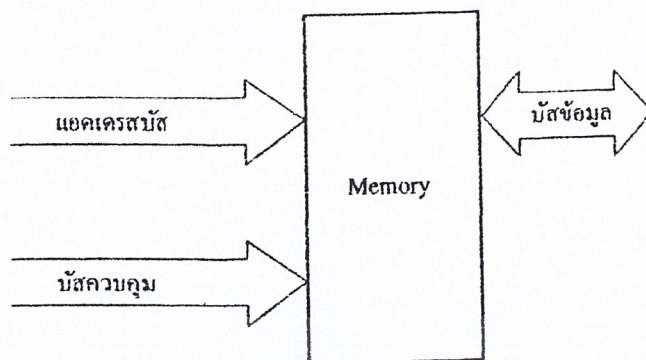


รูปที่ 2.20 แสดงโครงสร้างภายในของสแตติกแรม

2.3.3 การอ่านและเขียนข้อมูลกับหน่วยความจำ

ไอซีหน่วยความจำโดยทั่วไปจะประกอบด้วยกลุ่มสัญญาณ 3 กลุ่ม คือแอดเดรสบัส บัสข้อมูลและสัญญาณควบคุม โดยแอดเดรสบัสจะใช้ในการอ้างตำแหน่ง ถ้าแอดเดรสบัส 10 เส้น คือ A0 – A9 สามารถอ้างตำแหน่งได้ 2^{10} หรือ 1 กิโลไบต์ บัสข้อมูลจะเป็นตัวบอกว่าในแต่ละตำแหน่งจะเก็บข้อมูลได้กี่บิต เช่น ถ้ามีบัสข้อมูล 8 เส้น คือ D0 – D7 สามารถเก็บข้อมูลได้ตำแหน่งละ 1 ไบต์ ส่วนบัสควบคุมจะใช้ในการอ่านเขียนหน่วยความจำ ระบบบัสทั้ง 3 ระบบ แสดง ได้ดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงกลุ่มสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำ

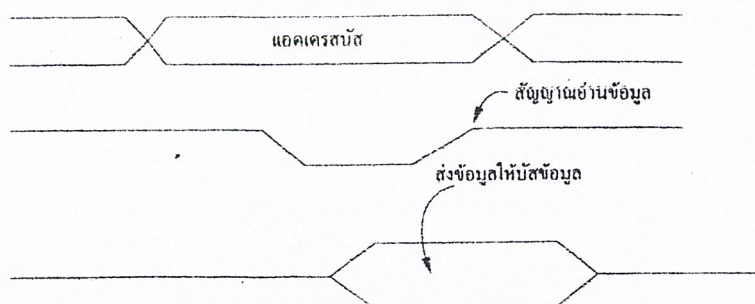
โดยทั่วไปไอซีหน่วยความจำจะมีขา CE (Chip Enable) ไว้สำหรับเลือกให้ไอซีตัวที่ต้องการใช้ทำงาน ในกรณีที่มิไอซีหน่วยความจำหลาย ๆ ตัว ขา OE (Output Enable) จะใช้ต่อกับไอซีถอดรหัสสำหรับอ่านข้อมูล ถ้าขาแอกทิฟ ข้อมูลที่อยู่ในไอซีหน่วยความจำจะส่งออกมาทางบัสข้อมูลได้

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำจะมีขา CE (Chip Enable) ไว้สำหรับเลือกให้ไอซีตัวที่ต้องการใช้ทำงาน ในกรณีที่มิไอซีหน่วยความจำหลาย ๆ ตัว ขา OE (Output Enable) จะใช้ต่อกับไอซีถอดรหัสสำหรับอ่านข้อมูล ถ้าขานี้แอกทิฟ ข้อมูลที่อยู่ในไอซีหน่วยความจำจะส่งออกมาทางบัสข้อมูลได้

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ มีลำดับขั้นดังนี้

1. ส่งตำแหน่งที่จะอ่านไปก่อนทางแอดเดรสบัส
2. ส่งสัญญาณควบคุมว่าต้องการจะอ่าน
3. ข้อมูลภายในไอซีหน่วยความจำถูกส่งออกมาทางบัสข้อมูล

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสามารถเขียนเป็น ไคอะแกรมเวลาได้ดังรูปที่ 2.22

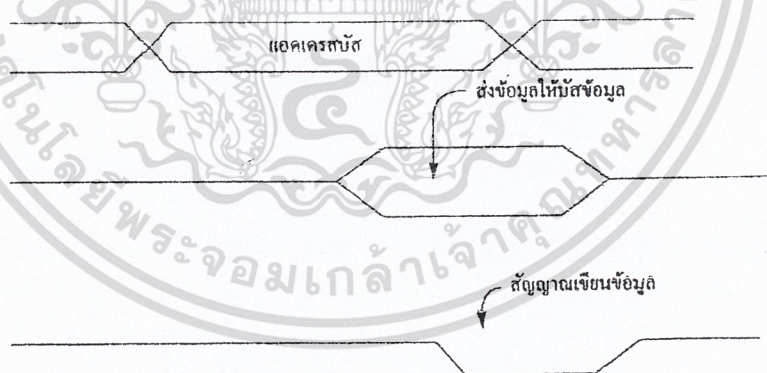


รูปที่ 2.22 แสดงสัญญาณในการอ่านข้อมูล

การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ มีลำดับขั้นดังนี้

1. ตั้งตำแหน่งที่จะเขียนข้อมูลออกไปก่อนทางแอดเครสส์
2. ส่งข้อมูลที่จะเขียน ไปทางบัสข้อมูล
3. ตั้งสัญญาณเขียนข้อมูล

การเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำสามารถเขียนเป็นไคอะแกรมเวลาได้ดังรูปที่ 2.23

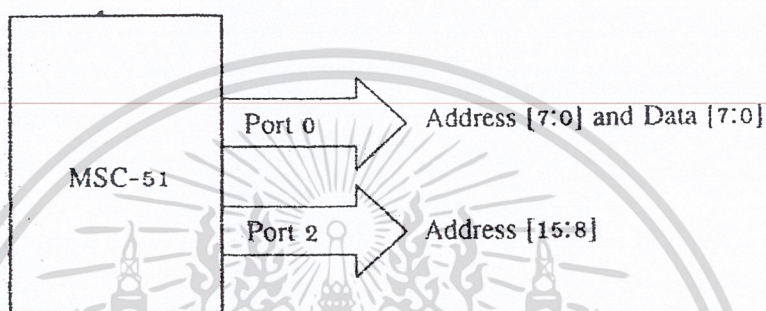


รูปที่ 2.23 แสดงสัญญาณในการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 การเชื่อมต่อหน่วยความจำกับ MCS-51

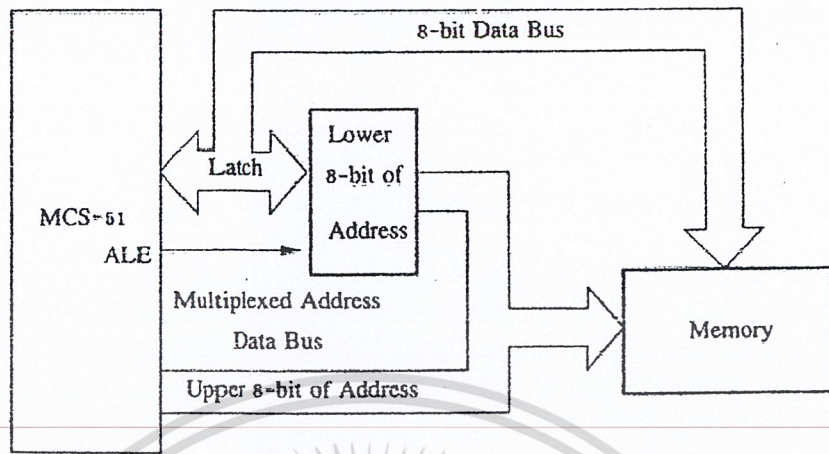
จากสัญญาณการติดต่อหน่วยความจำจะประกอบด้วย แอดเดรสบัส บัสข้อมูลและบัสควบคุม ใน MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 64 กิโลไบต์ โดยจะใช้สายสัญญาณแอดเดรสบัส 16 เส้น ส่งออกมาทาง พอร์ต 0 และ พอร์ต 2 โดยพอร์ต 0 จะใช้ Multiplexed ระหว่างแอดเดรสบัส และบัสข้อมูล โดยแอดเดรสบัสจะเป็นบิตค่า A0 - A7 ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงสัญญาณของ MCS-51 ที่ใช้ติดต่อกับตำแหน่งหน่วยความจำ

ในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีอุปกรณ์ภายนอกมร Latch สัญญาณแอดเดรสบัสที่ได้จากพอร์ต 0 เพื่อที่จะใช้พอร์ต 0 เป็นบัสข้อมูลต่อไป ในรูปที่ 3.10 จะแสดงการต่อหน่วยความจำประเภท ROM RAM กับ MCS-51 โดยมีอุปกรณ์ภายนอกมา Latch ค่าแอดเดรสบัสไบต์ค่าเอาไว้ เรียกว่า “Address Latching”

อุปกรณ์ที่นิยมใช้ได้แก่ ไอซี TTL เบอร์ 74LS373 โดยสัญญาณที่ใช้ Latch คือสัญญาณ ALE จาก MCS-51 ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้ว



รูปที่ 2.25 แสดงการต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำ

ในการอ่านหน่วยความจำ โปรแกรมและการอ่านเขียนหน่วยความจำข้อมูลการเชื่อมต่อขา แอดเดรสบัสและบัสข้อมูลจะเหมือนกัน ถ้าหน่วยความจำทั้งสองอยู่ตำแหน่งเดียวกัน แต่จะแยกกัน ด้วยสัญญาณควบคุมจาก โค้ดอะแกรมเวลา พบว่าการติดต่อหน่วยความจำเป็นการติดต่อกับ ROM จะใช้สัญญาณ PSNE แต่ถ้าติดต่อกับ RAM จะใช้สัญญาณ RD และ WR ซึ่งแสดงค่าลอจิกของ สัญญาณ ได้ดังนี้

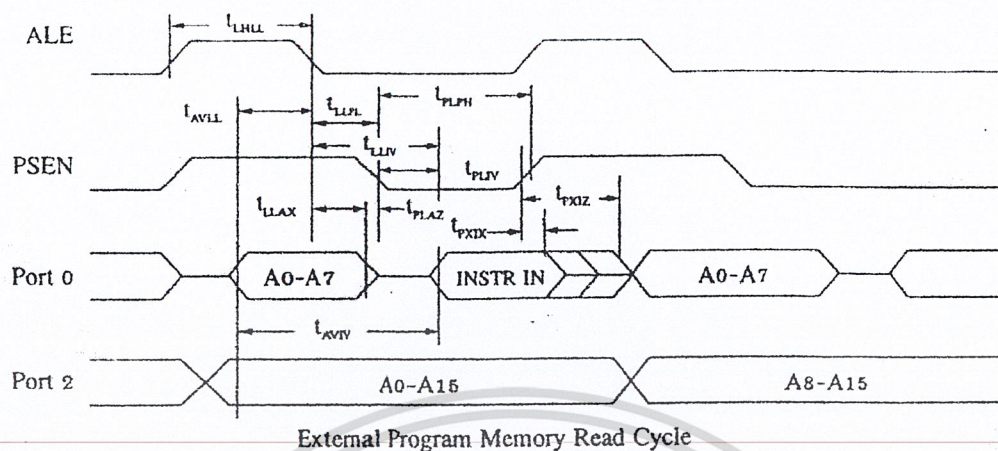
	PSNE	RD	WR
อ่านหน่วยความจำโปรแกรม	0	1	1
อ่านข้อมูลภายนอก	1	0	1
เขียนข้อมูลภายนอก	1	1	0

ตารางที่ 2.4 แสดงสัญญาณควบคุมการอ่านและเขียนหน่วยความจำ

1) การเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

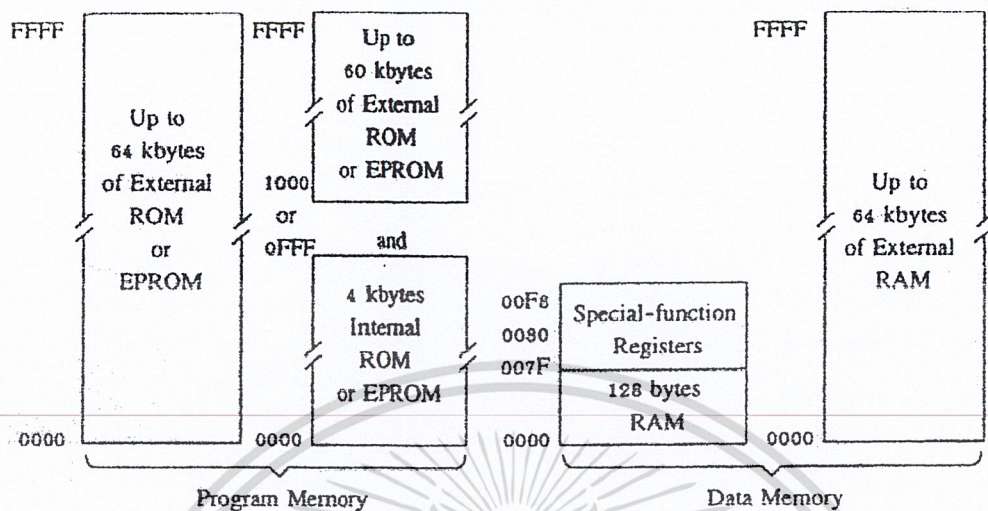
หน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมจะใช้หน่วยความจำประเภท ROM การติดต่อกันระหว่าง MCS-51 กับหน่วยความจำ โปรแกรมภายนอก จะมีลำดับสัญญาณเวลา (Time Diagram) ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



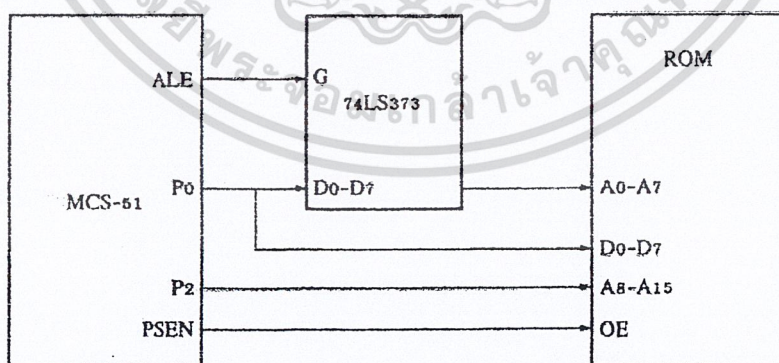
รูปที่ 2.26 แสดงสัญญาณเวลาที่ MCS-51 ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

จากรูปที่ 2.26 เป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ถ้า MCS-51 ต้องการอ่านข้อมูลหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ช่วงเวลาแรกจะส่งสัญญาณ ALE ให้เป็น 1 และ PSEN จะอยู่ในภาวะปกติคือ เป็น 1 จากนั้นพอร์ท 0 และพอร์ท 2 จะส่งค่าตำแหน่งของหน่วยความจำออกมา จากนั้น ALE จะกลับเป็นจิก 0 อุปกรณ์ภายนอกจะ Latch ข้อมูลของพอร์ท 0 ไว้เพราะต้องใช้พอร์ท 0 เป็นพอร์ทข้อมูลด้วย จากนั้นเวลาต่อมาพอร์ท 0 จะอยู่ในภาวะความต้านทานสูง (High Impedance) ต่อจากนั้น PSEN จะแอกทีฟเป็นลอจิก "0" หมายความว่า MCS-51 ต้องการอ่านคำสั่ง (Fetch Instruction) จากนั้นข้อมูลคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมจะถูกเก็บไว้ใน Instruction Register ภายใน MCS-51 จากนั้น ALE และ PSEN จะกลับเป็น "1" ตามเดิม การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 2.27 โดยปกติแล้ว MCS-51 บางเบอร์จะมีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในด้วย สำหรับเบอร์ที่ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเริ่มที่ 0000H



รูปที่ 2.27 แสดงการจัดพื้นที่หน่วยความจำของ MCS-51

จากโค้ดอะแกรมเวลาการอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก จะเห็นว่าสัญญาณที่สำคัญในการเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมกับ MCS-51 ได้แก่ ALE, PSEN, Port 0, Port 1 และอุปกรณ์ที่ใช้ Latch ข้อมูลของพอร์ท 0 การเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำภายนอกจะใช้สัญญาณที่สำคัญดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำ ROM ภายนอกขนาด 64K

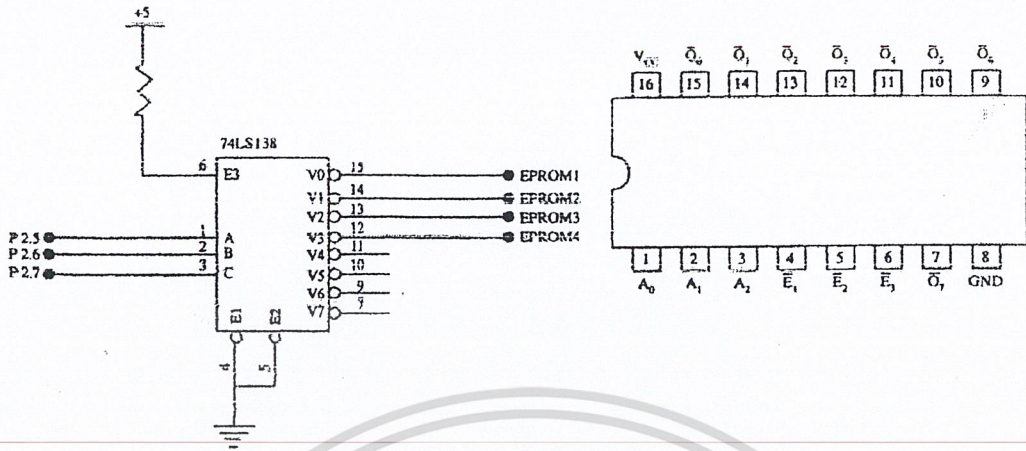
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลหลาย ๆ ตัว

ขนาดของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกที่ MCS-51 สามารถอ่านได้มีค่าถึง 64 กิโลไบต์ ดังนั้นเราสามารถนำหน่วยความจำหลาย ๆ ตัวมาต่อกันได้ในที่นี้จะยกตัวอย่างการนำหน่วยความจำ EPROM เบอร์ 2764 มาต่อหลาย ๆ ตัว ซึ่งแต่ละตัวสามารถเก็บข้อมูลได้ 8 กิโลไบต์ (ใส่ค่า Address A0 – A12) ดังนั้นเราจะต้องกำหนด โครงสร้างผังหน่วยความจำ (Memory Map) ออกมาก่อน ว่าจะให้ EPROM แต่ละตัวอยู่ที่หน่วยความจำใด โดย EPROM แต่ละตัวใน Memory Map จะมีค่า A13, A14, A15 ต่างกัน ซึ่งแสดงได้ดังตาราง และระบบของเราจำเป็นต้องเลือกให้ EPROM ทำงาน ซึ่งจะต้องมีสัญญาณที่ใช้เป็นตัวเลือก Address ให้อยู่ในช่วงที่เราต้องการ ในที่นี้จะใช้ไอซีถอดรหัสเบอร์ 74LS138 ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 2.29

EPROM	ตำแหน่ง	A15	A14	A13
1	0000H-1FFFH	0	0	0
2	2000H-3FFFH	0	0	1
3	4000H-5FFFH	0	1	0
4	6000H-7FFFH	0	1	1
5	8000H-9FFFH	1	0	0
6	A000H-BFFFH	1	0	1
7	C000H-DFFFH	1	1	0
8	E000H-FFFFH	1	1	1

ตารางที่ 2.5 แสดงการถอดรหัสของไอซี 74LS138



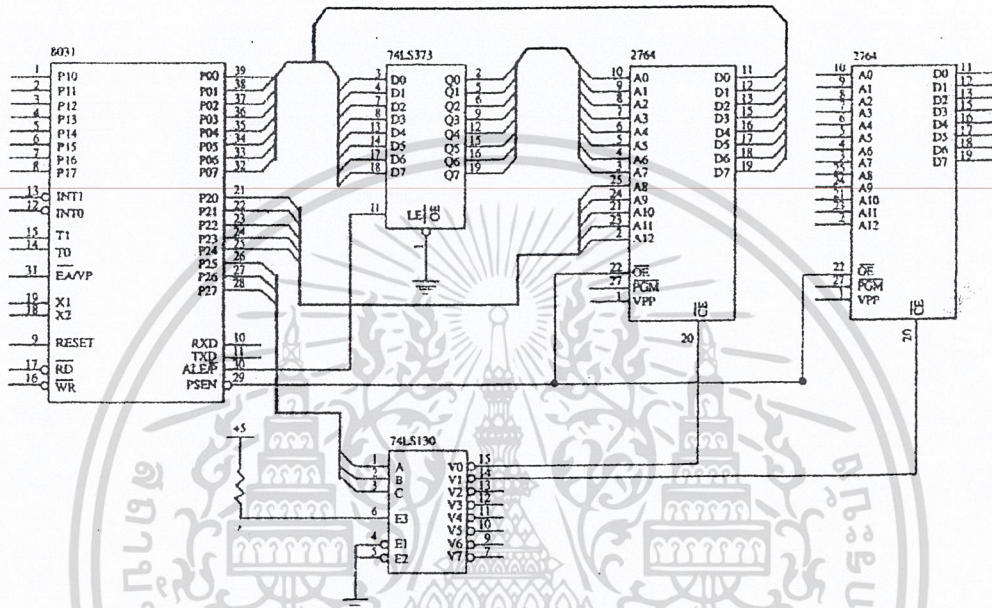
รูปที่ 2.29 แสดงการทำงานของไอซีเบอร์ 74LS138

อินพุต			เอาต์พุต										
E1	E2	E3	A0	A1	A2	O0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	X	X	X	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	X	X	X	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	X	X	X	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	X	X	X	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	L

ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสการต่อใช้งานร่วมกับไอซี 74LS138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้ไอซีเบอร์ 74LS138 ทำงานให้ G2A และ G2B จะต้องเป็นลิจิก “0” ถ้า P2.5, P2.6, P2.7 เป็น “0” หมด ขา 15 ของ 74LS138 จะทำงาน ดังนั้น EPROM ตัวแรกจะถูกเลือกให้ทำงาน เราสามารถออกแบบระบบของเราได้ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แสดงการเชื่อมต่อ MCS-51 กับหน่วยความจำหลาย ๆ ตัว

3) การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูล

โดยปกติแล้วหน่วยความจำข้อมูลจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวล หน่วยความจำข้อมูลจะเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ โดยจะใช้หน่วยความจำประเภท RAM MCS-51 สามารถอ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Memory) โดยหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นหน่วยความจำที่อยู่ในตัว MCS-51 เอง ซึ่งการจัดเนื้อที่หน่วยความจำข้อมูลภายในแสดงได้ดังรูปที่ 2.31 การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายในจะติดต่อด้วยคำสั่ง MOV หน่วยความจำข้อมูลภายในนี้จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นรีจิสเตอร์ และพื้นที่สำหรับผู้พัฒนาโปรแกรมจะใช้งานทั่วไป ซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์เท่านั้น สำหรับ MCS-51 แต่ละเบอร์โดยปกติแล้วหน่วยความจำข้อมูลภายในจะไม่พอใช้จึงจำเป็นต้องต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกเพิ่มขึ้น สำหรับการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแสดงเป็นลำดับสัญญาณได้ดังรูปที่ 2.32

FFH

รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ
สำหรับใช้งานต่าง ๆ

80H

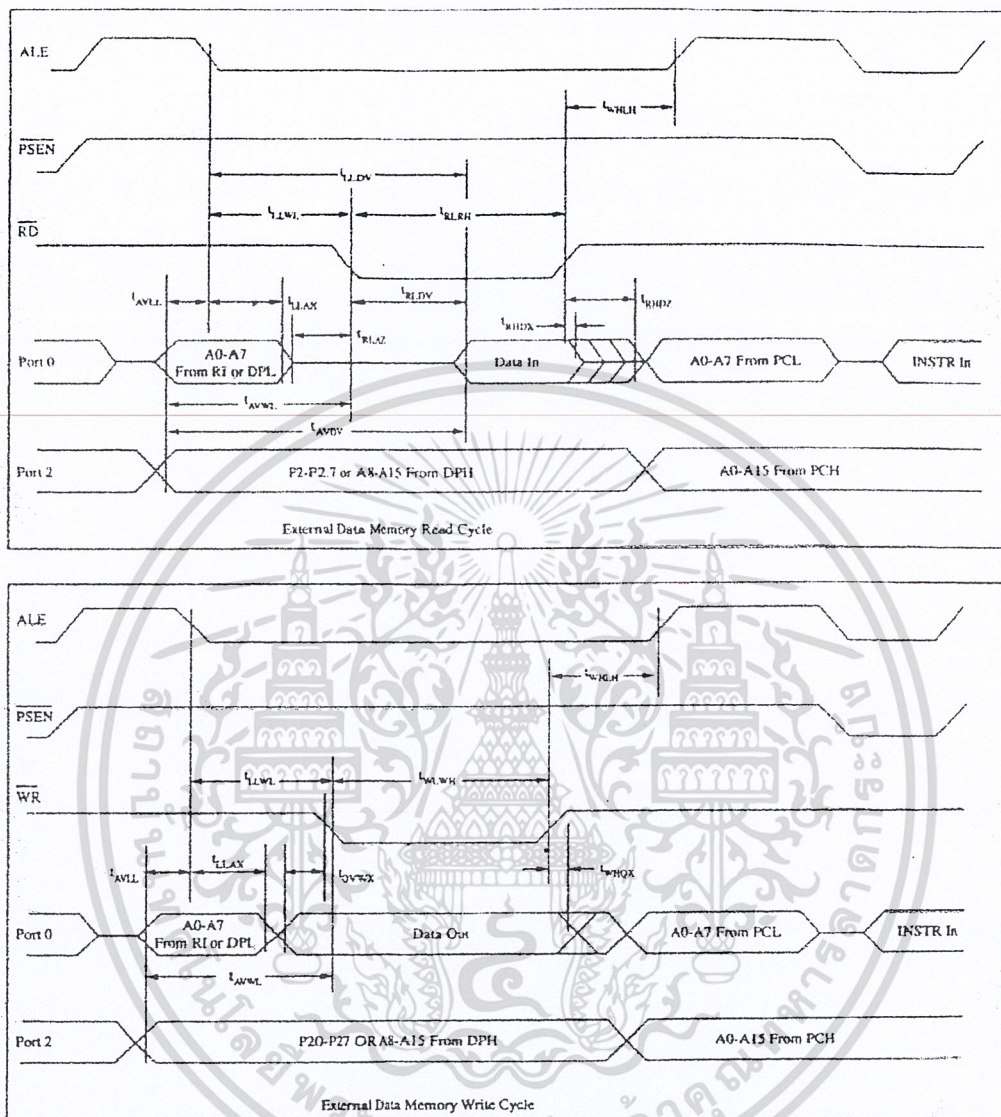
7FH

หน่วยความจำ RAM ภายใน
ประกอบด้วยพื้นที่ที่ใช้งานทั่วไป
รีจิสเตอร์แบงค์
ตำแหน่งที่เข้าถึงระดับบิตได้

00H

รูปที่ 2.31 การวัดหน่วยความจำข้อมูลภายใน

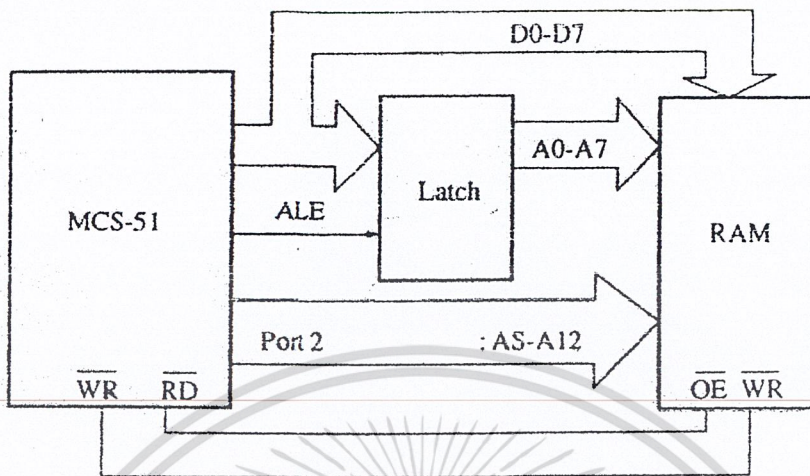
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ไตอะแกรมเวลาการอ่านเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

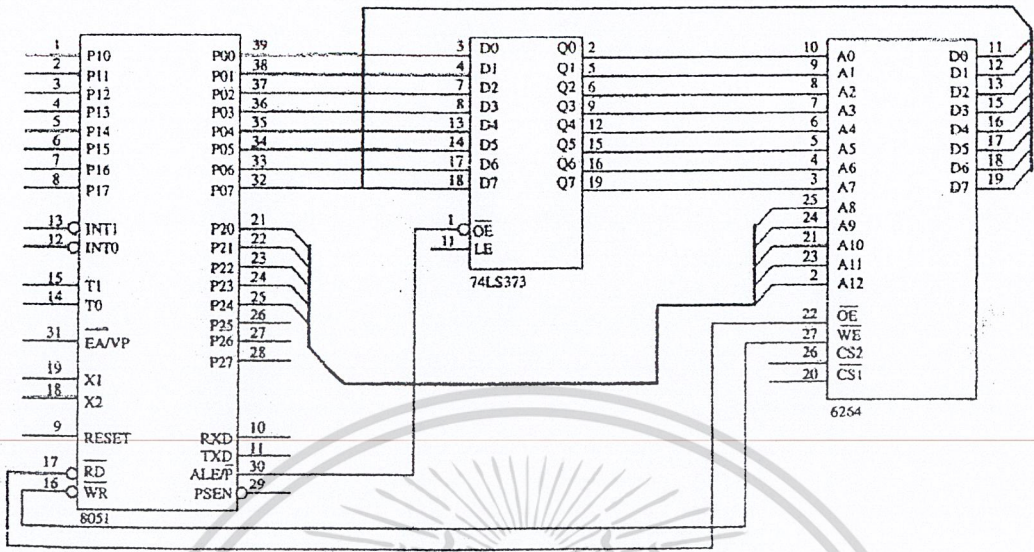
จากรูปจะเห็นได้ว่า ถ้า MCS-51 ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก จะใช้สัญญาณ RD และถ้าต้องการเขียนข้อมูลให้กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะใช้สัญญาณ WR ในขณะที่สัญญาณ PSNE ไม่เอาทึฟ ดังนั้นการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแสดงได้ดังรูปที่ 2.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกกับ MCS-51 จะเป็นทำนองเดียวกับการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไอซีหน่วยความจำจะใช้แบบสแตติก (Static RAM) จากไดอะแกรมเวลา จะเห็นได้ว่าเมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกสัญญาณที่ต้องใช้คือ พอร์ต 0 และ พอร์ต 2 สำหรับเป็นแอดเดรสบัส สัญญาณ ALE สำหรับ Latch สัญญาณพอร์ต 0 สัญญาณ \overline{RD} และ สัญญาณ \overline{WR} สำหรับอ่านและเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำตามลำดับ การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกกับ MCS-51 อาจแสดงได้ดังนี้



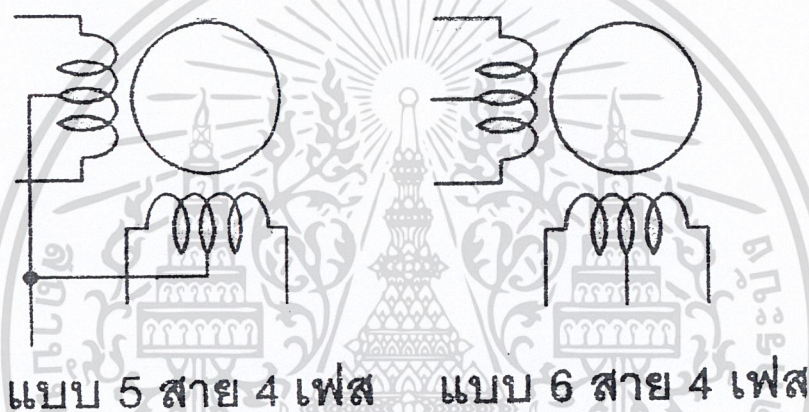
รูปที่ 2.34 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกหลายๆ ตัว

การต่อหน่วยความจำหลายๆ ตัวกับ MCS-51 จะต้องมีวงจรถอดรหัสเพื่อเลือกให้หน่วยความจำทำงานในลักษณะเดียวกับการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

2.4 การขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

2.4.1 สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์

สเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนปัจจุบันมีใช้กันอย่างแพร่หลายและหาได้ง่ายมากที่สุดคือ สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ (uni-polar stepper motor) มีลักษณะการพันขดลวดแสดงดังรูป 2.35



รูปที่ 2.35 การพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ 4 เฟส

สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ แต่ละขดแบ่งเป็น 2 เฟส รวมมอเตอร์ทั้งตัวจะมี 4 เฟสคือ เฟส 1,2,3 และ 4 มีการต่อสายออกมาจากขดลวดแต่ละขดเพื่อจ่ายไฟเลี้ยง ทำให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สายและ 6 สาย ถ้าเป็นแบบ 5 สาย จะเป็นการนำสายไฟเลี้ยงของขดลวดทั้งสองมาต่อกันเป็นเส้นเดียว

2.4.2 การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกตั้งด้วย สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบหนึ่งเฟส (full step), แบบ 2 เฟส (two phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบหนึ่งเฟส เป็นการกระตุ้นที่มีรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งไล่เรียงถัดกันไป เช่น เริ่มต้นที่ขดที่ 1, 2, 3, 4 แล้ววนกลับมาที่ขดที่ 1 วนไปเรื่อย ๆ หรือเริ่มที่ขดที่ 1 แล้วย้อนกลับไปยังขดที่ 4, 3, 2 แล้วย้อนกลับมาขดที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งทำให้ทิศทางของการหมุนสวนกัน ในการกระตุ้นรูปแบบนี้จึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรการกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.5

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.7 ลำดับการทำงานของขดลวดเมื่อได้รับการกระตุ้น 1 เฟส

แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นซึ่งคล้ายกับแบบหนึ่งเฟส แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขดที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกันแบบเวฟ ดังตัวอย่าง ขดลวดขดแรกที่ถูกกระตุ้นจะเป็นขดที่ 1 และ 2 ตามด้วยการกระตุ้นขดที่ 2 และ 3 ต่อไปเป็นขดที่ 3 และ 4 ถัดไปเป็นขดที่ 4 และ 1 แล้วกลับมาที่ขดที่ 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้ หรือเริ่มที่ขดที่ 1 และ 4 ตามด้วยขดที่ 4 และ 3 ถัดไปเป็นขดที่ 3 และ 2 ต่อไปเป็นขดที่ 2 และ 1 แล้ววนกลับมาที่ขดที่ 1 และ 4 ทิศทางการหมุนจะสวนทางกัน การกระตุ้นสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบนี้สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 2.6

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.8 การทำงานของขดลวดเมื่อได้รับการกระตุ้นชนิด 2 เฟส

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่ผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ เริ่มจากขดลวดที่ 1,1 และ 2,2,2 และ 3,3,3 และ 4,4,4 และ 1 แล้ววนกลับมายังขดลวดที่ 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงแต่ละสเต็ปเกิดแรงเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่า เมื่อกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับระยะเท่ากับ 1 สเต็ปเต็มของการควบคุมใน 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้ขนาดเท่ากับแบบ 2 เฟสเป็นอย่างน้อย จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.4.3

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

ตารางที่ 2.9 แสดงลำดับการทำงานของขดลวด โดยกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

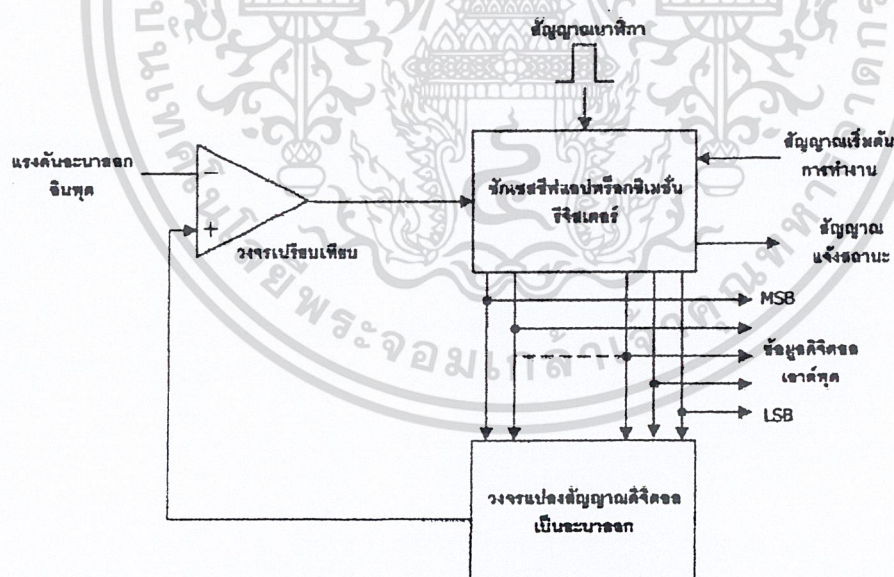
2.5 การใช้งานไอซี PCF 8591 ADC/DAC

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC) ที่ได้รับความนิยมสูงและมีประสิทธิภาพดี คือการแปลงแบบซิกเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชัน ไอซี ADC ที่เลือกมาทำการทดลองนี้ก็ใช้วงจร ADC แบบเดียวกันนี้ จึงต้องทำความเข้าใจพื้นฐานการทำงานของวงจร ADC แบบนี้ก่อน

ถ้าจะแปลเป็นไทยอาจเรียกกระบวนการ ADC แบบซิกเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชันนี้ว่า เป็นการแปลงแบบประมาณหาค่าใกล้เคียง โค้ดแอมแกรมการทำงานของวงจรแบบนี้แสดงในรูปที่ 3.36 ส่วนสำคัญหลักคือ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน, วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกหรือ DAC, สัญญาณนาฬิกา และส่วนควบคุมลอจิก

วงจร ADC แบบซิกเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชันนี้จะใช้รีจิสเตอร์เลขฐานสองหรือ ไบนารีรีจิสเตอร์ในการส่งข้อมูลดิจิทัลของวงจร DAC ภายใน แต่ละบิตของรีจิสเตอร์จะเซตและรีเซตโดยการควบคุมจากวงจรควบคุม ค่อยไปนี้จะอธิบายการทำงานของ ADC แบบนี้ไปที่ละขั้น ขอให้พิจารณา โค้ดแอมแกรมเวลาประกอบด้วย

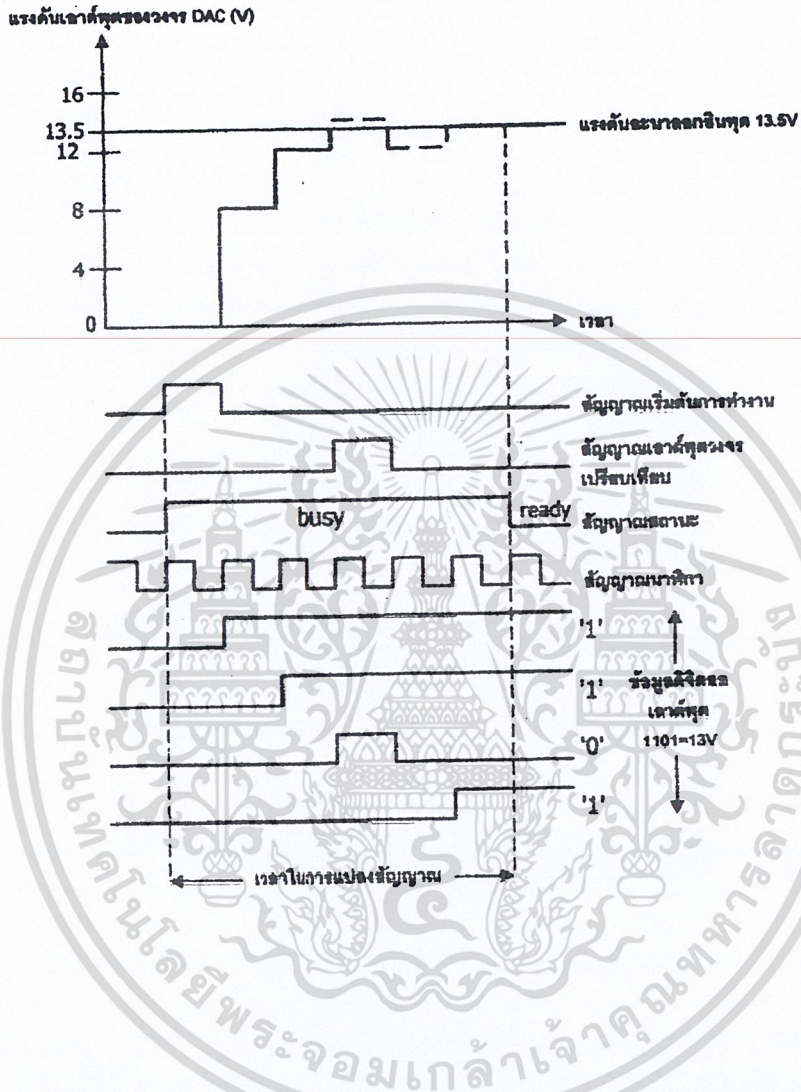
กำหนดให้แรงดันอนาลอกอินพุต (V_{in}) มีค่า 13.5 V



รูปที่ 2.36 โค้ดแอมแกรมแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซิกเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่งสัญญาณเริ่มต้นการทำงาน (start converter) มายังซีกเซตซีฟแอปหรือกซิมเมชันรีจิสเตอร์ (successive approximation register)
2. ขณะที่สถานะของรีจิสเตอร์จะไม่ว่าง(busy) สัญญาณนาฬิกาถูกแรกถูกส่งเข้ามาเพื่อกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์เท่ากับ 0000
3. เอาต์พุตของ DAC จะเป็น 0V ส่งไปในวงจรเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบกับ V_{in} ในขณะนี้จะได้เอาต์พุตเท่ากับ $-5V$ กำหนดเป็นลอจิก “0”
4. เมื่อสัญญาณนาฬิกาถูกส่งไปเข้ามา จะทำการเซตบิต MSN ของรีจิสเตอร์เป็น “1”
5. ในกรณีนี้เป็น ADC ขนาด 4 บิต ดังนั้นการที่บิต MSN เซต จะทำให้วงจร DAC แปลงค่าเป็นแรงดัน 8 V นำไปเปรียบเทียบกับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน แต่ก็ยังน้อยกว่า V_{in} ดังนั้นเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบยังคงเป็น “0” ทำให้รีจิสเตอร์ยังคงค่าบิต MSB ให้เป็น “1” ต่อไป
6. ต่อมาบิต B2 (ถัดจากบิต MSN 1 บิต เนื่องจากมี 4 บิต กำหนดบิต MSN=B3) จะเซตซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 4V นำไปรวมกับค่าของบิต MSB ที่มีอยู่ 8V เช่น 12 V นำไปเปรียบเทียบกับ V_{in} ก็ยังน้อยกว่า รีจิสเตอร์จึงยังคงค่า B2 ไว้ที่ “1” เช่นกัน
7. ต่อมาบิต B1 จะเซตทำให้แรงดันเอาต์พุตมา DAC กลายเป็น $8+4+2=14V$ ซึ่งมากกว่า V_{in} ทำให้วงจรเปรียบเทียบเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็น “1” ซึ่งจะส่งสัญญาณมาควบคุมให้ B1 กลายเป็น “0”



รูปที่ 2.37 ไคอะแกรมเวลาแสดงการทำงานของวงจร ADC แบบซั๊กเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชัน

8. เมื่อบิต LSB ถูกเซต จะมีค่าแรงดัน 1 V เข้ามารวมกับค่าของ B3,B2,B1 เป็น $8+4+0+1 = 13V$ นำไปเปรียบเทียบกับ V_{in} ปรากฏว่าน้อยกว่า V_{in} ทำให้ที่บิต B0 หรือ LSB มีค่าเป็น "1"

9. ขณะนี้ทุกบิตในรีจิสเตอร์ถูกนำมาแปลงค่าเรียบร้อยแล้ว ทำให้สถานะของรีจิสเตอร์กลับมาเป็นพร้อมทำงาน

10. ข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากการ ADC แบบนี้ จะมีค่า 1101 หรือ 13V ซึ่งใกล้เคียงกับค่า V_{in} มากที่สุด ถ้าหากรีจิสเตอร์มีจำนวนบิตมากกว่านี้ ความละเอียดของข้อมูลที่แปลงได้จะมีความใกล้เคียงมากขึ้น ช่วงเวลาของการแปลงสัญญาณจะเริ่มสั้นขึ้นตั้งแต่สัญญาณนาฬิกาถูกแรกถูกส่งเข้าไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมระบบ ไปจนถึงเมื่อสถานะของ รีจิสเตอร์กลับมาเป็น “พร้อมทำงาน” อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะต้องใช้จำนวนสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ $n+1$ พัลส์ โดย n เท่ากับจำนวนบิตของรีจิสเตอร์

ดังนั้นถ้าหาก ADC แบบซิกเซสซีฟแอปพริอ็อกซิเมชันขนาด 4 บิต ใช้สัญญาณนาฬิกา ความถี่ 50 KHz เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการแปลงสัญญาณจะคำนวณได้ดังนี้

1. จำนวนคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

$$F_{clk} = 50 \text{ kHz} = 50 \times 10000$$

2. จำนวนสัญญาณนาฬิกาทั้งหมดที่ใช้ในการแปลงเท่ากับ $n+1$, n มีค่าเท่ากับ 4 เนื่องจากมีจำนวน 4 บิต ดังนั้นจำนวนสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ทั้งหมดจึงเท่ากับ $4+1 = 5$
3. เวลาทั้งหมดที่ใช้เท่ากับ $5 \times 20 = 100$ มิลลิวินาที

จะเห็นว่าวงจร ADC แบบซิกเซสซีฟแอปพริอ็อกซิเมชันมีความเร็วในการทำงานสูงพอสมควรเหมาะอย่างยิ่งในการนำไปใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดกลางอย่าง MCS-51 ความเที่ยงตรงของวงจร ADC

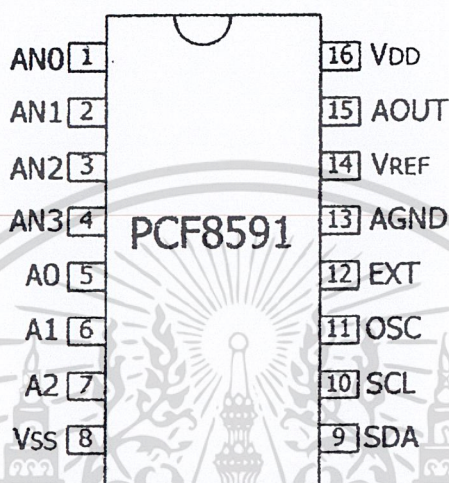
เป็นการเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกของวงจร ADC กับแรงดันที่ควรที่จะเกิดขึ้นจริง ยกตัวอย่างที่ข้อมูลดิจิทัลสูงสุดของวงจร ADC ขนาด 8 บิต เมื่อเทียบเป็นแรงดันอะนาลอกควรมีค่าเท่ากับ 5.0000V แต่จากการคำนวณในตัวอย่างก่อนหน้านี้ได้ค่าแรงดัน 4.9804V นั่นคือความผิดพลาดไป 0.0195V หรือ 19.5 mV แต่การบอกค่าความเที่ยงตรงของวงจร ADC มักจะระบุเป็นจำนวนที่เทียบกับ VLSB ดังนั้นในวงจร ADC ขนาด 8 บิตที่ยกตัวอย่างนี้จึงมีค่าความเที่ยงตรง (หรือบางที่เรียกเป็นค่าความผิดพลาด) เป็น $+1/2\text{LSB}$ ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณ (conversion time)

เป็นค่าของเวลาทั้งหมดที่วงจร ADC แบบวงจรมัลติเพล็กซ์และแบบซิกเซสซีฟแอปพริอ็อกซิเมชันใช้ในการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัลเสร็จสิ้น พารามิเตอร์ตัวนี้มักจะปรากฏในคุณสมบัติของไอซีที่ทำงานเป็นวงจร ADC เมื่อไอซีทำการแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นลง จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า EOC(end of conversion) ออกมา

ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณของวงจร ADC จะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของวงจร ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณและขนาดของสัญญาณอะนาลอกอินพุต

2.5.1 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591

เป็นไอซี ADC ที่มีความสามารถสูง เนื่องจากในตัวมีวงจร ADC แบบซั๊กเซสซีฟ แอปพลิเคชันมีขนาด 8 บิตสูงถึง 4 ช่อง ทั้งยังมีวงจร DAC อีก 1 ช่องด้วย



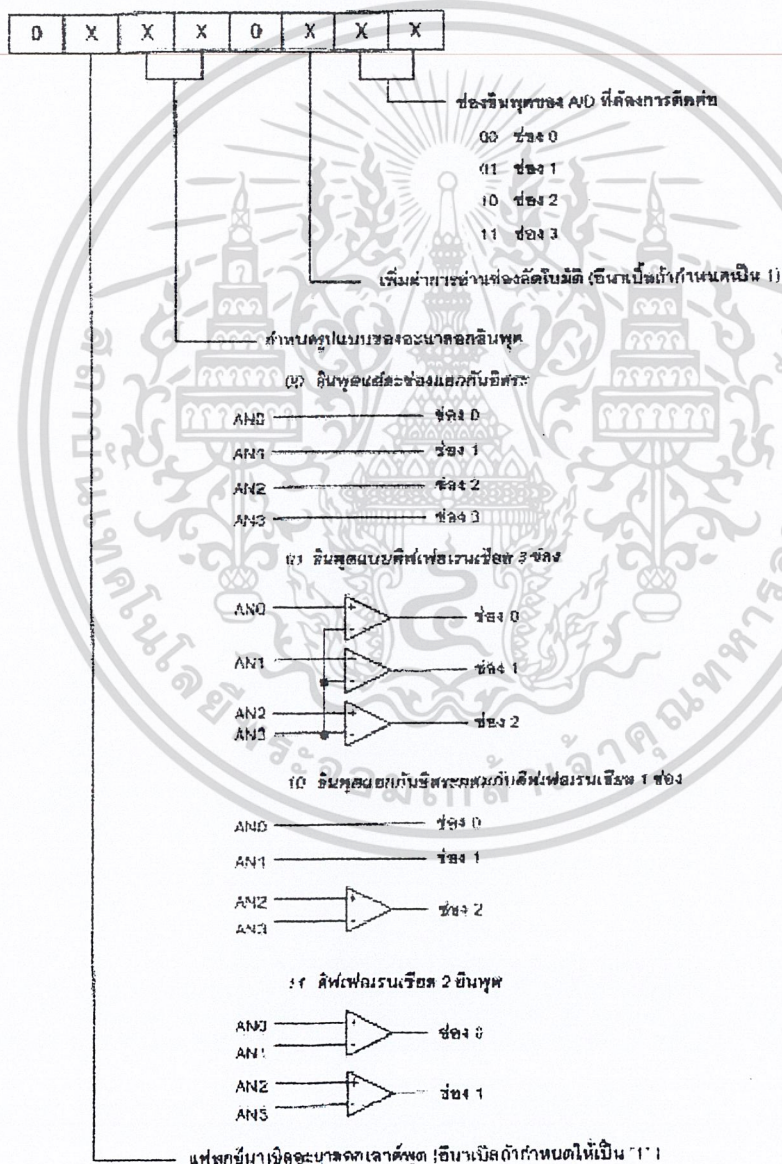
รูปที่ 2.38 การจัดขาของไอซี ADC/DAC ขนาด 8 บิตผ่าน I2C เบอร์ PCF8591

ระบบการเชื่อมต่อเป็นแบบ I2C ทำให้ใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น ทั้งยังสามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุด 8 ตัว ทำให้ได้วงจร ADC รวมสูงถึง 32 ช่อง และวงจร DAC รวม 4 ช่อง ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง มีรายละเอียดคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

1. ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว
2. ทำงานที่แรงดัน 2.5V ถึง 6V
3. กินกระแสขณะอยู่ในสภาวะสแตนด์บายต่ำ
4. ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบบัส I2C
5. สามารถเลือกตำแหน่งแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์จากขา A0,A1,A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุดถึง 8 ตัว
6. อัตราการสุ่มข้อมูล (sampling) ขึ้นอยู่กับความเร็วของสัญญาณนาฬิกาบนบัส I2C
7. วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล(ADC) สามารถรับสัญญาณอะนาลอกได้ 4 ช่อง ทั้งยังเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบแยกช่องหรือทำงานเป็นวงจรคิฟเฟอร์เรเนียนเชียล
8. การอ่านค่าสามารถกำหนดให้เลื่อนช่องอินพุตโดยอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. สัญญาณอะนาลอกมีระดับแรงดันตั้งแต่ V_{ss} ไปจนถึง V_{dd}
10. วงจรแปลงอะนาลอกเป็นดิจิทัลเป็นแบบซิกเซตซีฟ แอปพลิเคชันมีขนาด 8 บิต
11. มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอกขนาด 8 บิต 1 ช่อง



รูปที่ 3.39 รายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนลงในรีจิสเตอร์ควบคุมภายในไอซี PCF8591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PCF 8591 สามารถทำหน้าที่เป็น ไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 8 บิต 4 ช่องและทำหน้าที่เป็น ไอซีแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอกได้ในคราวเดียวกัน ด้วยการควบคุมผ่านระบบบัส I2C ทำให้สามารถต่อพ่วง ไอซี PCF8591 ได้สูงสุดถึง 8 ตัว รองรับการอ่านค่าสัญญาณอะนาลอกอินพุตได้สูงสุดถึง 32 ช่องและสามารถส่งสัญญาณอะนาลอกเอาต์พุตสูงสุดได้ถึง 8 ช่องด้วยการกำหนดแอดเดรสจากขา A0,A1 และ A2 การจัดการขาของ PCF 8591 แสดงในรูปแบบที่ 2.39 ส่วนรายละเอียดตำแหน่งขาต่าง ๆ มีดังนี้

ขา AN0-AN3 (ขา 1-4) เป็นขาอินพุตสำหรับป้อนสัญญาณอะนาลอกที่ต้องการแปลงค่า

ขา A0-A2 (ขา 5-7) เป็นขาสำหรับกำหนดข้อมูลแอดเดรสทางฮาร์ดแวร์ ปกติต่อลงกราวด์ แต่ถ้ามีการใช้งาน PCF8591 มากกว่า 1 ตัว ต้องกำหนดการต่อขา A0-A2 ของ PCF8591 ให้ไม่ตรงกัน จึงทำให้สามารถต่อใช้งานร่วมกันได้สูงสุด 8 ตัว

ขา Vss (ขา 8) เป็นขาต่อลงกราวด์

ขา SDA, SCL (ขา 9 และ 10) เป็นขาเชื่อมต่อบัส I2C

ขา OSC (ขา 11) เป็นขาสำหรับต่อกับสัญญาณนาฬิกา ถ้าต่อกับ ไฟ +5 V จะเป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก โดยต่อสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ถ้าต่อขานี้ลงกราวด์จะเป็นการเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายใน

ขา AGND (ขา 13) เป็นขากราวด์ของแรงดันอ้างอิง ปกติต่อลงกราวด์

ขา Vref (ขา 14) เป็นขาสำหรับป้อนแรงดัน ปกติต่อเข้าไฟเลี้ยง +5V

ขา Aout (ขา 15) เป็นขาเอาต์พุตของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอก

ขา VDD (ขา 16) เป็นขาต่อ ไฟเลี้ยงจ่ายได้ตั้งแต่ +2V ถึง +6V ปกติใช้ +5V

รายละเอียดฟังก์ชันต่าง ๆ ของ PCF 8591

ตำแหน่งแอดเดรส

ในระบบบัส I2C การติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวต้องระบุแอดเดรสของอุปกรณ์เหล่านั้นอย่างชัดเจน ถ้าเป็นการอ้างถึงแบบ 7 บิต ข้อมูลกำหนดแอดเดรส 4 บิตบนจะเป็นค่าแอดเดรสเฉพาะของอุปกรณ์ตัวนั้น ๆ ที่กำหนดมาจากผู้ผลิต ผู้ใช้งานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับ ไอซี PCF 8591 จะมีค่าเท่ากับ 1001 (ฐาน 2) ข้อมูล 3 บิต ถัดมาจะเป็นค่าของแอดเดรสที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้ทางฮาร์ดแวร์เพื่อเลือกใช้ไอซี PCF 8591 ที่ต้องการติดต่อด้วยในกรณีที่มีการต่อใช้งาน PCF 8591 มากกว่า 1 ตัว ส่วนบิต LSB ใช้ในการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับไอซีตัวนั้น ๆ ข้อมูลควบคุม

หลังจากส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสให้แก่ PCF 8591 แล้วต้องส่งข้อมูลควบคุมตามไปด้วย เพื่อกำหนดคุณสมบัติของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัลและวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอกภายใน PCF 8591 โดยมีรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละบิตดังในรูปที่ 3.39

บิต 6 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการอินาเบิลขาอะนาลอกเอาต์พุต เมื่อต้องการอินาเบิล ต้องกำหนดให้ขานี้เป็น “1”

บิต 4 และบิต 5 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการกำหนดรูปแบบของสัญญาณอะนาลอกอินพุตที่ป้อนให้แก่ PCF 8591

บิต 2 ใช้สำหรับเลือกรูปแบบการอ่านข้อมูลจากขาอินพุตอะนาลอกว่าจะเป็นการอ่านจากเพียงอินพุตเดียวหรืออ่านแบบเรียงลำดับทุกอินพุต ถ้าต้องการเลือกให้อ่านแบบเรียงลำดับต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1”

บิต 0 และ บิต 1 ใช้สำหรับกำหนดช่องของอินพุตอะนาลอกที่ต้องการอ่าน ถ้ากำหนดให้บิต 2 เป็น “1” หลังจากอ่านค่าของบิต “0” และบิต “1” แล้วในการอ่านค่าครั้งต่อไปจะเป็นการอ่านค่าอินพุตจากช่องที่ 1

ข้อมูลควบคุมทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ควบคุมภายใน PCF 8591 เมื่อจ่ายไฟให้แก่ PCF 8591 ครั้งแรกบิตต่าง ๆ ของข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ควบคุมจะเป็น “0”

2.5.2 ออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน PCF 8591 จะสร้างสัญญาณนาฬิกาสำหรับการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล เมื่อต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน ขา EXT ต้องต่อลงกราวด์ ถ้าต้องการใช้ออสซิลเลเตอร์จากภายนอกขา ENT ต้องต่อเข้ากับไฟบวก และป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ของ PCF 8591 โดยความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ป้อนให้กับออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 1.25MHz

การอ่านค่าข้อมูลอินพุตอะนาลอกของ PCF 8591

มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยในที่นี้กำหนดแอดเดรสของ PCF 8591 ไว้ที่ 000 (ขา A0,A1,A2 ต่อลงกราวด์ทั้งหมดหากใช้การต่อเพียงตัวเดียว) และให้ทำงานในโหมดเขียนข้อมูล (ป้อนข้อมูลลอจิก “0” ให้แก่บิต R/W)
2. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
3. ส่งข้อมูลควบคุมไปยัง PCF 8591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่งสัญญาณ STOP
5. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
6. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสอีกครั้ง โดยครั้งนี้กำหนดให้เป็น โหมดอ่านข้อมูล(ส่งลอจิก "1" ให้แก่ R/W) เพื่อเริ่มการอ่านข้อมูลจากช่องสัญญาณอะนาล็อกอินพุต
7. อ่านค่าจากขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลช่องที่ 1
8. หากต้องการอ่านค่าในช่องต่อ ไปก็ให้เริ่มต้นการติดต่อใหม่ ดังนั้นการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่าต่อเนื่องทั้ง 4 ช่องหรือมากกว่าต้องเขียน โปรแกรมรูปเพื่อกำหนดรอบการทำงาน 4 รอบหรือ มากกว่าก็จะสามารถอ่านค่าได้ครบทุกช่อง

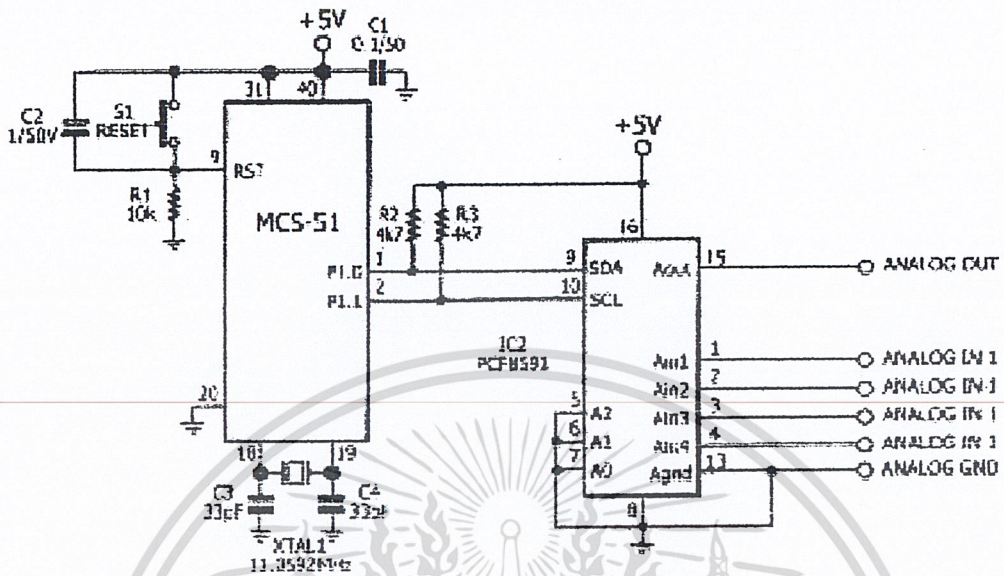
การเขียนข้อมูล ไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อกของ PCF 8591

การเขียนข้อมูล ไปยังขาอะนาล็อกเอาต์พุตมีข้อแตกต่างจากการอ่านข้อมูลดังนี้

1. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
2. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสโดยให้ ทำงานใน โหมดเขียนข้อมูล(บิต R/W เป็นลอจิก "0")
3. ส่งข้อมูลควบคุม 40H ไปยัง PCF 8591 เพื่ออินาเบิ้ลอะนาล็อกเอาต์พุต
4. ส่งข้อมูล ไปยังเอาต์พุตอะนาล็อก โดยค่าที่ส่งออกไปจะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255
5. ส่งสภาวะหยุด
- 6.

2.5.3 การเชื่อมต่อ PCF 8591 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

มีตัวอย่างวงจรแสดงในรูป 3.40 จะเห็นได้ว่าการต่อโดยใช้ DATA BUS สองเส้นคือ SDA และ SCL ตรงนี้เองแสดงให้เห็นถึงความสามารถพิเศษของไอซี I2C ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความต่างกันในพื้นที่การทำงานบนสายสัญญาณเดียวกันได้



รูปที่ 2.40 การต่อ PCF 8591 เข้ากับ MCS-51

2.6 บอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

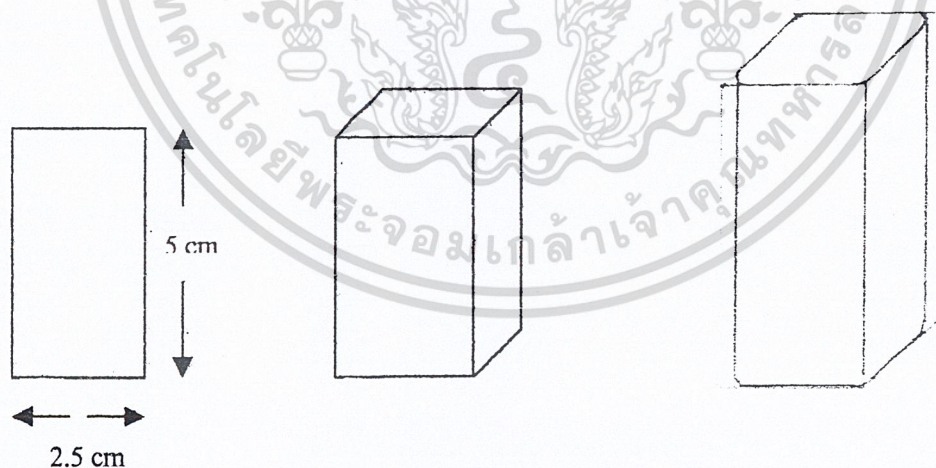
เป็นบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ที่มีการแยกส่วนของอินพุตและเอาต์พุตออกจากกัน โดยใช้ในการเชื่อมต่อทางแสงหรือออปโตคัปเปลอร์ ทำให้ลดปัญหาสัญญาณรบกวนที่อาจผ่านมาทางกราวด์ของระบบ ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับคอมพิวเตอร์ได้โดยวงจรแสดงได้ดังรูป 2.40 สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนให้กับ LED ซึ่งอยู่ภายในออปโตคัปเปลอร์ โดยผ่านตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสให้กับ LED เอาต์พุตของออปโตคัปเปลอร์จะถูกต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ BD139 โดยเมื่อทำการป้อนลอจิก “1” ให้กับออปโตคัปเปลอร์ ทำให้ทรานซิสเตอร์ภายในออปโตคัปเปลอร์ทำงาน ส่งผลให้เกิดกระแสไปไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ BD139 ทำงาน ทำให้ขดลวดของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ต่ออยู่ที่ขาคอลเล็กเตอร์ต่อลงกราวด์ เกิดกระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร มอเตอร์จึงทำงาน เกิดการเคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ป

บทที่ 3

การออกแบบการสร้างและการทำงาน

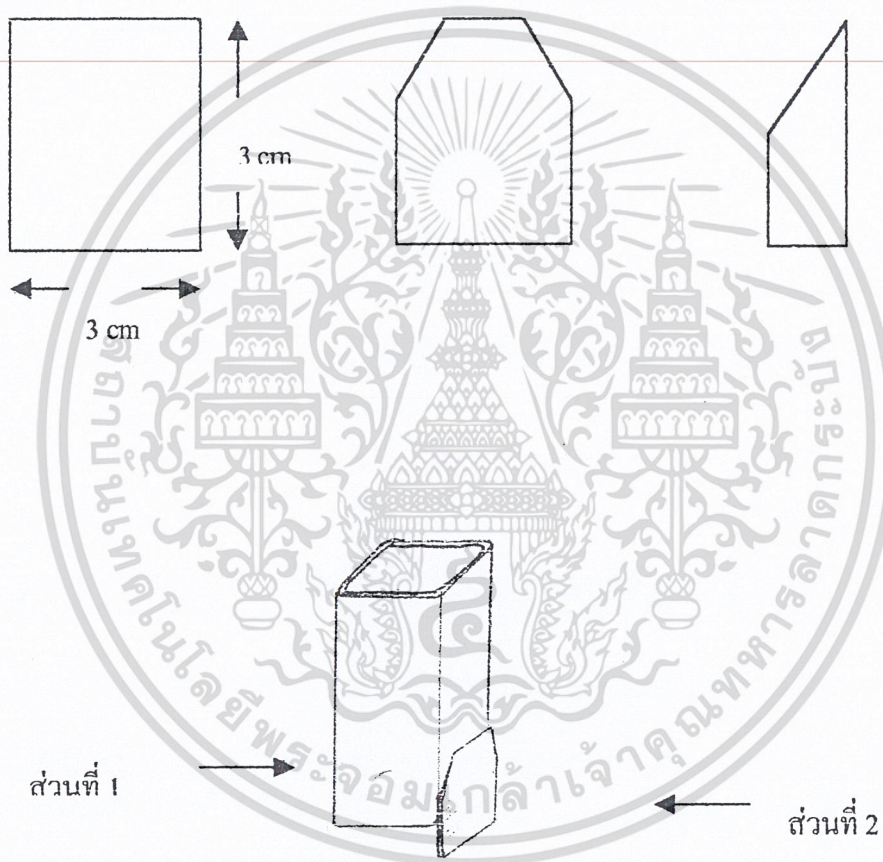
3.1 ส่วนประกอบทางด้าน Hardware (Master)

ในการควบคุมแขนกลจะต้องมีเซนเซอร์ที่จะส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อช่วยประมวลผลตำแหน่งที่ต้องการจะจับแขนกล ดังนั้นการตรวจจับเซนเซอร์เราจึงต้องทำเป็นโครงเพื่อช่วยกำหนดการเคลื่อนไหวของแขนของมนุษย์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โครงสร้างของตัวตรวจจับเซนเซอร์จะทำด้วยไม้เพราะน้ำหนักเบาในแต่ละจุดหมุนเราจะมีตัวด้านทานติดไว้เพื่อคอยเช็คตำแหน่งในการขยับจึงจะสามารถส่งไปประมวลผลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ ดังนั้นการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์จึงต้องจำเป็นต้องมีตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวทั้งแขน ส่วนประกอบของโครงสร้างส่วนที่เป็นแขนมนุษย์มีดังนี้



รูปที่ 3.1 เป็นส่วนของข้อต่อนิ้วมือที่มีขนาดกว้าง 2.5 cm และยาว 5 cm เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดพอดีกับนิ้วมือ

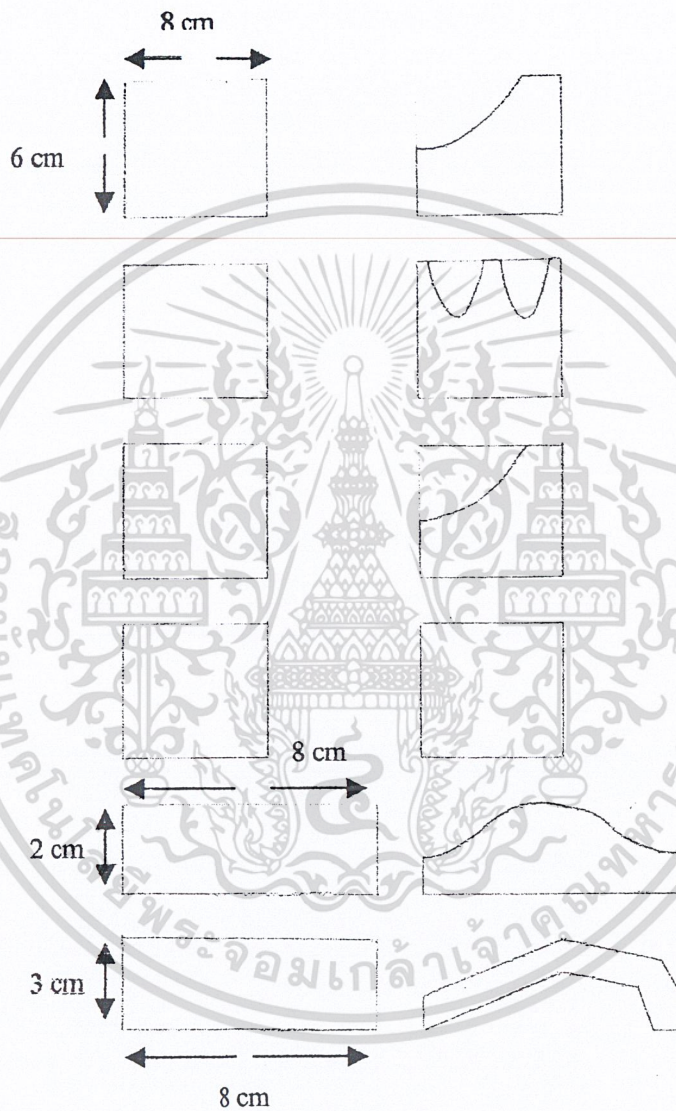
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปที่ 3.2 ส่วนยึดติดช่วงนี้และข้อมือแขน

เมื่อนำส่วนที่ 1 มาต่อกับส่วนที่ 2 จะทำให้เป็นโครงสร้างทางนี้วมือ

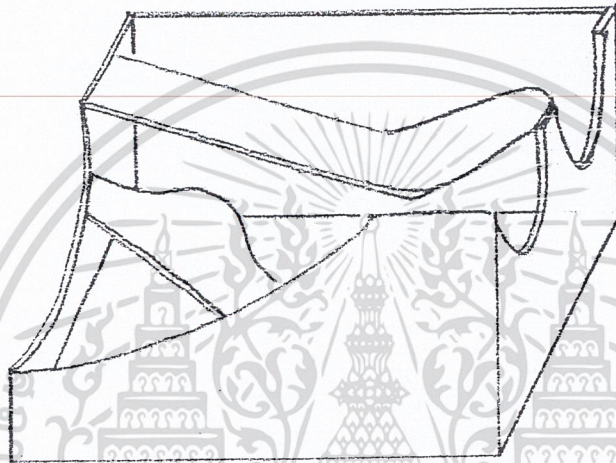
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เป็นส่วนของข้อมือแขนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

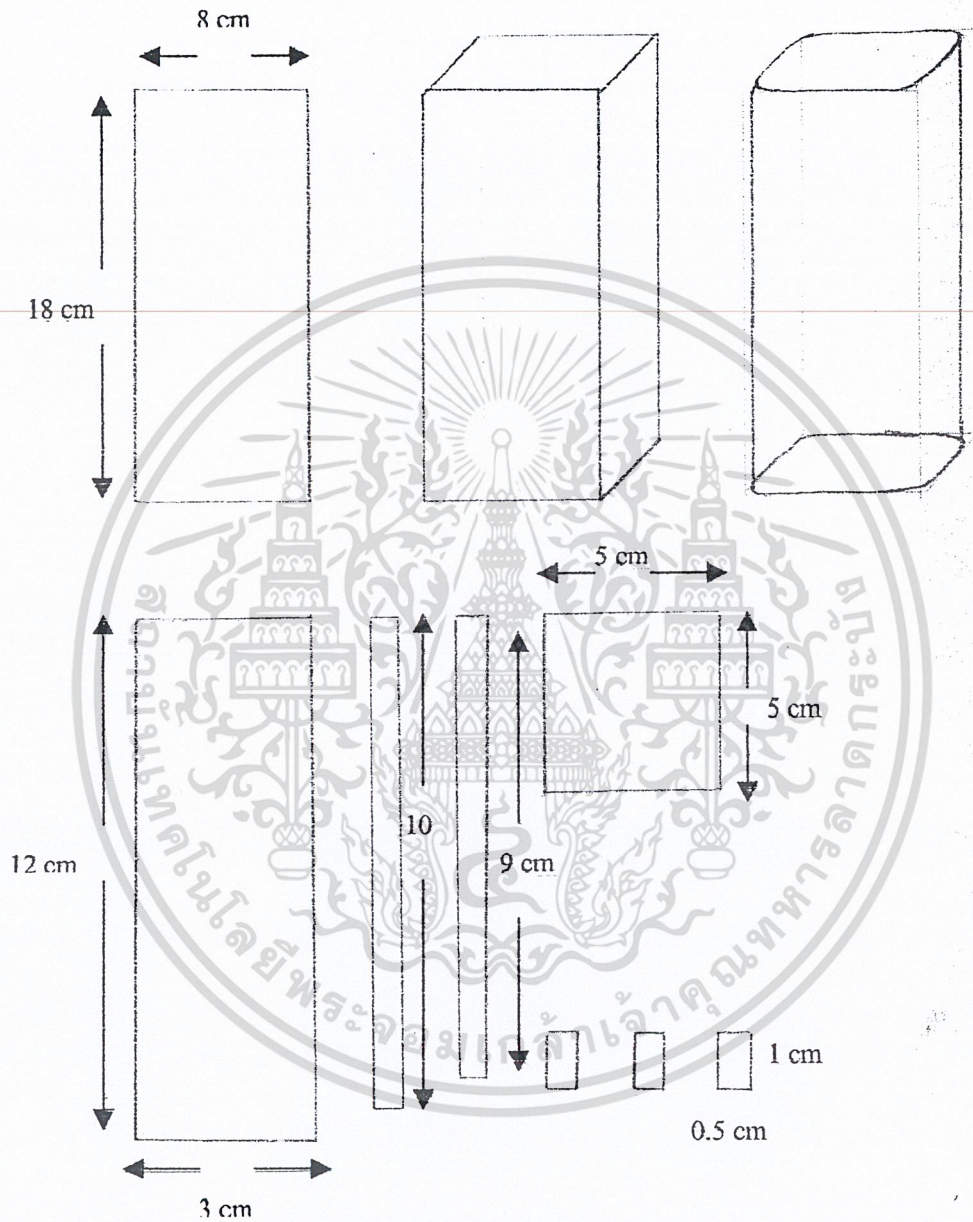
จากรูปเป็น โครงสร้างส่วนของมือที่จะต้องนำส่วนของนิ้วมาติดซึ่งจะมีแบบสำเร็จดังนี้



รูปที่ 3.4 แบบสำเร็จเมื่อทำการประกอบชิ้นส่วนของข้อมือ

จากรูปเป็นแบบสำเร็จของมือซึ่งจะต้องต่อร่วมกับนิ้วมือ ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 แบบสำเร็จนี้จะติดอยู่บริเวณข้อมือของแขนมนุษย์เป็นส่วนช่วยยึดนิ้ว การขยับของนิ้วในส่วนนี้จะต้องมีการติดค่าความต้านทานเพื่อตรวจเช็คตำแหน่งอยู่ด้วย

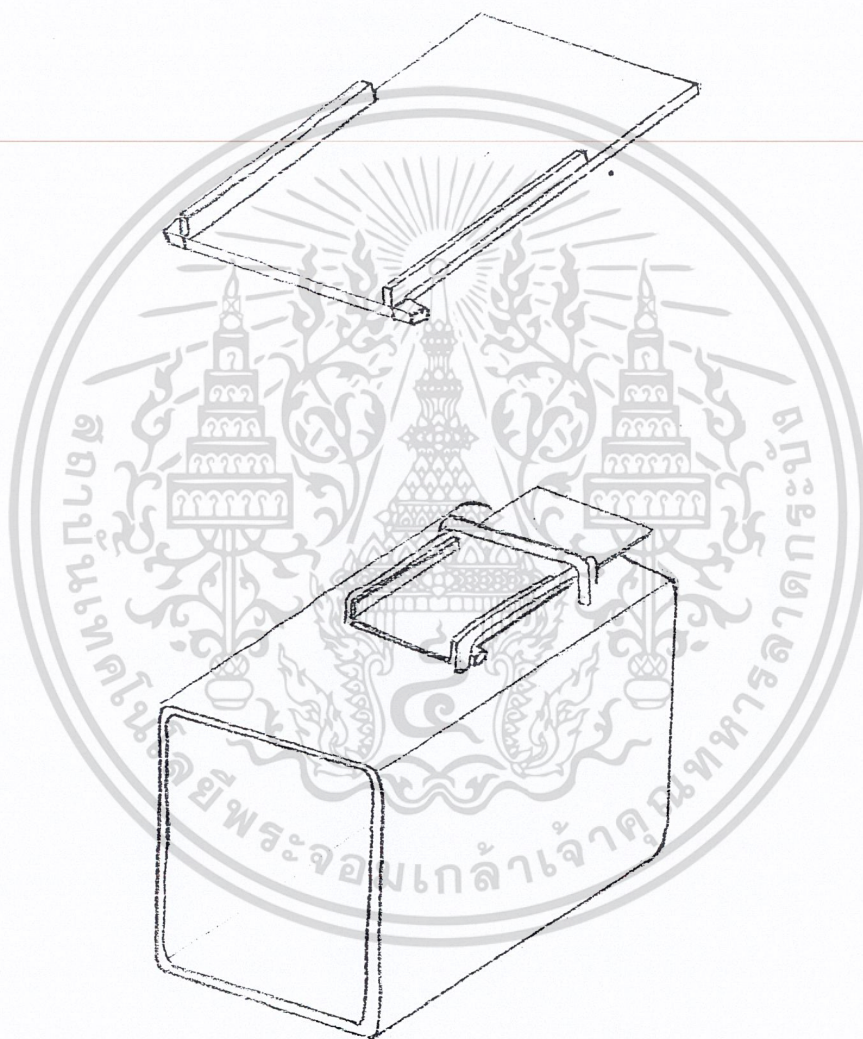
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 เป็นส่วนประกอบท่อนแขนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

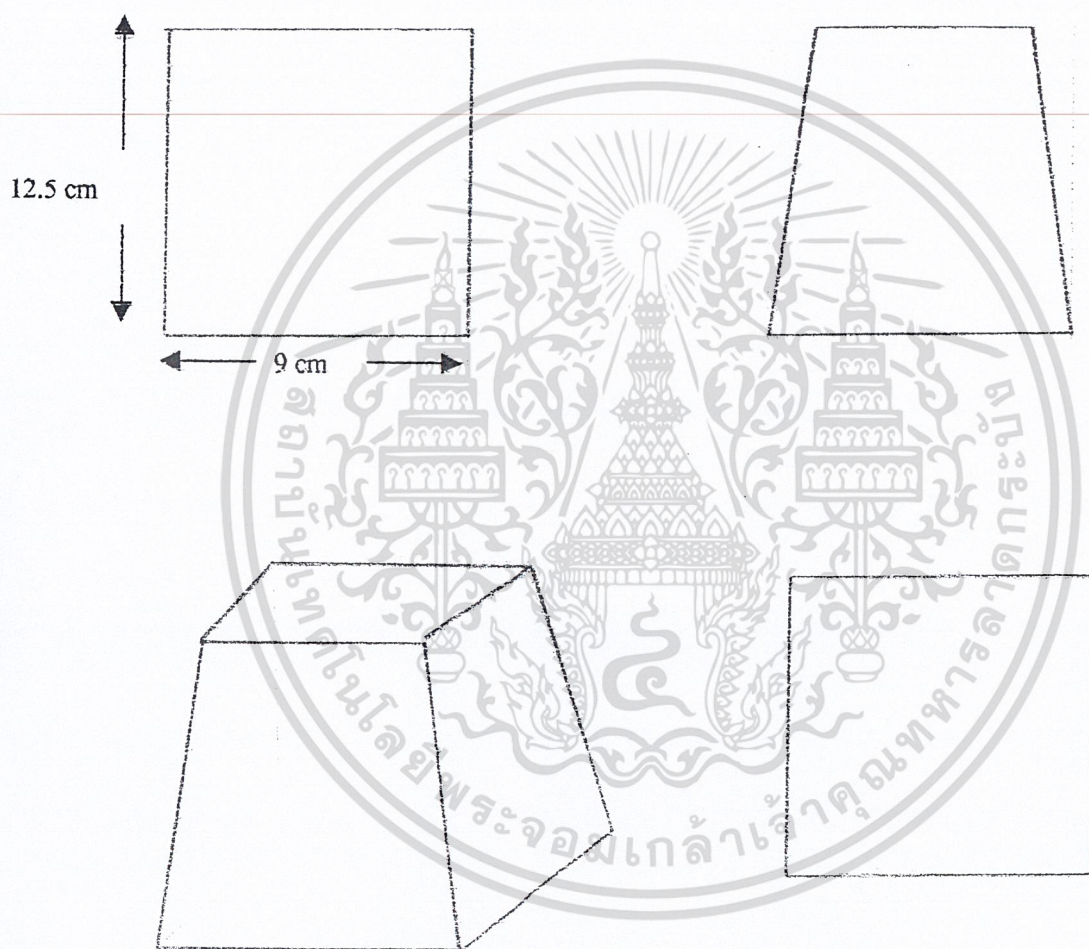
ในส่วนต่อไปเป็นส่วนท่อนแขนมนุษย์ จะต้องทำหน้าที่ยึดกับส่วนต่างๆ เพราะเป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างส่วนมือและหัวไหล่ ส่วนนี้ต้องรองรับการเคลื่อนไหวทั้งด้านบนและด้านล่าง



รูปที่ 3.6 เป็นรูปสำเร็จเมื่อทำการประกอบท่อนแขนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

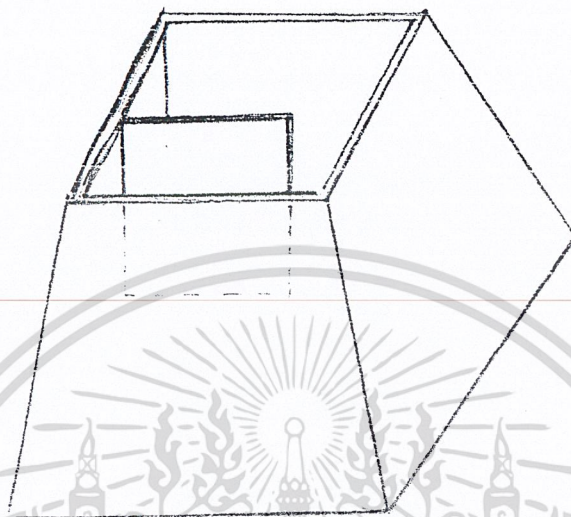
ส่วนต่อไปคือส่วนหัวไหลจะต้องใช้ต่อร่วมกับท่อนแขนกลางท่อนแขนหัวไหลต้องมีกรยึดติดเพื่อให้หมุนได้ทั้งแกนแนวตั้งและแกนแนวนอน



รูปที่ 3.7 เป็นส่วนหัวไหลของแขนมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาประกอบจะได้ดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 3.8 ทำการประกอบส่วนหัวไหล่ของแขนมนุษย์

ในส่วนด้านเซนเซอร์แขนมนุษย์นำมาประกอบรวมกันก็จะได้แขนเซนเซอร์ทั้งแขนในการใช้ควบคุมแขนกล

3.2 ส่วนประกอบทางด้าน Hardware (Slave)

ในส่วนแขนกลจะมีส่วนประกอบที่ทำจากอะลูมิเนียมเป็นหลักเพราะมีขนาดเบาทำให้สเต็ปมอเตอร์ได้รับภาระน้อยลงและการทดเฟืองก็ช่วยให้มอเตอร์รับภาระน้อยลงอีกด้วย โครงสร้างของแขนกลมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

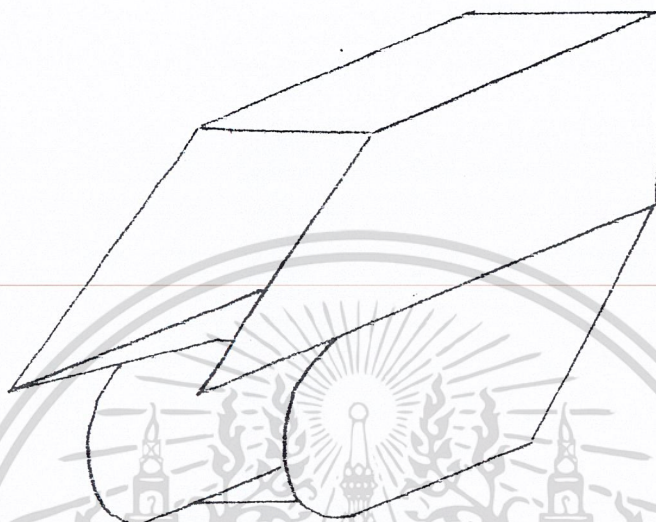


รูปที่ 3.9 ท่อนแขนกลช่วงหัวไหล่

เป็นท่อนหัวไหล่ที่จะต้องยึดกับมอเตอร์เพื่อช่วยให้แขนกลสามารถหมุนได้ในทางแนว

นอน

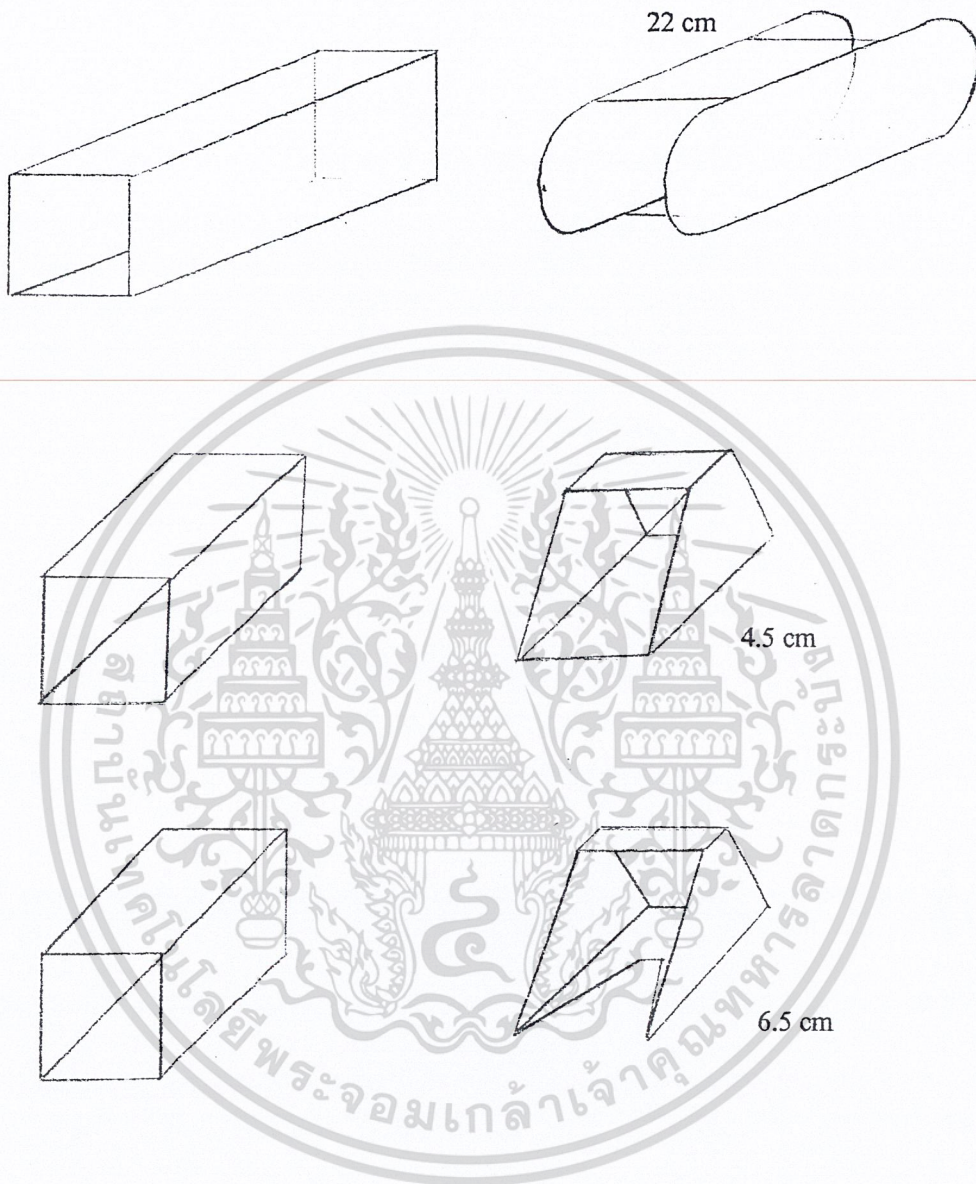
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เมื่อทำการต่อท่อนแขนหัวไหล่

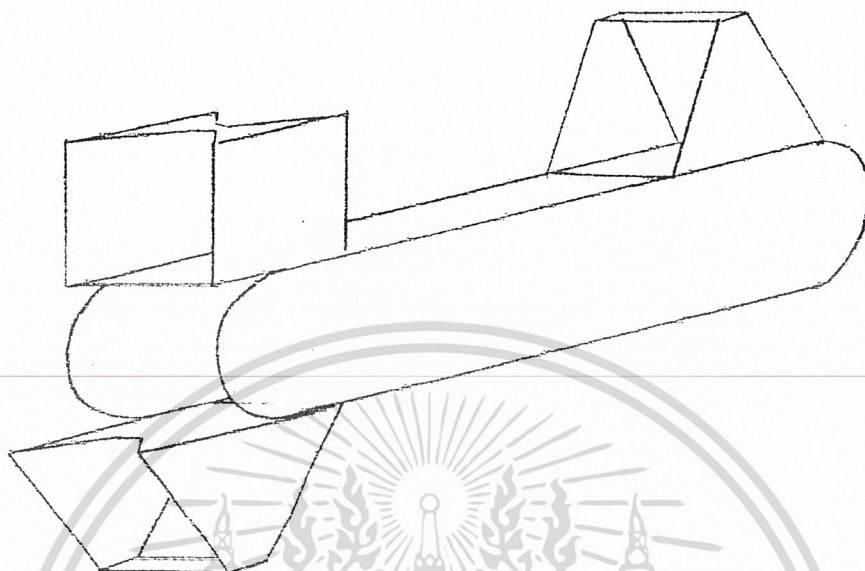
รูปที่ 3.11 นำชิ้นส่วนมาประกอบกันจะต้องยึดมอเตอร์ทั้งด้านข้างและด้านบนเพื่อให้สามารถหมุนได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



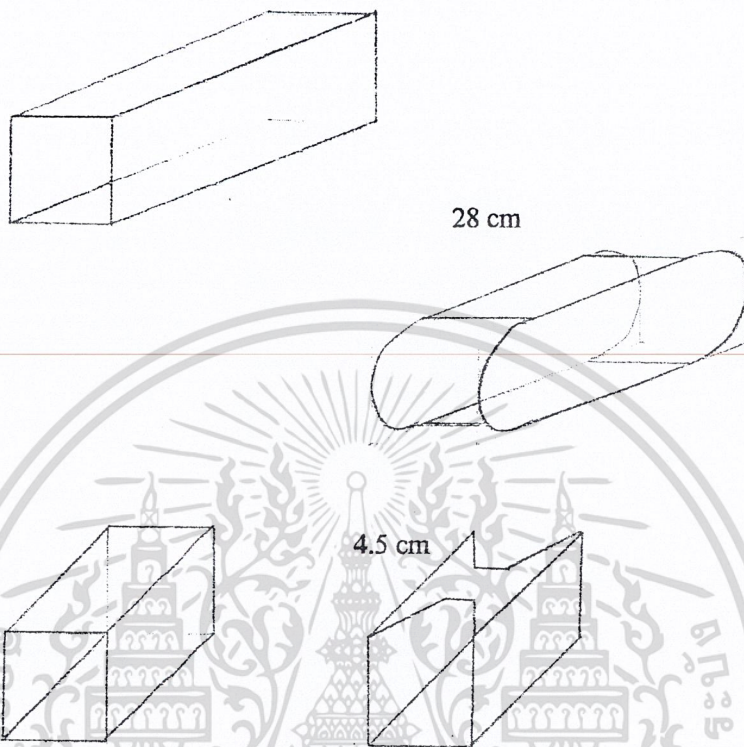
รูปที่ 3.11 เป็นรูปท่อนต่อแขนหัวไหล่มีอกกล มีส่วนประกบด้วยกันหลายชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



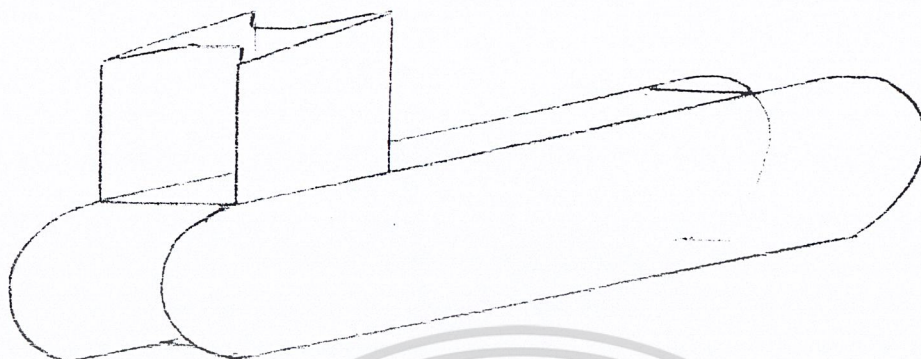
รูปที่ 3.12 รูปสำเร็จประกอบท่อนแขนต่อหัวไหล่มีอก

ในส่วนนี้จะต้องมีการยึดติดกับเส้นเอ็นเพื่อช่วยดึงแขนมอเตอร์ให้สามารถขึ้นลงได้ตาม
ต้องการและยึดมอเตอร์เพื่อทำการควบคุมท่อนแขนกลในท่อนต่อไป



รูปที่ 3.13 เป็นท่อนแขนต่อข้อมือของมือกล

จากรูปที่ 3.14 เป็นส่วนของท่อนแขนต่อมือของแขนกลเป็นส่วนที่อยู่กึ่งกลางระหว่างหัวไหล่แขนกลและข้อมือแขนกลเมื่อประกอบแขนท่อนกลางจะได้ดังรูปข้างล่างนี้



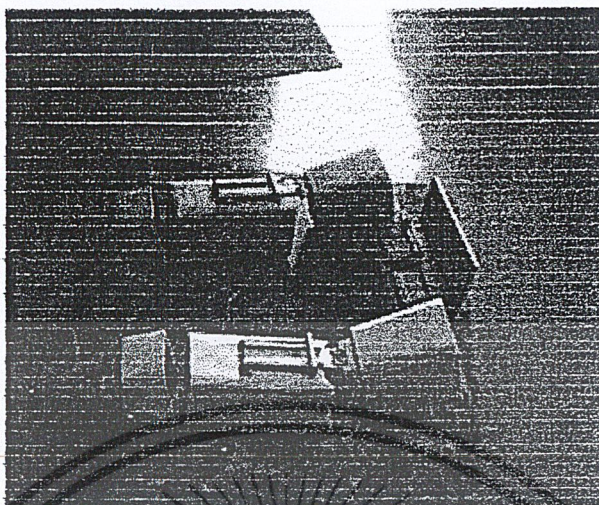
รูปที่ 3.14 เป็นแกนต่อข้อมือของมือกล

จากรูปที่ 3.15 แกนต่อข้อมือของมือกลซึ่งทำการประกอบรวมกันแล้วส่วนนี้ก็จะทำการยึดมอเตอร์และทำการยึดติดกับเส้นเอ็นเพื่อช่วยในการเคลื่อน ไหวและบิด



รูปที่ 3.15 เป็นรูปข้อมือของมือกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 รูปโฉมมนุษย์ที่ทำการประกอบเสร็จสิ้นแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนประกอบทางด้านวงจรไฟฟ้า

จะแบ่งได้เป็น 4 ส่วนได้แก่

1. วงจรควบคุม ซึ่งจะใช้การควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 AT89C52 ทำการควบคุมผ่านออก Port 8255
2. วงจรภาคขับเคลื่อน ในภาคนี้จะใช้ร่วมกับสเต็ปปีงมอเตอร์
3. วงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital จะทำหน้าที่แปลงค่าแรงไฟฟ้าจากตัวต้านทาน
4. วงจรภาคแหล่งจ่ายไฟ ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟให้กับวงจรในภาคต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

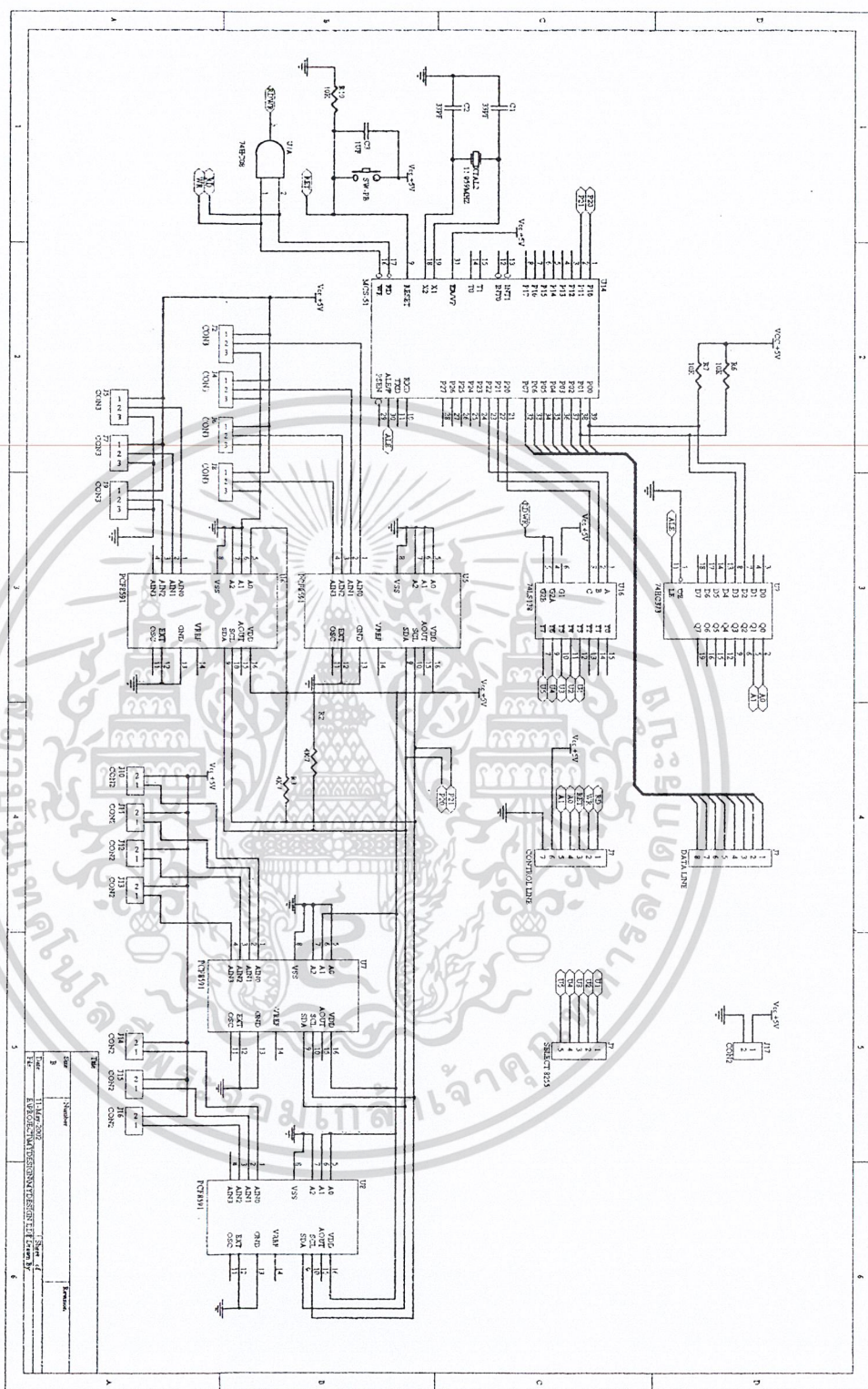
3.3.1 วงจรควบคุม

จากรูปวงจรจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 ต่อ Latch 74HC373 เพื่อทำการแยก Address A0 และ A1 ไว้ใช้ควบคุมการตั้งให้กับ 8255 ส่วนไอซีอีกตัวคือ 74LS138 เป็น Decoder ทำหน้าที่เลือก IC 8255 ว่าจะให้ IC ตัวใดทำงาน

ในส่วนของ 8255 จะมีการส่ง DATA ถึงกันหมดทุกตัว แต่จะมีส่วนของคอนโทรลเข้ามาควบคุมการทำงานสายสัญญาณที่มีได้แก่ READ ,WRITE, RESET, A0, A1, VCC, GND สามารถจะรับข้อมูลหรือส่งผ่านข้อมูลก็ได้ โดยกำหนดจากขา RD กับ WR

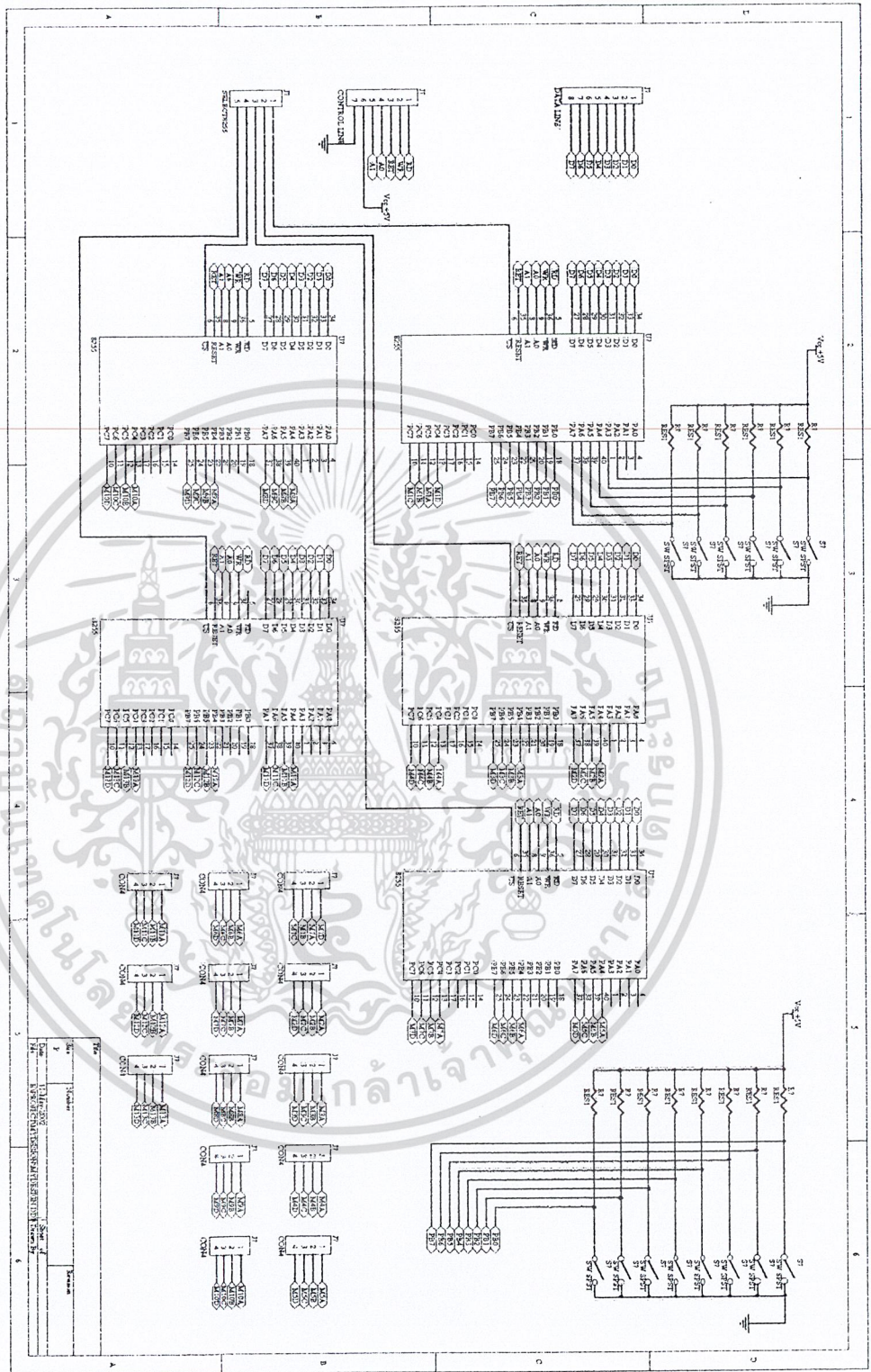


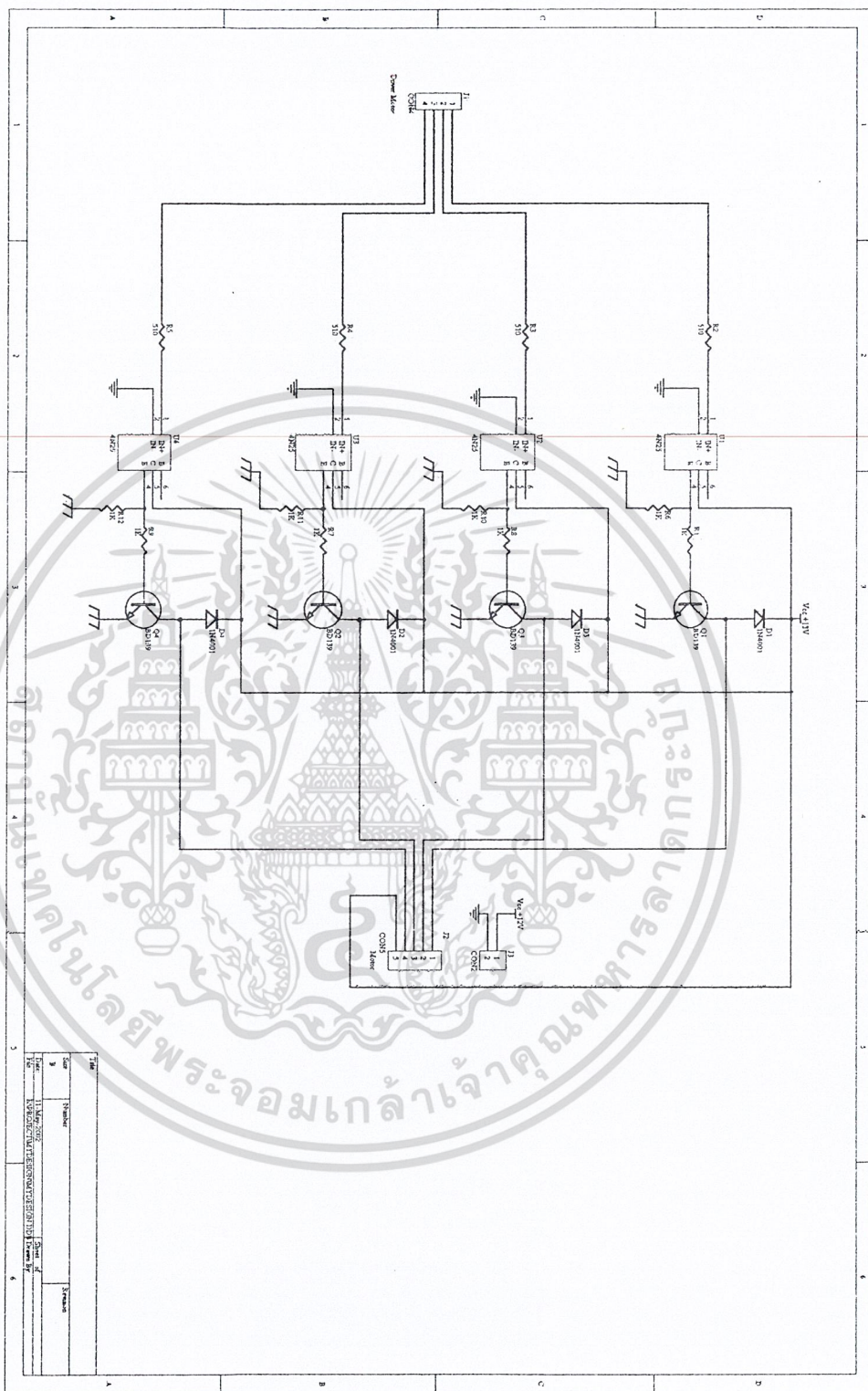
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วงจรควบคุมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

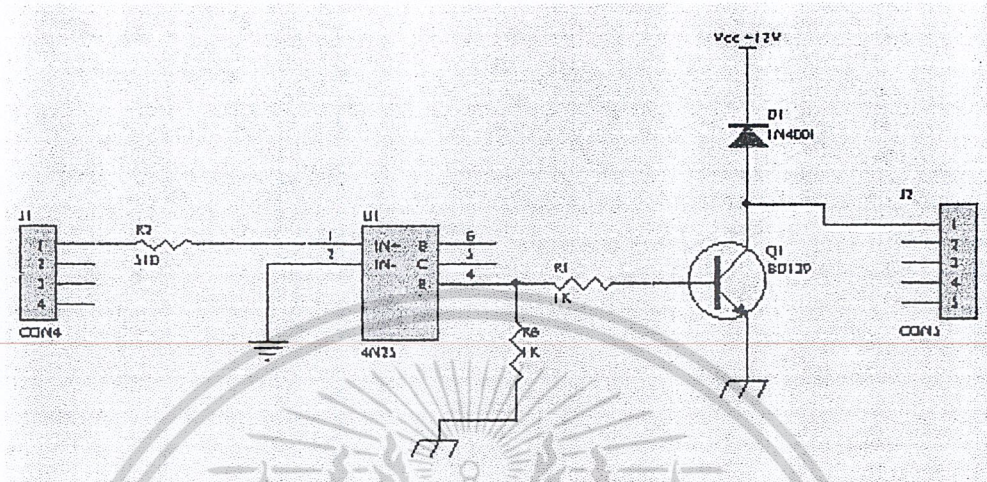




รูปที่ 3.19 วงจรภาคขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

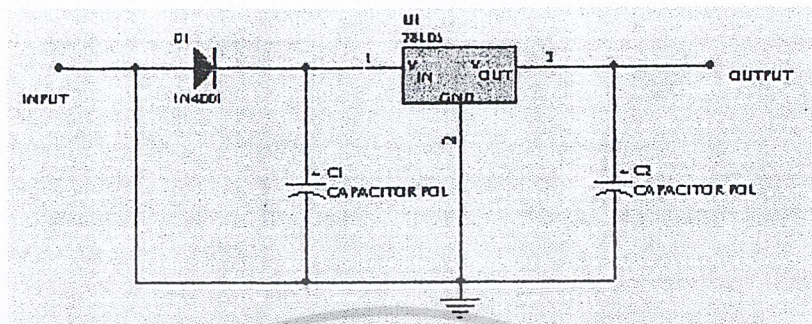


รูปที่ 3.20 การต่อภาคขยายต่อ Bit

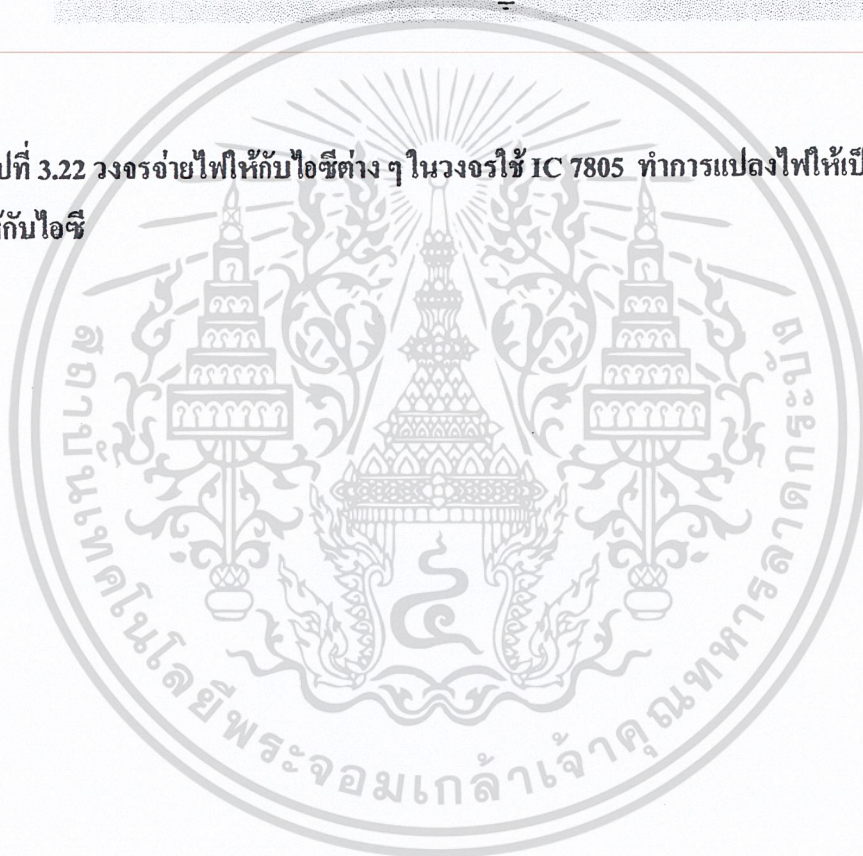
วงจรมอเตอร์นี้จะใช้ ไดโอดขับเปลว 4N25 ทำการแยกกราวด์เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล และจะใช้ BD 139 ทรานซิสเตอร์กระแสสูง ถึง 1.5 A ทำให้มอเตอร์มีแรงขับที่สูงขึ้นในการทำงานจริงจะต้องต่อใช้ถึง 4 BIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ



รูปที่ 3.22 วงจรจ่ายไฟให้กับไอซีต่างๆ ในวงจรใช้ IC 7805 ทำการแปลงไฟให้เป็น 5 V เพื่อจ่ายให้กับไอซี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจร ANALOG TO DIGITAL

ในการทดลองวงจร ได้ทดลองในส่วนของวงจร ANALOG TO DIGITAL และDIGITAL TO ANALOG กับ ไอซี PCF 8591

เนื่องด้วย PCF 8591 เป็น ไอซีที่ใช้การส่งข้อมูลแบบ I²C ซึ่งมีสายสัญญาณในการรับและส่งข้อมูลเพียง 2 เส้น คือสายสัญญาณควบคุมและสายสัญญาณข้อมูล และในตัวไอซีเองก็มีขาที่แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอะนาลอก ในการใช้งานแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล ได้ทำการทดลองดังนี้

1. ทำการต่อวงจร ANALOG TO DIGITAL PCF 8591 กับ AT89C52
2. จ่ายแรงไฟ + 5V ให้กับตัวต้านทานที่แขน SENSOR (แขนมนุษย์)
3. ทำการวัดระยะที่ได้จากค่าความต้านทานว่าอยู่ช่วงตำแหน่งใดบ้าง
4. บันทึกผลการทดลอง

ตำแหน่ง	ค่าที่อ่านได้		
	ตำแหน่งเริ่มต้น	ตำแหน่งสุดท้าย	จำนวน Step
นิวซี	00	91	146
นิวกลาง	E3	FF	2
นิวโป่ง	69	DF	119
ข้อมือ	00	88	137
ข้อศอก	E1	FD	29
ข้อมือหมุน	F0	FF	16
หัวไหล่	00	96	151

ตารางที่ 4.1 การแสดงค่าช่วงความต้านทานที่ใช้ในการควบคุม

สรุปผลการทดลอง

ค่าที่ได้มีข้อมูลต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่เปลี่ยนค่าหากอยู่ในระยะที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้กว้างจะทำให้ระยะของ ระดับการแปลงสัญญาณกว้างขึ้นตามไปด้วย

4.2 การทดลองตรวจสอบสแต็ปมอเตอร์ในการหมุนของมอเตอร์

เนื่องจากการหมุนของสแต็ปมอเตอร์ที่ติดตั้งสามารถหมุนได้ครบรอบไม่เหมือนค่าความต้านทานที่ติดตั้งลงที่เซน SENSOR จึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยระหว่างการเปลี่ยนระดับของสัญญาณในวงจร ANALOG TO DIGITAL ต่อการหมุนจำนวนรอบของสแต็ปมอเตอร์การทดลองมีดังนี้

1. นำสแต็ปมอเตอร์ติดตั้งเข้ากับแขนกล
2. ทำการกำหนดค่าเริ่มต้นให้ค่าสุดท้ายเพื่อดูการหมุนของสแต็ปมอเตอร์
3. ทำการบันทึกค่าที่ได้จากการทดลอง
4. สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของมอเตอร์	จำนวน S ที่วัด	
นิ้วชี้		ค่าDelay ที่ใช้
นิ้วกลาง	29	08
นิ้วโป้ง	119	08
ข้อมือ	137	08
ข้อศอก	29	0F
ข้อมือหมุน	16	0F
หัวไหล่	151	0F

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าจำนวน STEP ที่ใช้ในการควบคุม

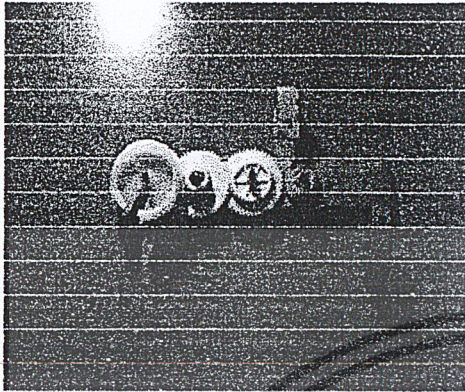
สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่า STEP ที่วัดได้มีค่าต่างกันมากเนื่องจากการทดเฟืองและ ระยะการขยับของ แขนกลต่าง ๆ มีระยะไม่เท่ากันจึงทำให้ผลออกมาไม่เท่ากัน หากมีระยะสั้น จะทำให้ Step มีค่าน้อย และถ้าระยะยาว จะทำให้ Step มีค่ามาก

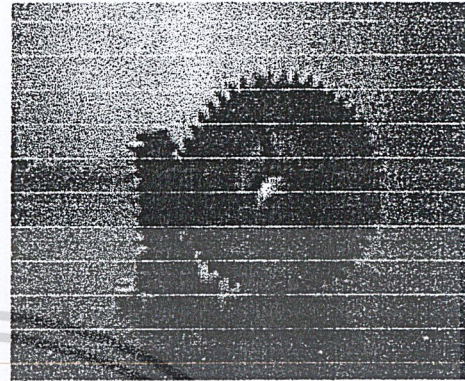
4.3 การทดลองประกอบเฟืองยึดติดกับแขนกล

เนื่องจากแขนกลจะมีน้ำหนักแต่ละจุดไม่เท่ากันการใช้สเต็ปป์มอเตอร์ต่อโดยตรงอาจทำให้ต้องใช้สเต็ปป์มอเตอร์ขนาดไม่เท่ากัน และขนาดของมอเตอร์ก็มีผลต่อน้ำหนักของแขนกลอีกด้วย ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ที่มีส่วนช่วยลดภาระของสเต็ปป์มอเตอร์ให้มีความระน้อยลง จึงยังช่วยให้สามารถใช้สเต็ปป์มอเตอร์ขนาดเล็กๆ ได้ อุปกรณ์ที่ตัวนี้ก็คือเฟืองนั่นเอง

ดังนั้นการทดลองนี้จะทำ การทดลองการรับภาระของมอเตอร์ที่ติดกับเฟืองแล้ว



รูปเฟือง ก.



รูปเฟือง ข.

รูปที่ 4.1 แสดงการทดสอบเฟืองที่ใช้

น้ำหนัก กรัม	เฟือง ก.	เฟือง ข.
200	ใช้งานได้	ใช้งานได้
400	ใช้งานได้	ใช้งานได้
600	ใช้งานได้	ใช้งานได้
800	ใช้งานได้	ใช้งานได้
1000	รับน้ำหนักไม่ได้	ใช้งานได้
1200	รับน้ำหนักไม่ได้	ใช้งานได้
1400	รับน้ำหนักไม่ได้	ใช้งานได้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองในช่วงน้ำหนักต่าง ๆ

สรุปผลการทดลอง

เฟือง ก. ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากน้ำหนักของแกนกลมีน้ำหนักเกินความสามารถของเฟือง จึงทำให้เฟืองรูด แต่ เฟือง ข. มีลักษณะฟันเฟืองต่างจากเฟือง ก. และสามารถรับน้ำหนักได้มากพอที่จะใช้กับแกนกล ดังนั้นการใช้งานจริงจึงใช้เฟือง ข. เป็นอุปกรณ์ลดการระบอบเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข

5.1 บทสรุป

ในการศึกษาการทำโครงการแขนกล มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้สามารถทำงานในพื้นที่อันตราย หรือว่ามนุษย์ทำงานไม่สะดวก พื้นที่เสี่ยงต่อชีวิต โดยใช้การควบคุมที่เหมือนการเคลื่อนไหวของ มนุษย์ให้มากที่สุด จึงทำให้ง่ายต่อการควบคุม

จากการศึกษาและได้ลงมือสร้างโครงการนี้ทำให้รู้และเข้าใจถึงรายละเอียด คุณสมบัติ และการทำงานของ วงจรขับสเต็ปปีงมอเตอร์และคำสั่งการทำงานและการควบคุมตำแหน่งที่หมุน ของสเต็ปปีง คำนวณ Analog to Digital สามารถใช้อุปกรณ์ชนิดที่เป็น Analog ให้ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็น Digital ได้ การออกแบบที่ดีของแขนกลก็ย่อมทำให้วงจรลดภาระการทำงานให้ง่ายขึ้น

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบในขณะการทำงาน

ปัญหาแขน SENSOR

1. โลหะที่เป็นอลูมิเนียมขึ้นรูปได้ยากและมีขนาดไม่พอดีกับบางชิ้นส่วน
2. ช่วงนิ้วที่ทำจาก พลาสติก PVC ไม่พอดีทำให้เคลื่อนไหวไม่สะดวก
3. โลหะที่เป็นไม้ฉลุสามารถขึ้นรูปได้ดีและง่ายแต่มีความทนทานต่ำ
4. ข้อต่อต่าง ๆ บางข้อไม่สามารถต่อกันได้
5. พื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมีพื้นที่น้อยทำให้ยากแก่การติดตั้ง
6. อุปกรณ์โดยรวมมีความเปราะบางมาก
7. ข้อต่อที่ติดด้วยบานพับมีความฝืดและหลวมมากเกินไป

การแก้ไขปัญหาแขน SENSOR

1. ใช้โลหะที่ขึ้นรูปได้ง่ายในงานที่ต้องการความซับซ้อน
2. เปลี่ยนช่วงนิ้วจากที่เป็นพลาสติกมาเป็นไม้ฉลุ
3. ดัดแปลงข้อต่อให้สามารถใช้ด้วยกันได้
4. ต่อเติมหากมีพื้นที่ไม่พอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาแขนกล

1. การเคลื่อน ไหวยังไม่เหมือนการเคลื่อน ไหวแขนมนุษย์
2. แขนกลที่ทำจากเหล็กมีน้ำหนักมากเกินไป
3. ขาดตั้งแขนกลไม่แข็งแรง
4. วัสดุบางส่วนออกแบบได้ไม่พอดีกับชิ้นงาน
5. แขนกลเพื่อรับน้ำหนักไม่พอ
6. เฟืองมีราคาแพง และหายาก
7. เส้นเชือกที่ใช้ดึงแขนขาดเพราะรับน้ำหนักมากเกินไป
8. การล็อกเฟืองขบกัน ไม่สนิท
9. โลหะอะลูมิเนียมขึ้นรูปได้ยากขนาด ไม่พอดีกับบางชิ้นส่วน
10. จากการทดเฟืองทำให้มอเตอร์มีภาระการทำงานที่ช้าลงอย่างมาก
11. การประกอบเฟืองหาก ไม่สนิทดีจะทำให้เฟืองรูดและเสีย
12. มอเตอร์ขนาดใหญ่จึงมีส่วน ให้มอเตอร์ในข้ออื่นรับภาระหนัก
13. อุปกรณ์ที่ทำการยึดเฟือง บางครั้ง ไม่สามารถรับน้ำหนักได้
14. สายไฟที่ต่อจากอุปกรณ์มีจำนวนหลายเส้นทำให้เกิดความยากลำบากในการทำงาน
15. ส่วนที่ยึดมอเตอร์เข้ากับฐานรองมีขนาด ไม่พอดี ทำให้การยึดติด ไม่แข็งแรงเท่าที่ควร
16. มอเตอร์นิวมีอกลเมื่อ ไม่ได้จ่ายไฟ ทำให้นิวมีอกลไม่สามารถลงตำแหน่งเดิมได้

การแก้ไขปัญหา

1. จัดทำวัสดุใหม่เมื่อ ไม่ได้ขนาดหรือถ้าทำการเปลี่ยนแปลง
2. เปลี่ยนวัสดุแขนกลที่ทำจากเหล็กเป็นอะลูมิเนียม
3. แก้ไขให้ขาดตั้งแขนกลมีความแข็งแรงกว่าเดิม
4. หาชุดเฟืองทดน้ำหนักให้สามารถรับน้ำหนักได้มากๆ
5. เปลี่ยนจากเชือกเป็นเส้นเอ็น
6. ทำการล็อกตำแหน่งเฟืองให้แน่น
7. อะลูมิเนียมเป็นขึ้นรูปยากหาวัสดุอื่นที่ขึ้นรูปง่ายกว่า
8. แก้ไขการหมุนช้าของมอเตอร์เนื่องจากการทดเฟืองจึงเปลี่ยนค่า DELAY ซึ่งจะช่วยให้ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. หากมอเตอร์ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ทดลองเพิ่มกำลังขับ หรือ ขับแบบ 2 Phase
10. สายไฟที่มีจำนวนหลายเส้นทำให้ยากแก่การตรวจสอบและแก้ไข จึงต้องติดป้ายบอกให้ชัดเจน
11. ส่วนที่ยึดฐานรองหากไม่แน่นแก้ไขใช้เทปพันสายพันให้มีขนาดพอดี
12. ได้เปลี่ยนมอเตอร์ให้มีแรงบิดมากขึ้นเพื่อป้องกันตำแหน่งนี้วกลาดเคลื่อน และทำการขบเฟืองเพื่อแก้ไขปัญหานี้

ปัญหาที่เกิดกับวงจร

1. วงจรใช้การ SELECT เลือกมอเตอร์ โดยใช้ RELAY มีปัญหาเนื่องจากการลัดวงจรของขดลวดในมอเตอร์
2. วงจร ANALOG TO DIGITAL มีความไวต่อการเปลี่ยนค่า
3. ข้อมูลผิดพลาดจากแหล่งค้นหาทำให้วงจรมีปัญหาไม่ทำงานหรือทำงานไม่ได้
4. IC ในวงจรเสียหายทำให้ส่วนต่าง ๆ ทำงานผิดพลาด หรือไม่ทำงาน
5. วงจรมีหลายภาคยุ่งยากต่อการตรวจสอบ
6. ภาค Driver บางจุดไม่สามารถขับมอเตอร์ได้เพราะรับน้ำหนักไม่ได้
7. การ reset มีปัญหาเนื่องจาก 8255 มีการ reset ซ้ำกว่า AT89C52

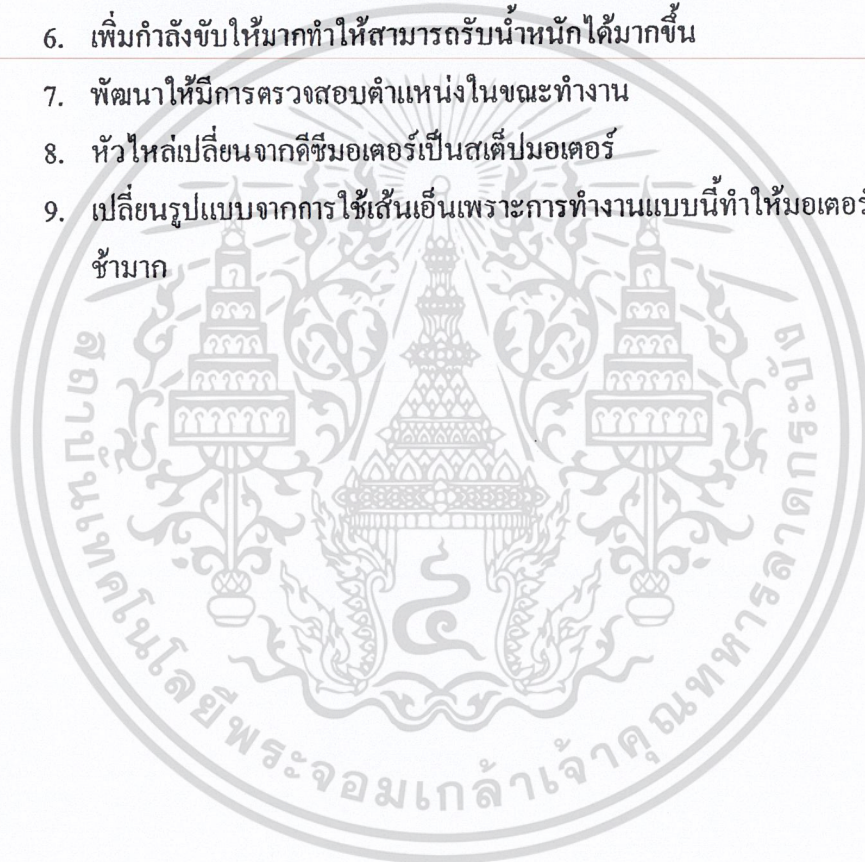
การแก้ปัญหาที่เกิดกับวงจร

1. เปลี่ยนวงจรจากการใช้ Relay ที่ทำหน้าที่เลือกสเต็ปมอเตอร์ เป็น ใช้ไอซีขยายพอร์ต 8255 และทำให้การทำงานเร็วกว่าอีกด้วย
2. ปรับแต่งค่า ANALOG TO DIGITAL ไม่ให้ไวต่อการเปลี่ยนค่าจากโปรแกรม
3. ตรวจสอบวงจรและ Data sheet อย่างละเอียด เพราะข้อมูลที่ได้นำมาเชื่อถือไม่ได้ 100%
4. ตรวจสอบไอซีหากพบว่าเสียให้เปลี่ยน
5. แยกวงจรออกเป็นส่วน ๆ ให้ง่ายต่อการแก้ไขและตรวจสอบ
6. เพิ่มกำลังจากไอซีเป็นเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
7. ส่วนของการ reset เปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. พัฒนาถุงมือแขนคนให้มีการเคลื่อนไหวที่ยืดหยุ่นและมีการเคลื่อนไหวใกล้เคียงมนุษย์มากที่สุด
2. พัฒนาการความแข็งแรงของแขนกลและมีความใกล้เคียงแขนมนุษย์มากที่สุด
3. นิ้วมือสามารถพัฒนามากกว่า 3 นิ้ว และยึดจับได้ดีกว่า
4. พัฒนาการเร็วและความแม่นยำในการทำงานของแขนกล
5. แก้ไขข้อผิดพลาดจาก ANALOG TO DIGITAL ที่ไวต่อการให้ค่า
6. เพิ่มกำลังขับให้มากทำให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น
7. พัฒนาให้มีการตรวจสอบตำแหน่งในขณะทำงาน
8. หัวไหล่เปลี่ยนจากคีมอเตอร์เป็นสเต็ปมอเตอร์
9. เปลี่ยนรูปแบบจากการใช้เส้นเอ็นเพราะการทำงานแบบนี้ทำให้มอเตอร์ทำงานได้ช้ามาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ ลิ่มพรจิตรวิไล

วรรณกรรม วรรณกรรม วิจัยและปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อินโนเว
ตีฟเอ็กเพอริเมนส์จำกัด.

กฤษดา ใจเย็น

อรรถพล บุญยะโกคา

ชัยวัฒน์ ลิ่มพรจิตรวิไล. วิจัยและปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต
อนุกรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนส์จำกัด.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DATA SHEET



PCF8591 8-bit A/D and D/A converter

Product specification
Supersedes data of 1998 Jul 02
File under Integrated Circuits, IC12

2001 Dec 13

Philips
Semiconductors



PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

CONTENTS

1	FEATURES
2	APPLICATIONS
3	GENERAL DESCRIPTION
4	ORDERING INFORMATION
5	BLOCK DIAGRAM
6	PINNING
7	FUNCTIONAL DESCRIPTION
7.1	Addressing
7.2	Control byte
7.3	D/A conversion
7.4	A/D conversion
7.5	Reference voltage
7.6	Oscillator
8	CHARACTERISTICS OF THE I ² C-BUS
8.1	Bit transfer
8.2	Start and stop conditions
8.3	System configuration
8.4	Acknowledge
8.5	I ² C-bus protocol
9	LIMITING VALUES
10	HANDLING
11	DC CHARACTERISTICS
12	D/A CHARACTERISTICS
13	A/D CHARACTERISTICS
14	AC CHARACTERISTICS
15	APPLICATION INFORMATION
16	PACKAGE OUTLINES
17	SOLDERING
17.1	Introduction
17.2	DIP
17.2.1	Soldering by dipping or by wave
17.2.2	Repairing soldered joints
17.3	SO
17.3.1	Reflow soldering
17.3.2	Wave soldering
17.3.3	Repairing soldered joints
18	DEFINITIONS
19	LIFE SUPPORT APPLICATIONS
20	PURCHASE OF PHILIPS I ² C COMPONENTS

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

1 FEATURES

- Single power supply
- Operating supply voltage 2.5 V to 6 V
- Low standby current
- Serial input/output via I²C-bus
- Address by 3 hardware address pins
- Sampling rate given by I²C-bus speed
- 4 analog inputs programmable as single-ended or differential inputs
- Auto-incremented channel selection
- Analog voltage range from V_{SS} to V_{DD}
- On-chip track and hold circuit
- 8-bit successive approximation A/D conversion
- Multiplying DAC with one analog output.

2 APPLICATIONS

- Closed loop control systems
- Low power converter for remote data acquisition
- Battery operated equipment
- Acquisition of analog values in automotive, audio and TV applications.

4 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCF8591P	DIP16	plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body	SOT38-1
PCF8591T	SO16	plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm	SOT162-1



3 GENERAL DESCRIPTION

The PCF8591 is a single-chip, single-supply low power 8-bit CMOS data acquisition device with four analog inputs, one analog output and a serial I²C-bus interface. Three address pins A0, A1 and A2 are used for programming the hardware address, allowing the use of up to eight devices connected to the I²C-bus without additional hardware. Address, control and data to and from the device are transferred serially via the two-line bidirectional I²C-bus.

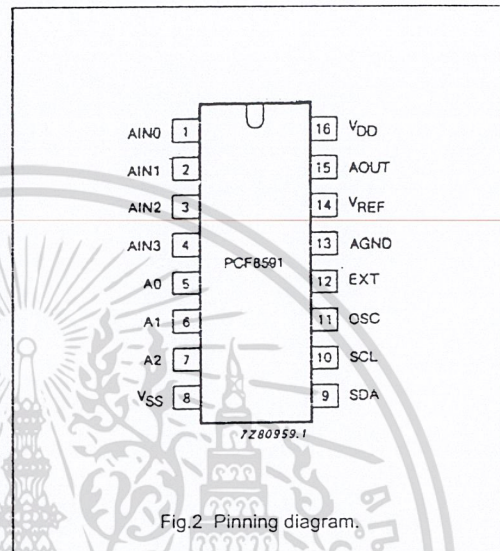
The functions of the device include analog input multiplexing, on-chip track and hold function, 8-bit analog-to-digital conversion and an 8-bit digital-to-analog conversion. The maximum conversion rate is given by the maximum speed of the I²C-bus.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

6 PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V _{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I ² C-bus data input/output
SCL	10	I ² C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V _{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V _{DD}	16	positive supply voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

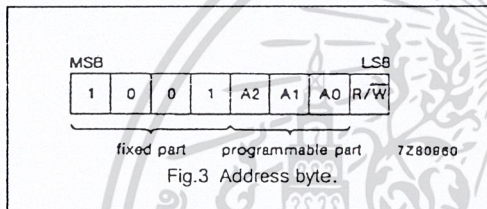
8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7 FUNCTIONAL DESCRIPTION

7.1 Addressing

Each PCF8591 device in an I²C-bus system is activated by sending a valid address to the device. The address consists of a fixed part and a programmable part. The programmable part must be set according to the address pins A0, A1 and A2. The address always has to be sent as the first byte after the start condition in the I²C-bus protocol. The last bit of the address byte is the read/write-bit which sets the direction of the following data transfer (see Figs 3, 15 and 16).



7.2 Control byte

The second byte sent to a PCF8591 device will be stored in its control register and is required to control the device function.

The upper nibble of the control register is used for enabling the analog output, and for programming the analog inputs as single-ended or differential inputs. The lower nibble selects one of the analog input channels defined by the upper nibble (see Fig.4). If the auto-increment flag is set the channel number is incremented automatically after each A/D conversion.

If the auto-increment mode is desired in applications where the internal oscillator is used, the analog output enable flag in the control byte (bit 6) should be set. This allows the internal oscillator to run continuously, thereby preventing conversion errors resulting from oscillator start-up delay. The analog output enable flag may be reset at other times to reduce quiescent power consumption.

The selection of a non-existing input channel results in the highest available channel number being allocated.

Therefore, if the auto-increment flag is set, the next selected channel will be always channel 0. The most significant bits of both nibbles are reserved for future functions and have to be set to 0. After a Power-on reset condition all bits of the control register are reset to 0.

The D/A converter and the oscillator are disabled for power saving. The analog output is switched to a high-impedance state.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

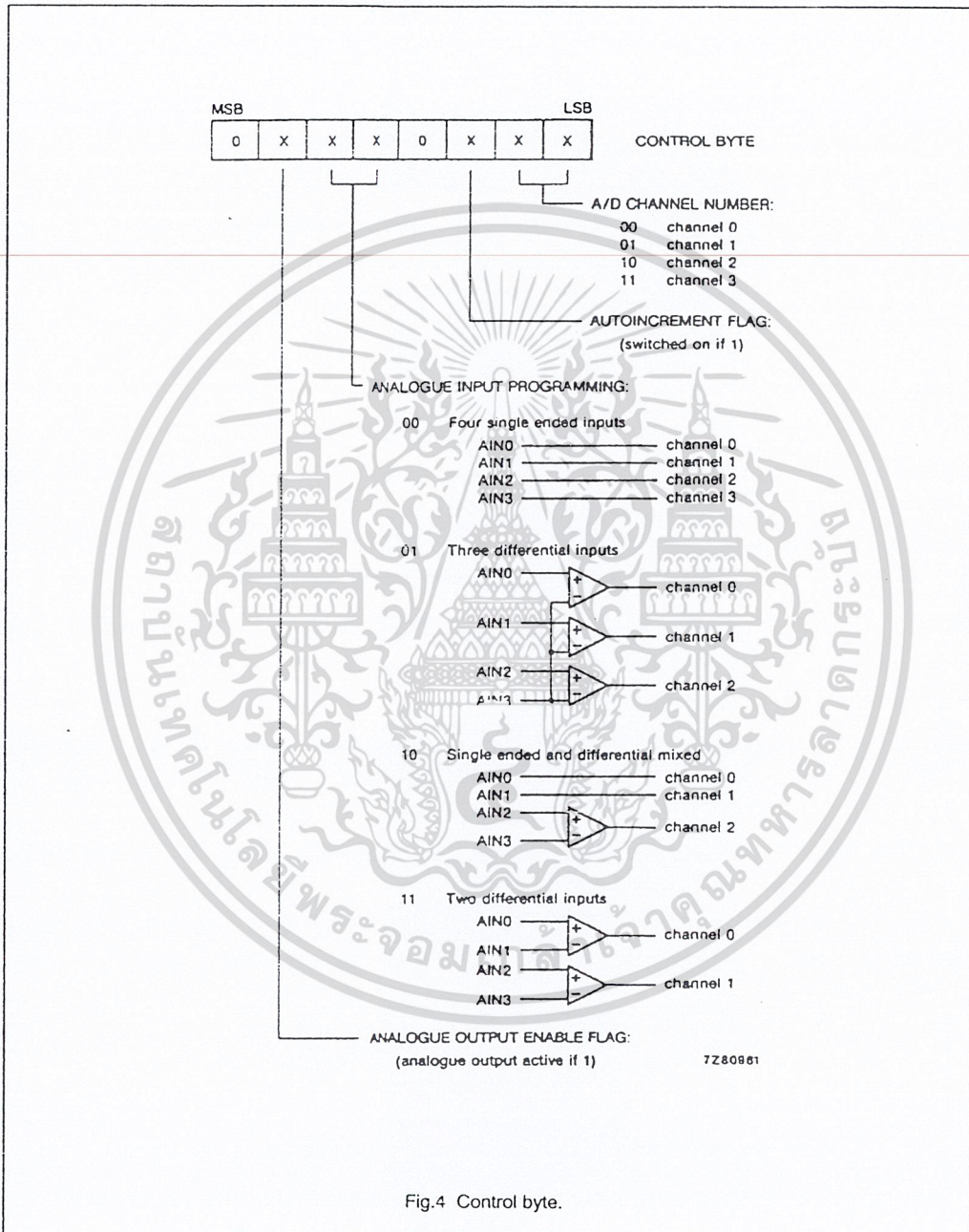


Fig.4 Control byte.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7.3 D/A conversion

The third byte sent to a PCF8591 device is stored in the DAC data register and is converted to the corresponding analog voltage using the on-chip D/A converter. This D/A converter consists of a resistor divider chain connected to the external reference voltage with 256 taps and selection switches. The tap-decoder switches one of these taps to the DAC output line (see Fig.5).

The analog output voltage is buffered by an auto-zeroed unity gain amplifier. This buffer amplifier may be switched on or off by setting the analog output enable flag of the control register. In the active state the output voltage is held until a further data byte is sent.

The on-chip D/A converter is also used for successive approximation A/D conversion. In order to release the DAC for an A/D conversion cycle the unity gain amplifier is equipped with a track and hold circuit. This circuit holds the output voltage while executing the A/D conversion.

The output voltage supplied to the analog output AOUT is given by the formula shown in Fig.6. The waveforms of a D/A conversion sequence are shown in Fig.7.

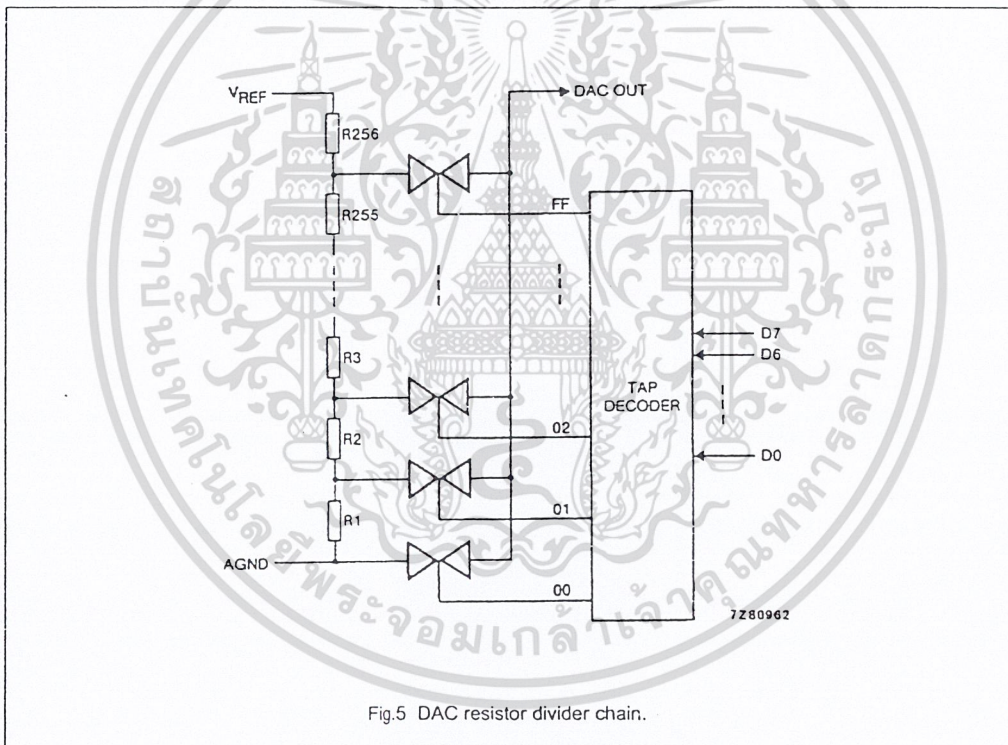
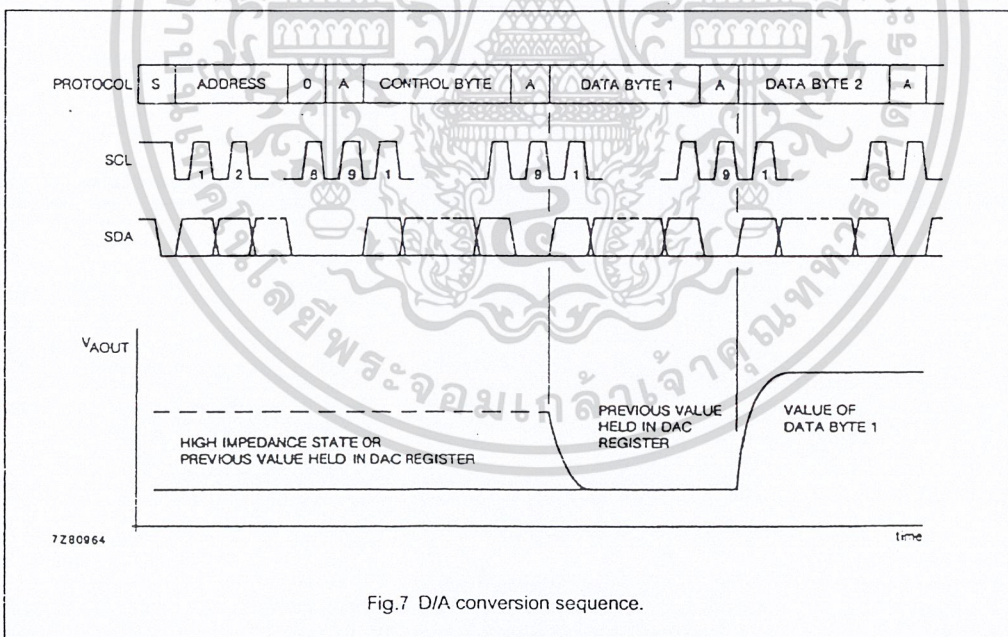
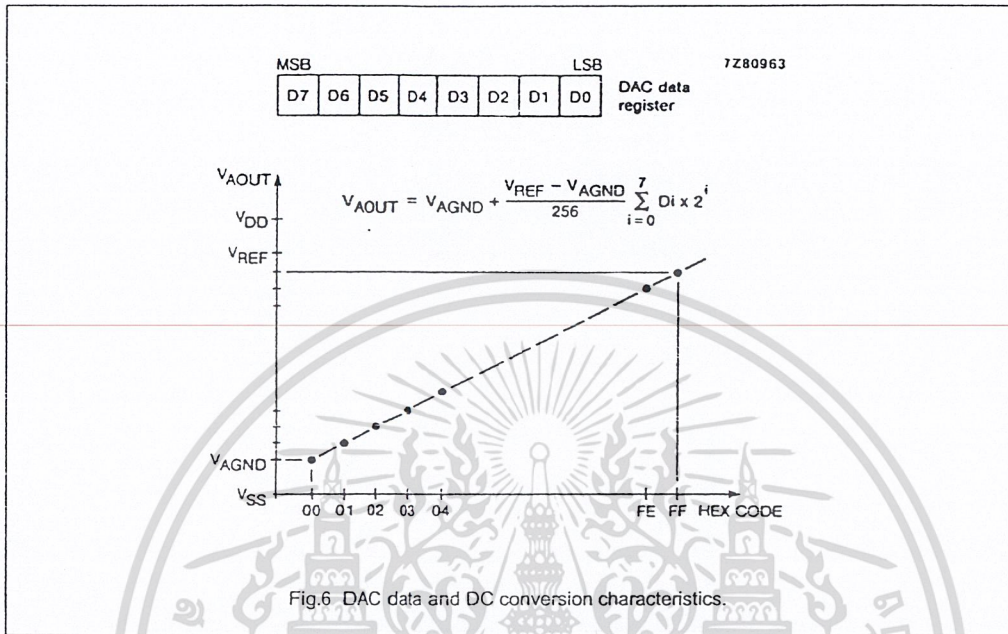


Fig.5 DAC resistor divider chain.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7.4 A/D conversion

The A/D converter makes use of the successive approximation conversion technique. The on-chip D/A converter and a high-gain comparator are used temporarily during an A/D conversion cycle.

An A/D conversion cycle is always started after sending a valid read mode address to a PCF8591 device. The A/D conversion cycle is triggered at the trailing edge of the acknowledge clock pulse and is executed while transmitting the result of the previous conversion (see Fig.8).

Once a conversion cycle is triggered an input voltage sample of the selected channel is stored on the chip and is converted to the corresponding 8-bit binary code. Samples picked up from differential inputs are converted to an 8-bit two's complement code (see Figs 9 and 10).

The conversion result is stored in the ADC data register and awaits transmission. If the auto-increment flag is set the next channel is selected.

The first byte transmitted in a read cycle contains the conversion result code of the previous read cycle. After a Power-on reset condition the first byte read is a hexadecimal 80. The protocol of an I²C-bus read cycle is shown in Chapter 8, Figs 15 and 16.

The maximum A/D conversion rate is given by the actual speed of the I²C-bus.

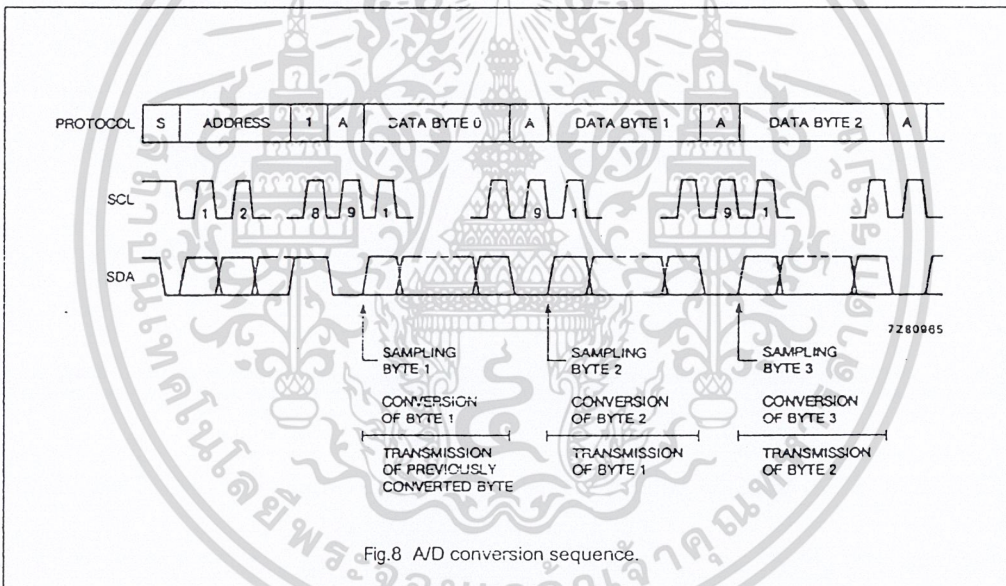
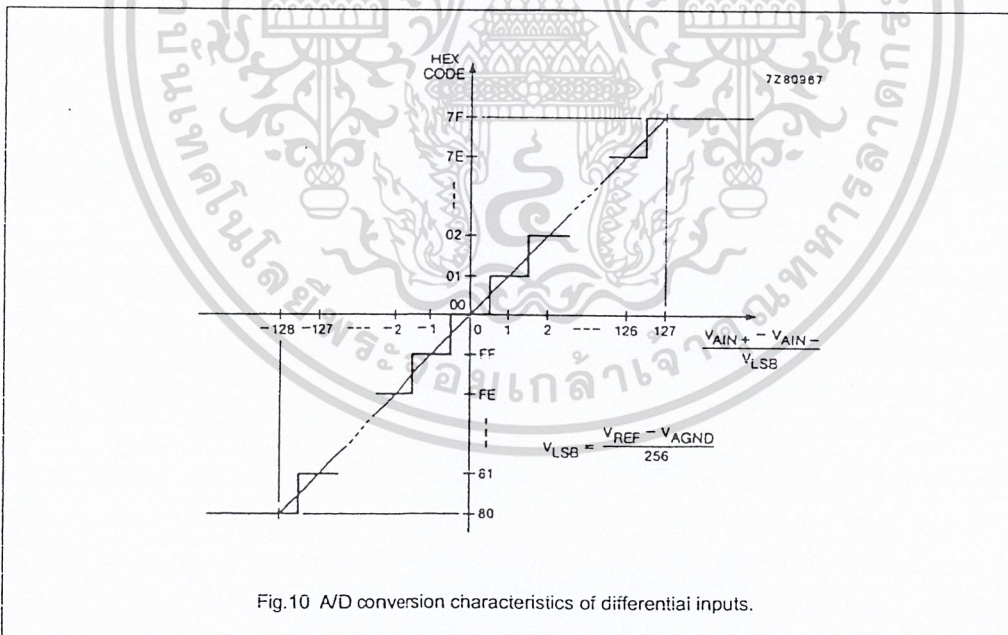
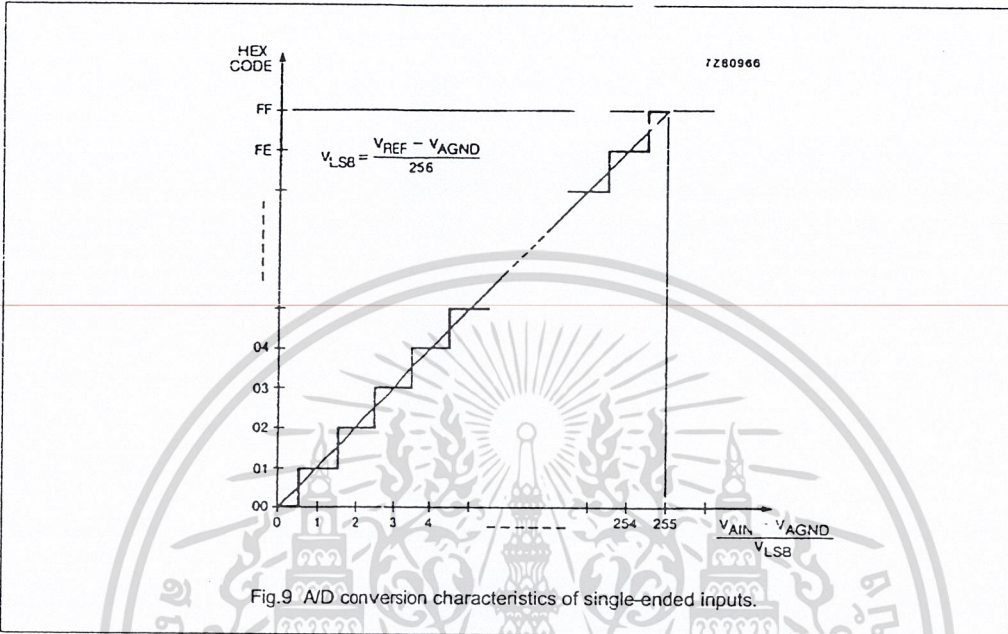


Fig.8 A/D conversion sequence.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

7.5 Reference voltage

For the D/A and A/D conversion either a stable external voltage reference or the supply voltage has to be applied to the resistor divider chain (pins V_{REF} and AGND). The AGND pin has to be connected to the system analog ground and may have a DC off-set with reference to V_{SS} .

A low frequency may be applied to the V_{REF} and AGND pins. This allows the use of the D/A converter as a one-quadrant multiplier; see Chapter 15 and Fig.6.

The A/D converter may also be used as a one or two quadrant analog divider. The analog input voltage is divided by the reference voltage. The result is converted to a binary code. In this application the user has to keep the reference voltage stable during the conversion cycle.

7.6 Oscillator

An on-chip oscillator generates the clock signal required for the A/D conversion cycle and for refreshing the auto-zeroed buffer amplifier. When using this oscillator the EXT pin has to be connected to V_{SS} . At the OSC pin the oscillator frequency is available.

If the EXT pin is connected to V_{DD} the oscillator output OSC is switched to a high-impedance state allowing the user to feed an external clock signal to OSC.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

8 CHARACTERISTICS OF THE I²C-BUS

The I²C-bus is for bidirectional, two-line communication between different ICs or modules. The two lines are a serial data line (SDA) and a serial clock line (SCL). Both lines must be connected to a positive supply via a pull-up resistor. Data transfer may be initiated only when the bus is not busy.

8.1 Bit transfer

One data bit is transferred during each clock pulse. The data on the SDA line must remain stable during the HIGH period of the clock pulse as changes in the data line at this time will be interpreted as a control signal.

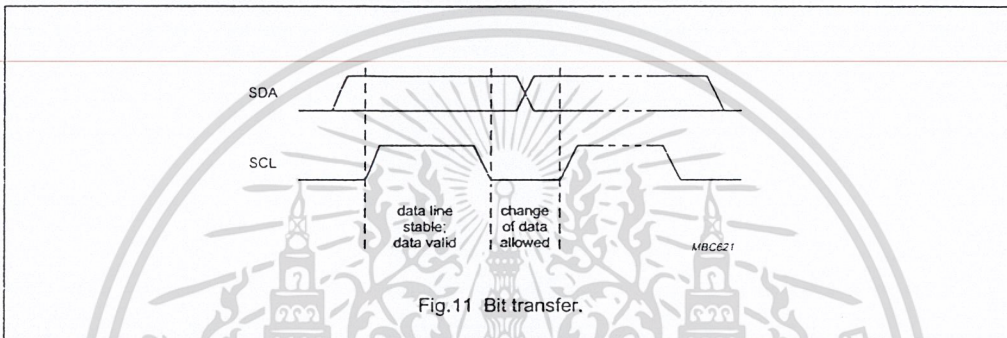


Fig.11 Bit transfer.

8.2 Start and stop conditions

Both data and clock lines remain HIGH when the bus is not busy. A HIGH-to-LOW transition of the data line, while the clock is HIGH, is defined as the start condition (S). A LOW-to-HIGH transition of the data line while the clock is HIGH, is defined as the stop condition (P).

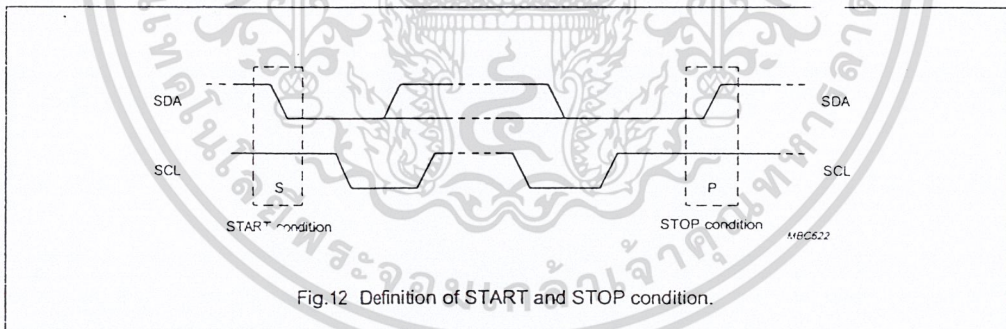


Fig.12 Definition of START and STOP condition.

8.3 System configuration

A device generating a message is a 'transmitter', a device receiving a message is the 'receiver'. The device that controls the message is the 'master' and the devices which are controlled by the master are the 'slaves'.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

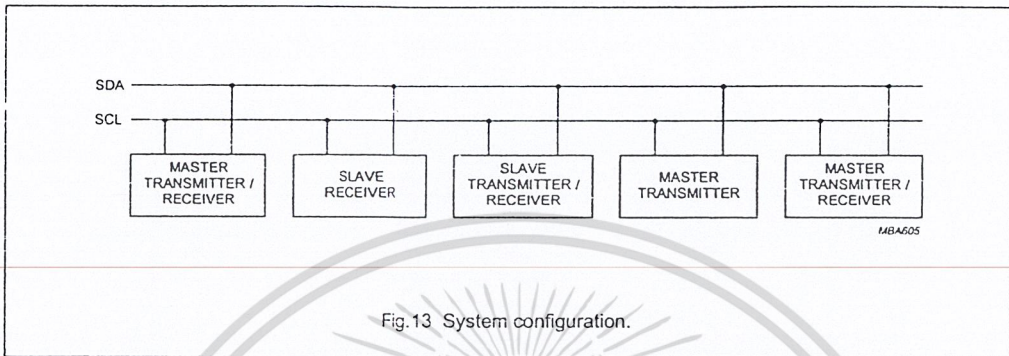


Fig. 13 System configuration.

8.4 Acknowledge

The number of data bytes transferred between the start and stop conditions from transmitter to receiver is not limited. Each data byte of eight bits is followed by one acknowledge bit. The acknowledge bit is a HIGH level put on the bus by the transmitter whereas the master also generates an extra acknowledge related clock pulse. A slave receiver which is addressed must generate an acknowledge after the reception of each byte. Also a master must generate an acknowledge after the reception of each byte that has been clocked out of the slave transmitter. The device that acknowledges has to pull down the SDA line during the acknowledge clock pulse, so that the SDA line is stable LOW during the HIGH period of the acknowledge related clock pulse. A master receiver must signal an end of data to the transmitter by not generating an acknowledge on the last byte that has been clocked out of the slave. In this event the transmitter must leave the data line HIGH to enable the master to generate a stop condition.

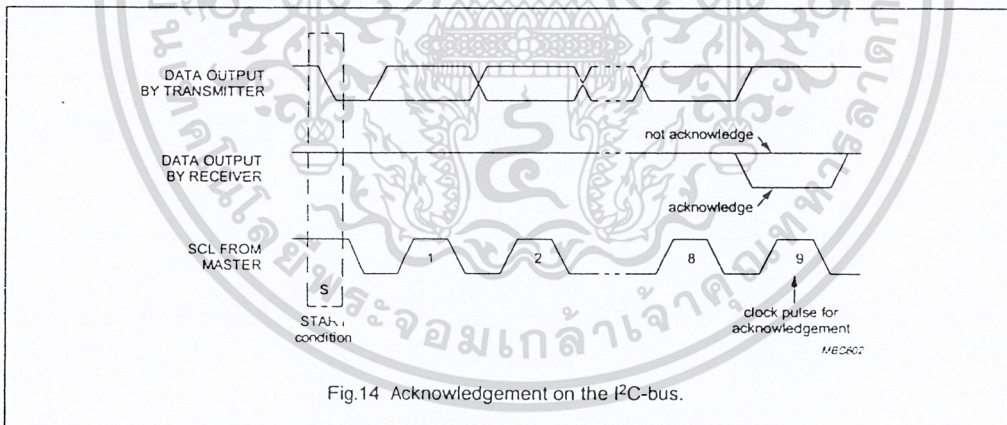


Fig. 14 Acknowledgement on the I2C-bus.

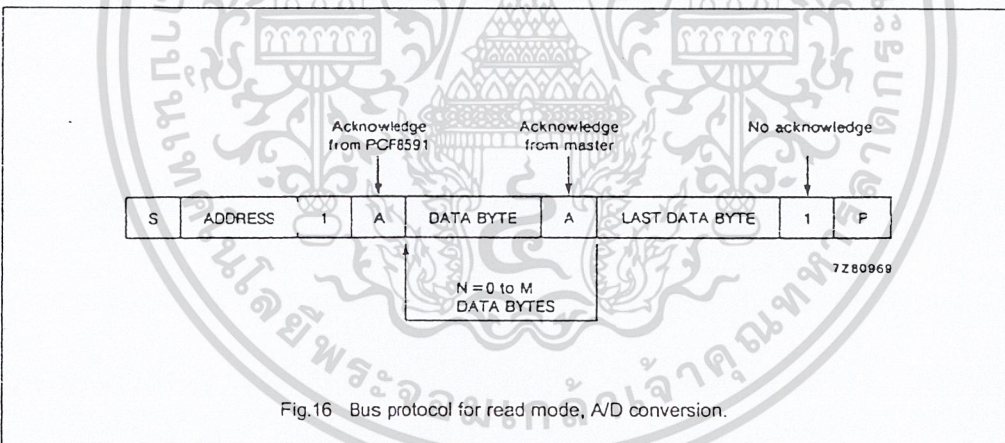
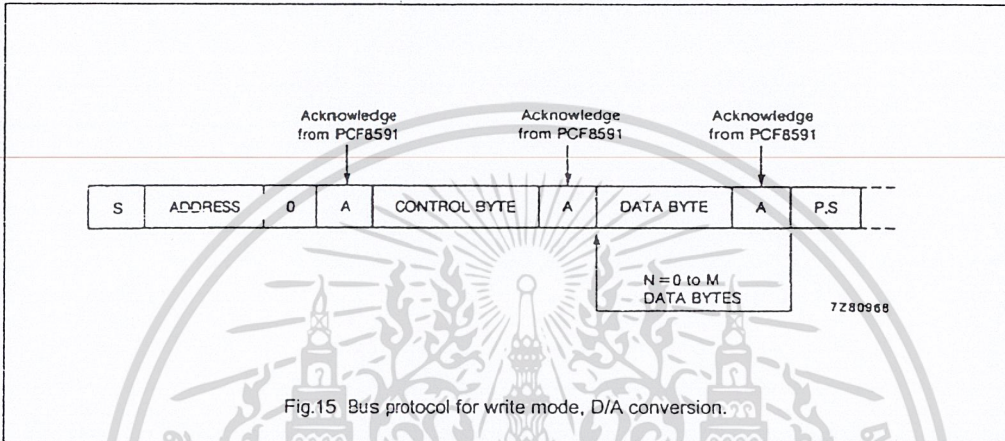
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

8.5 I²C-bus protocol

After a start condition a valid hardware address has to be sent to a PCF8591 device. The read/write bit defines the direction of the following single or multiple byte data transfer. For the format and the timing of the start condition (S), the stop condition (P) and the acknowledge bit (A) refer to the I²C-bus characteristics. In the write mode a data transfer is terminated by sending either a stop condition or the start condition of the next data transfer.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

9 LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DD}	supply voltage (pin 16)	-0.5	+8.0	V
V_I	input voltage (any input)	-0.5	$V_{DD} + 0.5$	V
I_I	DC input current	-	± 10	mA
I_O	DC output current	-	± 20	mA
I_{DD}, I_{SS}	V_{DD} or V_{SS} current	-	± 50	mA
P_{tot}	total power dissipation per package	-	300	mW
P_O	power dissipation per output	-	100	mW
T_{amb}	operating ambient temperature	-40	+85	°C
T_{stg}	storage temperature	-65	+150	°C

10 HANDLING

Inputs and outputs are protected against electrostatic discharge in normal handling. However, to be totally safe, it is desirable to take precautions appropriate to handling MOS devices. Advice can be found in Data Handbook IC12 under "Handling MOS Devices".

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

11 DC CHARACTERISTICS

 $V_{DD} = 2.5\text{ V to }6\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $T_{amb} = -40\text{ }^{\circ}\text{C to }+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
V_{DD}	supply voltage (operating)		2.5	–	6.0	V
I_{DD}	supply current					
	standby	$V_I = V_{SS}$ or V_{DD} ; no load	–	1	15	μA
	operating, AOOUT off	$f_{SCL} = 100\text{ kHz}$	–	125	250	μA
	operating, AOOUT active	$f_{SCL} = 100\text{ kHz}$	–	0.45	1.0	mA
V_{POR}	Power-on reset level	note 1	0.8	–	2.0	V
Digital inputs/output: SCL, SDA, A0, A1, A2						
V_{IL}	LOW level input voltage		0	–	$0.3 \times V_{DD}$	V
V_{IH}	HIGH level input voltage		$0.7 \times V_{DD}$	–	V_{DD}	V
I_L	leakage current					
	A0, A1, A2	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	–250	–	+250	nA
	SCL, SDA	$V_I = V_{SS}$ to V_{DD}	–1	–	+1	μA
C_i	input capacitance		–	–	5	pF
I_{OL}	LOW level SDA output current	$V_{OL} = 0.4\text{ V}$	3.0	–	–	mA
Reference voltage inputs						
V_{REF}	reference voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	$V_{SS} + 1.6$	–	V_{DD}	V
V_{AGND}	analog ground voltage	$V_{REF} > V_{AGND}$; note 2	V_{SS}	–	$V_{DD} - 0.8$	V
I_{LI}	input leakage current		–250	–	+250	nA
R_{REF}	input resistance	pins V_{REF} and AGND	–	100	–	k Ω
Oscillator: OSC, EXT						
I_{LI}	input leakage current		–	–	250	nA
f_{OSC}	oscillator frequency		0.75	–	1.25	MHz

Notes

- The power on reset circuit resets the I²C-bus logic when V_{DD} is less than V_{POR} .
- A further extension of the range is possible, if the following conditions are fulfilled:

$$\frac{V_{REF} + V_{AGND}}{2} \geq 0.8\text{ V}, V_{DD} - \frac{V_{REF} + V_{AGND}}{2} \geq 0.4\text{ V}$$

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

12 D/A CHARACTERISTICS

$V_{DD} = 5.0\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_{REF} = 5.0\text{ V}$; $V_{AGND} = 0\text{ V}$; $R_L = 10\text{ k}\Omega$; $C_L = 100\text{ pF}$; $T_{amb} = -40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+85\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Analog output						
V_{OA}	output voltage	no resistive load	V_{SS}	–	V_{DD}	V
		$R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{SS}	–	$0.9 \times V_{DD}$	V
I_{LO}	output leakage current	AOUT disabled	–	–	250	nA
Accuracy						
OS_e	offset error	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	50	mV
L_e	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
G_e	gain error	no resistive load	–	–	1	%
t_{DAC}	settling time	to $\frac{1}{2}$ LSB full scale step	–	–	90	μs
f_{DAC}	conversion rate		–	–	11.1	kHz
SNRR	supply noise rejection ratio	$f = 100\text{ Hz}$; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB

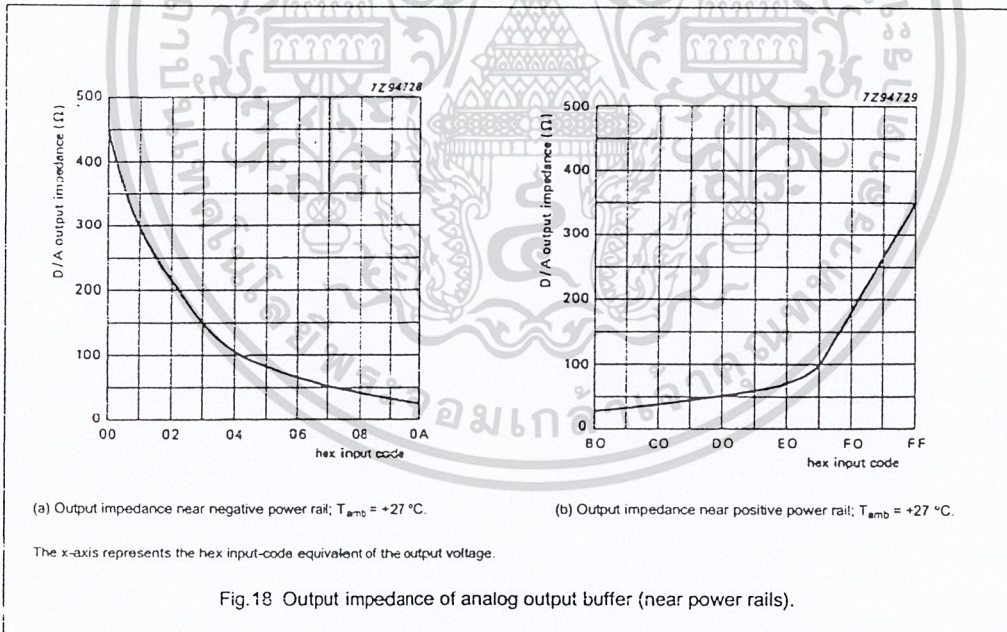
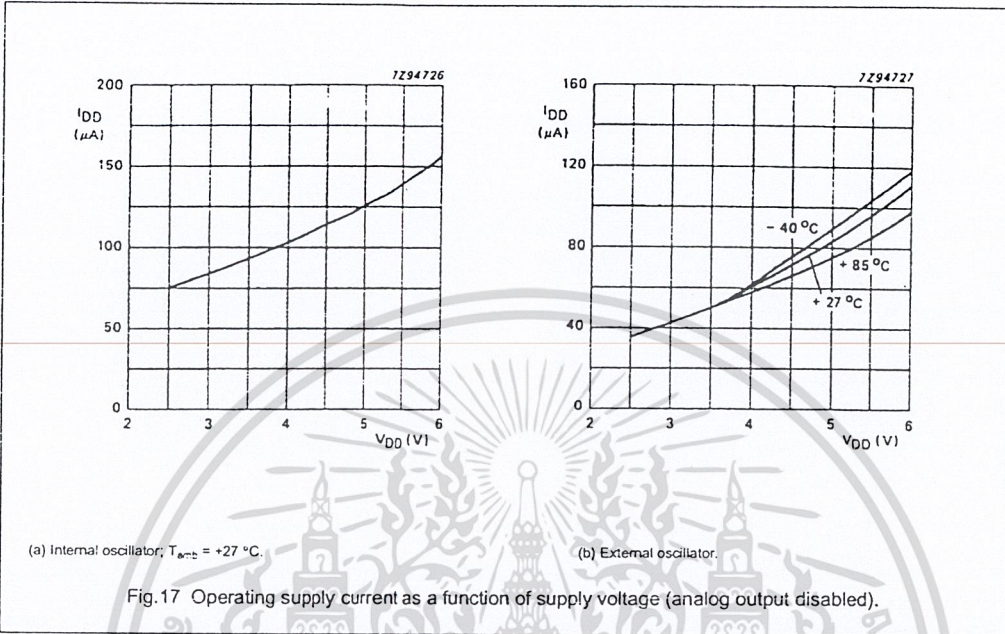
13 A/D CHARACTERISTICS

$V_{DD} = 5.0\text{ V}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_{REF} = 5.0\text{ V}$; $V_{AGND} = 0\text{ V}$; $R_S = 10\text{ k}\Omega$; $T_{amb} = -40\text{ }^\circ\text{C}$ to $+85\text{ }^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Analog inputs						
V_{IA}	analog input voltage		V_{SS}	–	V_{DD}	V
I_{LIA}	analog input leakage current		–	–	100	nA
C_{IA}	analog input capacitance		–	10	–	pF
C_{ID}	differential input capacitance		–	10	–	pF
V_{IS}	single-ended voltage	measuring range	V_{AGND}	–	V_{REF}	V
V_{ID}	differential voltage	measuring range; $V_{FS} = V_{REF} - V_{AGND}$	$-\frac{V_{FS}}{2}$	–	$+\frac{V_{FS}}{2}$	V
Accuracy						
OS_e	offset error	$T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	20	mV
L_e	linearity error		–	–	± 1.5	LSB
G_e	gain error		–	–	1	%
GS_e	small-signal gain error	$\Delta V_i = 16\text{ LSB}$	–	–	5	%
CMRR	common-mode rejection ratio		–	60	–	dB
SNRR	supply noise rejection ratio	$f = 100\text{ Hz}$; $V_{DDN} = 0.1 \times V_{PP}$	–	40	–	dB
t_{ADC}	conversion time		–	–	90	μs
f_{ADC}	sampling/conversion rate		–	–	11.1	kHz

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

14 AC CHARACTERISTICS

All timing values are valid within the operating supply voltage and ambient temperature range and reference to V_{IL} and V_{IH} with an input voltage swing of V_{SS} to V_{DD} .

SYMBOL	PARAMETER	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I²C-bus timing (see Fig.19; note 1)					
f_{SCL}	SCL clock frequency	–	–	100	kHz
t_{SP}	tolerable spike width on bus	–	–	100	ns
t_{BUF}	bus free time	4.7	–	–	μ s
$t_{SU,STA}$	START condition set-up time	4.7	–	–	μ s
$t_{HD,STA}$	START condition hold time	4.0	–	–	μ s
t_{LOW}	SCL LOW time	4.7	–	–	μ s
t_{HIGH}	SCL HIGH time	4.0	–	–	μ s
t_r	SCL and SDA rise time	–	–	1.0	μ s
t_f	SCL and SDA fall time	–	–	0.3	μ s
$t_{SU,DAT}$	data set-up time	250	–	–	ns
$t_{HD,DAT}$	data hold time	0	–	–	ns
$t_{VD,DAT}$	SCL LOW-to-data out valid	–	–	3.4	μ s
$t_{SU,STO}$	STOP condition set-up time	4.0	–	–	μ s

Note

1. A detailed description of the I²C-bus specification, with applications, is given in brochure "The I²C-bus and how to use it". This brochure may be ordered using the code 9398 393 40011.

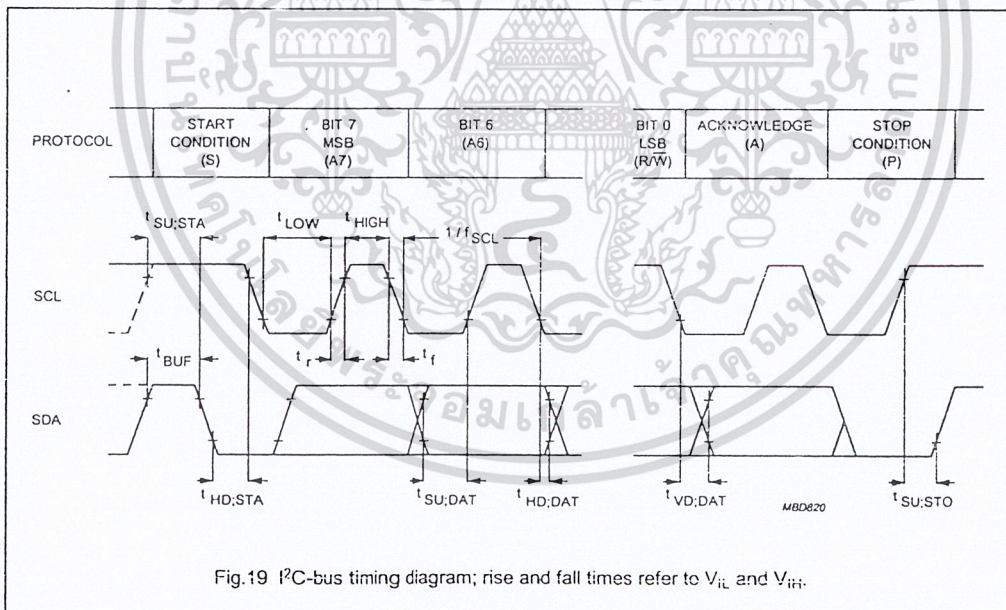


Fig.19 I²C-bus timing diagram; rise and fall times refer to V_{IL} and V_{IH} .

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

15 APPLICATION INFORMATION

Inputs must be connected to V_{SS} or V_{DD} when not in use. Analog inputs may also be connected to AGND or V_{REF} .

In order to prevent excessive ground and supply noise and to minimize cross-talk of the digital to analog signal paths the user has to design the printed-circuit board layout very carefully. Supply lines common to a PCF8591 device and noisy digital circuits and ground loops should be avoided. Decoupling capacitors ($>10 \mu\text{F}$) are recommended for power supply and reference voltage inputs.

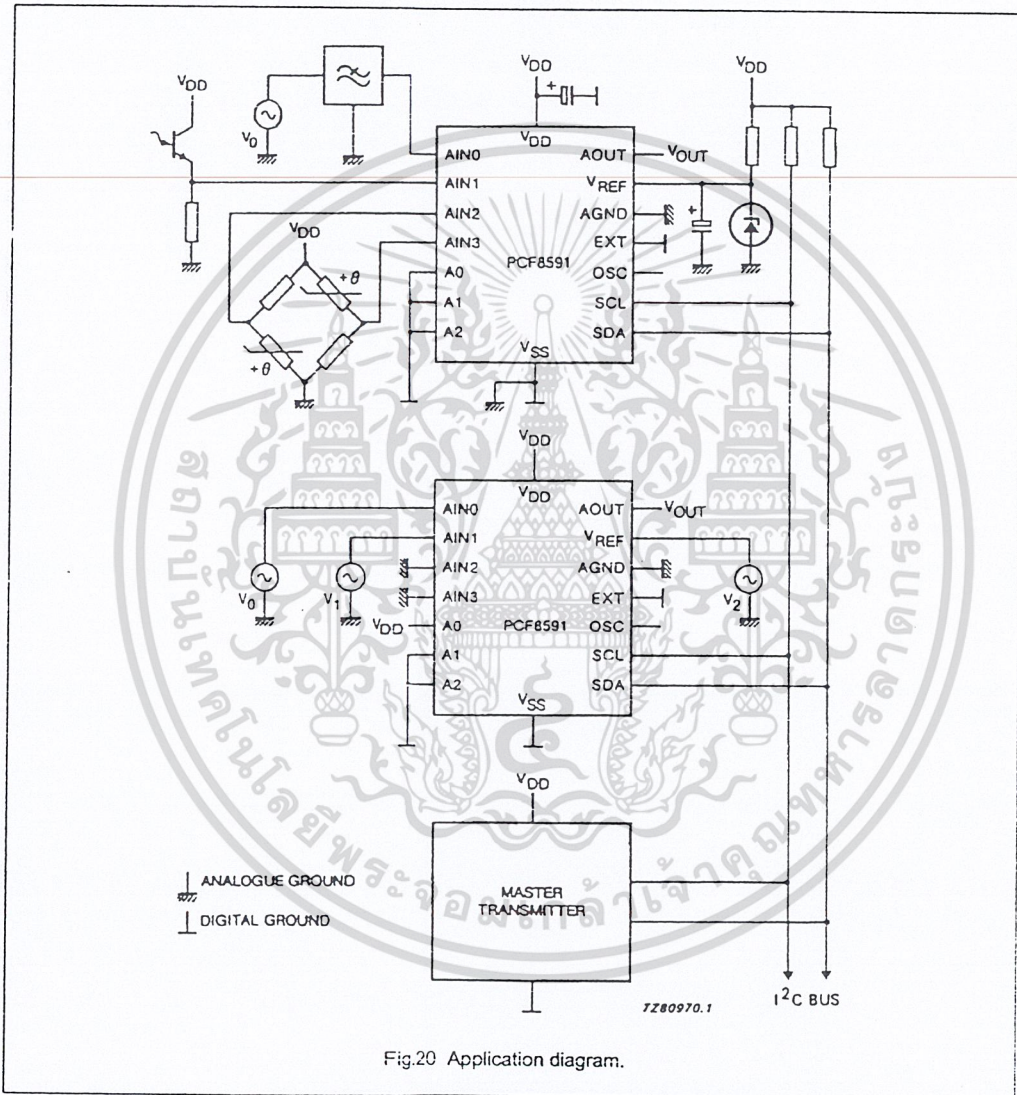


Fig.20 Application diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

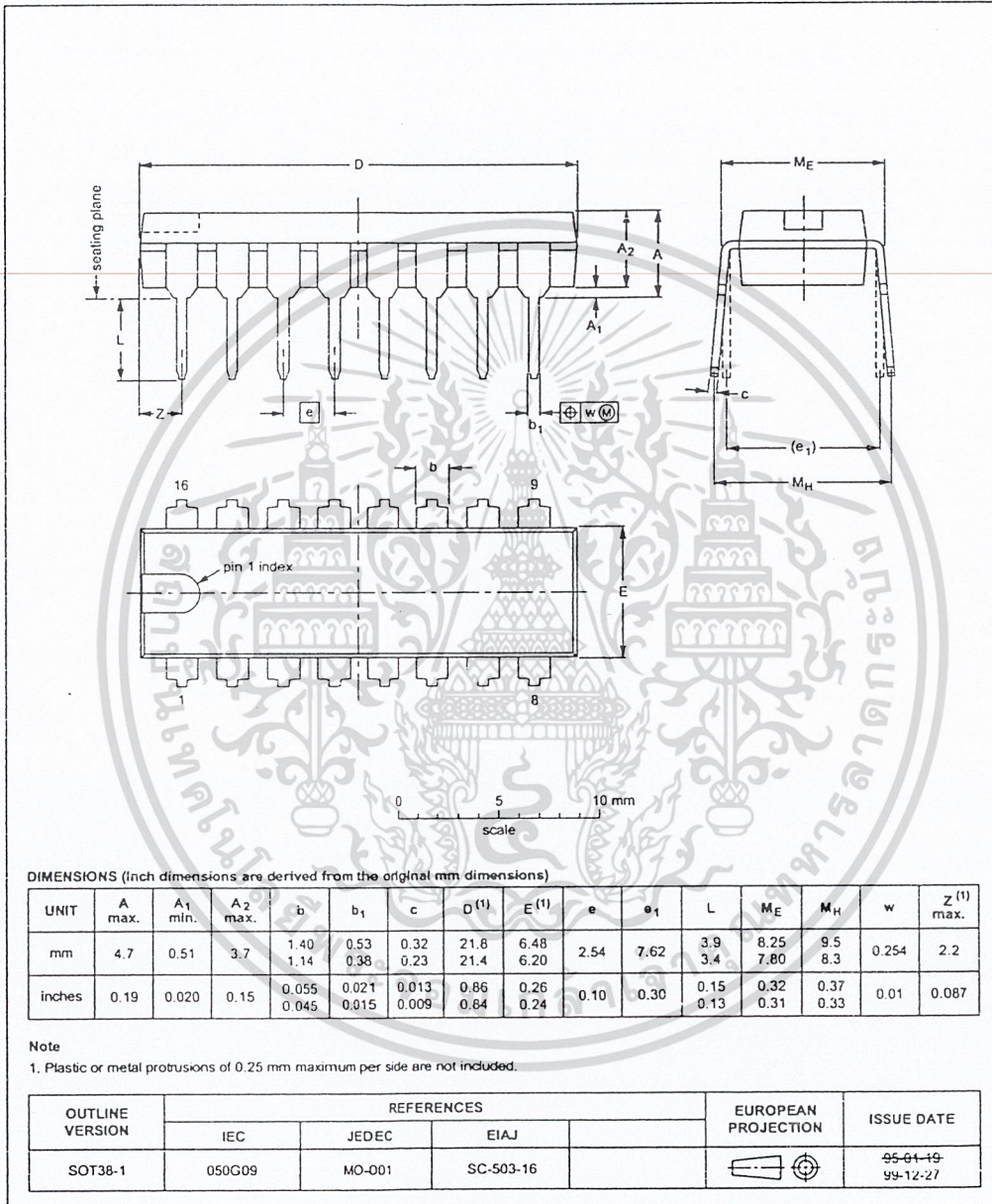
8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

16 PACKAGE OUTLINES

DIP16: plastic dual in-line package; 16 leads (300 mil); long body

SOT38-1



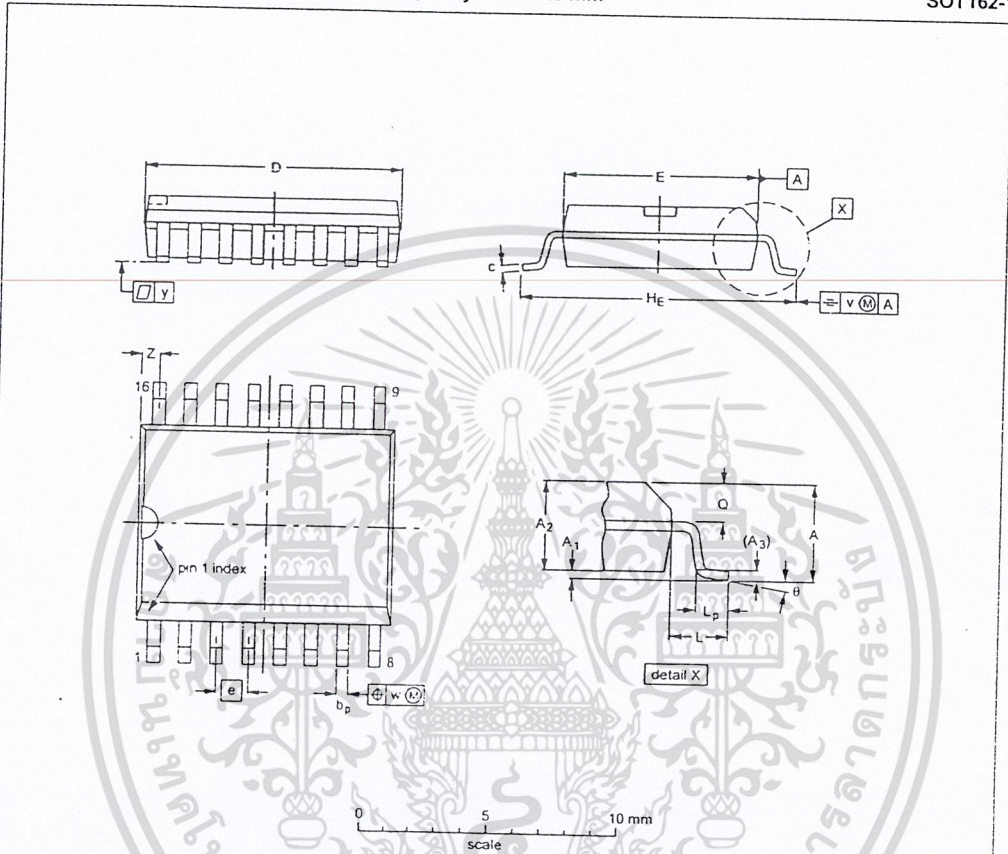
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

SO16: plastic small outline package; 16 leads; body width 7.5 mm

SOT162-1



DIMENSIONS (Inch dimensions are derived from the original mm dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	H _E	L	L _p	Q	v	w	y	z ⁽¹⁾	θ
mm	2.65	0.30 0.10	2.45 2.25	0.25	0.49 0.36	0.32 0.23	10.5 10.1	7.6 7.4	1.27	10.65 10.00	1.4	1.1 0.4	1.1 1.0	0.25	0.25	0.1	0.9 0.4	8° 0°
inches	0.10	0.012 0.004	0.096 0.089	0.01	0.019 0.014	0.013 0.009	0.41 0.40	0.30 0.29	0.050	0.419 0.394	0.055	0.043 0.016	0.043 0.039	0.01	0.01	0.004	0.035 0.016	

Note
1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT162-1	075E03	MS-013				97-05-22 99-12-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

17 SOLDERING

17.1 Introduction

There is no soldering method that is ideal for all IC packages. Wave soldering is often preferred when through-hole and surface mounted components are mixed on one printed-circuit board. However, wave soldering is not always suitable for surface mounted ICs, or for printed-circuits with high population densities. In these situations reflow soldering is often used.

This text gives a very brief insight to a complex technology. A more in-depth account of soldering ICs can be found in our "Data Handbook IC26; Integrated Circuit Packages" (order code 9398 652 90011).

17.2 DIP

17.2.1 SOLDERING BY DIPPING OR BY WAVE

The maximum permissible temperature of the solder is 260 °C; solder at this temperature must not be in contact with the joint for more than 5 seconds. The total contact time of successive solder waves must not exceed 5 seconds.

The device may be mounted up to the seating plane, but the temperature of the plastic body must not exceed the specified maximum storage temperature ($T_{stg\ max}$). If the printed-circuit board has been pre-heated, forced cooling may be necessary immediately after soldering to keep the temperature within the permissible limit.

17.2.2 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Apply a low voltage soldering iron (less than 24 V) to the lead(s) of the package, below the seating plane or not more than 2 mm above it. If the temperature of the soldering iron bit is less than 300 °C it may remain in contact for up to 10 seconds. If the bit temperature is between 300 and 400 °C, contact may be up to 5 seconds.

17.3 SO

17.3.1 REFLOW SOLDERING

Reflow soldering techniques are suitable for all SO packages.

Reflow soldering requires solder paste (a suspension of fine solder particles, flux and binding agent) to be applied to the printed-circuit board by screen printing, stencilling or pressure-syringe dispensing before package placement.

Several techniques exist for reflowing; for example, thermal conduction by heated belt. Dwell times vary between 50 and 300 seconds depending on heating method. Typical reflow temperatures range from 215 to 250 °C.

Preheating is necessary to dry the paste and evaporate the binding agent. Preheating duration: 45 minutes at 45 °C.

17.3.2 WAVE SOLDERING

Wave soldering techniques can be used for all SO packages if the following conditions are observed:

- A double-wave (a turbulent wave with high upward pressure followed by a smooth laminar wave) soldering technique should be used.
- The longitudinal axis of the package footprint must be parallel to the solder flow.
- The package footprint must incorporate solder thieves at the downstream end.

During placement and before soldering, the package must be fixed with a droplet of adhesive. The adhesive can be applied by screen printing, pin transfer or syringe dispensing. The package can be soldered after the adhesive is cured.

Maximum permissible solder temperature is 260 °C, and maximum duration of package immersion in solder is 10 seconds, if cooled to less than 150 °C within 6 seconds. Typical dwell time is 4 seconds at 250 °C.

A mildly-activated flux will eliminate the need for removal of corrosive residues in most applications.

17.3.3 REPAIRING SOLDERED JOINTS

Fix the component by first soldering two diagonally-opposite end leads. Use only a low voltage soldering iron (less than 24 V) applied to the flat part of the lead. Contact time must be limited to 10 seconds at up to 300 °C. When using a dedicated tool, all other leads can be soldered in one operation within 2 to 5 seconds between 270 and 320 °C.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

18 DATA SHEET STATUS

DATA SHEET STATUS ⁽¹⁾	PRODUCT STATUS ⁽²⁾	DEFINITIONS
Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Changes will be communicated according to the Customer Product/Process Change Notification (CPCN) procedure SNW-SQ-650A.

Notes

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.

19 DEFINITIONS

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device.

These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

20 DISCLAIMERS

Life support applications — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes, without notice, in the products, including circuits, standard cells, and/or software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no licence or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

8-bit A/D and D/A converter

PCF8591

21 PURCHASE OF PHILIPS I²C COMPONENTS

Purchase of Philips I²C components conveys a license under the Philips' I²C patent to use the components in the I²C system provided the system conforms to the I²C specification defined by Philips. This specification can be ordered using the code 9398 393 40011.

