เครื่องชี้ตำแหน่งอัตโนมัติด้วยเลเซอร์พอยต์เตอร์

AUTOMATIC POSITION POINTING BY LASERPOINTER

โดย

นาย เจษฎา เพชรประเสริฐ

นาย ดิศักดิ์ วรปริญญาพร

นาย ทินพล เชยวัดเกาะ

วัน เดือน ปี 31 ก.ค 2540

เลขทะเบียน 036942

เลขเรียกหนังสือ T 380 85 ว 755 ค

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

หัวข้อปริญญานิพนธ์ **เครื่องชี้ตำแหน่งอัตโนมัติด้วยเลเซอร์พอยต์เตอร์**

AUTOMATIC POSITION POINTING

BY LASERPOINTER

ชื่อนักศึกษา นาย เจษฎา เพชรประเสริฐ

นาย ดิศักดิ์ วรปริญญาพร

นาย ทินพล เชยวัดเกาะ

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2538

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ

( )

---------- กรรมการ

( )

---------- กรรมการ

( )

---------- กรรมการ

( )

---------- กรรมการ

( )

---------- กรรมการ

( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชี้ตำแหน่งอัตโนมัติด้วยเลเซอร์พอยต์เตอร์

โดย	นาย เจษฎา	เพชรประเสริฐ	รหัส 37.012046
	นาย ดิศักดิ์	วรปริญญาพร	รหัส 37.012051
	นาย ทินพล	เชยวัดเกาะ	รหัส 37.012054

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

การนำเอาสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้งานในด้านตำแหน่งแกน X-Y สำหรับควบคุมลำแสงของเลเซอร์จากเลเซ็อร์พอยต์เตอร์ไปใช้ในการชี้ตำแหน่ง การนำเสนอผลงานต่างๆนั้นในโครงงานนี้จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ได้แก่ส่วนที่เป็น แมคคานิค ซึ่งได้แก่ ระบบหักเหโดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์, วงจรขับ (DRIVER), บอร์ดไมโครโปรเซสเซอร์ (SINGLE BOARD MICROPROCESSOR) และส่วนที่เป็นซอฟแวร์ (SOFT WARE) ก็คือ ส่วนที่เป็น โปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ให้แกนทั้งสองเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งทั้งสองที่เราต้องการให้แสงเลเซอร์ชี้ไป ซึ่งจะเขียนด้วยโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ Z-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC POSITION POINTING BY LASERPOINTER

BY	MR. JETSADA PETSPRASIRT	CODE. 37012046
	MR. DISAK VARAPRINYARPON	CODE. 37012051
	MR. TINNAPOL CHEAYWATKOA	CODE. 37012054
ADVISER	MR.PRADIT WATTCHARAPIBOOL	
YEAR	1995	

ABSTRACT

Regarding to stepping motor application for X-Y to control a laser beam from laser pointer, To used for showing of the projects on the board, this project divides into 2 sections of the hardware, mechanical unit, as refract system by Stepping motor, Driver, Single board microprocessor. Software section is controller program which is performed to control the stepping motor to move both of a shaft to a position that we need to laser beam. The application program is created by an assembly language.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของ อ.ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆรวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนเพื่อนๆและน้องๆในภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม ที่คอยสอบถามความคืบหน้าของโครงงานและให้กำลังใจอย่างสม่ำเสมอ

ท้ายนี้ ผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งคอยให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการเงินตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

เจษฎา เพชรประเสริฐ
ดิศักดิ์ วรปริญญาพร
ทินพล เชยวัดเกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	
สารบัญภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 เลเซอร์ไดโอด (LASER DIODE : LD)	3
โครงสร้างและหลักการเกิดแสง	3
ข้อควรระวังในการใช้งาน	4
การประยุกต์ใช้งาน	5
2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPER MOTOR)	8
ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	8
การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	11
โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	13
กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	14
วิธีการกระตุ้นเฟส	15
คำจำกัดความ	17
สเต็ปปิ้งมอเตอร์กับการทดลอง	18
แรงบิดของเพลา	20
วงจรควบคุม	20
ข้อแนะนำในทางปฏิบัติ	21
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครโปรเซสเซอร์	24
พื้นฐานทั่วไปของไมโครคอมพิวเตอร์	24
2.4 คอมพิวเตอร์โปรแกรมหรือคอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์	27
PORT ที่ใช้สำหรับ CONTROL	29
2.5 CP-Z80V2 SMART CONTROLLER	32
CPU	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROM 33
RAM 33
PORT 33
CTC 34
LCD PORT 35
WDT (WATCH DOG TIMER) 35
40 PIN Z80 BUS 36
POWER SUPPLY 36
2.6 แนวทางการใช้ LCD MODULE 36
ขาสัญญาณของ LCD MODULE 37
การต่อเข้ากับระบบไมโคร 38
การต่อแบบ MEMORY MAP 38
การต่อ I/O PORT 38
ชุดคำสั่งข้อมูลและแสดงข้อความ 39
ความเข้าใจพื้นฐาน 40
บทที่ 3 การออกแบบ 41
3.1 บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 41
หลักการทำงาน 41
การสร้าง 42
รายการอุปกรณ์บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 45
วงจรแหล่งจ่ายไฟ (POWER SUPPLY) 47
รายการอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ 47
3.2 การออกแบบโปรแกรมการทำงาน 50
รายละเอียดของโฟว์ชาร์ต 51
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 60
4.1 ลักษณะการใช้งาน 61
4.2 วิธีการใช้เครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสต็ปปิ้งมอเตอร์ 62
4.3 การทดสอบโดยการชี้ตำแหน่งแผนผัง 63
4.4 สรุปผลการทดลอง 64
4.5 ปัญหาในการทำงาน 65
4.6 แนวทางการพัฒนา 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
รูปที่ 1.1	บล็อกไดอะแกรมของระบบการทำงาน	1
รูปที่ 2.1	ขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์	3
รูปที่ 2.2	แสดงกระแสพัลส์และการทำงานของเลเซอร์ไดโอด	4
รูปที่ 2.3	การสื่อสารโดยใช้เลเซอร์ไดโอด	6
รูปที่ 2.4	หลักการของเครื่องวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์	6
รูปที่ 2.5	(ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส (ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานสำหรับมอเตอร์ 4 เฟส	8
รูปที่ 2.6	แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	9
รูปที่ 2.7	แสดงกราฟข้อมูลการสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าและความเร็วในการหมุน โดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธ เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต	10
รูปที่ 2.8	แสดงการพันขดลวดของสเตเตอร์ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และ ที่เหลือเป็นแบบยูนิโพลาร์	10
รูปที่ 2.9	แสดงการจ่ายไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	11
รูปที่ 2.10	ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส	11
รูปที่ 2.11	แสดงเส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้นเฟส 1	12
รูปที่ 2.12	แสดงขั้นตอนการหมุนของ VR สเต็ปปิ้งมอเตอร์เมื่อมีการกระตุ้น จากเฟส 1 ไปยังเฟส 2	12
รูปที่ 2.13	(ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส (ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานของ PM มอเตอร์ 4 เฟส	13
รูปที่ 2.14	ลำดับขั้นตอนการหมุน 4 เฟส	13
รูปที่ 2.15	แสดงการหมุนในโหมดทำงาน(ก)หมุนเป็นสเต็ป (ข)หมุนต่อเนื่อง	14
รูปที่ 2.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ป กับแรงบิดของการทำงานทั้ง 2 โหมด	15
รูปที่ 2.17	ตารางการกระตุ้นเฟส	16
รูปที่ 2.18	(ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่ (ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเต็ปหนึ่งๆของระบบ (1) กระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว (2) กระตุ้นแบบเฟสคู่	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) กราฟคุณลักษณะของการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป (เสนประ)
และแบบเฟสคู่
รูปที่ 2.19 กราฟแสดงคุณลักษณะโมเมนต์กับความถี่ 17
รูปที่ 2.20 การทดลองการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 19
รูปที่ 2.21 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ใช้ NPN ทรานซิสเตอร์มีไดโอดป้องกัน 20
พลังงานสะสมที่ป้อนกลับเข้าไปใน IC
รูปที่ 2.22 การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์และแบบไบโพลาร์ 21
รูปที่ 2.23 การใช้กระแสขับเพื่อเพิ่มโมเมนต์ขึ้นที่อัตราสเต็ปสูงๆ 22
รูปที่ 2.24 (ก) เป็นการโอเวอร์ชู้ตหรือการเกิดแดมป์ปิ้งออสซิเลชั่น 23
เมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งของโรเตอร์
(ข) การเกิดโอเวอร์ชู้ตที่น้อยที่สุดโดยการให้มอเตอร์มีโมเมนต์ต้าน 23
ในขณะที่เปลี่ยนสเต็ป
รูปที่ 2.25 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์ 24
รูปที่ 2.26 โครงสร้างภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 25
รูปที่ 2.27 แสดงขาต่างๆและโครงสร้างภายใน 28
รูปที่ 2.28 CP-Z80V2 32
รูปที่ 2.29 ROM หรือ EPROM 33
รูปที่ 2.30 RAM 33
รูปที่ 2.31 การใช้งานของ PORT 33
รูปที่ 2.32 การต่อ CTC 34
รูปที่ 2.33 การต่อ LCD PORT 35
รูปที่ 2.34 การต่อ LCD MODULE แบบ MEMORY MAP 38
รูปที่ 2.35 การต่อ LCD MODULE แบบ I/O PORT 39
รูปที่ 3.1 วงจรบอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 43
รูปที่ 3.2 วงจรบอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 44
รูปที่ 3.3 วงจรของคีย์บอร์ดควบคุม 46
รูปที่ 3.4 วงจรของแหล่งจ่ายไฟ 48
รูปที่ 3.5 วงจร CP-Z80V2 SMART CONTROLLER 49
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วย 61
สเต็ปปิ้งมอเตอร์
รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของปุ่มกดของระบบการทำงาน 63
รูปที่ 4.3 แสดงการชี้ตำแหน่งของแผนผังคณะวิศวกรรมศาสตร์ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างรายละเอียดและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเลเซอร์ไอโอด 5

ตารางที่ 2.2 ชื่อเรียกและความหมายทางกลและทางไฟฟ้าของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 18

ตารางที่ 2.3 ตารางการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ 39

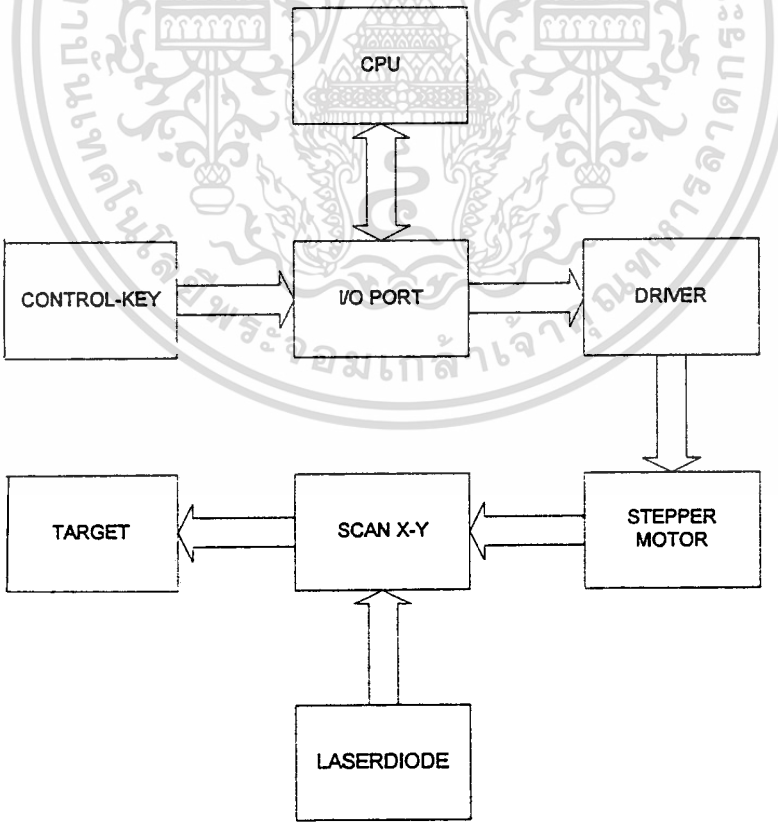
ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกค่าของตัวต้านทาน R7,R14,R21 และR28 45
ให้มีค่าเหมาะสมเพื่อนำไปใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดใช้แรงดัน 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เมื่อกล่าวถึง "เลเซอร์" บางคนอาจจะนึกถึงลำแสงมหาประลัย ในหนังวิทยาศาสตร์ บางคนที่เป็นวัยรุ่นก็คงจะนึกถึง ลำแสงเข้มๆที่วาดเป็นรูปภาพต่างๆในดิสโก้เทคทั่วๆไป ซึ่งการใช้งานทั่วไปในปัจจุบันมักใช้ในการอ่านข้อมูลดิจิตอล เช่น ในเครื่องเสียงชนิดคอมแพคดิสค์ หรือใช้เป็นเครื่องวัดระยะทางในการทหาร เพื่อหาระยะเป้าหมายของข้าศึกได้ เป็นต้น คนส่วนใหญ่มักคิดว่าเลเซอร์เป็นเทคโนโลยีชั้นสูงยากที่คนธรรมดาอย่างเราจะมีโอกาสจะสัมผัสกับมันได้ซึ่งก็ไม่ผิดนัก แต่ในปัจจุบันนักอิเลคทรอนิคส์จะมีโอกาสได้สัมผัสกับมันโดยตรง ทั้งยังมีขนาดเล็กจนคาดไม่ถึงอีกด้วย ซึ่งนั่นก็คือ เลเซอร์ไดโอด (LASER DIODE : LD) นั่นเอง ส่วนเลเซอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าและกำลังความเข้มสูงกว่าเป็นหลายๆวัตต์ เช่น คาร์บอนไดอ๊อกไซด์เลเซอร์, อาร์กอนเลเซอร์ฯลฯ ซึ่งมีราคาแพงและเป็นเทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากกว่า เราจะไม่กล่าวถึงณ.ที่นี้ สำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอระบบการควบคุมทิศทางของลำแสงเลเซอร์จากตัวกำเนิดแสงที่เป็นเลเซอร์ไดโอดให้ชี้ไปยังตำแหน่งต่างๆที่ต้องการตามแนวแกน X และแกน Y โดยใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมแผ่นกระจกให้สะท้อนลำแสงเลเซอร์จากตัวกำเนิดไปยังฉากรับ (TARGET) ตามที่ต้องการโดยใช้โปรแกรมในการควบคุมผ่านทางคีย์ควบคุม (CONTROL-KEY)



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คีย์ควบคุม (CONTROL-KEY) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณผ่านทางพอร์ต I/O เพื่อทำให้โปรแกรมที่บรรจุอยู่ในรอมถูกเรียกออกมาใช้ตามหน้าที่การทำงานของคีย์ต่างๆ

2 ตัวขับ(DRIVER) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากพอร์ตเพื่อไปขับให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงานตามโปรแกรมที่ได้รับมา

3. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (STEPPER MOTOR) ทำหน้าที่ควบคุมแผ่นกระจก ให้เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งแกน X และแกน Y ตามที่ต้องการ

4. เลเซอร์ไดโอด (LASER DIODE) ก็คือ ไดโอดชนิดหนึ่งมีขนาดเท่าตัวต้านทาน 1-2 วัตต์หลักการทำงานคล้าย LED ต่างกันตรงที่ เมื่อมีการไบอัสที่ถูกวิธีจะเปล่งพลังงานออกมาเป็นแสงเลเซอร์กำลังต่ำ

5. ฉากรับ (TARGET) ทำหน้าที่เป็นฉากรับแสงเลเซอร์เพื่อให้ตามองเห็นเป็นจุดต่างๆเคลื่อนที่ไปบนฉากในทิศทางตำแหน่งต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

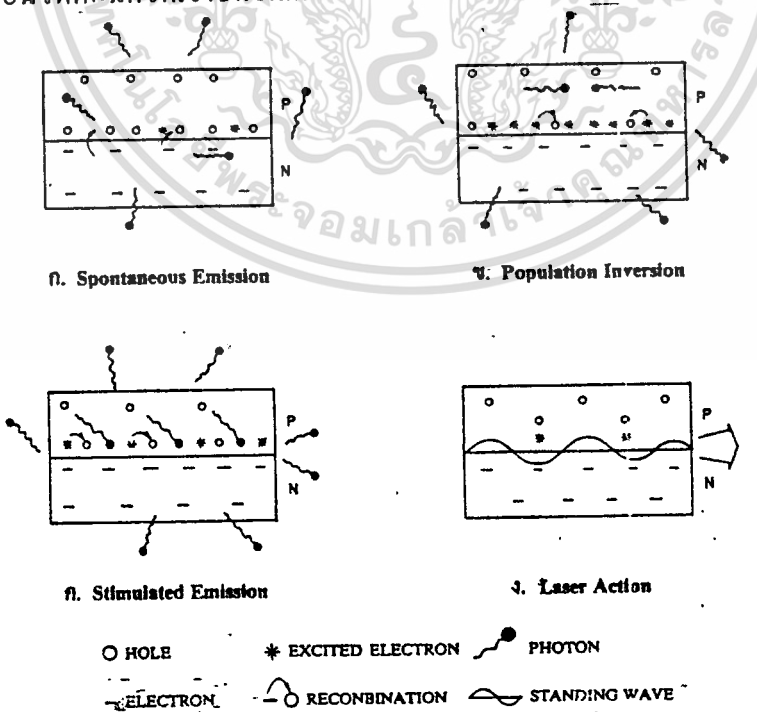
2.1 เลเซอร์ไดโอด (LASER DIODE : LD)

เลเซอร์ไดโอด ก็คือไดโอดชนิดหนึ่งมีขนาดประมาณเท่าตัวต้านทาน 1-2 วัตต์ หลักการทำงานก็คล้ายกับ LED ต่างกันตรงที่ เมื่อมีการไบแอสถูกวิธีจะเปล่งแสงออกมาเป็นแสงเลเซอร์กำลังงานต่ำแทนที่จะเป็นแสงธรรมดาอย่าง LED ทั่วไป การใช้งานทั่วไปในปัจจุบันมักใช้ในการอ่านข้อมูลทางดิจิตอล เช่นในเครื่องเสียงชนิดคอมแพคดิสค์ หรือใช้เป็นเครื่องวัดระยะทางในการทหาร เพื่อหาระยะเป้าหมายของข้าศึกได้ หรือใช้ชี้ตำแหน่งบนบอร์ดในการสัมมนาต่างๆ เป็นต้น

โครงสร้างและหลักการเกิดแสง

โดยทั่วไปเลเซอร์ไดโอดจะทำด้วยสารกึ่งตัวนำพวก GaAs (gallium arsenidde) ทำเป็นรอยต่อ P-N เหมือนไดโอดทั่วไป รวมทั้งคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยแสงเลเซอร์ส่วนใหญ่ที่เปล่งออกมา จะเป็นแสงย่านอินฟราเรดซึ่งตามองไม่เห็น หลักการในการเกิดแสงเลเซอร์เป็นดังรูปที่ 2.1

เริ่มจากรูป ก. เราทำการไบแอสกระแสให้กับเลเซอร์ไดโอด จะทำให้มีการทำงานคล้ายกับ LED คือ จะมีแสงที่เกิดจากโฟตอน (photon) ปล่อยออกมาอย่างสะเปะสะปะ เรียกสภาวะนี้ว่า spontaneous emission เมื่อเพิ่มกระแสให้สูงขึ้นอีกดังรูป ข. เลเซอร์ไดโอดจะก้าวไปสู่สภาวะ population inversion ซึ่งมีการคายโฟตอนมากขึ้น โฟตอนเหล่านี้ จะชนกับอิเลคตรอนอื่นๆ ทำให้มีการเพิ่มโฟตอนมากขึ้นอีก จนเข้าสู่สภาวะ stimulated emission ดังรูป ค. โฟตรอนตัวใหม่ที่เกิดขึ้นนี้จะมีเฟส (phase) เหมือนโฟตอนตัวที่เข้าชนอิเลคตรอน เมื่อโฟตอนที่มีเฟสเดียวกันมีมากขึ้น จะทำให้

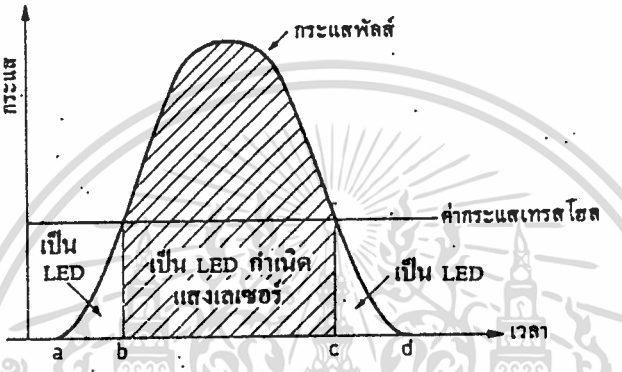


รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการเกิดแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิด standing wave ขึ้นระหว่างรอยต่อของสาร P-N ทำให้แสงที่เปล่งออกมามีลักษณะเป็นแสงเลเซอร์ ค่ากระแสที่เราป้อนให้กับตัวเลเซอร์ไดโอดจนสามารถเปล่งแสงเลเซอร์ออกมาได้นี้ ต้องมีค่ามากกว่ากระแสเทรสโฮล (threshold current) ของเลเซอร์ไดโอดเอง (ค่ากระแสเทรสโฮล คือ ค่ากระแสต่ำสุดที่เลเซอร์ไดโอดจะเปล่งแสงออกมาได้เป็นแสงเลเซอร์)

กล่าวคือ ถ้าจ่ายกระแสพัลส์ (pulse current) 1 ลูกป้อนให้กับตัวเลเซอร์ไดโอดดังรูปที่ 2.2 ในช่วงเวลาจาก a ถึง b ซึ่งกระแสพัลส์มีค่าต่ำกว่ากระแสเทรสโฮล เลเซอร์ไดโอดจะทำงานเป็น LED ตัวหนึ่ง ช่วงเวลาจาก b ถึง c กระแสพัลส์มีค่ามากกว่ากระแสเทรสโฮล เลเซอร์ไดโอดจะเปล่งแสงออกมาเป็นแสงเลเซอร์ และในช่วง c ถึง d กระแสพัลส์ลดลงต่ำกว่ากระแสเทรสโฮล เลเซอร์ไดโอดก็จะทำงานเป็นแบบ LED (คือแสงกระจายอย่างสะเปะสะปะ)อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.2 แสดงกระแสพัลส์และการทำงานของเลเซอร์ไดโอด

โดยปกติการที่จะให้เลเซอร์ไดโอดทำงานได้ เราจะต้องป้อนกระแสเป็นพัลส์ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงค่าช่วงเวลาขึ้น (rise time) และช่วงเวลาลง (fall time) ของกระแสพัลส์ ต้องมีค่าน้อยที่สุด เพราะถ้ามีค่ามากเกินไป จะทำให้เลเซอร์ไดโอดเกิดความร้อนที่รอยต่อ เมื่อเกิดความร้อนขึ้นค่ากระแสเทรสโฮลจะมีค่ามากขึ้นอีก ทำให้กระแสพัลส์มีค่าไม่ถึงกระแสเทรสโฮล เลเซอร์ไดโอดก็จะไม่ทำงาน หรือความร้อนจากรอยต่อถ้าเกิดมากเกินไปจะทำความเสียหายให้เกิดกับเลเซอร์ไดโอดได้

รายละเอียดและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเลเซอร์ไดโอด แสดงไว้ในรูปที่ 2.3ซึ่งเป็นของบริษัท Laser Diode Laboratories แห่งอเมริกา

ข้อควรระวังในการใช้งาน

ในการใช้งานเลเซอร์ไดโอดจะต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น จะทำความเสียหายให้กับตัวเลเซอร์ไดโอดได้ ฉะนั้นจึงควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ในการทำงานที่อุณหภูมิห้อง (25°) ต้องป้อนกระแสในลักษณะพัลส์

2. ความกว้างของพัลส์ (pulse width) ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดของตัวเลเซอร์ไดโอด(ดูจากสเปค) โดยทั่วไปมีค่าประมาณไม่เกิน 200 nS โดยวัดที่ 50 % ของกระแสใช้งานสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าของ duty factor ต้องไม่เกินค่าที่กำหนด โดยที่

duty factor = ความกว้างของพัลส์ / ระยะห่างระหว่างพัลส์

เช่น ค่าของ duty factor เป็น 0.1 ถ้าใช้พัลส์ที่มีความกว้าง 200 nS ค่าความห่างระหว่างพัลส์ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2,000 nS

4. ค่ากระแสไบแอสตรง (forword bias current) เป็น peak สูงสุด ไม่เกินค่าที่กำหนด

5. ค่าสูงสุดของกระแสไบแอสต้องไม่ต่ำกว่าค่ากระแสเทรสโฮล

6. ค่าสูงสุดของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเลเซอร์ไดโอดต้องไม่เกินค่าที่กำหนด ปกติมีค่าอยู่ในช่วง 5- 8 โวลท์ที่กระแสทำงานสูงสุด

ข้อกำหนดนี้ต้องปฏิบัติตามโดยเคร่งครัด มิฉะนั้นเลเซอร์ไดโอดซึ่งมีราคาประมาณตัวละ 2,000 บาท ขึ้นไปอาจเสียหายได้ การทดสอบให้แน่ใจควรใช้ตัวต้านทาน 1 โอมห์ต่อเป็นโหลดเทียม (dummy load) แทนตัวเลเซอร์ไดโอดเสียก่อน เมื่อทดสอบจนมั่นใจแล้ว จึงค่อยเปลี่ยนมาใช้เลเซอร์ไดโอดจริงๆ

		LD-60	LD-61	LD-62	LD-63	LD-65	LD-66	LD-67	LD-68	Units
Total Peak Radiant Flux	Min.	2	1	5	5	10	8	16	16	Watts
at max. rated I_{fm}	Typ.	2.3	1.5	6	6	12	9.5	20	20	Watts
Maximum Peak Forward Current	I_{fm}	10	10	20	25	40	40	60	75	Amps.
Typical Threshold Current	I_{th}	3	3.5	6	7	10	12	16	18	Amps.
Typical Peak	@ I_{fm}	5.0	5.0	5.8	6.5	6.7	6.7	7.0	8.0	
Forward Voltage	@ 50mA	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	Volts
Emitting Area		3×.08	3×.08	6×.08	6×.08	9×.08	9×.08	16×.08	16×.08	Mils.

	Symbol	Min.	Typical	Max.	Units
Wavelength of Peak Intensity	λ		904		nm
Spectral Width @ 50% points	$\Delta\lambda$		3.5		nm
Rise Time of Radiant Flux -10% to 90% pts.	Tr		<0.5		nS
Pulse Width -50% point @ I_{fm}	Tp			200	nS
Duty Factor @ I_{fm}				0.1	
Storage Temperature	Ts	-196		+150	°C
Operating Temperature	Tc	-196		+75	°C

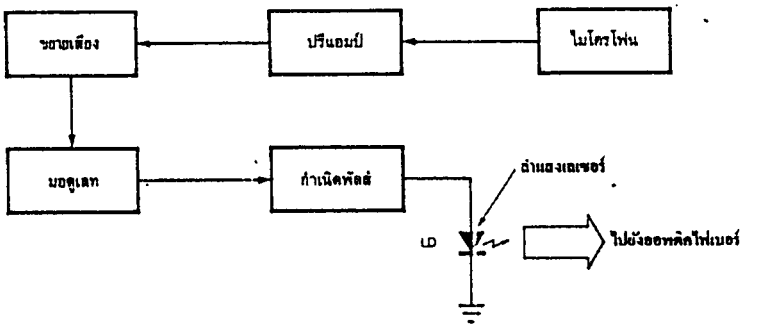
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างรายละเอียดและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเลเซอร์ไดโอด

การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากแสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้มสูงกว่าแสงธรรมดามาก อีกทั้งเลเซอร์ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก จึงได้มีการนำมาใช้งานด้านการสื่อสารผ่านท่อไฟเบอร์ออพติค โดยเลเซอร์ไดโอด

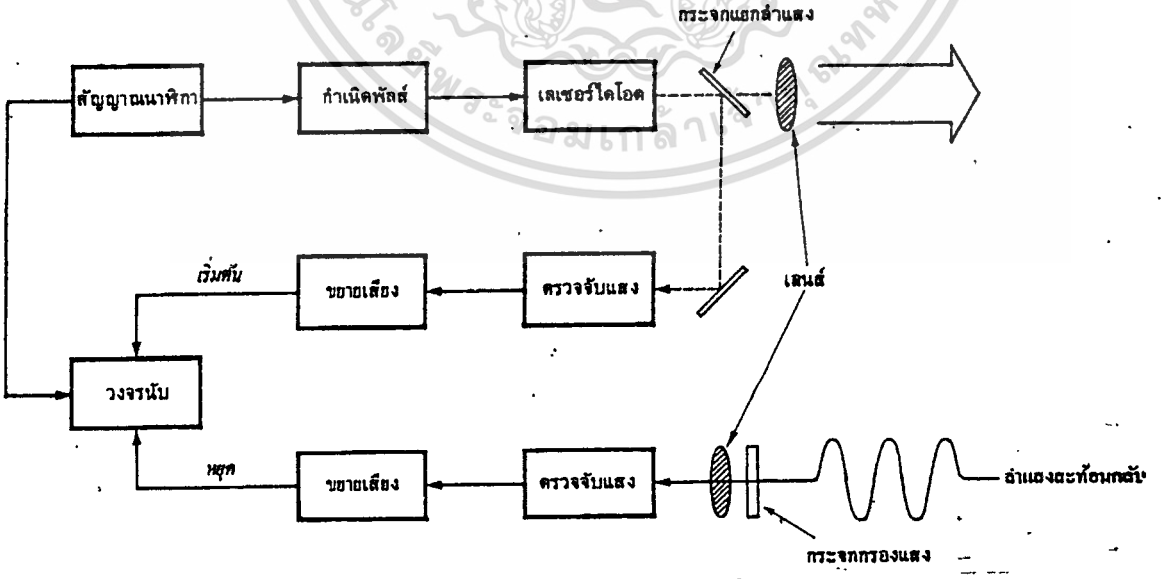
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนข้อมูลทางไฟฟ้าให้เป็นข้อมูลทางแสงการใช้งานเลเซอร์ไดโอดสามารถส่งข้อมูลได้ถูกต้อง และไกลกว่าแสงธรรมดามาก หลักการง่ายๆในการใช้งานแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การสื่อสารโดยใช้เลเซอร์ไดโอด

- ในรูปที่ 2.4 เป็นการนำเอาเลเซอร์ไดโอดมาประยุกต์ใช้ในการวัดระยะทางโดยมีสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุมจำนวนพัลซ์ที่ป้อนให้กับเลเซอร์ไดโอด พร้อมกับเป็นตัวรีเซ็ตวงจรนับ เมื่อมีการป้อนพัลซ์ 1 ลูก ให้กัลเลเซอร์ไดโอดจะเกิดแสงขึ้น 1 ครั้ง ส่งออกไปยังเป้าหมาย ขณะเดียวกันแสงเดียวกันนี้จะทำหน้าที่เริ่มต้นวงจรนับให้ทำงานเมื่อแสงกระทบเป้าหมายแล้วสะท้อนกลับมายังภาครับจะทำให้วงจรนับหยุดทำงาน ก็จะได้ระยะเวลาการเดินทางไปกลับ จากจุดกำเนิดแสงกับเป้าหมาย นำเวลาที่ได้มาคำนวณโดยวงจรอิเลคทรอนิคส์ ก็จะทราบระยะทางออกมาได้ ถ้าเป้าหมายมีการเคลื่อนที่ก็สามารถหาความเร็วของเป้าหมายได้โดยการใช้พัลซ์หลายๆ ลูกทำให้ได้ระยะเวลาต่างๆ กัน นำมาผ่านวงจรหาความเร็วออกมาได้ เหมาะกับการใช้ตรวจจับความเร็วของรถยนต์บนถนนที่ขับเร็วเกินกำหนด



รูปที่ 2.4 หลักการของเครื่องวัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังมีการใช้เลเซอร์ไดโอดในคอมแพคดิสค์ทั่วไปในการรับส่งข้อมูลจากแผ่นดิสค์ ซึ่งเราจะสังเกตได้ว่าเสียงที่ได้จากคอมแพค์ดิสค์มีคุณภาพที่ดี เกี่ยวกับการแพทย์ ก็ได้นำเอาเลเซอร์ไดโอดมาใช้ในการฝังเข็ม โดยอาศัยพลังงานแสงเลเซอร์ที่กระตุ้นจุดฝังเข็มแทนการฝังเข็มจริงบนร่างกาย และได้นำเลเซอร์ไดโอดมาใช้ในการลบจุดด่างดำบนร่างกายของมนุษย์ได้อีกด้วย

ข้อควรระวังขณะใช้งาน

แสงเลเซอร์จากเลเซอร์ไดโอดไม่อาจมองตรงด้วยตาเปล่า เพื่อความปลอดภัยจากอันตรายซึ่งเกิดจากการทำลายดวงตาจากแสงเลเซอร์ จึงต้องระมัดระวังขณะใช้งาน คือ อย่าจ้องมองไปตรงๆ ยังตัวมันหรือ มองในระยะใกล้ๆ นานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepper Motor)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลทางไฟฟ้าไปเป็นการเคลื่อนที่ทางกล ดังนั้นการติดต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลเป็นไปโดยง่าย และวงจรขยายกำลังจากสัญญาณดิจิตอล digital power amplifier ที่ใช้ก็มีราคาถูกกว่าวงจรขยายกำลังเชิงเส้นอีกด้วย อีกทั้งการออกแบบวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ง่ายกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์แบบเซอร์โว และยังสามารถออกแบบวงจรให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หยุดทำงานได้อย่างทันทีทันใดได้อีกด้วย

ชนิดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้ 3 ชนิดคือ

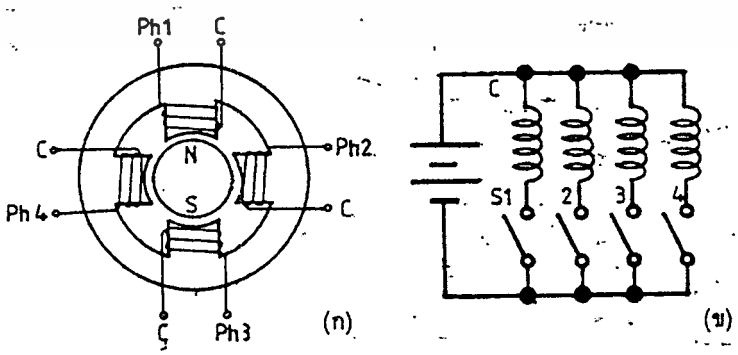
1.วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ Variable Reluctance: VR

2.เพอร์มาแนนต์แมกเน็ต Permanent Magnet: PM

3.ไฮบริด Hybrid

ชนิดวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติทูธ muliti tooth ทำจากเหล็กอ่อน เราทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือ ใช้นิ้วหมุนเพลาของมอเตอร์และสังเกตุมอเตอร์ชนิดนี้ที่โรเตอร์ไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก magmatism มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด แตกต่างจากชนิด PM และไฮบริดซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เมื่อหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง

ชนิดเพอร์มาแนนต์แมกเน็ตมีโครงสร้างแบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ แบบ 4 เฟสจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่ค่งที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดแรงยึดหน่วงขึ้น สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่ง และความเร็วมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

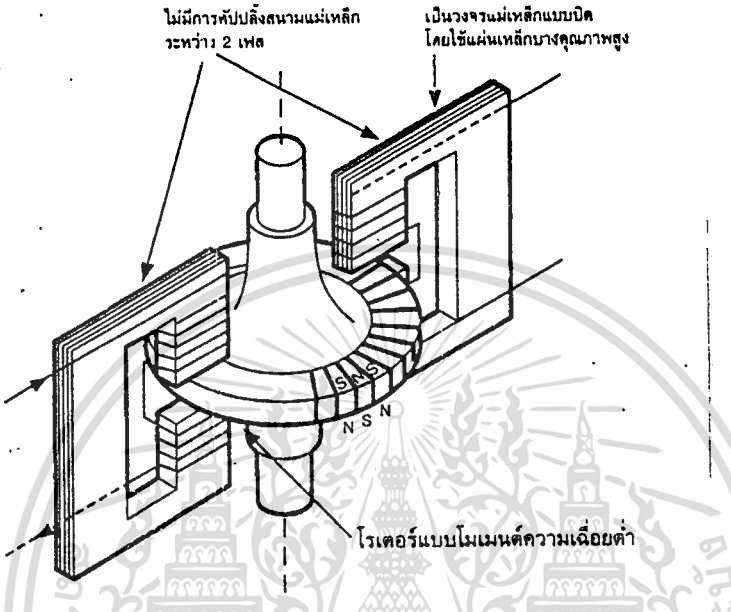


รูปที่ 2.5 (ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส

(ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานสำหรับ PM มอเตอร์ 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้งานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ชนิดไฮบริดมีโครงสร้างภายในซึ่งได้จาก การรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิดวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์ และโครงสร้างของโรเตอร์จากชนิดเพอร์มาแนนต์แมกเน็ตมาประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้เป็นมอเตอร์ที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบในการหมุนสูง

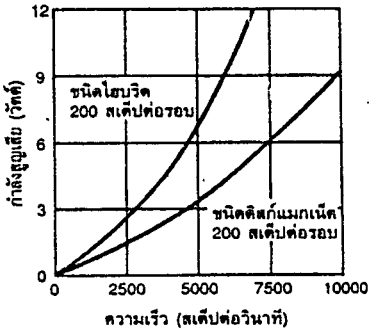


รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่งที่กล่าวถึงอีกเล็กน้อยคือ ชนิดที่ปรับปรุงมาจากชนิดเพมาเนนต์แมกเน็ตนั้นคือ ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แม็กเน็ตดังแสดงโครงสร้างในรูปที่ 2.6 หรือที่เรียกกันว่าชนิดดิสค์แมกเน็ตสเต็ปปิ้งมอเตอร์

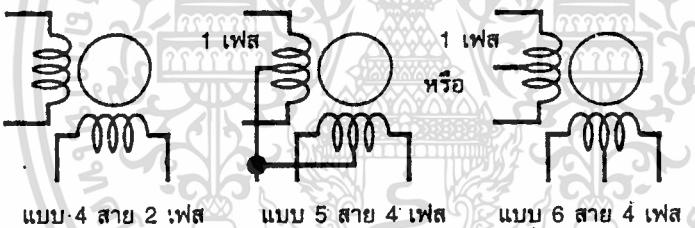
โครงสร้างของโรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดติดกับเพลาของมอเตอร์ การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้จะทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมาก, มีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่ง และมันก็มีประสิทธิภาพสูงอีกหลายอย่าง เช่น แรงบิดดึง, กำลังทางกลที่ได้ของมอเตอร์, ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก และความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังงานต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงกราฟข้อมูลการสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าและความเร็วในการหมุนโดยเปรียบเทียบระหว่างสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไฮบริดและชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต

การพันขดลวดหรือคอยล์บนสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีอยู่ 2 วิธีคือ แบบไบโพลาร์ bipolar และแบบยูนิโพลาร์ unipolar ดังแสดงในรูปที่ 2.8



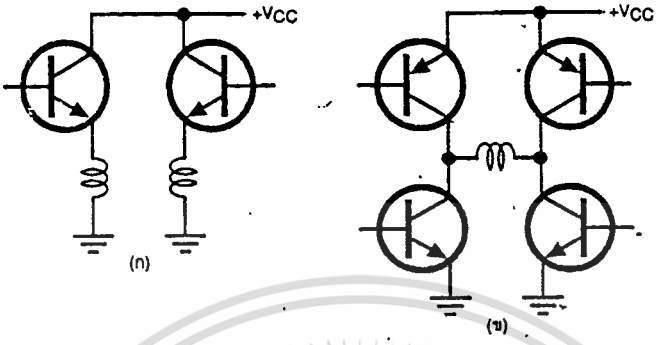
รูปที่ 2.8 แสดงการพันขดลวดของสเตเตอร์ ด้านซ้ายเป็นแบบไบโพลาร์และที่เหลือเป็นแบบยูนิโพลาร์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบไบโพลาร์มีการพันขดลวด 1 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์ถูกกำหนดโดยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามได้โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งการกำหนดทิศทางไหลและกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยการใช้วงจรสวิทช์ชิ่งกลับขั้วไฟฟ้า

สำหรับยูนิโพลาร์จะมีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิทช์กระแสไฟฟ้าจากขดลวดขดหนึ่งไปยังอีกขดลวดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

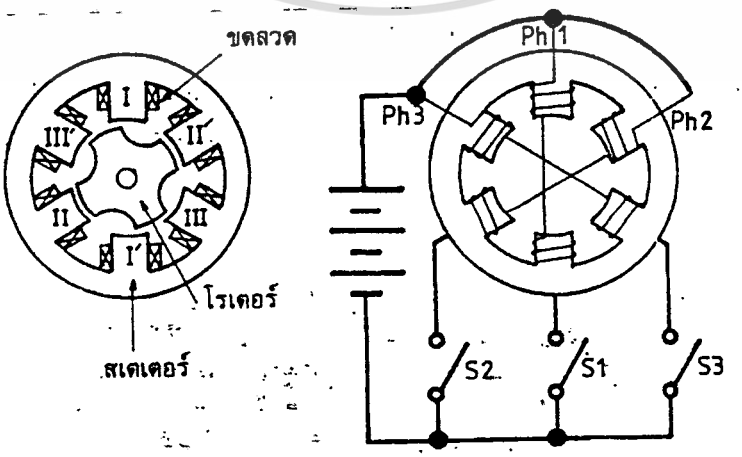
มีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อกับมอเตอร์ วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าไบโพลาร์ เพราะมันต้องการเพียงสวิทช์ธรรมดาในการเปิดปิดกำลังไฟฟ้าขดลวดบนสเตเตอร์ในทิศทางที่ต้องการให้หมุนได้ทันที รูปที่ 2.9 แสดงวงจรการจ่ายกำลังไฟฟ้าซึ่งทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิทชิ่งให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้งสองแบบ จะเห็นว่าแบบยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อน



รูปที่ 2.9 แสดงการจ่ายไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์
(ก) แบบยูนิโพลาร์ ซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์เพียงตัวเดียวต่อ 1 คอยล์
(ข) แบบไบโพลาร์ ซึ่งต้องใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวต่อ 1 คอยล์

การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ แบบ VR จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดอื่นๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น รูปที่ 2.11 เป็นภาพหน้าตัดแสดงถึงการพันขดลวดแบบ VR มอเตอร์แบบ 3 เฟสมีขั้วเหนือและใต้อยู่ตรงข้ามกัน 3 คู่ โดยจะพันขดลวดแบบอนุกรมกันในแต่ละชุด ถ้ามีการกระตุ้นเฟสเกิดขึ้นขั้ว I′,II′,III′ จะเป็นขั้วใต้และ I,II,III จะเป็นขั้วเหนือ ทั้งโรเตอร์และสเตเตอร์จะทำจากเหล็กผสมซิลิคอน ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความซึมซับ permeability สูงสามารถให้เส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านได้มาก



รูปที่ 2.10 ภาพหน้าตัดและการพันขดลวดของวาริเอเบิ้ลรีลักแตนซ์สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3 เฟส

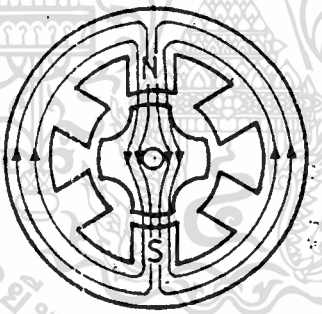
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานจะเริ่มจากการกระตุ้นที่เฟส I ก่อน (S1 "ON") ซึ่งจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.11 ตัวโรเตอร์จะพยายามวางตำแหน่งตัวเองให้อยู่ในทิศทางที่ทำให้เกิดค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ในแนว I-I′

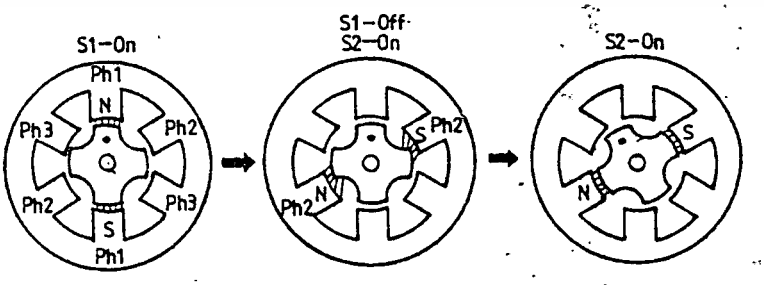
ในขณะที่เริ่มต้นที่กระตุ้นที่เฟส II (S1 "OFF" , S2 "ON") ดังรูปที่ 2.12 เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่อยู่ในแนวทางเดินที่สะดวก จึงทำให้ค่าความต้านทานแม่เหล็กมีค่าสูง ตัวโรเตอร์ก็พยายามปรับตัวเองให้มีค่าความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด ด้วยการหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งแรงบิดที่ใช้หมุนเกิดจากแรงของเส้นแรงแม่เหล็ก แล้วจะไปหยุดในตำแหน่งความต้านทานแม่เหล็กน้อยที่สุด นั้นคือจะหมุนไป 1 สเต็ป หรือ 30 องศานั้นเอง ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนสเต็ปของการหมุนของโรเตอร์ไป 1 รอบ (S) มุมที่เปลี่ยนไป 1 สเต็ป (θ_s) จำนวนเฟสของสเตเตอร์ (m) และจำนวนฟันของโรเตอร์ (Nr) แสดงได้ดังสมการที่ 1

$$S = 360/\theta_s = mNr \qquad (1)$$

ตัวอย่างเช่น สเต็ปมิ้งมอเตอร์ตัวหนึ่งมี m = 3 , Nr = 4 ก็จะได้ S = 3 * 4 = 12 สเต็ป และมุมในการหมุน θ_s = 360/12 = 30 องศา ซึ่งจากสมการที่ 1 ทำให้เราทราบอีกว่าถ้าจะลดค่าของ θ_s ให้น้อยลง อาจทำได้โดยเพิ่มค่า m หรือและ Nr ให้สูงขึ้นและลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ให้มีค่าน้อยๆ เพื่อให้เกิดแรงบิดสูงสุด และยังมีผลต่อความเที่ยงตรงของตำแหน่งมากยิ่งขึ้นด้วย



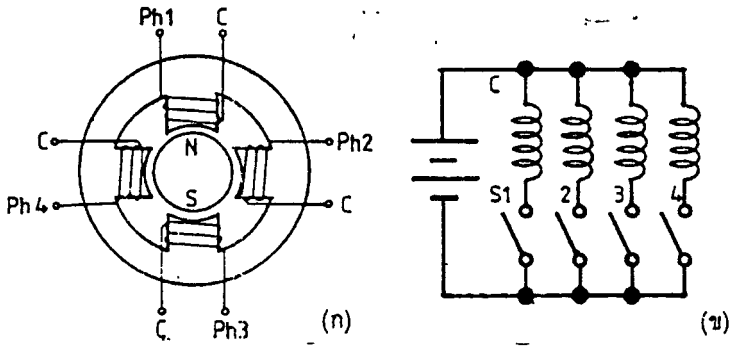
รูปที่ 2.11 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กขณะกระตุ้นเฟส 1



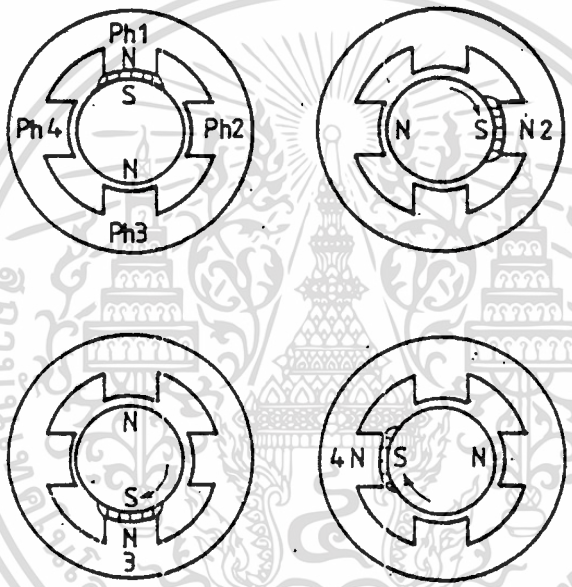
รูปที่ 2.12 แสดงขั้นตอนการหมุนของ VR สเต็ปมิ้งมอเตอร์เมื่อมีการกระตุ้นจากเฟส 1 ไปยังเฟส 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต หรือ PM จะมีข้อแตกต่างสำคัญจาก VR เสต็ปปิ้งมอเตอร์คือ โรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวรการพันขดลวดจึงต้องต่างกันออกไปดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 (ก) ภาพหน้าตัดของ PM มอเตอร์แบบ 4 เฟส
(ข) วงจรกระตุ้นเฟสพื้นฐานของ PM มอเตอร์ 4 เฟส



รูปที่ 2.14 ลำดับขั้นตอนการหมุน 4 เฟส

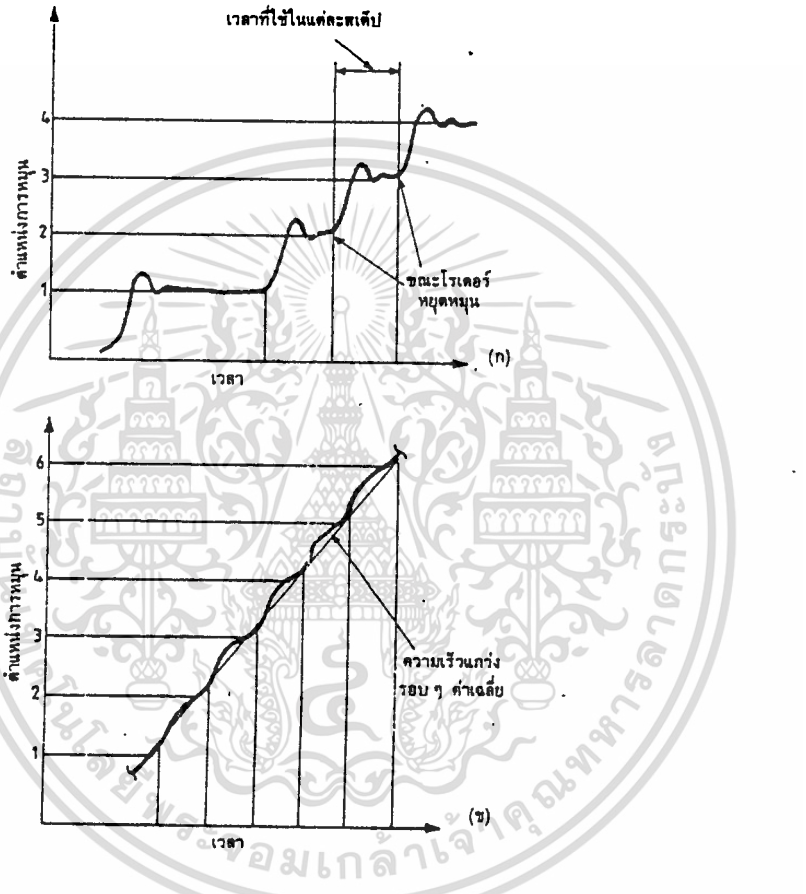
(ก) จะเห็นว่าสเตเตอร์ในแต่ละขั้วจะมีขดลวดพันอยู่ ซึ่งถือว่าแต่ละขั้วคือหนึ่ง ดังนั้นจากรูปจึงมีทั้งหมด 4 เฟสด้วยกัน สำหรับการต่อวงจรกระตุ้นเฟสอย่างง่ายแสดงไว้ในรูปที่ 2.13 (ข) จะเห็นว่าปลายขดลวด (c) จะต่อร่วมกันถึงขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟดังนั้นเมื่อเกิดการกระตุ้นที่เฟสใดแล้วขั้วสเตเตอร์ที่เฟสนั้นก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ รูปที่ 2.14 จะเป็นการแสดงตำแหน่งของโรเตอร์ในแต่ละสเต็ป หลังจากถูกกระตุ้นที่เฟส 1-2-3-4 ตามลำดับ และจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทุก 90 องศาต่อสเต็ป ถ้าต้องการให้มุมองศาต่อสเต็ปปมีค่าลดลงหรือมีความละเอียดในตำแหน่งมากขึ้น จะต้องเพิ่มจำนวนเฟสของสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ให้มากขึ้น ข้อเสียของ PM มอเตอร์คือ มีราคาแพง และความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจะถูกจำกัดโดยเส้นแรงแม่เหล็กภายใน magnetic remanence ของแม่เหล็กถาวรทำให้ไม่สามารถผลิตแรงบิดได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปปิ้งมมอเตอร์ตามอัตราเร็วของสเต็ปแต่ละสเต็ป จะแบ่งได้เป็น 2 โหมด คือ หมุนเป็นสเต็ป discrete stepping mode และหมุนแบบต่อเนื่อง slewing mode

โดยถ้าการหมุนเป็นแบบสเต็ปและมีเวลาหยุดนิ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเต็ปถัดไป ก็เรียกการทำงานในโหมดนี้ว่าการหมุนเป็นสเต็ป ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (ก) สำหรับตัวอย่างของเครื่องใช้ที่ทำงานในโหมดนี้คือ เครื่องเจาะบัตร



รูปที่ 2.15 แสดงการหมุนในโหมดทำงาน (ก) หมุนเป็นสเต็ป (ข) หมุนต่อเนื่อง

การทำงานคร่าวๆ ก็คือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปในเครื่องปรุกระดาษ ซึ่งการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นการหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะ เพื่อปรุกระดาษให้เรียบร้อยก่อนแล้วจึงค่อยหมุนไปยังตำแหน่งเจาะใหม่

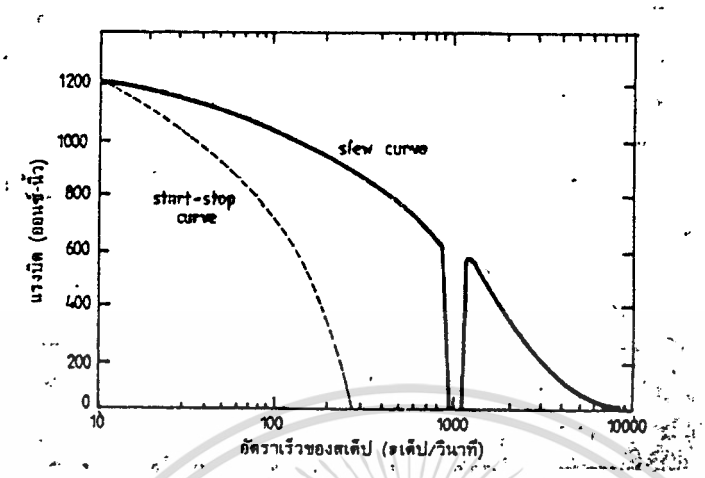
ถ้าเพิ่มอัตราเร็วของในแต่ละสเต็ปให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดนิ่งจะเรียกการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.15 (ข) ซึ่งจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ (n) กับอัตราเร็วของสเต็ป (f) และจำนวนสเต็ปทั้งหมด (s)ได้ดังสมการที่ 2

$$n = 60\ f/s \qquad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

กราฟแสดงคุณลักษณะของสเต็ปปิ้งมอเตอร์จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของสเต็ปกับแรงบิดของการทำงาน ทั้ง 2 โหมด

สำหรับกราฟเส้นประเรียกว่า start stop curve หรือ single step load curve เป็นกราฟที่อยู่ในโหมดการหมุนเป็นสเต็ป และเป็นกราฟที่แสดงถึงย่านของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถเริ่มและหยุดหมุนได้ โดยปราศจากความผิดพลาดแม้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่างๆกัน และกราฟอีกเส้นหนึ่งคือ slew curve ซึ่งทำงานอยู่ในโหมดการหมุนต่อเนื่องจะเป็นกราฟที่แสดงถึงแรงบิดสูงสุดที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำได้ที่อัตราเร็วของสเต็ปต่างๆ กันถ้ามีการใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์เหนือกราฟอันนี้ก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ในทางตรงกันข้ามถ้าใช้งานอยู่ภายใต้กราฟนี้แม้จะควบคุมแบบระบบเปิดก็มั่นใจได้ว่าทั้งตำแหน่งและความเร็วมีความเที่ยงตรงแน่นอนโดยตำแหน่งของมอเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการ

มุมที่เปลี่ยนไป = มุมใน 1 สเต็ป * จำนวนของพัลส์ที่ป้อนให้ (3)

ส่วนความเร็วสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

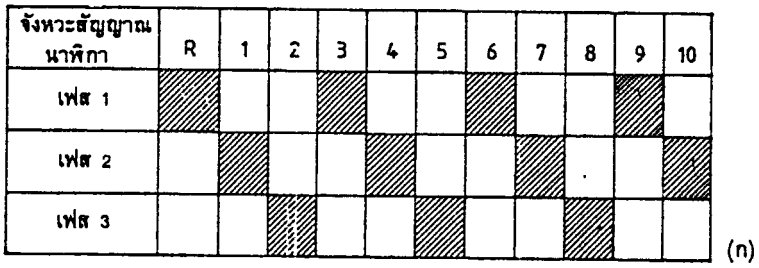
สำหรับช่วงที่เส้นกราฟขาดหายไปของ slew curve ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการพิจารณาใช้งานเพราะช่วงนี้เป็นช่วงที่ไม่เสถียรและควบคุมไม่ได้

วิธีการกระตุ้นเฟส

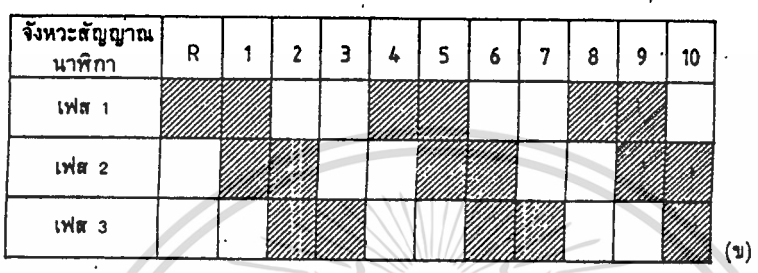
การที่จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องเหมือนการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นต้องมีการจ่ายกระแสพัลส์เป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง วิธีการที่จะกระตุ้นแบบเฟสมีด้วยกันหลายวิธี แต่จะอธิบาย 3 วิธีที่ใช้กันมาก เริ่มจากแบบแรกคือ การกระตุ้นแบบเฟสเดียว sinsle phase excitation เป็นการกระตุ้นเฟสเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่สัญญาณนาฬิการหนึ่งๆ แบบที่สองเป็นการกระตุ้นแบบเฟสคู่ two phase excitation ก็จะมีการกระตุ้นเฟสสองเฟสพร้อมกันในจังหวะสัญญาณนาฬิกาหนึ่งๆ สำหรับแบบสุดท้ายเป็นการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป half-step excitation จะเป็นการร่วมเอาสองแบบแรกเข้าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

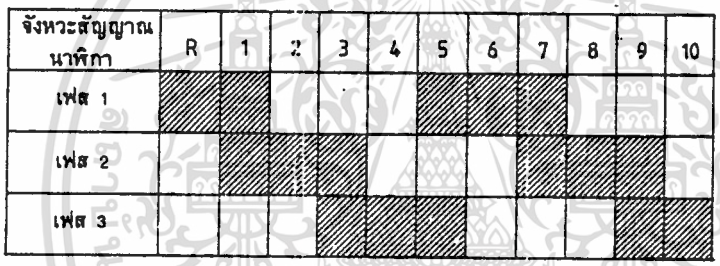
กัน โดยจะกระตุ้นเฟสแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สลับกันไป กระตุ้นเฟสของทั้ง 3 แบบดูได้จากตารางในรูปที่ 2.17



(ก)



(ข)



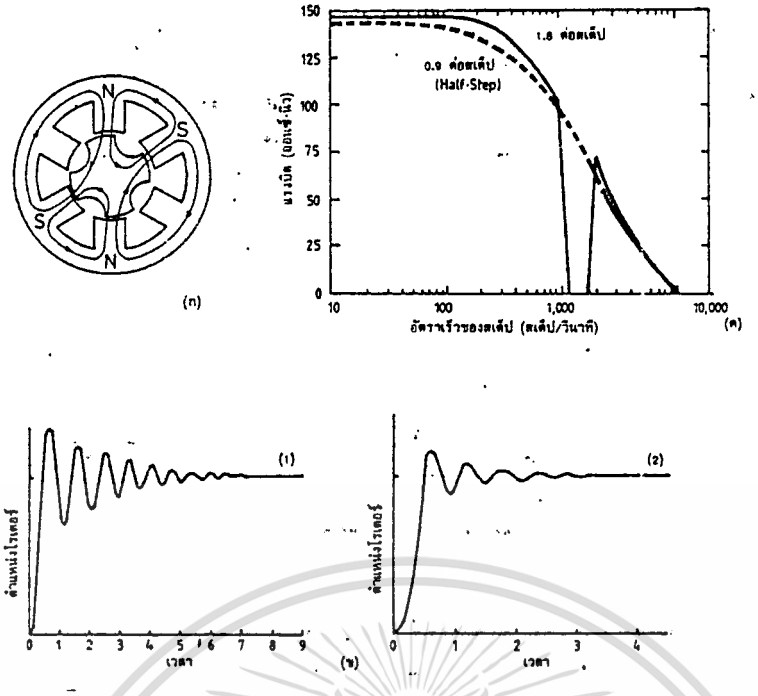
(ค)

รูปที่ 2.17 ตารางการกระตุ้นเฟส
(ก) แบบเฟสเดียว single phase
(ข) แบบเฟสคู่ two phase
(ค) แบบกึ่งสเต็ป half phase

ในการกระตุ้นเฟสแบบเฟสคู่จะมีทิศทางของเส้นและแม่เหล็กไม่เป็นเส้นตรงเหมือนกับกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (ก) แต่ถึงกระนั้นค่ามุมที่เปลี่ยนไปในหนึ่งสเต็ปยังคงมีค่าเท่าเดิมเหมือนกับแบบกระตุ้นแบบเฟสเดียว สำหรับการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป ค่ามุมที่เปลี่ยนไปใน 1 สเต็ปจะมีค่าลดลงครึ่งหนึ่ง กระตุ้นแบบเฟสคู่จะเกิดแรงบิดได้มากกว่าการกระตุ้นแบบเฟสเดี่ยว ขณะเดียวกันยังสามารถเข้าตำแหน่งในแต่ละสเต็ปได้เร็วกว่าด้วยดังแสดงในรูปที่ 2.18 (ข)

ข้อดีอย่างหนึ่งสำหรับการกระตุ้นเฟสแบบกึ่งสเต็ปคือสามารถลดผลกระทบจากย่านเรโซแนนซ์ได้ แต่ที่ความถี่ต่ำๆ จะมีแรงบิดลดลง ดังในแสดงในรูปที่ 2.18 (ค) และสำหรับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับทิศทางของลำดับเฟสที่ถูกกระตุ้นด้วย

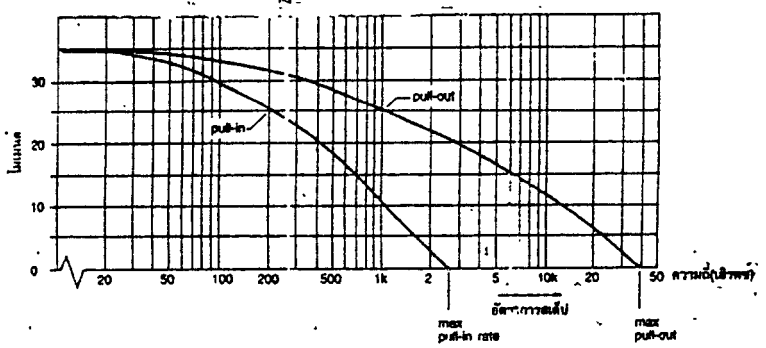
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 (ก) แสดงเส้นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กในการกระตุ้นแบบเฟสคู่
(ข) แสดงการเข้าตำแหน่งของโรเตอร์ที่สเต็ปหนึ่งๆ ของแบบ
(1) กระตุ้นแบบเฟสเดียว (2) กระตุ้นแบบเฟสคู่
(ค) กราฟคุณลักษณะของการกระตุ้นแบบกึ่งสเต็ป (เส้นประ) และ แบบเฟสคู่

คำจำกัดความ

ก่อนที่จะทราบถึงหลักทางคุณสมบัติของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ควรจะทราบถึงลักษณะคุณสมบัติของตัวมอเตอร์ก่อน ดังแสดงในตารางที่ 2.2 จะบอกถึงความหมายของข้อมูลแต่ละอย่างของมอเตอร์ แบ่งประเภทของความหมายได้ 2 ประเภทคือ ทางไฟฟ้าและทางกล ข้อมูลทางกลเป็นสิ่งที่เราต้องการใช้ ส่วนข้อมูลทางไฟฟ้าใช้สำหรับในการออกแบบวงจรอิเล็คทรอนิคส์ควบคุม ตัวแปลที่มีความหมายที่จะต้องทราบคือ pull-in rate (เป็นค่ามากสุดที่ยอมให้เกิดอัตราเร่งสเต็ป) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของโรเตอร์ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจะเพิ่มขึ้นได้ด้วยการถูกหมุน



รูปที่ 2.19 กราฟแสดงคุณลักษณะโมเมนต์กับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตัวมอเตอร์ แล้วผลที่ตามมาก็จะทำให้ pull-in rate ลดลง ดังในรูปที่ 2.19 เป็นกราฟลักษณะคุณสมบัติระหว่างโมเมนต์กับความถี่ จะเห็นได้ว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นค่าโมเมนต์จะลดลง ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าเมื่อความถี่ที่เข้ามาสูงขึ้น จะทำให้ค่าอินดักแตนซ์ที่ขดลวดบนสเตเตอร์สูงขึ้นกระแสจะไหลได้น้อยลง และเป็นผลให้ค่าสนามแม่เหล็กน้อยลงด้วย นอกจากนี้กระแสที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วด้วยซึ่งจากกราฟได้แสดงถึงค่าโมเมนต์ 2 โมเมนต์ คือ กราฟ pull-in และกราฟ pull-off กราฟ pull-in ควรจะใช้เมื่อขับมอเตอร์ด้วยความถี่คงที่ ค่าโมเมนต์ก็จะอยู่ที่ค่าหนึ่ง ส่วนกราฟ pull-out ใช้กับการเร่งและการหน่วงความเร็วที่ราบเรียบรื่นไม่กระตุก ซึ่งโมเมนต์จะสูงกว่ากราฟ pull-in แต่วงจรควบคุมซับซ้อนกว่า

ชื่อทางกล	ความหมาย	ชื่อทางไฟฟ้า	ความหมาย
● สเต็ปเปอร์แองเกิล	มุมที่หมุนไปใน 1 สเต็ป มีค่า 360/จำนวนสเต็ปในการหมุนไป 1 รอบ	● ยูนิโพลาร์กับไบโพลาร์	เป็นชนิดของการพันขดลวดบนตัวสเตเตอร์
● เบรกกิ้งโมเมนต์	เป็นค่าโมเมนต์มากสุดในการบล็อกโรเตอร์ไม่ให้หมุน	● ค่าความเหนี่ยวนำ (L)	เป็นตัวกำหนดขนาดของกระแสที่อัตราความเร็วสเต็ปสูงซึ่งสัมพันธ์กับฟลักซ์แม่เหล็ก
● โมเมนต์ (ทอร์ค)	เป็นผลคูณระหว่างระยะทางที่ตั้งฉากกับแรงที่มากระทำ	● ค่าความต้านทาน (R)	เป็นตัวจำกัดกระแสที่ขดลวดบนสเตเตอร์กับที่โรเตอร์
● pull-in rate	ความถี่ที่เริ่มสตาร์ท โดยที่ยังไม่มีแรงสูญเสีย	● กระแสสเตเตอร์มากสุด	ขึ้นอยู่กับขนาดของขดลวดที่พัน
● pull-out rate	อัตราของสเต็ปปิ้งเมื่อความเร่งคงที่แล้ว		
● โมเมนต์เฉื่อย (J)	เป็นการวัดแรงต้านของวัตถุต่อความเร่งเชิงมุม		

ตารางที่ 2.2 ชื่อเรียกและความหมายทางกลและทางไฟฟ้าของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

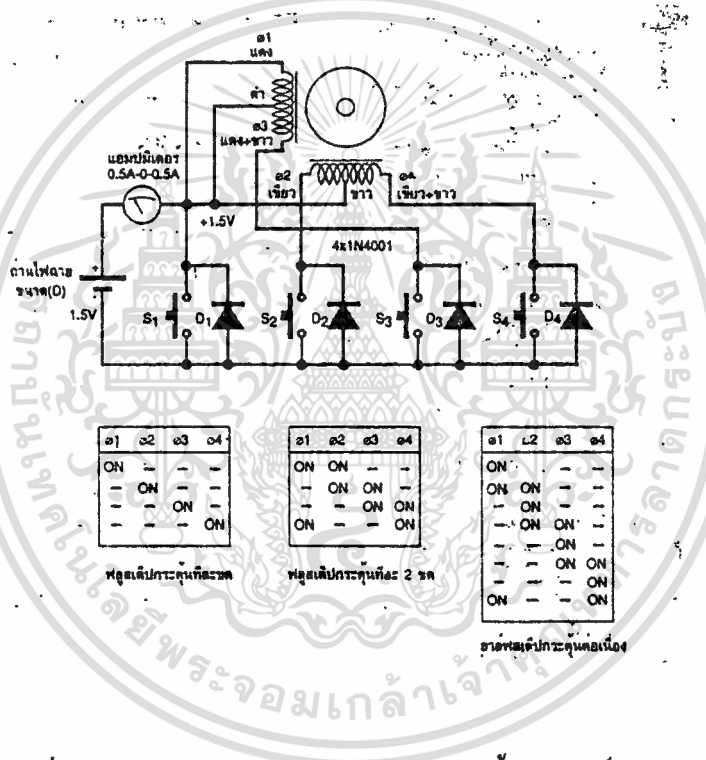
สเต็ปปิ้งมอเตอร์กับการทดลอง

วิธีการศึกษาสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีวิธีง่ายๆ และสะดวกต่อการเข้าใจได้ง่ายซึ่งก็โดยนำเอาถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลท์มาใช้ดังรูปที่ 2.20 ในการทำให้เกิดแรงบิดขึ้นที่ตัวมอเตอร์ โดยการใช้สวิทช์กด 4 ตัวเป็นตัวควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานแบบเต็มลำดับหรือครึ่งลำดับ มีไดโอด D1-D4 ทำหน้าป้องกันการสปาร์กที่เกิดขึ้นที่หน้าคอนแทคสวิทช์ และพลังงานสะสมของขดลวดจะย้อนกลับมาทำลายแบตเตอรี่ได้ สมมุติว่าที่ขดลวด $\phi 1$ สวิทช์ S1 ปิดวงจรจะมีกระแส 300 mA ไหลผ่านขดลวด $\phi 1$ ลงกราวด์ และเมื่อสวิทช์ S1 เปิดวงจรก็ทำให้กระแส 300 mA ไหลผ่านขดลวด $\phi 3$ ผ่าน D3

ขณะที่กระแสไหลกลับไปยังแบตเตอรี่โดยตรงนั้น กระแสจะตกเป็นศูนย์ และจะเป็นพลังงานสะสมย้อนกลับไปยังแหล่งจ่ายพลังงาน ในขณะเดียวกันก็มีแรงดันตกคร่อมขดลวด $\phi 2$ ขณะเปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

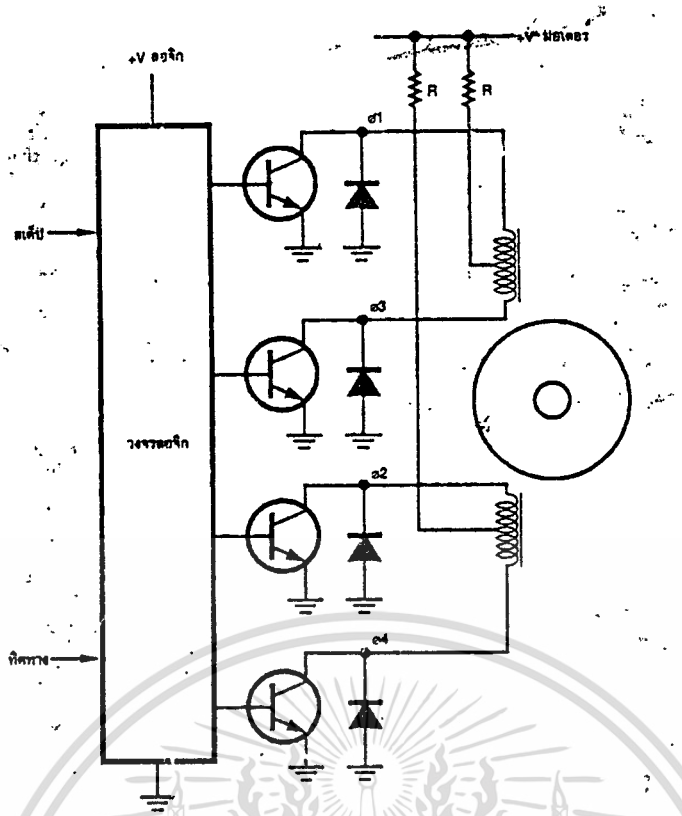
(เป็นแรงดันตกคร่อมไดโอด) ซึ่งจะมีขนาดประมาณเป็น 2 เท่าของแรงดันในตอนแรก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ต้องคำนึงถึงข้อนี้ด้วย เมื่อนำมาใช้ในการขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ จากวงจรในรูปที่ 2.20 ที่ตารางการทำงานของขดลวดและสวิทช์ ซึ่งแสดงถึงการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตามเข็มนาฬิกาเป็นแบบเต็มลำดับหรือครึ่งลำดับ การกลับทิศการหมุนก็เพียงแต่กดสวิทช์ถอยหลัง จากรูปที่ 2.20 ทดลองโดยไม่ต้องกดสวิทช์ด้วยการหมุนแกนของโรเตอร์ แล้วหมุนไปให้เร็วประมาณ 60 รอบต่อนาที จะรู้สึกว่ามันผิดและสังเกตุที่แอมมิเตอร์จะมีกระแสสูงถึง 500 mA ไหลกลับไปยังแบตเตอรี่จากความต้องการที่จะให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นจะต้องใช้แรงดันและกระแสสูงขึ้น และต้องป้องกันขดลวดไหม้ด้วยขณะมอเตอร์หมุน



รูปที่ 2.20 การทดลองการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จากวงจรควบคุมโดยใช้ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.21 กระแสไหลผ่านขดลวดจะถูกจำกัดไว้ด้วยตัวความต้านทาน ซึ่งจะใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ตัว สำหรับมอเตอร์ 4 เฟส เพราะ $\phi 1$ และ $\phi 3$ จะไม่ทำงานพร้อมกัน $\phi 2$ กับ $\phi 4$ ก็เช่นกัน ในวงจรรูปที่ 2.21 ให้ขับมอเตอร์กำลังงานต่ำจนถึงกำลังปานกลาง ค่าแรงดันตกคร่อมขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิเตอร์จะต้องใช้ค่าที่สูงกว่าเป็น 2 เท่าของแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 2.21 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ใช้ NPN ทรานซิสเตอร์ มีไดโอดป้องกันพลังงานสะสมที่ป้อนกลับเข้าไปใน IC

แรงบิดของเพลา

ในการประยุกต์ใช้งานนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้ค่าแรงบิดของเพลาของมอเตอร์ ซึ่งจะสำคัญยิ่งเพราะที่แรงบิดสูงๆ จะไม่สามารถเบรคได้เลย

การทดลองในรูปที่ 2.20 ให้เอาถ่าน 1.5 โวลท์ออก แล้วกดสวิทช์ S1-S4 พร้อมกันแล้วทดลองหมุนแกนโรเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งจะเกิดผลของการแคมป์ขึ้น เนื่องจากการที่ขดลวดชอร์ตถึงกันจะทำให้เกิดการเบรคตัวเองที่ความเร็วรอบเพียงไม่กี่รอบ

ใส่ถ่าน 1.5 โวลท์เข้าไปเหมือนเดิมแล้วลองหมุนที่มอเตอร์อย่างเร็ว จะเห็นว่าหมุนได้ง่ายและไม่ฝืด เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะถูกกำจัดโดยขดลวดตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความถี่ที่เพิ่มขึ้น

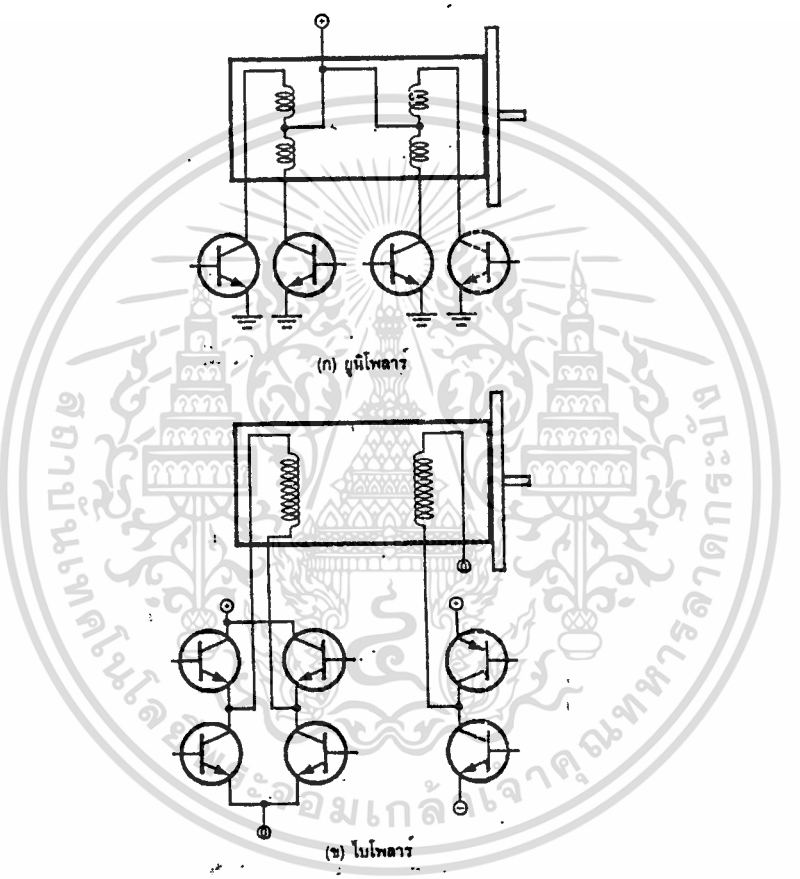
วงจรควบคุม

การนำสเต็ปปิ้งมอเตอร์มาใช้งานนั้นมีความยุ่งยากพอสมควรจำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจการทำงานตั้งแต่ภาคเพาเวอร์ซัพพลายไปจนถึงการเกิดสนามแม่เหล็กหมุน แต่ถึงอย่างไรก็ไม่ยากจนเกินไป การใช้วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งต้องแยกตัวส่งขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์หรือแบบไบโพลาร์ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับเฟสของมอเตอร์ด้วยว่ามีจำนวนเฟสมากน้อยเพียงใด ที่จะต้องควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ซึ่งวงจรขับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 2.22 (ก) จากวงจรจะเห็นว่าจะใช้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขับขดลวดมอเตอร์ในลักษณะ 1 ขดต่อทรานซิสเตอร์ 1 ตัว ซึ่งจะแตกต่างจากการขับมอเตอร์ชนิดไบโพลาร์ ซึ่งชนิดหลังนี้มอเตอร์ต้องการทรานซิสเตอร์ต่อกันแบบบริดจ์เพื่อขับขดลวด โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวต่อขดลวด 1 ขด ดังรูปที่ 2.22 (ข) ขดลวดทางซ้ายมือ ส่วนขดลวดทางขวามือนั้นต้องการทรานซิสเตอร์ 2 ตัวมาต่อขับขดลวด 1 ขดแต่เพาเวอร์ซัพพลายที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 ชุด ในรูปที่ 2.22 (ข) นั้นไม่เหมือนกัน สังเกตดูให้ดีแล้วในขดลวดทางขวามือนั้นเป็นแบบ บวก-กราวด์-ลบ

จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นก็หมายความว่ากระแสที่สเตเตอร์ก็น้อยลงหรือเหมาะสม เพราะว่ากระแสจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในระยะเวลาปกติที่ความถี่สูงๆจะต้องให้ความสำคัญกับเวลาด้วย ดังนั้นการใช้กระแสมาขับมอเตอร์แทนการควบคุมด้วยแรงดันดูแล้วค่อนข้างจะดีกว่ามาก



รูปที่ 2.22 การขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์และแบบไบโพลาร์

ข้อแนะนำในทางปฏิบัติ

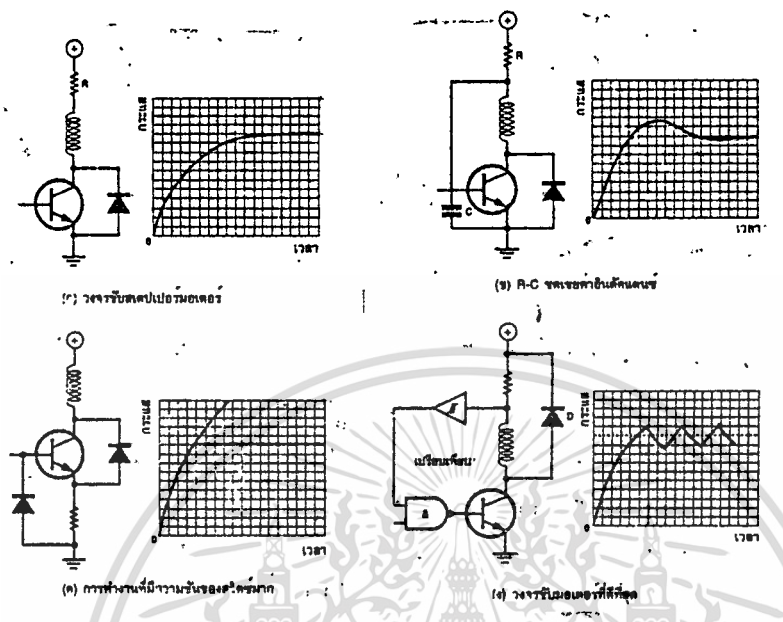
การใช้งานสเต็ปปิ้งมอเตอร์มีข้อพิจารณาอยู่หลายข้อ ดังจะอธิบายดังต่อไปนี้

คุณลักษณะของขดลวดเหนี่ยวนำ (L) ที่พันอยู่บนสเตเตอร์ การสวิทชิ่งกระแสที่ผ่านขดลวดเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดแรงดันตามสมการ

$$V = L \, di/dt$$

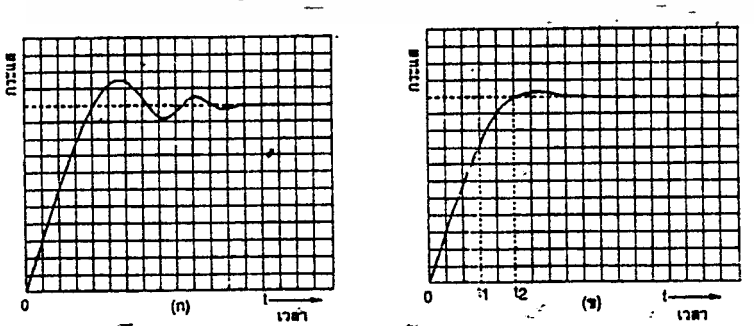
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอาจมีค่าสูงพอที่จะทำลายวงจรได้ ทางป้องกันคือการใช้ free wheeling diodes (ฟรีวิลลิ่งไดโอดคือ ไดโอดที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องการให้ไหลผ่าน ไปผ่านไดโอดแทน) กับขดลวดชนิดยูนิโพลาร์ และการใช้ความต้านทานเปลี่ยนค่าได้ต่อกับซีเนอร์ไดโอด กับขดลวดแบบไบโพลาร์



รูปที่ 2.23 การใช้กระแสขับเพื่อเพิ่มโมเมนต์ขึ้นที่อัตราสเต็ปสูงๆ

ผลของการโอเวอร์ชูต เมื่อตัวโรเตอร์เปลี่ยนตำแหน่งในรูปที่ 2.24 (ก) ซึ่งจะมีผลทากกับอัตราเร็วที่สเต็ปต่ำๆ เนื่องจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ปกติจะไม่นิยมใช้การส่งกำลังโดยฟันเฟือง ถ้าหากใช้ฟันเฟืองการโอเวอร์ชูตก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหมดไปป แต่งานบางอย่างมักนิยมใช้ระบบสายพานเพราะสามารถยืดหยุ่นได้ แต่บางอย่างก็ใช้ขับโดยตรงเลย เป็นไปได้ที่เราสามารถปรับปรุงผลจากการแดมป์นี้ให้มันมีการสูญเสียพลังงาน โดยเพิ่มแรงเสียดทานทางกลเข้าไป หรือว่าจะให้มันสูญเสียพลังงานทางไฟฟ้า โดยการทำให้มอเตอร์หมุนกลับทางก่อนที่ตัวโรเตอร์จะหมุนไปที่ตำแหน่งใหม่แล้วจึงค่อยหมุนไปตามปกติในเสี้ยววินาทีต่อมา ดังรูปที่ 2.24 (ข) ประกอบ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ยากทีเดียว



รูปที่ 2.24 (ก)เป็นการโอเวอร์ชูตหรือการเกิดแดมป์ปิ้งออสซิเลชั่นเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งของโรเตอร์
(ข)การเกิดโอเวอร์ชูตที่น้อยที่สุดโดยการให้มอเตอร์มีโมเมนต์ต้านในขณะที่เปลี่ยนสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถูกต้องแม่นยำของการสเต็ป ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุกับสเตเตอร์ ดังในรูปที่ 2.24 (ข) การผิดผลาดจะน้อยถ้าจำนวนสเต็ปที่วิ่งมีค่าเท่ากับจำนวนเฟสที่ส่งเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

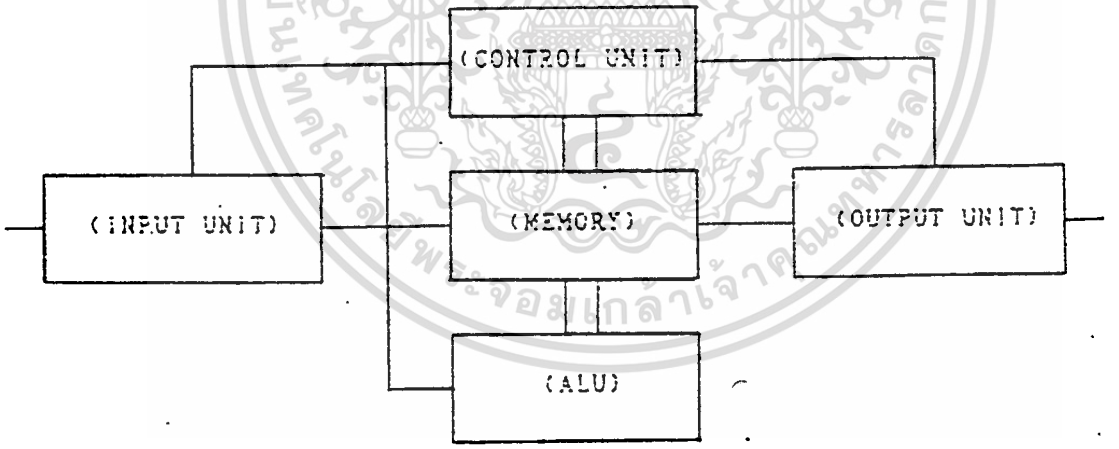
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไมโครโปรเซสเซอร์

จากอดีตที่ผ่านมาระบบคอมพิวเตอร์ได้รับการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากและยังมีแนวโน้ม ที่จะพัฒนาต่อไปอีกในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ก็ได้มีขนาดเล็กลง ทำงานได้รวดเร็วและมีความเชื่อถือได้มากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้คอมพิวเตอร์ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในสังคมมนุษย์ไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จะเห็นได้จาก การนำเอาคอมพิวเตอร์เข้าไปใช้ในระบบการจัดการเกี่ยวกับธุรกิจ ระบบการควบคุมต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และมีแนวโน้มที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR) ควบคุมความเร็วมอเตอร์ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นำเอาระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งมีผลดีคือให้ความแม่นยำในการควบคุมสูง มีการสนองตอบต่อปฏิกริยาที่เกิดขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว และยังให้ความสบายในการทำงานเพราะวิธีการควบคุมโดยซอฟแวร์ (SOFTWARE) นั้นเมื่อต้องการแก้ไขคำสั่งก็สามารถกระทำได้ง่ายโดยการเปลี่ยนแปลงทางด้านซอฟแวร์เท่านั้นไม่ต้องเปลี่ยนโครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) ซึ่งมีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ

พื้นฐานทั่วไปของไมโครคอมพิวเตอร์

ส่วนประกอบต่างๆของไมโครคอมพิวเตอร์จะต่อด้วยบัส (BUS) ส่วนประกอบเหล่านี้จะมีลักษณะเป็น IC แบบ LSI (LARGE SCALE INTREGRATED CIRCUIT) ในรูปที่ 2.25 นี้



รูปที่ 2.25 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์

จะแสดงถึงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วๆไปและเราสามารถอธิบายถึงส่วนประกอบของไมโครคอมพิเตอร์ที่สำคัญแยกเป็นส่วนๆได้ 3 ส่วน คือ

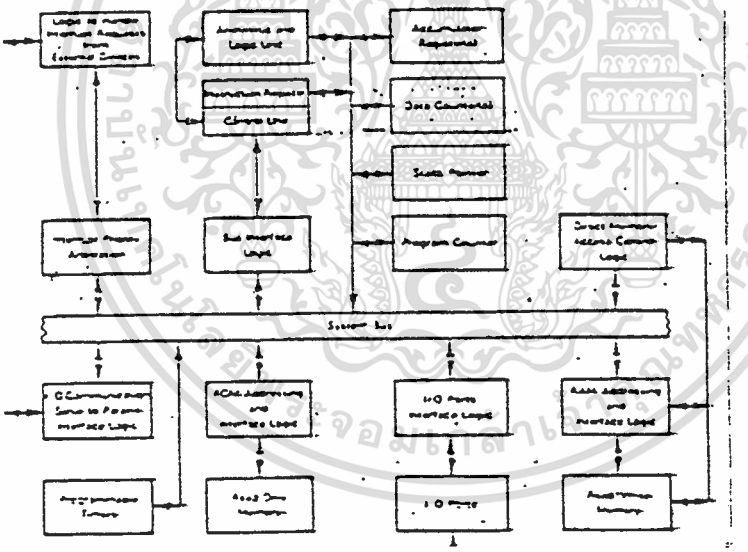
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) ไมโครโปรเซสเซอร์

ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์นี้ ถือว่าเป็นหัวใจและสมองของระบบคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ตามคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นโดยมีซีพียู (CPU : CENTRAL PROCESSOR UNIT) เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆที่ทำหน้าที่ต่างกันให้ทำงานสอดคล้องกัน ซีพียูนี้จะทำหน้าที่จัดลำดับการทำงาน ก่อนหลัง ตามความสำคัญคำสั่งของโปรแกรมซึ่งขณะทำงานโปรแกรมเหล่านี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ (MEMORY UNIT) ซึ่งมีสายข้อมูล (DATA BUS) และสายตำแหน่ง (ADDRESS BUS) ที่ต่อเข้ากับสายข้อมูลและสายตำแหน่งของไมโครโปรเซสเซอร์ในรูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างของไมโครโปรเซสเซอร์ ภายในไมโครโปรเซสเซอร์จะมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

1.1 หน่วยคำนวณ (ALU : ARITHERMATIC AND LOGICAL UNIT)

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่คำนวณ ผลทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์เช่นการบวก, ลบ, AND หรือ OR กันในแต่ละบิทของข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ของการคำนวณทุกครั้งจะถูกเก็บเอาไว้ในหน่วยความจำชั่วคราวหรือรีจิสเตอร์ (REGISTOR) เรียกว่าแอคคิวมูเลเตอร์ (ACCUMULATOR : AREGISTOR) และจะแสดงสภาวะของผลลัพธ์ที่คำนวณได้ที่ แฟลกรีจิสเตอร์ (FLAG : FREGISTOR)



รูปที่ 2.26 โครงสร้างภายในของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80

1.2 รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล (DATA REGISTOR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวหลังจากทำการคำนวณหรือเป็นที่รอพัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลระหว่างการย้ายตำแหน่งภายในของ CPU เองหรือหน่วยความจำอื่นๆ CPU เบอร์ Z-80 นั้นจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลหลักๆคือ AF, BC, DE และ HL จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท (BIT) สามารถใช้แยกกันทีละ 8 บิทได้ รีจิสเตอร์หลักทั้งหมดนี้ จะมีบัสข้อมูล (DATA BUS) 8สายต่อถึงกันหมดและยังต่อกับบัสข้อมูลขนาด 8บิทจากภายนอกอีกด้วย

1.3รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล (DATA REGISTOR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวหลังจากทำการคำนวณหรือเป็นที่รอพักข้อมูลระหว่างการย้ายตำแหน่งภายในของ CPU อ้างถึงตำแหน่งของอุปกรณ์เหล่านี้ ได้รีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บตำแหน่งข้อมูลใน Z-80 คือโปรแกรมเคาท์เตอร์ (PC : PROGRAM COUNTER) และแสตกพอยท์เตอร์ (SP : STACK POINTER)

1.4 หน่วยควบคุม (CONTROL UNIT)

ถือว่าเป็นหัวใจของขบวนการทั้งหมดโดยจะส่งสัญญาณคอยควบคุมให้จังหวะแก่หน่วยอื่นๆให้ทำงานไม่ซ้ำซ้อนกัน หน่วยควบคุมจะรับคำสั่งมาจากหน่วยความจำและแปลคำสั่งนั้นแล้วส่งสัญญาณเท่าที่จำเป็นไปควบคุมหน่วยอื่นๆให้เป็นไปตามคำสั่ง หน่วยควบคุมก็จะรู้ว่าคำสั่งต่อไปอยู่ที่ไหนในหน่วยความจำ โดยมีตัวบอกตำแหน่งคือโปรแกรมเคาท์เตอร์

2.) หน่วยความจำ (MEMORY UNIT)

หน่วยความจำเป็นหน่วยที่เก็บคำสั่งและข้อมูลต่างๆทั้งหมด ขนาดของหน่วยความจำจะขึ้นอยู่กับจำนวนตำแหน่งที่หน่วยความจำและสามารถเก็บข้อมูลได้หน่วยความจำแบ่งออกเป็น 2ชนิดคือ

2.1 รอม (ROM : READ ONLY MEMORY)

การใช้งานในคอมพิวเตอร์นั้นข้อมูลบางอย่างเรานำไปเก็บไว้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากนั้นก็อ่านออกมาใช้งานแต่เพียงอย่างเดียวหน่วยความจำที่เหมาะกับงานนั้นก็ควรจะเป็นแบบเขียนได้และไม่สูญหายไปแม้จะไม่มีไฟเลี้ยงก็ตามซึ่งก็คือรอมนั่นเอง ซึ่งมีอยู่ 3 แบบคือ

- รอมเป็นหน่วยความจำที่โปรแกรมมาจากโรงงานผู้ผลิตเลย
- พรอม (PROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเองตอนจะใช้งานตามต้องการ
- อีพรอม (EPROM) เป็นหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเองแต่สามารถลบออกด้วยวิธีการอันเหมาะสมเช่นการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต

หน่วยความจำแบบ ROM นี้จะใช้เก็บโปรแกรมสำหรับระบบโปรแกรมโมนิเตอร์

2.2 แรม (RAM : READ ACCESS MEMORY)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลลงไปได้มีข้อดีคือใช้แรมในการพัฒนาโปรแกรมเพราะสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ง่าย เมื่อพัฒนาโปรแกรมเสร็จแล้วจึงจัดเก็บ ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงไปในรอมอีกทีเพื่อเป็นการเก็บข้อมูลอย่างถาวรต่อไป ข้อเสียคือขณะใช้งานอยู่ถ้าเกิดไฟดับจะทำให้ข้อมูลต่างๆถูกลบไปด้วย แต่จะมีแรมอีกแบบหนึ่งคือ แรมแพค (RAM PACK) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้เมื่อไฟดับไป เพราะแรมชนิดนี้จะมีแบตเตอร์รี่คอยจ่ายไฟเลี้ยงไว้จนกว่าแบตเตอร์รี่จะหมดไป

3.) อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท (INPUT-OUTPUT PORT)

เป็นอุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อินพุทก็คือแหล่งที่ส่งข้อมูลให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์เอาท์พุทก็คือแหล่งที่รับข้อมูลมาจากไมโครโปรเซสเซอร์โดย CPU จะส่งสัญญาณเลือกอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งพร้อมกับข้อมูลที่จะส่งข้อมูลหรือรับ ซึ่งในโครงงานนี้ คือ Z-80 และ 8255 ซึ่งเชื่อมต่อกับ CPU และเชื่อมต่อกันเองด้วยบัสต่างๆดังนี้ คือ

3.1) แอดเดรสบัส (ADDRESS BUS)

เป็นบัสทางเดียวใช้ส่งผ่านค่าแอดเดรสจาก CPU ออกไปจากหน่วยความจำ เพื่อระบุตำแหน่งที่ต้องการรับหรือส่งข้อมูลหรือใช้ระบุตำแหน่งของพอร์ทอินพุท-เอาท์พุท ที่ CPU ต้องการจะติดต่อด้วย

3.2) บัสควบคุม (CONTROL BUS)

เป็นบัสทางเดียวที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณควบคุมให้กับอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบ

3.3) บัสข้อมูล (DATA BUS)

เป็นบัส 2 ทิศทางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง CPU กับอุปกรณ์อื่นๆภายในระบบ จำนวนเส้นของบัสข้อมูลจะขึ้นอยู่กับชนิดของ CPU ในกรณีของ Z-80 นั้น CPU จะส่งผ่านข้อมูลทีละ 8 บิท ดังนั้น จะมีจำนวนของบัสข้อมูลอยู่ 8 เส้น

2.4 คอมพิวเตอร์โปรแกรมหรือคอมพิวเตอร์ซอฟท์แวร์(COMPUTER SOFTWARE)

การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำงานก็คือ การจัดคำสั่งแต่ละคำสั่งให้เป็นไปตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ไมโครโปรเซสเซอร์จะรับรู้คำสั่งต่างๆ ในรูปรหัสเลขฐานสองเท่านั้น ซึ่งถ้าเราจะเขียนโปรแกรมในรูปเลขฐานสองก็จะทำให้เกิดความยุ่งยากและอาจผิดพลาดได้ง่าย จึงได้มีการกำหนดภาษาขึ้นใหม่เพื่อนำมาใช้ได้สะดวกมากขึ้นคือ ภาษาแอสแซมบลี้ (ASSEMBLY LANGUAGE) ซึ่งสะดวกต่อการอ่านและเข้าใจมากขึ้น เพราะจะเปลี่ยนรหัสจากเลขฐานสองเป็นสัญญลักษณ์ภาษาอังกฤษว่า นิโมนิค (MEMONIC) แต่ในโครงงานนี้ใช้ซิงเกิลบอร์ดในการทำงานจะต้องแปลงภาษาแอสแซมบลี้เป็นอ๊อฟโค๊ด(OPCODE) ก่อนจึงจะป้อนโปรแกรมให้เครื่องรับรู้ได้ เช่น ในคำสั่งแอสแซมบลี้เขียนว่า

LD A, FFH

ซึ่งจะแทนรหัสตัวเลขฐานสองคือ

0011 1110 1111 1111

และเขียนเป็นอ๊อฟโค๊ดได้ว่า

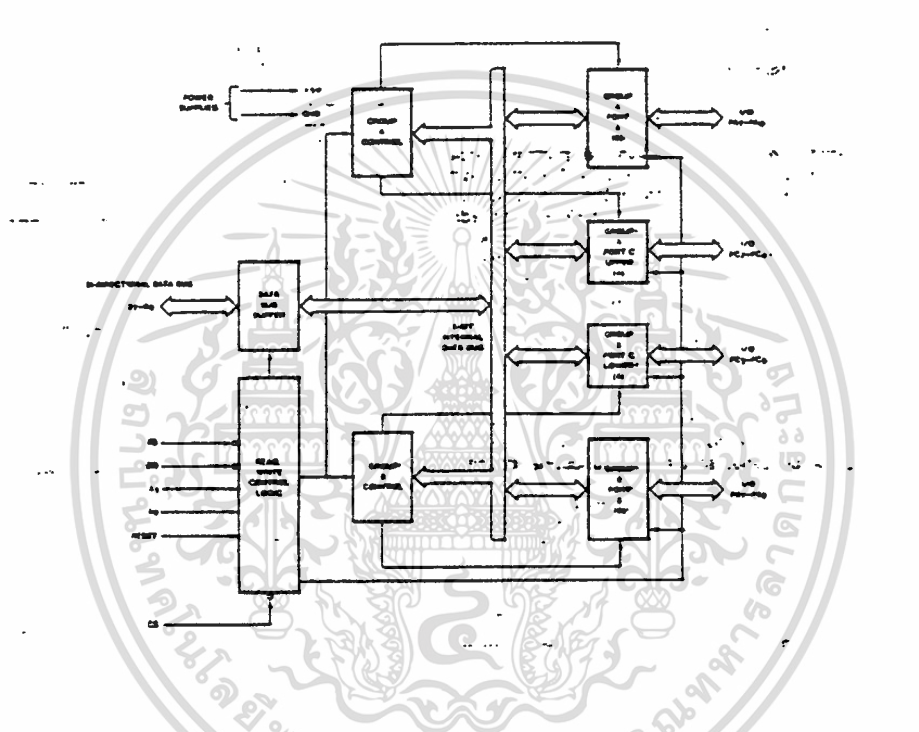
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 EFF

ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมให้กับซิงเกิลบอร์ด จึงต้องเขียน 3EFF ลงไปเท่านั้นเครื่องจึงจะปฏิบัติตามคำสั่งไมโครโปรเซสเซอร์ แต่ละตัวจะต้องมีภาษาแอสแซมบลี้เป็นรหัสอ๊อฟโค๊ดโดยเรียกตัวแปลภาษานี้ว่า แอสแซมเบลอร์ (ASSEMBLER PROGRAM)

8255

เป็น IC PORT ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาใช้กับ 8080 แต่ก็สามารถนำมาใช้กับ Z-80 ได้ง่ายดาย



รูปที่ 2.27 แสดงขาต่างๆและโครงสร้างภายใน

จะเห็นว่าตัว IC มีอยู่ 3 PORT ที่ใช้งาน คือ PORT A PORT B มีขนาด 8 บิท และ PORT C โดยที่ PORT C นั้นยังสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น PORT และ 4 BIT จึงทำให้มี PORT C บน และ PORT C ล่าง ซึ่งการต่อใช้งานก็จะมีขาที่เป็นอินพุทให้กับตัว IC ก็มี

D0-D7 ต่อเข้ากับดาต้าบัสของซีพียู เพื่อใช้สำหรับรับส่งข้อมูลกันระหว่าง PORT กับ CPU

A0-A1 ขาแอสเดรสซึ่งเป็นตัวสำคัญในการกำหนด PORT ว่าเรียกเป็น PORT อะไรเป็นPORT A B หรือ C จากที่กล่าวมาแล้วสถานะที่เราคิดมีเพียง ON กับ OFF เท่านั้น IC ตัวนี้จึงมีเบอร์ PORT ในตัวมัน 4 PORT เพราะมีสายแอสเดรส 2 เส้น ซึ่งจากที่ได้กล่าวมาแล้ว 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT ดังนั้นจึงเหลืออีก PORT หนึ่งซึ่ง PORT ตัวนี้จะเป็นตัวสำคัญที่สุดในการทำงานของ IC ตัวนี้ ซึ่งเราจะเรียก PORT นี้ว่า CONTROL PORT ซึ่งจะมีการเรียงลำดับดังนี้

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
		ไม่สนใจ				0	0	PORT A
		ไม่สนใจ				0	1	PORT B
		ไม่สนใจ				1	0	PORT C
		ไม่สนใจ				1	1	PORT CONTROL

ดังนั้นเวลาเราเรียก PORT ซึ่งในหนึ่งคำสั่งนั้นจะต้องเรียกเบอร์ PORT เป็น 8 BIT คือเลข HEX 2หลัก แต่ IC จะให้ PORT ไหนทำงานจะมีความสำคัญแค่หลักหลังคือ A1 กับ A0 ว่ามีค่าเป็นอะไร

อย่างเช่น บน ET- BOARD ที่ DECODE ที่ 8255 ว่างไว้คือ PORT 20H ถ้าเราเรียก PORT 21H บ้างก็เป็น PORT B เพราะ A1 เป็น 0 และ A0 เป็น 1 หรือถ้าเราเรียก PORT เบอร์ 24H บ้าง PORT ที่ทำงานก็คือ PORT A เพราะ A1 กับ A0 เป็น 0 ดังนั้น เวลาเราเรียก PORT 20H กับ 24H จึงเป็น PORT เดียวกันบน ET-BOARD เพราะ 1 จุดนั้นอ้างถึง 32 PORT คือ 20H-3FH หรือสังเกตได้อีกอย่างคือ มันจะซ้อนทับตัวเองเพราะตัว IC อ้างได้ 4 PORT มันก็จะกลับไปเริ่มต้นใหม่อย่าง 20H อ้างถึง 4 PORT ก็จะถึง 23H พอเพิ่มอีก 1 มันก็จะเกิน 4 PORT คือ PORT 24H ก็เป็น 20H นั่นเอง อย่างเช่น PORT 20H, 24H, 28H, 30H ทั้งหมดนี้ก็คือ PORT เดียวกัน (PORT A) ในจุด DECODE 1 จุดบน ET-BOARD นี้

CS เป็นขาเลือก IC PORT ให้ทำงานนี้จะต่อเข้ากับ IC ที่ DECODE เบอร์ PORT ไว้ โดยการเรียกเบอร์ PORT นี้ จะรวมเข้ากับแอสเดรส 2 เส้นที่ต่อเข้ากับ PORT ด้วยคือ A0 กับ A1 เพราะเวลาที่เรียกเบอร์ PORT ต้องใช้คำสั่งซึ่งเป็น 8 BIT ตาม CPU ดังนั้น 1 คำสั่งจึงรวมสายแอสเดรสด้วย ตัวอย่างบน ET-BOARD 8255 ที่ว่างขา CS จะต่อเข้ากับ IC 74LS138 ขา 14 คือจุดที่ DECODE เบอร์ PORT ตั้งแต่เบอร์ 20H ไว้นั่นเอง(PORT A)

RD ใช้ขบวนการ อินพุท เมื่อ CS และ RD ACTIVE เป็น 0

RESET เป็น 1 ใช้ CLEAR สถานะต่างๆของ 8255

PORT ที่ใช้สำหรับ CONTROL

การใช้ 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุม (CONTROL BYTE) เข้าไปยัง PORT ข้อมูลควบคุม(PORT สุดท้ายใน 4 PORT คือที่ A1 กับ A0 เป็น 1 เช่น PORT 23H บน ET-BOARD ที่ 8255 ว่าง) เพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 ว่าให้ทำงานใน MODE ไหนและให้แต่ละ PORT เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของ BIT ต่างๆของรหัสควบคุม (CONTROL BYTE) หรือรหัสสั่งงานของ 8255 ในตอนเริ่มแรก

ความหมายแต่ละ BIT

D7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มทำงาน (1-ทำงาน) 8255 รับรู้สิ่งต่อไปใน BIT ต่างๆที่กำหนดให้ เพราะฉะนั้นเวลาจะสั่งงานหรือหน้าที่ให้กับ 8255 BIT นี้จะเป็น 1 เสมอ

D6 & D5 เป็นการเลือก MODE ในการทำงานของ PORT A ซึ่งมี 3 MODE ใน 8255 จะได้กล่าวต่อไป

D4 กำหนดให้ PORT A เป็น อินพุท หรือ เอาท์พุท โดย

0 - เอาท์พุท PORT

1 - อินพุท PORT

D3 กำหนดให้ PORT C บน เป็น อินพุท หรือ เอาท์พุท โดย

0 - เอาท์พุท PORT

1 - อินพุท PORT

D2 เป็นการเลือก MODE ให้กับ PORT B

0 - MODE 0

1 - MODE 1

D1 กำหนดให้ PORT B เป็น อินพุท หรือ เอาท์พุท โดย

0 - เอาท์พุท

1 - อินพุท

D0 กำหนดให้ PORT C ล่าง (PC0-PC3) เป็น อินพุท หรือ เอาท์พุท โดย

0 - เอาท์พุท

1 - อินพุท

แบ่งชนิดของ MODE ได้ 3 MODE

MODE 0 กำหนดให้ PORT บน ET-BOARD ทุกๆ PORT เป็น PORT เอาท์พุท และอินพุทแบบพื้นฐาน

MODE 1 การทำงานของ 8255 ใน MODE นี้เป็น MODE ที่ทำให้ อินพุท-เอาท์พุทมีการตรวจสอบสัญญาณ (HAND SHAKING) โดยใช้อินพุท-เอาท์พุทของ PORT A และ B เป็นหลัก และใช้ PORT C บน เป็นสัญญาณ HAND SHAKE ของ PORT A ส่วน PORT C ล่างเป็นสัญญาณ HAND SHAKE ของ PORT B

เมื่อโปรแกรม 8255 เป็นโหมด 1 PORT C จะมีความหมายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา	กรณีอินพุท	กรณีเอาท์พุท
PC0	INTR b	INTR b
PC1	IBF b	OBF b
PC2	STB b	ACK b
PC3	INTR a	INTR a
PC4	STB a	1/0
PC5	IBF a	1/0
PC6	1/0	ACK a
PC7	1/0	OBF a

จะเห็นว่าในกรณี I/P PC6 และ PC7 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็น อินพุท หรือ เอาท์พุทอิสระได้โดยถ้าให้ BIT มีค่าเป็น 1 ก็จะเป็น อินพุท ส่วนถ้าเป็น 0 ก็จะเป็น เอาท์พุท ส่วนเอาท์พุท O/P ก็เช่นกันเพียงแต่ BIT ที่ใช้ได้ไปอยู่ที่ PC4 และ PC5 แทน-และสามารถส่งสัญญาณไปอินเตอร์รัฟท์

SET ENSABLE MODE 1

PORT	กำหนดให้เป็น	สัญญาณ INT	ทำการที่ SET/RESET
A	INPUT	INTE A	PC 4
A	OUTPUT	INTE A	PC 6
B	INPUT	INTE B	PC 2
B	OUTPUT	INTE B	PC 2

การ SET/RESET นี้ให้ทำการ SET ไปที่ CONTROL WORD ในลักษณะเดียวกับการ SET/RESET BIT ที่ PORT C ที่กล่าวมาแล้ว

ในโหมดของการ SET/RESET BIT INTR จะถูก RESET โดยอัตโนมัติเมื่ออยู่ในระหว่างการเลือก MODE หรือ RESET

MODE 2 ใช้ได้เฉพาะ PORT A เท่านั้นซึ่งจะทำหน้าที่เป็น PORT แบบ 2 ทิศทาง คือสามารถเป็นได้ทั้ง อินพุท และ เอาท์พุท โดยโครงสร้างของ PORT A ทั้ง อินพุทและเอาท์พุท ก็จะมี HAND SHAKE ทั้งคู่ ส่วน PORT C จะทำหน้าที่ตรวจสอบ

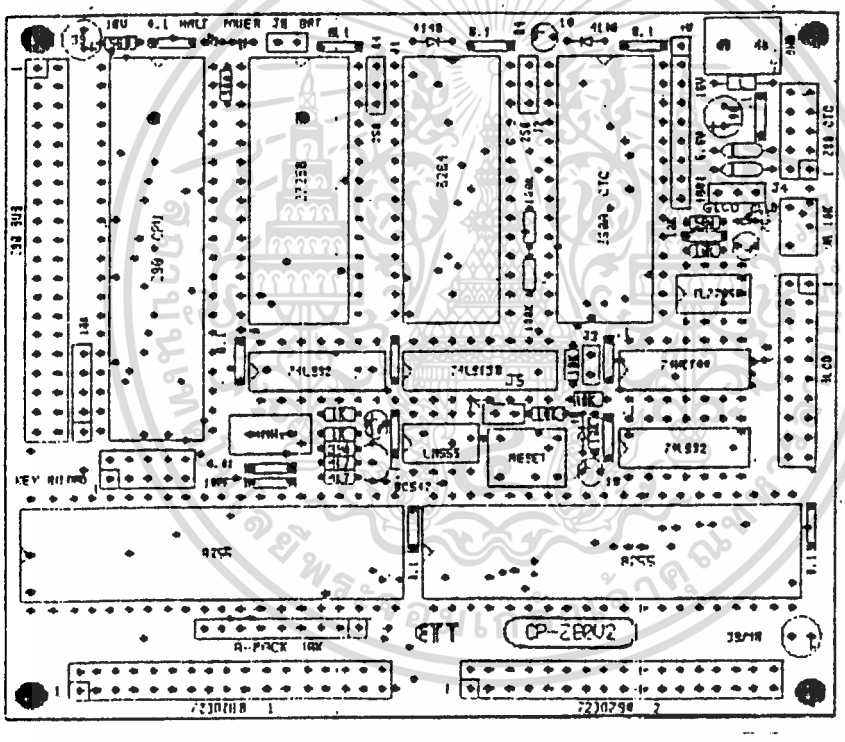
PORT C	ความหมาย
PC0	I/0
PC1	I/0
PC2	I/0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC3	INTRA
PC4	STBA
PC5	IBFA
PC6	ACKA
PC7	OBFA

ลักษณะการ HAND SHAKE ทางอินพุทและเอาท์พุท มีหลักการเดียวกับ MODE 1 และการสั่ง ENABLE INTE 1 เมื่อเป็น เอาท์พุทให้ SET/RESET ที่ PC 6 และถ้าเป็นอินพุท ENABLE INTE 2 SET/RESET ที่ PC 4

2.5 CP-Z80V2 SMART CONTROLLER



รูปที่ 2.28 CP-Z80V2

CPU

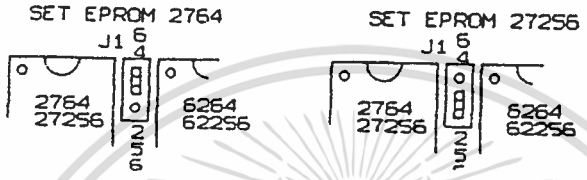
ใช้ CPU ยอดนิยม Z80 CPU ประจำบอร์ดโดยเราใช้เบอร์ Z84C00-6 ของ ZILOG ซึ่งจะเทียบเท่า Z80 B แบบ CMOS เก่าใช้กินกำลังงานต่ำสามารถใช้ต่อกับความถี่ได้สูงสุด 6 MHZ แต่ในบอร์ดนี้ เราจะใช้ความถี่ 4 MHZ เพื่อไม่จำเป็นต้องใช้ ROM หรือ EPROM ที่มี ACSSE TIME น้อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากนักก็ได้ แต่ถ้าผู้ใช้จะเปลี่ยนใช้บอร์ดนี้ RUN 6 MHZ ก็ได้โดยการเปลี่ยนจาก X'TAL 4MHZ ของเดิมเป็น 6 MHZ เท่านั้น

ROM

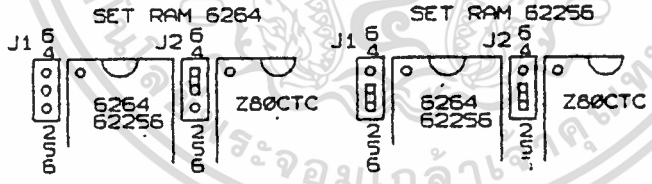
หรือ EPROM โดยบอร์ด CP-Z80V2 จะต่อใช้ EPROM เป็น MONITOR PROGRAM ได้ 2 เบอร์ คือ เบอร์ 2764 หรือเบอร์ 27256 โดยการเลือก JUMPER J1 หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ระหว่าง ADDRESS 0000H ถึง 7FFFH



รูปที่ 2.29 ROM หรือ EPROM

RAM

บอร์ด CP-Z80V2 จะต่อเลือกใช้หน่วยความจำ RAM ได้ 2 เบอร์ด้วยกัน คือ เบอร์ 6264 ขนาด 8K BYTE หรือเบอร์ 62256 ขนาด 32K BYTE โดยการเลือกใช้ JUMPER J2 ดังรูป



รูปที่ 2.30 RAM

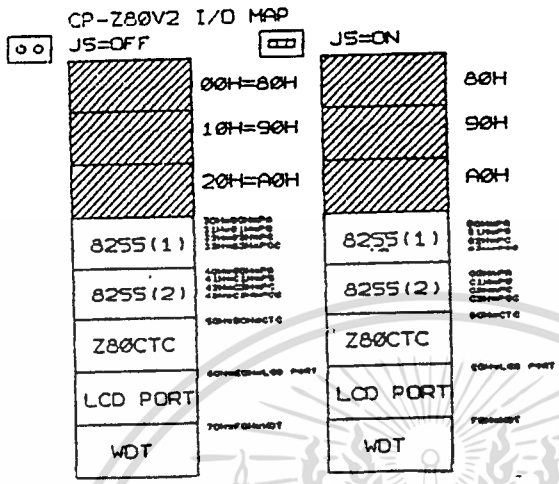
หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ในตำแหน่ง 8000H ถึง FFFFH ใน RAM นี้ยังสามารถต่อใช้เก็บข้อมูลได้ในกรณีไฟดับโดยต่อใส่ BATTERY ขนาดเล็ก 3 V แบบตัวกลมใหญ่ BACD UP ข้อมูลใช้ J6 (BAT) ในการ ON/OFF BATTERY

PORT

บอร์ด CP-Z80V2 จะมี IC PORT 8255 ให้ใช้งานได้ 2 ตัว หรือ 6 PORT ต่อใช้งานโดยจะต่อออก PORT ทางขั้ว 34 PIN มาตราฐาน อีทีที 2 ชุด ทำให้สามารถเลือกใช้ต่อกับอุปกรณ์บอร์ดต่างๆของ อีทีที ได้มากมาย เช่น ET-SSRAC, ET-SMCC,ET-AD นอกจากนี้ยังมีการต่อขั้ว 10 PIN จาก PORT C ของ 8255 ให้สามารถ เลือกต่อ KEY BOARD ขนาด 4*4 (16 KEY) ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

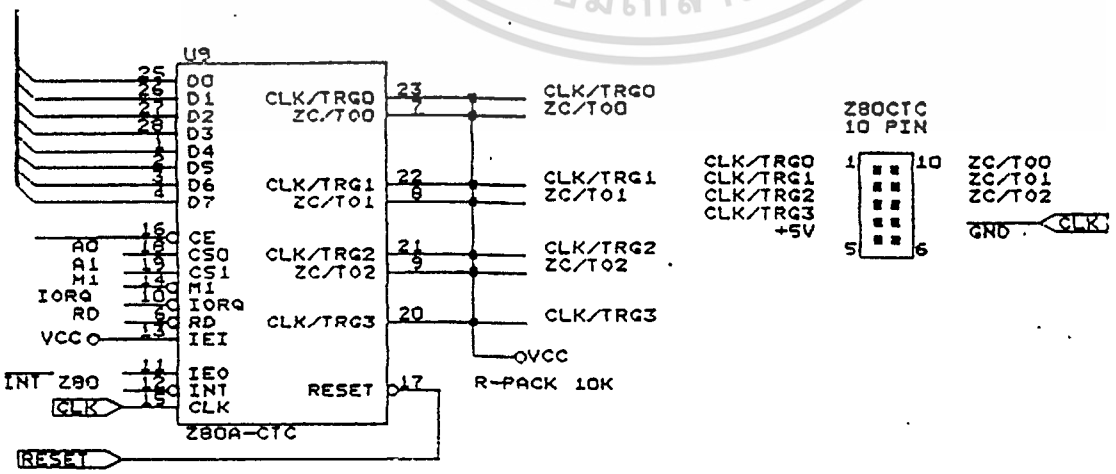
ตำแหน่งการ DECODE นั้น เราสามารถใช้ J6 ซึ่งต่อจาก ADDRESS (A7) DECODE ตำแหน่งเบอร์ได้ 2 แบบ ดังรูป



รูปที่ 2.31 การใช้งานของ PORT

CTC

จะใช้ไอซีของบริษัท ZILOG เบอร์ Z84 30 เป็น CTC ประจำบอร์ด ซึ่งเป็น IC แบบ 4 MHZ บอร์ด CP-Z80V2 จะต่อขาใช้งานของ CTC ออกมาที่ CONNECTOR 10 PIN ดังรูป ส่วนขา INT ของ CTC นั้นจะต่อเข้ากับ INT ของ Z80 โดยตรง



รูปที่ 2.32 การต่อ CTC

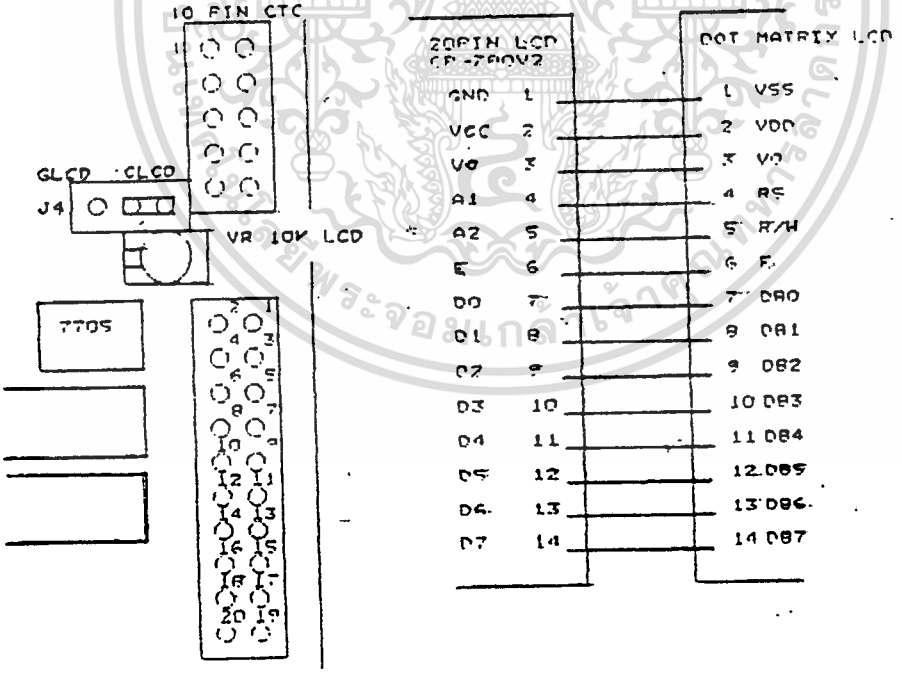
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD PORT

จะเป็นลักษณะ CONNECTOR ขนาด 20 PIN มาตราฐาน อีทีที สามารถเลือกต่อ LCD ได้ 2 แบบคือ แบบ DOT MATRIX LCD หรือ GRAPHIC LCD ได้โดยตรง เพียงต่อสายต่อจาก LCD นั้นๆมายังขั้วของ LCD PORT 20 PIN นี้โดยดูขาสัญญาณให้ถูกต้องตรงกัน JUMPER J4 จะเป็นตัวเลือกว่าใช้ LCD แบบใดอยู่ และ VR 10K จะเป็นตัวปรับความคมชัดของจอภาพ LCD

LCD ADDRESS PORT

CHNNEL PORT	ADDRESS PORT
	SET JS=OFF
WRITE DATA INSTRUCTION	60H
WRITE DATA TO CG OR DD RAM	62H
READ BUSY FLAG AND ADDRESS	64H



รูปที่ 2.33 การต่อ LCD PORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WDT (WATCH DOG TIMER)

เป็นวงจรจาก ไอซี 555 ที่จะคอย RESET CPU อยู่ตลอดเวลา ตามค่า เวลา ถ้าไม่มีการเรียกโปรแกรมที่จะมาทำการ DISABLE WATCH DOG .ในวงจรนี้ จะอยู่ที่ตำแหน่ง 70H หรือ F0H โดยเราอาจจะปรับเปลี่ยนค่า เวลา ของ วงจร WDT ได้ด้วย R3,R4 และ C4 และถ้าเราไม่ต้องการใช้วาจร WDT นี้ก็สามารถ SET JUMPER J3 โดยถอด J3 ออกก็ได้ค่าเวลา WDT จะ SET ไว้ประมาณ 1 วินาที

* ลักษณะการใช้งาน WDT นี้ศึกษาได้จากโปรแกรมตัวอย่างในคู่มือการใช้ของบริษัทต่างๆ

(* WATCH DOG เป็นลักษณะวงจรที่จะทำการ RESET CPU อยู่เสมอตามค่าเวลาที่เรากำหนดซึ่งถ้าเราไม่ทำการ DISABLE WATCH DOG ภายในกำหนด CPU นั้นจะถูก RESET เช่นในโปรแกรมทำงานปกติเราจะ CALL DISABLE DOG อยู่เสมอแต่ถ้า CPU กำลัง RUN อยู่นั้น เกิดมีสัญญาณรบกวนขึ้นทำให้ไม่สามารถ RUN โปรแกรมตามปกติที่มีการเรียกใช้ CALL DISABLE WATCH DOGได้ CPU ก็จะเกิดการ RESET ขึ้นทันที เพื่อให้ CPU กลับไปเริ่มต้น RUN โปรแกรมใหม่อีกครั้งหนึ่ง)

40 PIN Z80 BUS

สามารถต่อขยายบอร์ดได้ทาง 40 PIN Z80 BUS โดย 40 PIN Z80 BUS นี้จะมีขาต่อออกมาเช่นเดียวกับขาของ CPU Z80 ทุกประการ

POWER SUPPLY

ตัวบอร์ด CP-Z80V2 นี้จะต่อใช้ POWER SUPPLY +5V โดยใช้ไฟ +5V DC โดยต่อให้ถูกขั้วด้วย และถ้าต่อกลับขั้ว จะมี DIODE 1N4001 ต่อกันการต่อกลับขั้วไว้และใช้ ZENER DIODE 5.6V ต่อกันในกรณีไฟเกิน 5V

2.6 แนวทางการใช้ LCD MODULE

ปัจจุบัน LCD เป็นที่นิยมกันอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากมีความเหมาะสมด้วยประการทั้งปวง ทั้งในด้านของการกินกระแสต่ำ สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรและตัวเลข หรือแสดงเป็นกราฟฟิคได้(เฉพาะรุ่น) จะติดปัญหาก็คือในด้านวงจรซึ่งมีระบบการทำงานที่ซับซ้อน และหาอุปกรณ์ได้ค่อนข้างยาก แต่ขณะนี้ผู้ผลิต LCD จะทำรุ่นที่เป็น LCD MODULE ออกมา คือเป็น MODULE ออกมา คือเป็น MODULE ที่มีตัว LCD และวงจรควบคุมมาให้พร้อม (เรียกว่า LCM) ซึ่งสามารถทำให้ผู้ใช้ต่อเข้ากับระบบไมโครได้ง่ายและสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งมีจำหน่ายกันอย่างกว้างขวาง และมีราคาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้ทางด้านไมโครหันมาใช้แผงแสดงด้วย LCD MODULE กันมากขึ้น LCD MODULE มีอยู่มากมายหลายรุ่น และมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบ DOT MATRIX และ GRAPHIC โดยแบบ DOT MATRIX จะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5*8 DOT และมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ GRAPHIC จะสามารถแสดงผลในแบบ BIT-

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAP คือจะสร้างเป็นภาพใดๆก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานทั้ง 2 แบบ จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ DOT MATRIX มากกว่า เนื่องจากมีราคาถูก และเพียงพอต่องานส่วนใหญ่ ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้แบบ DOT MATRIX ซึ่งคุณสมบัติของ DOT MATRIX LCD MODULE สามารถสรุปเป็นข้อๆได้ดังนี้

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามการใช้งาน โดยมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไป
2. ตัวอักษรแสดงด้วย DOT MATRIX ขนาด 5*8 DOT
3. สามารถต่อได้กับระบบไมโครได้ 2 ลักษณะ คือแบบ MEMORY MAP (20-PIN LCD BUS) และแบบผ่าน 8255 PORT (26-PIN 8255 BUS) โดยกรณี 26-PIN 8255 BUS จะใช้แผ่น PCB (DMCAD) เป็นตัว ADAPTER ทำให้เป็น 8255 BUS อีกที
4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครเพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ LCD MODULE เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะคงค้างไว้ตลอด ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาหลักของระบบไมโคร
5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น CLEAR DISPRAY , HOME CURSOR , ON OFF CURSOR , BLINK CHARACTER และอื่นๆอีก
6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว
7. กินกระแสน้อย และมีน้ำหนักเบา รวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 V เท่านั้น

ขาสัญญาณของ LCD MODULE

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	VSS	---------	0 V GND
2	VCC	---------	+5 V POWER SUPPLY
3	VEE	---------	+V FOR LIQUID CRYSTAL DRIVE
4.	RS	H/L	REGISTER SELECT H: DATA INPUT L: INSTRUCTION INPUT
5.	R/W	H/L	H: DATA READ L: DATA WRITE
6.	E	H	ENABLE SIGNAL (L--- H)
7.	DB 0	H/L	DATA BUS BIT 0
8.	DB 1	H/L	DATA BUS BIT 1
9.	DB 2	H/L	DATA BUS BIT 2
10.	DB 3	H/L	DATA BUS BIT 3
11.	DB 4	H/L	DATA BUS BIT 4
12.	DB 5	H/L	DATA BUS BIT 5
13.	DB 6	H/L	DATA BUS BIT 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

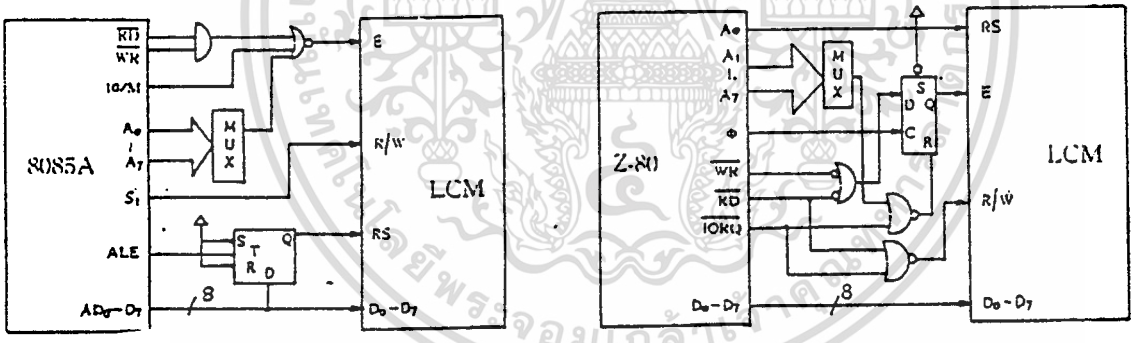
14. DB 7 H/L DATA BUS BIT 7

การต่อเข้ากับระบบไมโคร

LCD MODULE จะต่อเข้ากับระบบไมโครได้ 2 ลักษณะ คือ แบบ MEMORY MAP โดยผ่าน LCD BUS ขนาด 20 PIN และแบบ I/O PORT โดยผ่าน 8255 BUS ขนาด 26 PIN ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

การต่อแบบ MEMORY MAP

1. สามารถต่อเข้ากับ CHIP เบอร์ทั่วๆไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครมองเห็น LCD MODULE ในลักษณะของ MEMORY ได้ทันที
2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก LCD MODULE ได้ทำให้มองเสมือนว่าเป็น MEMORY BUFFER ไปในตัว
3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงสามารถทำให้ตรวจสอบ FLAG ความพร้อมในขณะที่ LCD MODULE กำลังทำงานได้
4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มี LCD BUS มาให้พร้อมเท่านั้น
5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ DECODE ละเอียดเพียงพอ
6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ CHIP แต่ละเบอร์ด้วย



รูปที่ 2.34 การต่อ LCD MODULE แบบ MEMORY MAP

การต่อ I/O PORT

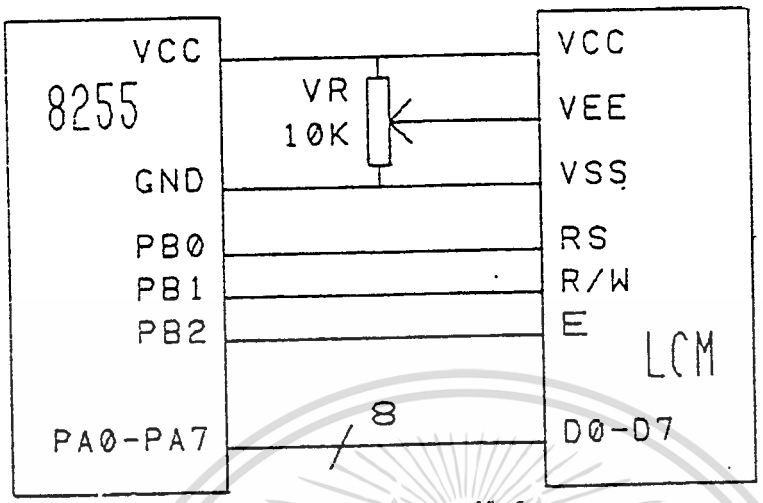
1. สามารถต่อเข้ากับ I/O PORT ใดๆก็ได้ โดยใช้สัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงกับข้อกำหนดของ LCD MODULE
2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้ LCD MODULE ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนด MEMORY ส่วนหนึ่งให้เป็นเสมือน BUFFER ให้กับ LCD MODULE อีกที
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครเอง เพื่อรอให้ LCD MODULE กระทำขบวนการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆไปที่มี PORT

5. ไม่เปลืองส่วนของ MEMORY ในการใช้งาน

6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ



รูปที่ 2.35 การต่อ LCD MODULE แบบ I/O PORT

ชุดคำสั่งข้อมูลและแสดงข้อความ

การเขียนและอ่านข้อมูลกับ LCD MODULE ก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการใช้งานของ LCD ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย โดยมีรายละเอียดตามตารางต่อไปนี้

INSTRUCTION	R/S	R/W	DATA BIT 7	6	5	4	3	2	1	0	EXE. TIME ( )
CLEAR DISPLAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1640
CURSOR AT HOME	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	1640
ENTRY MODE SET	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	40
DISPLAY ON/OFF	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	40
DISPLAY SHIFT	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	40
FUNCTION SET	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	40

ตารางที่ 2.3 ตารางการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้าใจพื้นฐาน

1. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD MODULE จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ INSTRUCTION และ DATA โดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า RS = 0 จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (INSTRUCTION) หรืออ่านค่า FLAG สภาพการทำงานของ LCD MODULE และถ้า RS = 1 จะหมายถึงการเขียนหรืออ่าน DATA กับ LCD MODULE

2. หลักการเขียนข้อมูลให้ LCD MODULE นี้ คือเมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้ว ตัว LCD MODULE จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่า EXECUTE TIME ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครสามารถตรวจสอบได้จาก BUSY FLAG (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถเขียนข้อมูลอันดับต่อไปได้ ในกรณีที่การต่อวงจรเป็นแบบ I/O PORT คือไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ ระบบไมโครก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับ LCD MODULE นี้ สามารถทำได้ทั้ง 8 BIT และ 4 BIT โดยกรณี 4 BIT จะใช้สัญญาณ DATA เพียง 4 เส้น คือ DB4-DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครแบบ 4 BIT หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 BIT เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4-DB7 ก่อน แล้วตามด้วย DB0-DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่ง FUNCTION SET ด้วย

4. DDRAM (DISPLAY DATA RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD MODULE ที่เป็น BUFFER ของข้อมูล โดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรแสดงที่แผงทันที

5. CGRAM (CHARACTER GENERATOR RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว LCD MODULE สำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8 ตัว) โดยจะอ้าง ADDRESS ได้ทั้งหมด 64 BYTE คือ 8 ตัวอักษร คูณกับ 8 ROW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

บอร์ดควบคุมนี้ออกแบบให้มีความอิสระในการใช้งานสูง โดยจะทำการเชื่อมต่อกับซิงเกิ้ลบอร์ดทางพอร์ต 8255 บอร์ดควบคุม 1 บอร์ดสามารถควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้ 2 ตัว ทั้งชนิดไบโพลาร์และยูนิโพลาร์ หรือทั้ง 2 แบบในบอร์ดเดียวกัน

หลักการทำงาน

วงจรสมบูรณ์ของบอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แสดงในรูปที่ 3.1 เริ่มต้นที่ IC1และ IC2 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุทจากคอนโทรลบอร์ดมาดีโค้ดเดอร์สายสัญญาณจาก 2 อินพุทออกเป็น 4 เอาท์พุท 2 วงจรในตัวเดียวกัน ที่ขา 5 และ 6 ของ IC1 ถูกนำมาใช้งาน ซึ่งเป็นเอาท์พุทของดีโค้ดเดอร์ตัวแรก โดยที่อีก 2 เอาท์พุทไม่นำมาใช้งานและที่ขา 10 และขา 11 ก็ถูกนำมาใช้งานเช่นกันสำหรับดีโค้ดเดอร์ตัวที่สอง IC5 ทำหน้าที่กลับสถานะลอจิกจากขาเอาท์พุทของดีโค้ดเดอร์เป็นตรงกันข้าม จากแอกทีฟ "0" เป็น แอกทีฟ "1" สำหรับป้อนให้วงจรขับ

วงจรขับเป็นแบบบริดจ์ (H bridge) ประกอบด้วย Q1, Q2, Q3 และ Q4 โดยที่ Q1 และ Q2 ต่อวงจรให้ทำงานแบบคอมพลีเมนตารีสวิทช์ ดังนั้นเมื่อ Q1 ทำงาน Q2 ก็จะหยุดทำงาน เช่นเดียวกันเมื่อ Q3 ทำงาน Q4 ก็จะหยุดทำงาน Q1-Q4 ทำหน้าที่ในการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ หรือกำหนดขั้วไฟฟ้าที่ขดลวดและถ้า Q1-Q4 หยุดทำงานหมดทุกตัวนั้นคือ จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดเลย สถานะการทำงานของ Q1-Q4 ถูกกำหนดโดยดีโค้ดเดอร์ภายใน IC1 ซึ่งตอบสนองตามการทำงานสัญญาณข้อมูลอินพุท

จากวงจรจะเห็นได้ว่า IC5 ทำหน้าที่ควบคุมเฉพาะทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิด NPN ในวงจรบริดจ์ สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ถูกขับโดยผ่าน IC3 ซึ่งเป็นอิเวอร์เตอร์แบบเอาท์พุทเป็นชนิดคอลเล็คเตอร์เปิด 6 ตัวในตัวเดียว IC3 ทำหน้าที่ 2 ประการ คือ ประการแรกเป็นตัวเปลี่ยนระดับสัญญาณแรงดันควบคุมจากเอาท์พุทของ IC5 จาก 5 โวลท์ ระดับ TTL เป็น 12 โวลท์ ในวงจรบริดจ์ และประการที่สองคือ เป็นตัวกลับสถานะของสัญญาณอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ไบแอสให้กับทรานซิสเตอร์แบบ PNP ได้

IC1 เพียงตัวเดียวควบคุมวงจรบริดจ์ 2 วงจรและยังไม่ได้กล่าวถึงอีกวงจรหนึ่งก็คือวงจรบริดจ์ที่ประกอบด้วย Q5-Q8 การทำงานในส่วนนี้เหมือนกับที่กล่าวไปแล้ว วงจรบริดจ์ทั้งสองวงจรนี้จะควบคุมมอเตอร์ได้ 1ตัว (มี 2 ขดลวด) สำหรับวงจรที่เหลืออันประกอบด้วย IC2,IC4,IC6,Q9-Q16 เป็นวงจรควบคุมแบบบริดจ์เหมือนกันและมีการทำงานเหมือนกันทุกประการ เพียงแต่ใช้ข้อมูล 4 บิตบน (D4-D7) ในการควบคุมแทนและต่อควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตัวที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อมูล 8 บิตที่ใช้ควบคุมการทำงานแบ่งออกเป็น 4 บิตล่าง D0-D3 สำหรับควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 1 บนบอร์ดและอีก 4 บิตบน D4-D7 สำหรับควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 2 บนบอร์ด

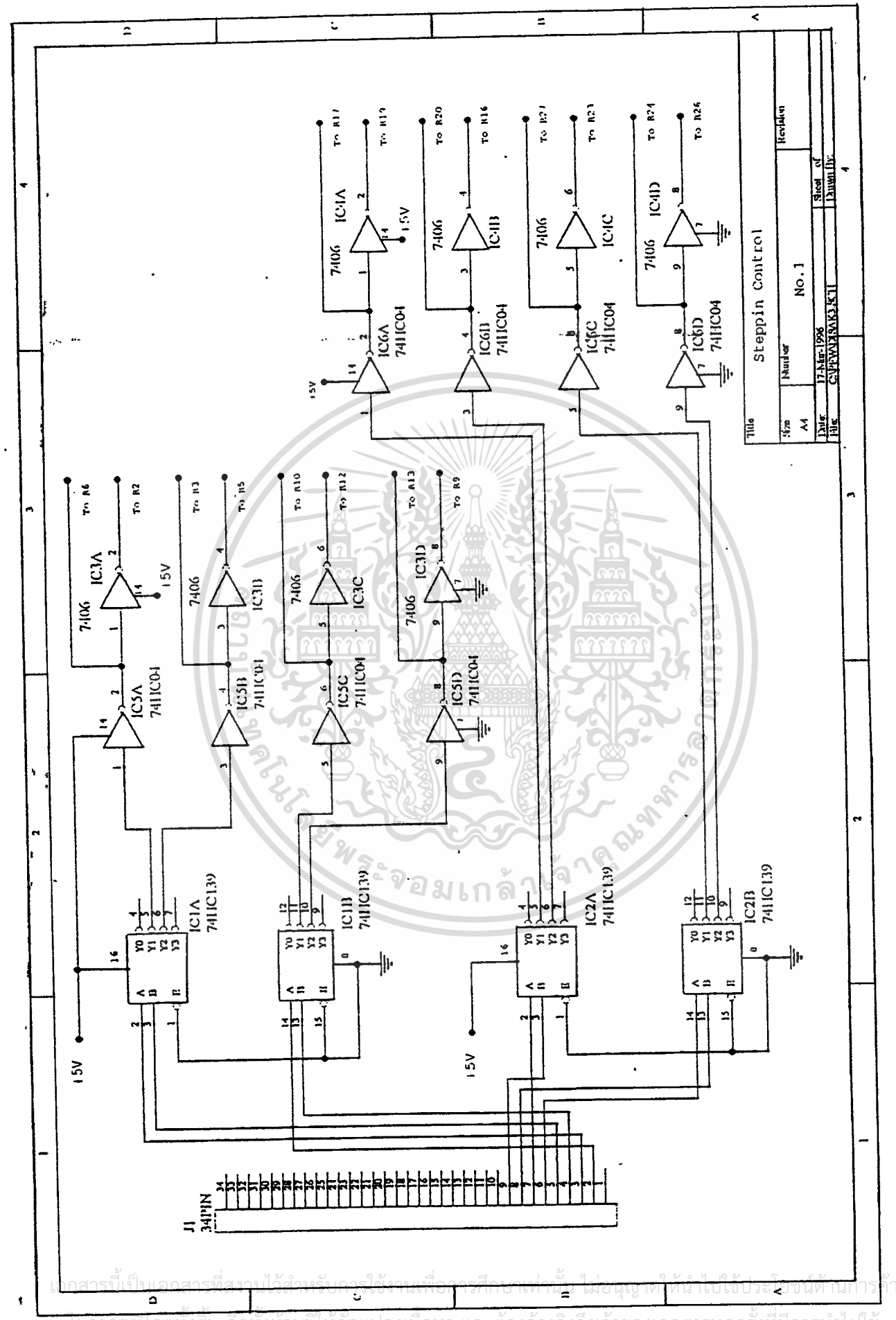
จากหลักการทำงานของวงจรที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าอ้างอิงกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดไบโพลาร์เพียงอย่างเดียว แต่บอร์ดควบคุมนี้สามารถออกแบบควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งสองชนิด โดยถ้านำบอร์ดนี้มาใช้กับมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ซึ่งไม่ต้องการวงจรขับแบบบริดจ์ อุปกรณ์บางตัวสามารถตัดออกได้ โดยใช้เอาท์พุทจาก IC5 และ IC6 ขับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ได้แก่ Q2,Q4,Q6 และ Q8 สำหรับ IC5 และ Q10,Q12,Q14, และ Q16 สำหรับ IC6 ส่วน IC3 ทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิด PNP รวมถึงตัวต้านทานจัดไบแอสต่างๆ สามารถตัดทิ้งได้ เพราะมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ไม่จำเป็นต้องใช้วงจรขับแบบกลับขั้วไฟฟ้า

เช่นเดียวกันสำหรับวงจรขับของมอเตอร์อีกตัวหนึ่ง IC4 ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และตัวต้านทานจัดไบแอสก็ไม่ต้องการเช่นเดียวกันแต่อย่าลืมข้อสำคัญของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์นี้ต้องการป้อนแรงดันเข้าที่จุดแทร็ประหว่างขดลวดแต่ละชุดด้วย โดยการป้อนแรงดันไฟบวก 12 โวลท์ บนบอร์ดที่จุดแทร็ปของขดลวด

การสร้าง

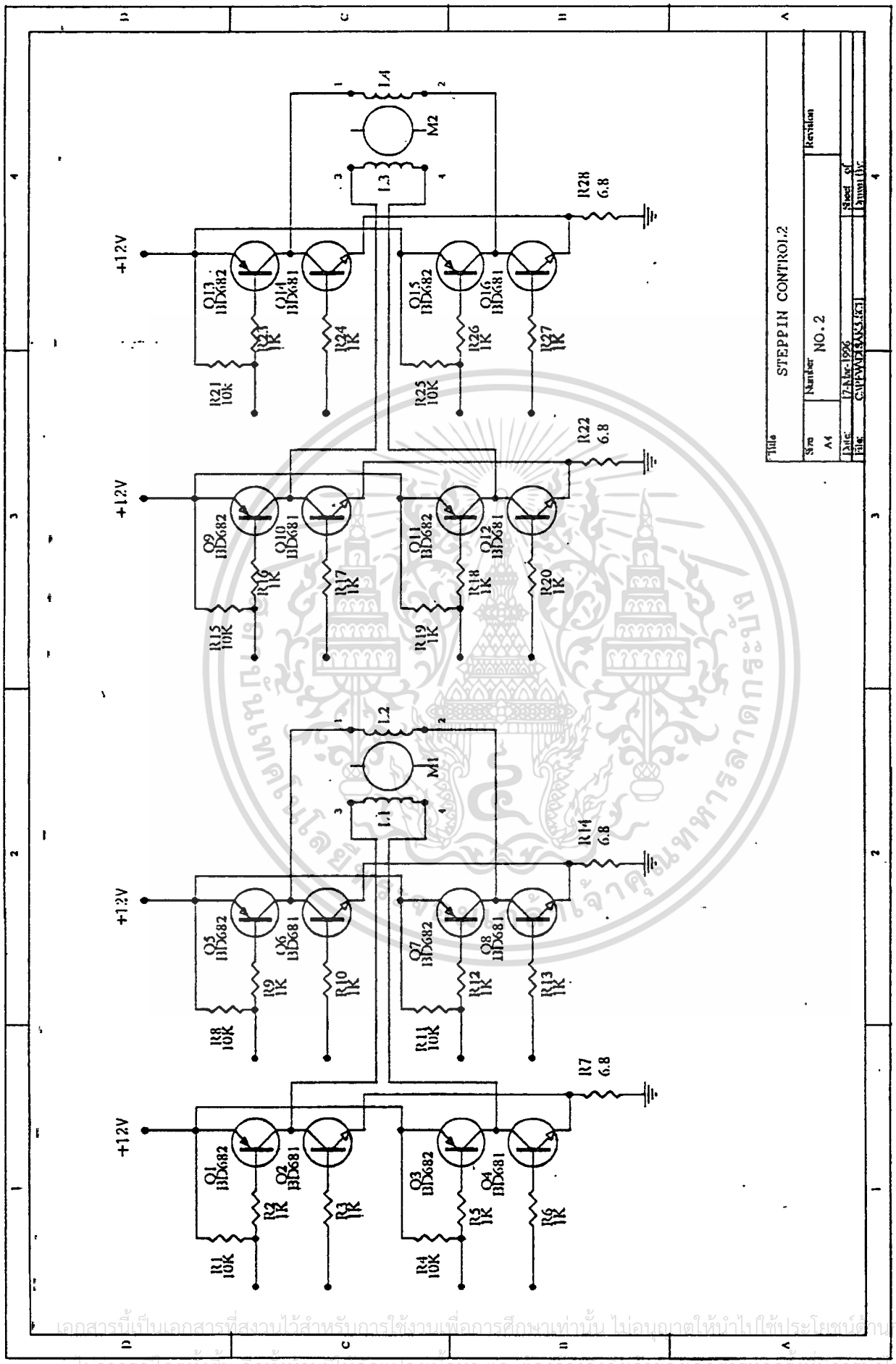
บอร์ดควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้ออกแบบให้สร้างง่ายและเน้นให้ใช้งานได้ทุกรูปแบบแผ่นวงจรพิมพ์จึงเป็นแบบหน้าเดียวการลงอุปกรณ์ก็เริ่มจากจัมเปอร์ต่างๆก่อน แล้วตามด้วยอุปกรณ์ที่มีความสูงมากขึ้นตามลำดับไอซีทุกตัวควรใส่ซ็อกเก็ตไอซีด้วยทุกตัว เพื่อสะดวกต่อการซ่อมแซมเมื่อเกิดการเสียหายและป้องกันการเสียหายจากการบัคกรีไอซีโดยตรง ไอซี 8 ไม่จำเป็นต้องติดแผ่นระบายความร้อนก็ได้ ตามด้วย LED1 และซ็อกเก็ตต่อพอร์ต 20 ขารูปที่ 3.2 เป็นวงจรพิมพ์ของบอร์ดควบคุมด้านบนที่ใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ว่ามีขนาดเท่าไร ถ้านำบอร์ดควบคุมมาใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ขนาด 12 โวลท์ให้ทำการลัดวงจรโดยใช้สายจั้มต่อแทนตัวต้านทานได้ทันที แต่ถ้านำมาใช้กับมอเตอร์ที่มีแรงดันไฟ 5 โวลท์ ต้องพิจารณาตัวต้านทานที่เหมาะสมมาต่อแทนตามพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลของมอเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เพื่อจำกัดกระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์ เช่นมอเตอร์ที่ใช้แรงดัน 5 โวลท์ 1 แอมป์ก็ต่อความต้านทานค่า 6.8 โอห์ม ที่ R7,R14,R21 และ R2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วงจรบอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรบอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดกระแสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	ค่าความต้านทานจำกัดกระแส
500 มิลลิแอมป์	15โอห์ม
800 มิลลิแอมป์	8.2 โอห์ม
1 แอมป์	6.8 โอห์ม
1.5 แอมป์	4.7 โอห์ม

ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกค่าของตัวต้านทาน R7,R14,R21 และ R28 ให้มีค่าเหมาะสม เมื่อนำไปใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดใช้แรงดัน 5 โวลท์

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 W

R1,R4,R8,R11,R15,R18,R22,R25 - 10kΩ 8 ตัว

R2,R3,R5,R6,R9,R10,R12,R13,R16,
R17,R19,R20,R23,R24,R26,R27 - 1kΩ 16 ตัว

R7,R14,R21,R28 ค่าความต้านทานดูในเนื้อเรื่องขนาด 1/2 W 4 ตัว

R29 - 560Ω 1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C อิเล็กทรอไลต์ 1 uF 16 V 1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC1,2 - 74HC139 2 ตัว

IC3,4 - 7406 1 ตัว

IC5,6 - 74HC04 2 ตัว

IC7 - 7805 1 ตัว

Q1,Q3,Q5,Q7,Q9,Q11,Q13,Q15 - BD 682 8 ตัว

Q2,Q4,Q6,Q8,Q10,Q12,Q14,Q16 - BD 681 8 ตัว

อื่นๆ

คอนเน็กเตอร์ต่อ 20 ขาตัวผู้,*ซ็อกเก็ต* ไอซีขนาดต่างๆ,สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดกระแสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	ค่าความต้านทานจำกัดกระแส
500 มิลลิแอมป์	15โอห์ม
800 มิลลิแอมป์	8.2 โอห์ม
1 แอมป์	6.8 โอห์ม
1.5 แอมป์	4.7 โอห์ม

ตารางที่ 3.1 แสดงการเลือกค่าของตัวต้านทาน R7,R14,R21 และ R28 ให้มีค่าเหมาะสม เมื่อนำไปใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดใช้แรงดัน 5 โวลท์

รายการอุปกรณ์

ตัวต้านทาน 1/4 W

R1,R4,R8,R11,R15,R18,R22,R25 - 10kΩ 8 ตัว

R2,R3,R5,R6,R9,R10,R12,R13,R16,

R17,R19,R20,R23,R24,R26,R27 - 1kΩ 16 ตัว

R7,R14,R21,R28 ค่าความต้านทานดูในเนื้อเรื่องขนาด 1/2 W 4 ตัว

R29 - 560Ω 1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C อิเล็กทรอไลต์ 1 uF 16 V 1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC1,2 - 74HC139 2 ตัว

IC3,4 - 7406 1 ตัว

IC5,6 - 74HC04 2 ตัว

IC7 - 7805 1 ตัว

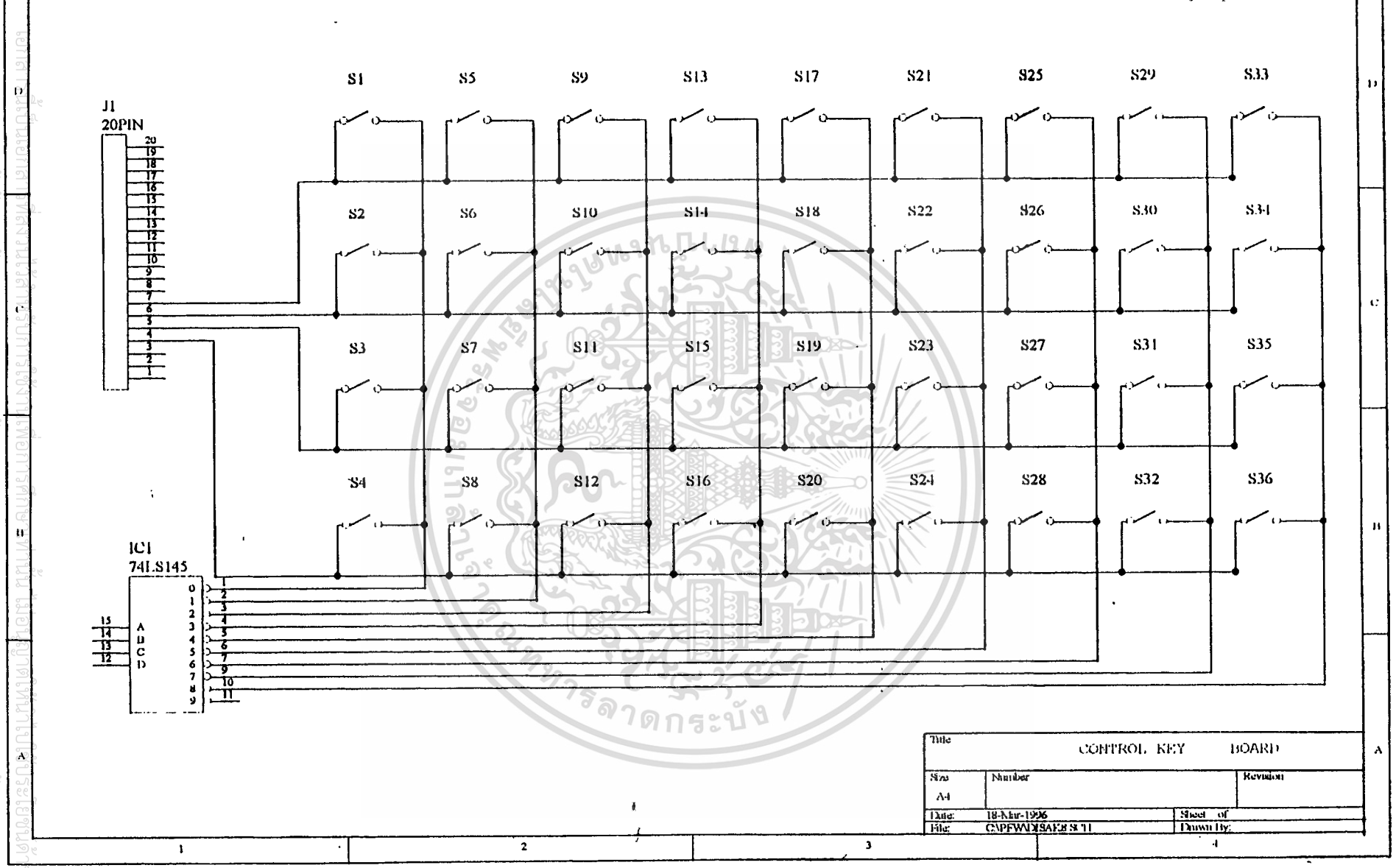
Q1,Q3,Q5,Q7,Q9,Q11,Q13,Q15 - BD 682 8 ตัว

Q2,Q4,Q6,Q8,Q10,Q12,Q14,Q16 - BD 681 8 ตัว

อื่นๆ

คอนเน็กเตอร์ต่อ 20 ขาตัวผู้,***ซ็อกเก็ต***ไอซีขนาดต่างๆ,สเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


S1 S5 S9 S13 S17 S21 S25 S29 S33
S2 S6 S10 S14 S18 S22 S26 S30 S34
S3 S7 S11 S15 S19 S23 S27 S31 S35
S4 S8 S12 S16 S20 S24 S28 S32 S36
J1
20PIN
IC1
74LS145
A B C D
Title
CONTROL KEY BOARD
Size
A4
Number
Revision
Date: 18-Mar-1996
Sheet of
File: C:\PEWAD\SAED\S_T1
Drawn By:

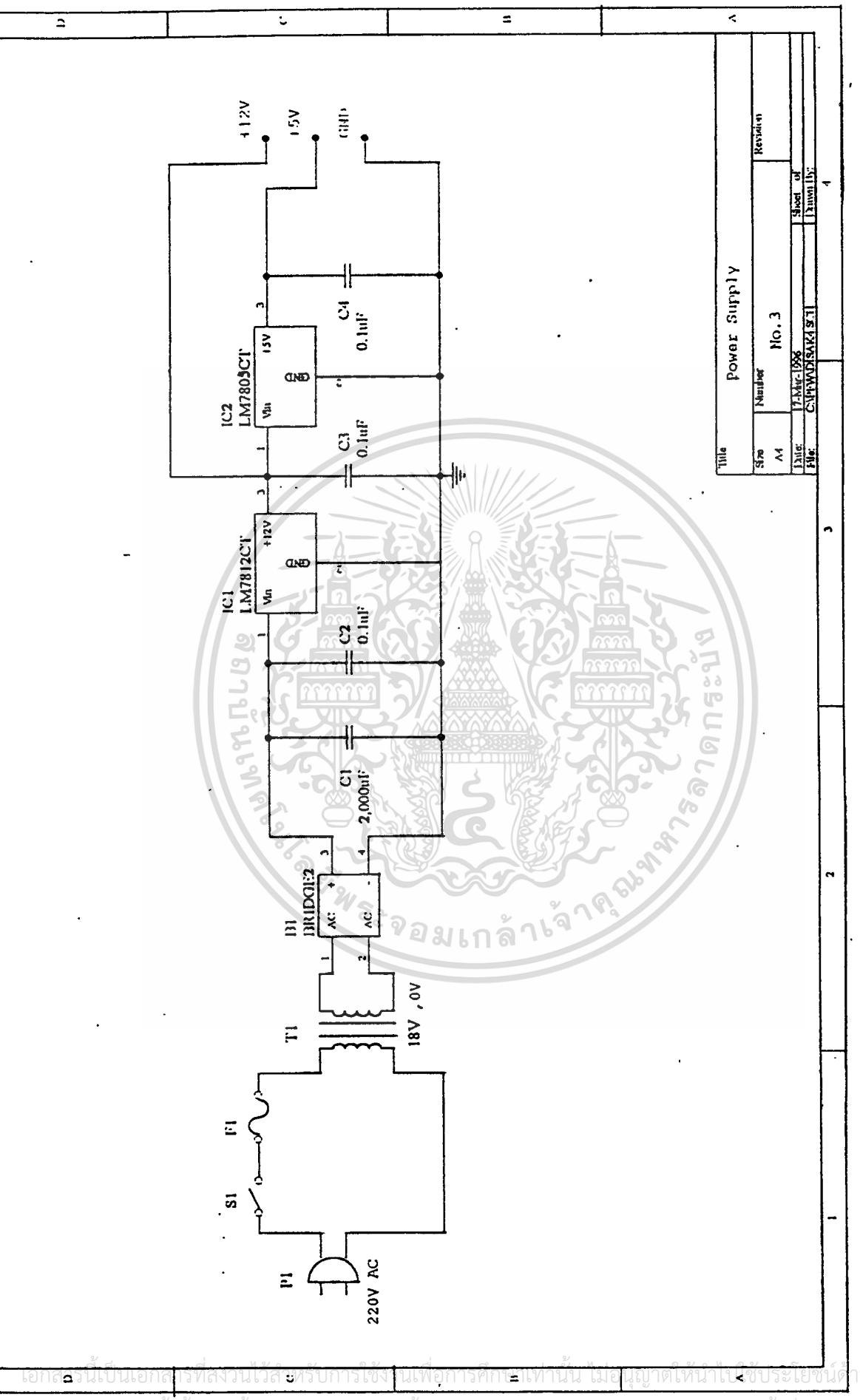
POWER SUPPLY

ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงขนาด +12 , +5, 0V ให้กับชุดขับสต็ปปิ้งมอเตอร์ และชุดคีย์ควบคุม ดังรูปที่ 3.4

รายการอุปกรณ์

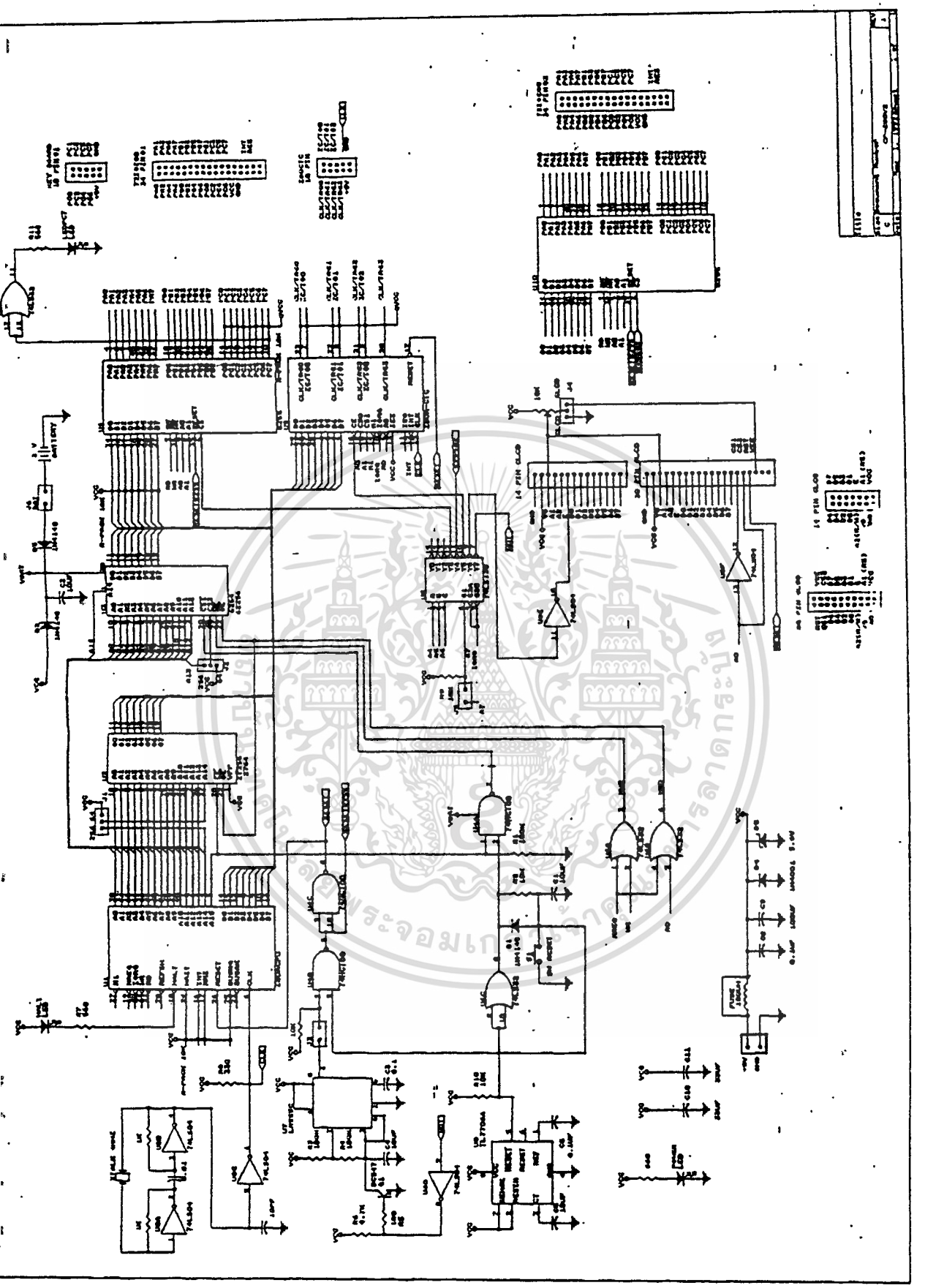
ตัวเก็บประจุ		
C อิเล็กทรอไลต์	C1 2000 uF	1 ตัว
	C2,C3,C4 0.1 uF	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
DIODE เรกติไฟต์	1N 4001	4 ตัว
IC1	LM7812CT	1 ตัว
IC2	LM7805CT	1 ตัว
หม้อแปลงไฟฟ้า		
T1	220V AC - 18V,0V	1 ตัว
ฟิวส์		
F1	1 AMP	1 ตัว
สวิทช์		
S1		1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



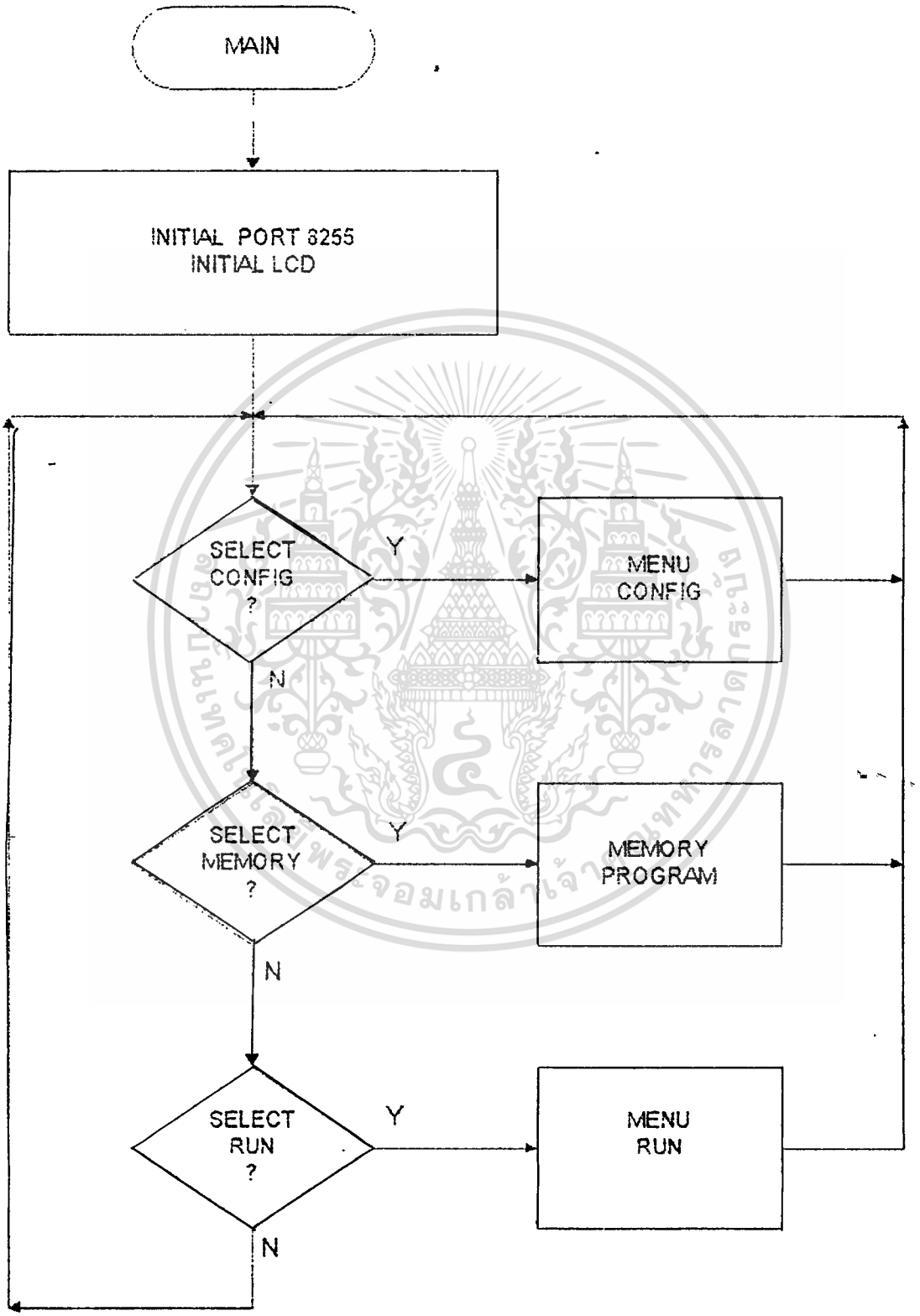
รูปที่ 3.4 วงจรของแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

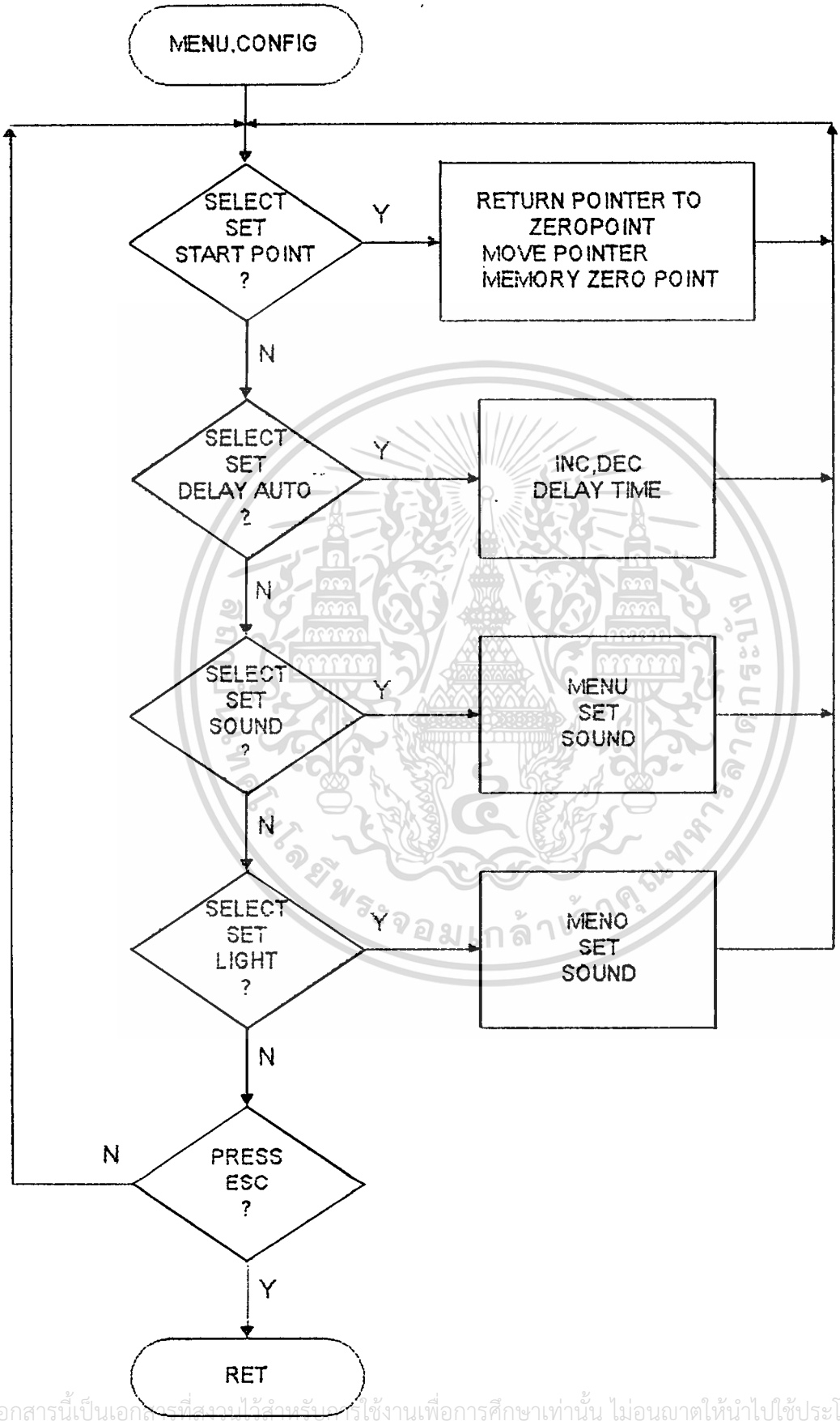


รูปที่ 3.5 วงจร CP-Z80V2 SMART CONTROLLER

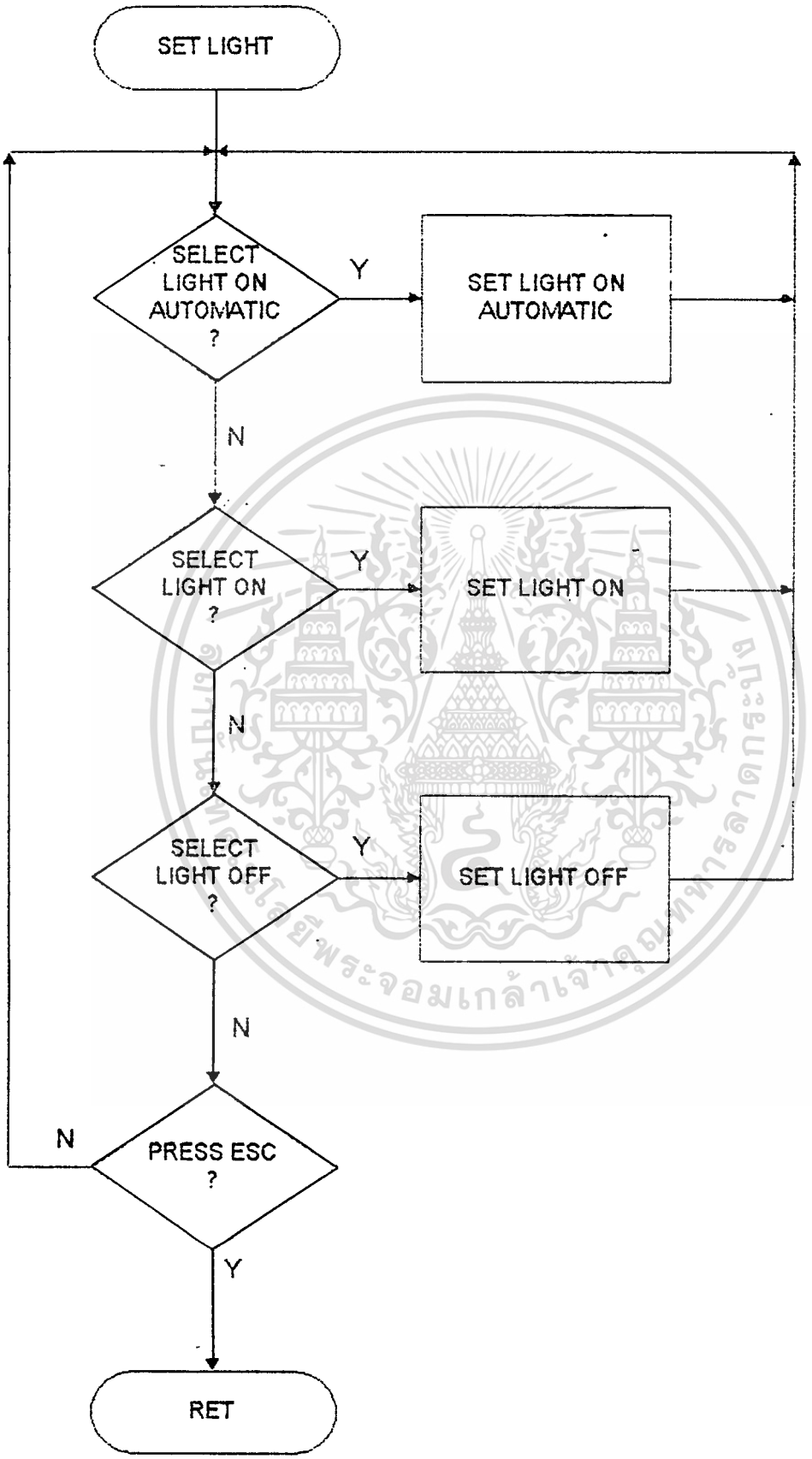
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



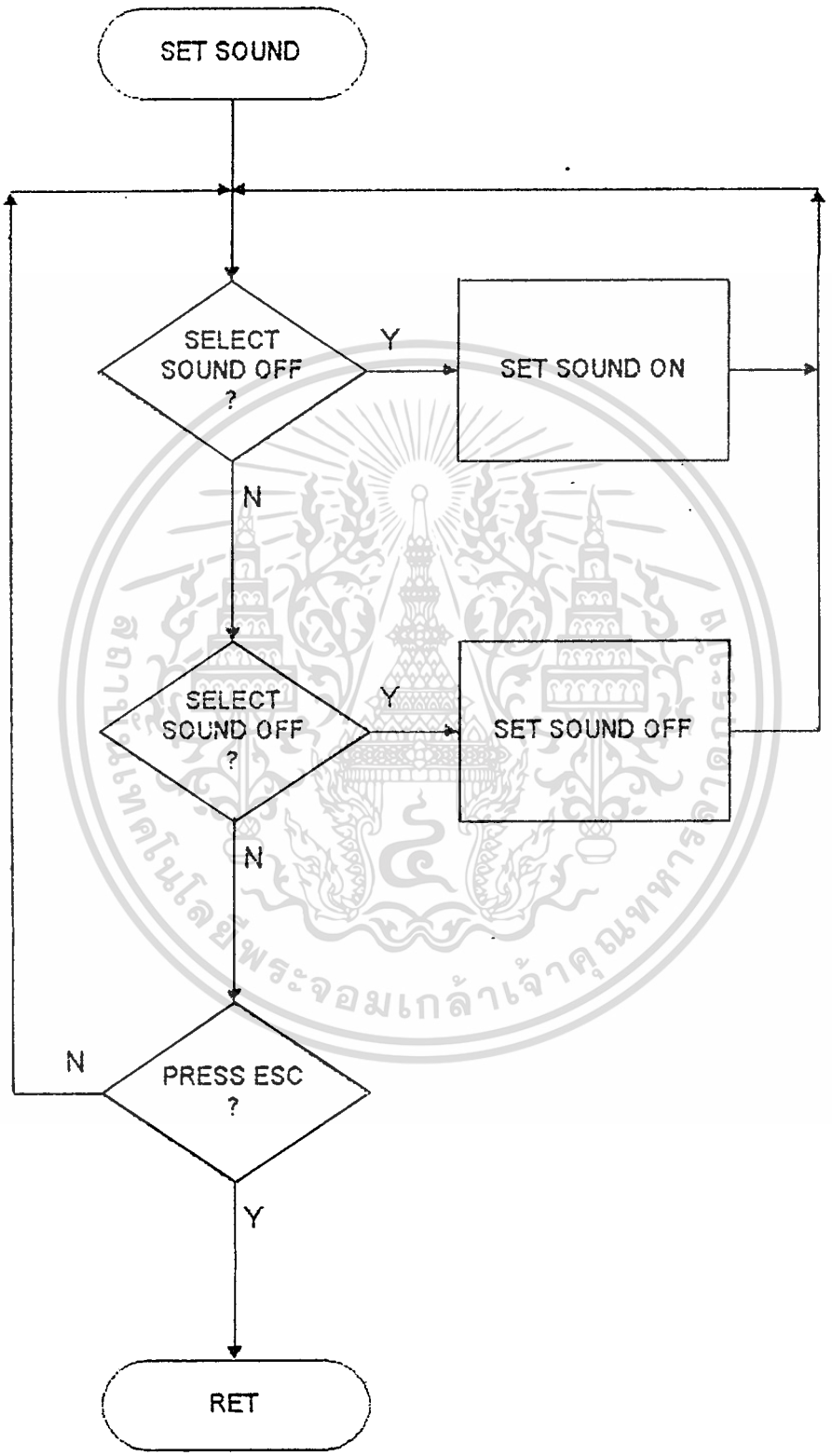
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



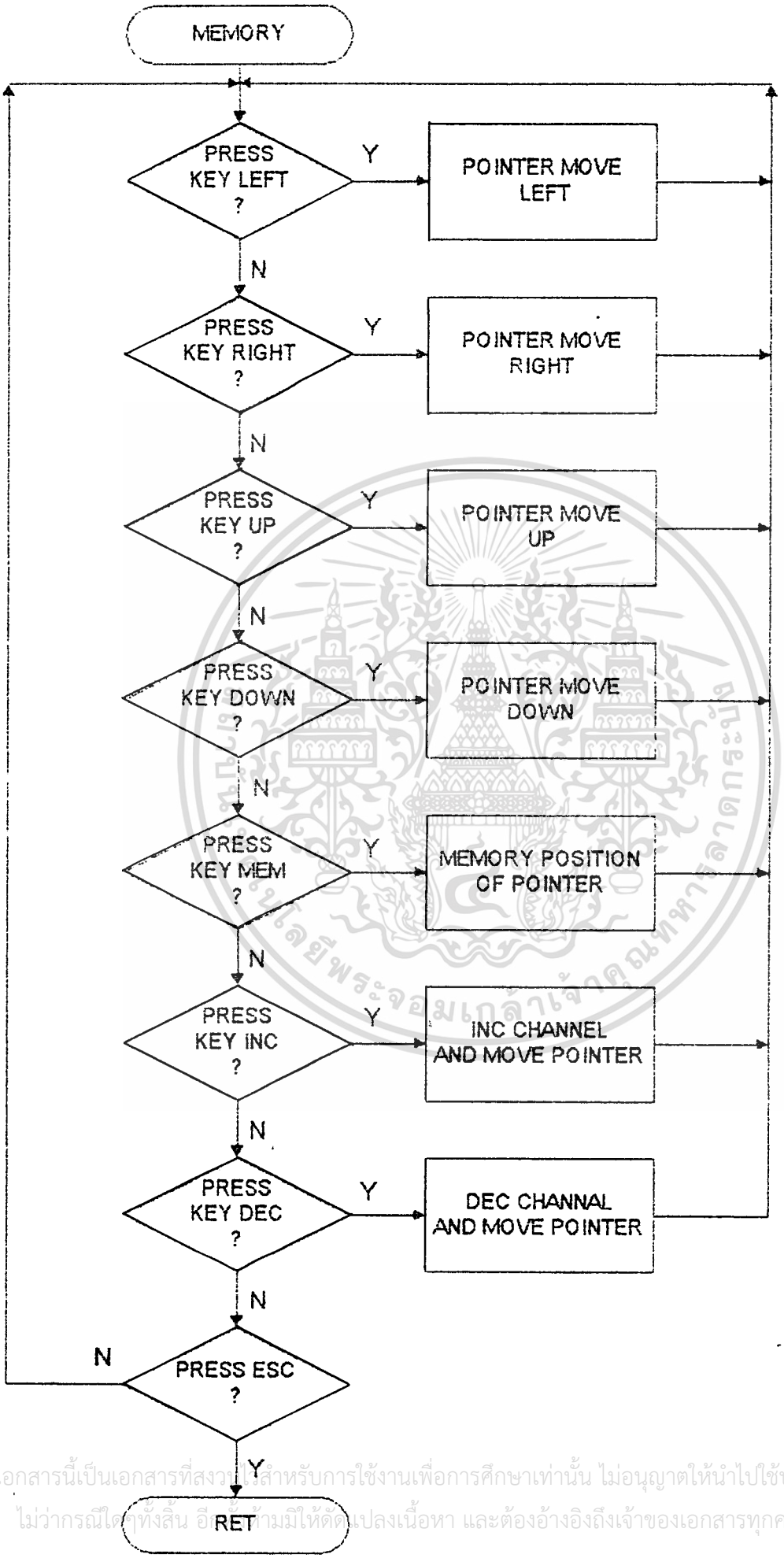
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



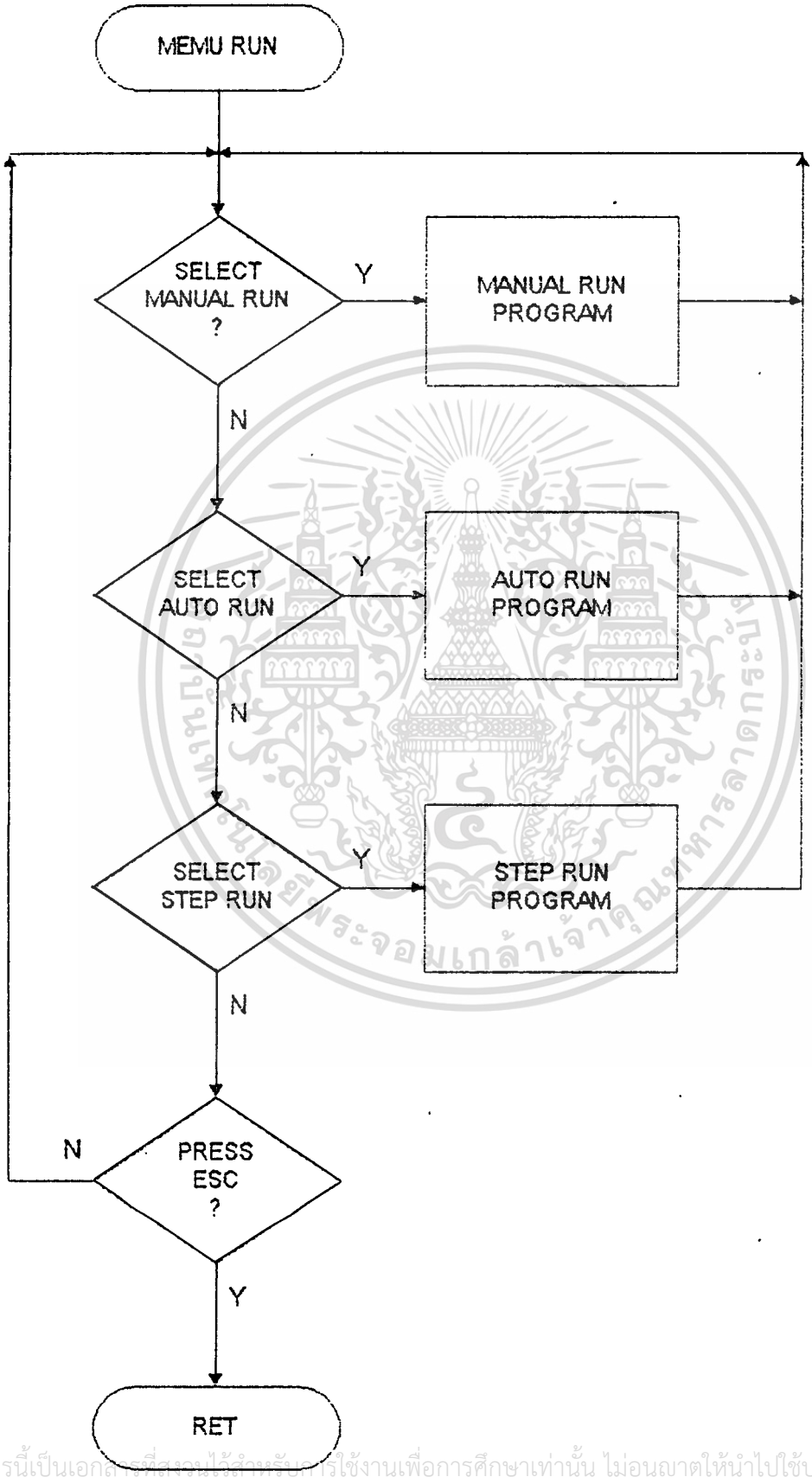
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



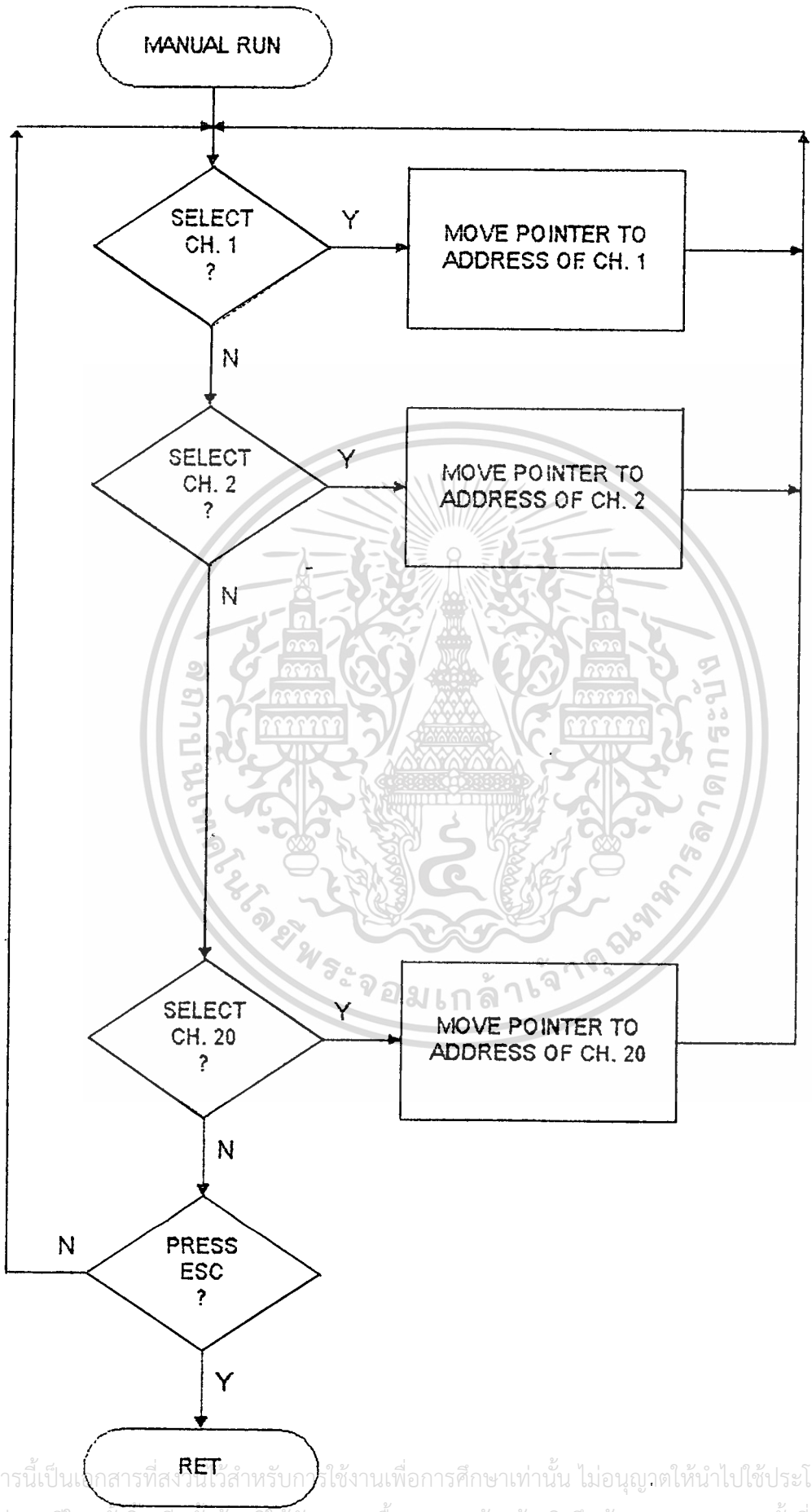
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



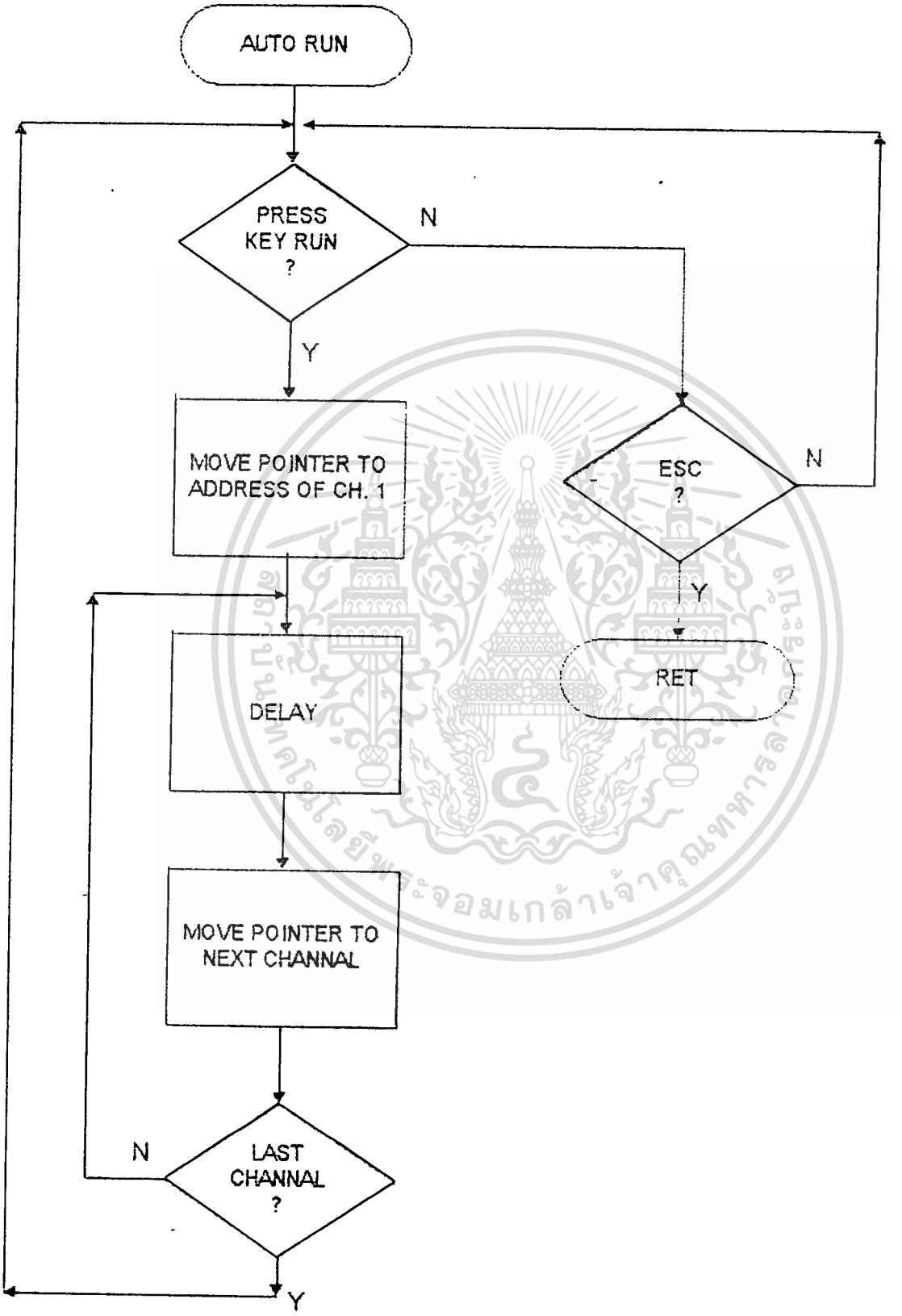
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



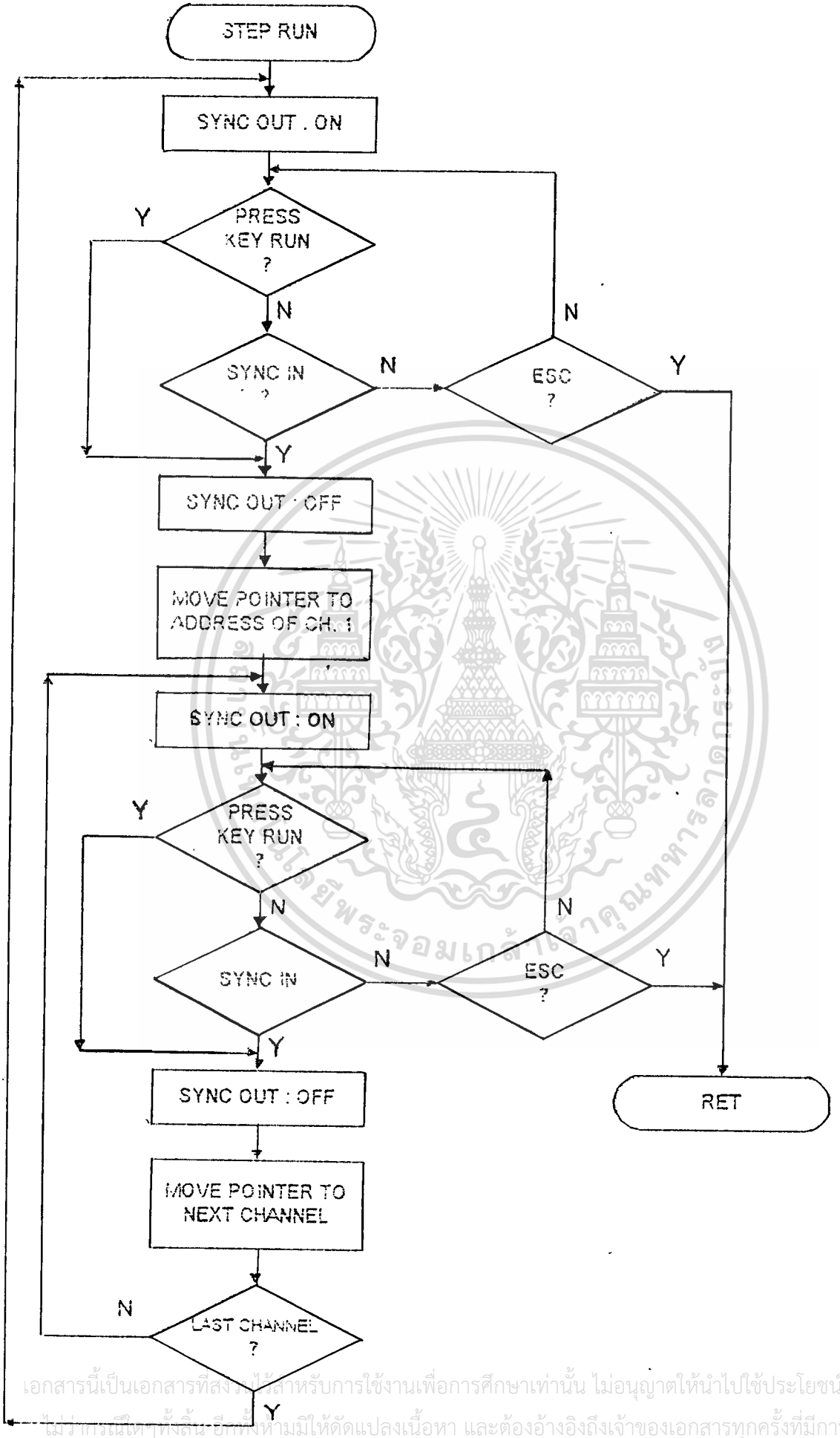
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

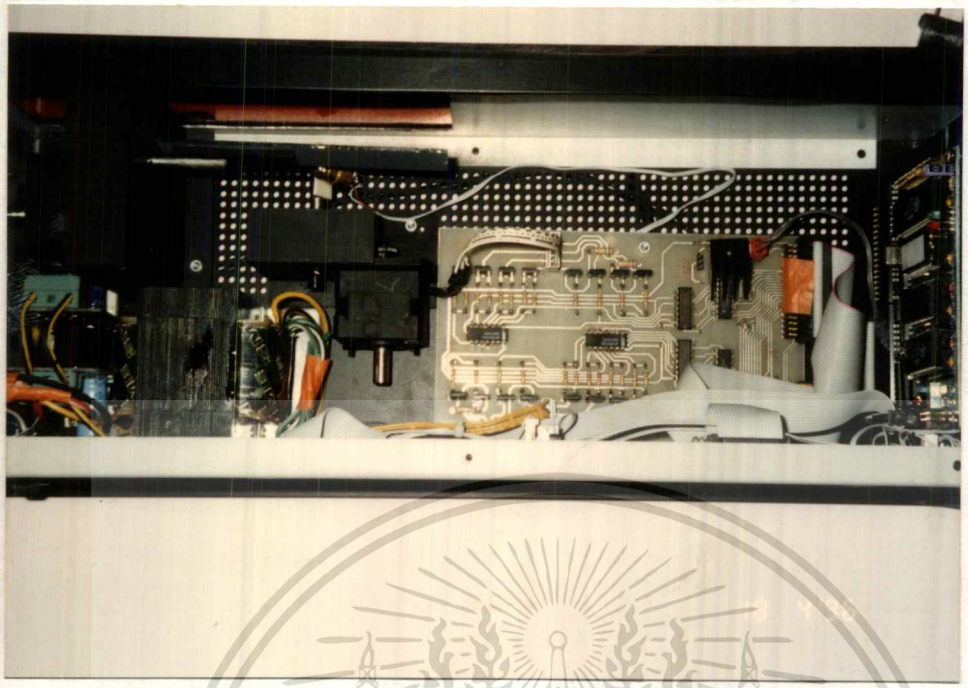
การทดลองและผลการทดลอง

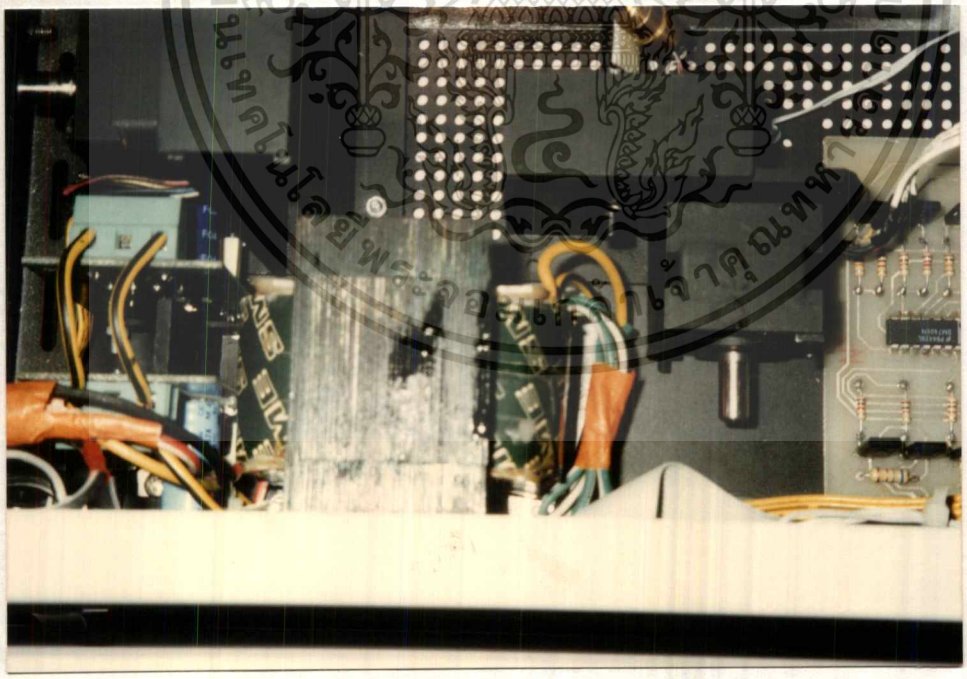
4.1 ลักษณะการใช้งาน

เครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้จะมีลักษณะการใช้งานในการชี้ตำแหน่งในแกน X หรือแกน Y เช่น งานในด้านการแสดงผลงานบนหน้ากระดานหรือการนำเสนอผลงานต่างๆในการชี้ตำแหน่งของจุดๆหนึ่งที่ต้องการสื่อความหมายให้เป็นที่เข้าใจระหว่างผู้บรรยายและผู้ฟังในการสัมมนาเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ซึ่งผู้บรรยายมิต้องถือปากกาพอยต์เตอร์ชี้ไปยังตำแหน่งในการเสนอผลงาน แต่เครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้สามารถเซตค่าตำแหน่งต่างๆที่ต้องการนำเสนอผลงานและเครื่องจะสามารถชี้ไปยังตำแหน่งต่างๆได้โดยอัตโนมัติหลังจากที่เราเซตค่าตำแหน่งแล้วพร้อมทั้งสามารถนำเครื่องไปซิ้งค์ (SYNC.) กันกับระบบ AUDIO หรือเครื่องเล่นเทป ในการบรรยายพร้อมๆกับการชี้ตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กันได้

แต่เครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้จะมีข้อจำกัดตรงที่ในระบบการทำงานของเครื่องจะมีข้อจำกัดของตำแหน่งที่ทิศทางของเลเซอร์จะชี้ไปยังฉากรับได้ในขอบเขตทิศทางที่จำกัดในระดับสายตาและระยะทางของตัวเครื่องไปยังฉากรับด้วย ซึ่งต้องมีการตระเตรียมรูปแบบของฉากรับทั้งขนาดและความสูงพร้อมทั้งระยะทางที่เหมาะสมของตัวเครื่อง อีกทั้งระยะห่างระหว่างจุดหรือตำแหน่งที่เลเซอร์ชี้ไปไม่สามารถจะรู้ได้ที่ตัวเครื่องว่าระยะห่างระหว่างจุดต่อจุดมีค่าเท่าใด เพราะในโครงงานนี้ขอบเขตของงานมิได้ระบุให้สร้างระบบแสดงผลของการวัดระยะทางจากตัวเครื่องไปยังฉากรับหรือระยะห่างระหว่างจุดต่อจุดของการชี้ตำแหน่งไว้ด้วย ซึ่งผู้ใช้เครื่องต้องตั้งหรือประมาณว่าตำแหน่งนั้นๆควรจะอยู่ห่างเท่าใดด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิธีการใช้เครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์

SET START POINT จะทำหน้าที่ SET จุดเริ่มต้นของ POINTER โดยเมื่อเลือก SET START POINT (กด ENTER) POINTER จะวิ่งไปที่ตำแหน่ง(0,0)ทันที ถ้าต้องการเปลี่ยนตำแหน่งจุดเริ่มต้นใหม่ก็ทำได้โดยเลื่อน POINTER ไปที่ตำแหน่งจุดเริ่มต้นใหม่ แล้วกด KEY MEM จุดเริ่มต้นของ POINTER ก็จะเริ่มที่จุดนี้

SET DELAY AUTO จะทำการ SET ค่า DELAY TIME ใน MODE RUN AUTO โดยการกด KEY INC เพื่อเพิ่มค่า DELAY TIME หรือ KEY DEC เพื่อลดค่า DELAY TIME

SET SOUND จะทำการ SET ให้ SOUND ON หรือ SOUND OFF

SET LIGHT จะ SET ให้ไฟที่หน้าจอติด(ON) หรือดับ(OFF) หรือให้ติดเองเมื่อกด KEY ใดๆ เมื่อไม่ได้กด KEY ในช่วงเวลาหนึ่งไฟก็จะดับเอง (AUTO)

MEMORY MODE นี้จะทำการเก็บตำแหน่งของแต่ละ CHANNEL ลงไปใน MEMORY โดยจะเก็บได้สูงสุด 99 CHANNEL การเก็บตำแหน่งทำได้โดยเลื่อน POINTER ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและกด KEY MEM เพื่อเก็บตำแหน่งนั้นลง MEMORY และเครื่องก็จะทำการเลื่อนไปที่ CHANNEL ถัดไปทันทีเพื่อให้เก็บค่าในตำแหน่งถัดไป ถ้าต้องการแก้ไขตำแหน่งใน CHANNEL ที่ MEM ผ่านมาแล้วก็สามารถกลับไปแก้ไขได้โดยกด KEY DEC POINTER ก็จะเลื่อนกลับไปยังตำแหน่งก่อนหน้านี้และสามารถแก้ไขตำแหน่งใหม่ได้โดยเลื่อนPOINTERไปที่ตำแหน่งใหม่และกด KEY MEM ตำแหน่งใหม่ก็จะถูกเก็บลงใน MEMORY ทันที ถ้าต้องการเลื่อนไปที่ตำแหน่งปัจจุบันก็ทำได้โดยการกด KEY INC

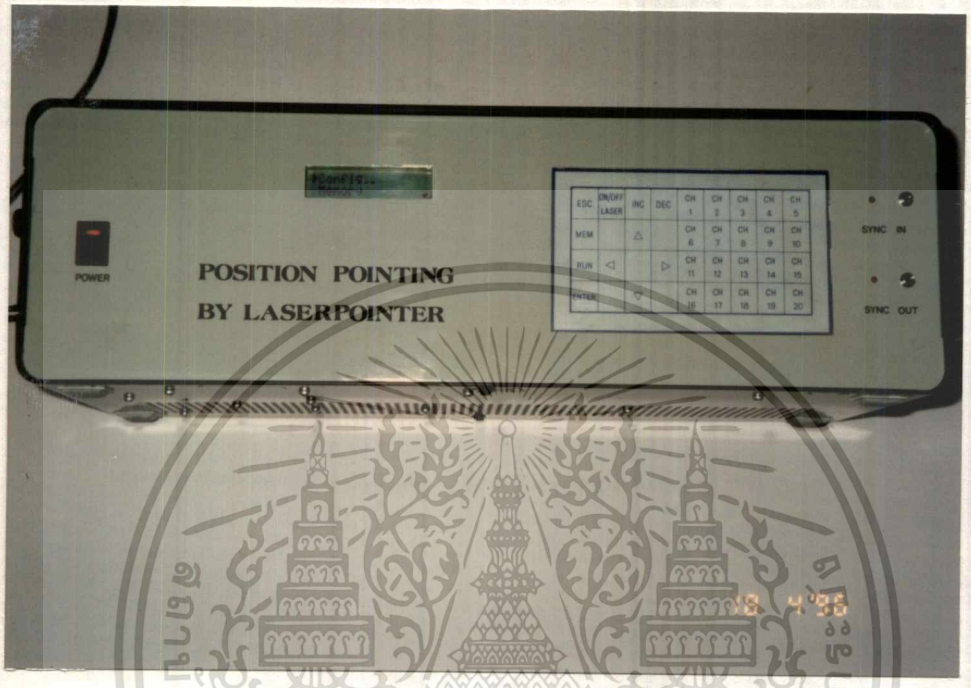
MANUAL MODE นี้จะให้ POINTER ชี้ไปยังตำแหน่งที่เก็บไว้โดยที่ KEY CH. ได้โดยตรงซึ่งมี 20 CHANNEL

AUTO จะทำให้ POINTER ชี้ไปยังตำแหน่งที่เก็บไว้โดยอัตโนมัติ โดยเริ่มจากกด KEY RUN จะทำให้ POINTER ชี้ไปยังตำแหน่งของ CH. 1 ไปจนถึง CH. สุดท้ายที่เก็บค่าไว้โดยอัตโนมัติซึ่งจะหยุดระหว่าง CHANNEL เป็นช่วงๆตามค่า DELAY TIME ที่ตั้งไว้

STEP จะคล้ายกับแบบ AUTO แต่จะต่างกันตรงที่ POINTER จะเลื่อนไปยังตำแหน่งของ CH.ต่อไปได้โดยการกด KEY RUN ไม่ใช่การ DELAY เหมือน AUTO และในโหมดนี้ยังสามารถทำการ SYNC. กับอุปกรณ์อื่นเพื่อทำงานร่วมกันได้อีกด้วย แต่จะต้องเก็บตำแหน่งต่างๆที่จะต้องใช้ในแต่ละSTEP ไว้ใน MEMORY แต่ละ CHANNEL เสียก่อน เมื่อเก็บตำแหน่งที่จะต้องใช้ทั้งหมดแล้วก็มาที่ MODE STEP RUN เมื่อเข้ามาแล้วไฟ SYNC. OUT จะติด และส่ง SYNC. OUT ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป (LOGIC "1") เพื่อบอกให้อุปกรณ์ภายนอกว่าพร้อมที่จะ RUN แล้ว ถ้าอุปกรณ์ภายนอกพร้อมที่จะสั่ง RUN ก็จะส่ง LOGIC "0" เข้ามาที่ SYNC. IN (ปกติเป็น LOGIC "1")



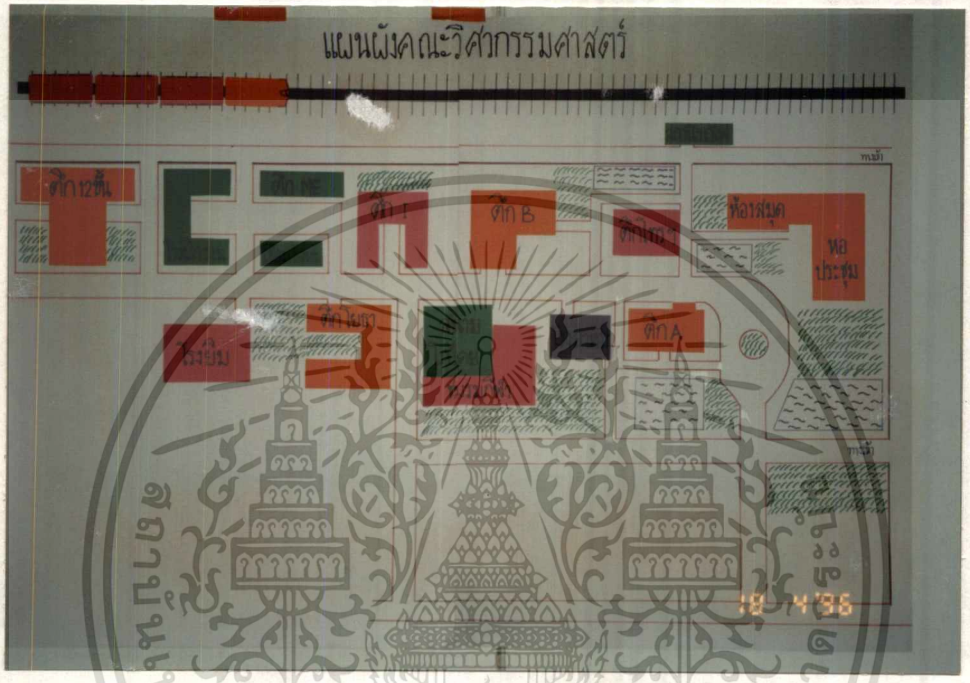
รูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดของปุ่มกดของระบบการทำงาน

4.3 การทดสอบโดยการชี้ตำแหน่งแผนผัง

โดยการสร้างแผนผังตัวอย่างในบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งขอบเขตของแผนผังจะแสดงรายละเอียดของ เส้นทางของรถไฟและสถานีรถไฟ พร้อมทั้งอาคารของภาควิชาต่างๆรวมถึงเส้นทางระหว่างอาคารต่างๆไว้อย่างคร่าวๆด้วย

โดยการสมมุติว่าภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้จัดแสดงผลงานทางวิชาการของนักศึกษาทุกภาควิชาไว้สำหรับผู้เข้าชมงาน โดยบริเวณปากทางเข้าภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์จะมีบอร์ดของแผนผังของอาคารที่จะแสดงผลงานของภาควิชาต่างๆไว้สำหรับผู้ที่จะเข้ามาชมงานซึ่งจะมีเครื่องชี้ตำแหน่งเลเซอร์พอยต์เตอร์ด้วยสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำการชี้ตำแหน่งของเส้นทางพร้อมกับอาคารต่างๆที่แสดงผลงานทางวิชาการซึ่งจะมีนิสิตนักศึกษาคอยให้คำบรรยายไปพร้อมๆกับการชี้ตำแหน่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงการชี้ตำแหน่งของแผนผังคณะวิศวกรรมศาสตร์

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า การทำงานของวงจรและโปรแกรมที่ใช้ในการ RUN ไม่ปรากฏปัญหาแต่อย่างใด คีย์ต่างๆที่ใช้ในการควบคุมใช้งานได้ดี จอแสดงผล LCD แสดงตำแหน่งและโหมดต่างๆได้ดี ตำแหน่งเลเซอร์ที่ชี้ไปยังจุดต่างๆบนแผนผังมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในการ RUN MODE AUTO และ MODE STEP อันเนื่องมาจากตัวสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้เป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์เก่าหาซื้อมาจากคลองถมเพราะมีราคาถูก และอีกสาเหตุหนึ่งของความคลาดเคลื่อนคือ ระบบกลไกที่ออกแบบมาใช้ชุดเฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับแกนที่ไปบังคับตัวเลเซอร์ไดโอดและบังคับกระจกหักเหไม่แนบแน่นพอ ทำให้ตำแหน่งการสะท้อนที่กระจกอาจคลาดเคลื่อนได้เล็กน้อย

4.5 ปัญหาในการทำงาน

1. ระบบกลไกทำงานมีปัญหามาก เนื่องจากความผิดพลาดของตำแหน่งเลเซอร์ที่กระทบกับกระจก ถ้าเคลื่อนที่จากเดิมเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ตำแหน่งของเลเซอร์ที่บนฉากรับผิดพลาดไปอย่างเห็นได้ชัด

2. สเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่ใช้ทำการทดลองเป็นสเต็ปปิ้งมอเตอร์เก่าถอดออกมาจากอุปกรณ์อื่นๆมา ทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไม่ดีเท่าที่ควร

3. การติดตั้งกลไกของชุดเฟืองจะต้องทำให้ทุกระนาบได้ฉากหมด ถ้าไม่ได้ฉากระนาบใดระนาบหนึ่งเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ตำแหน่งของเลเซอร์บนฉากรับเอนเอียงจากความเป็นจริงไปมาก

4.6 แนวทางการพัฒนา

1. ถ้าทำให้มีการควบคุมกับระบบเทปได้ก็จะเป็นระบบการชี้ตำแหน่งแบบอัตโนมัติสมบูรณ์แบบ เพียงแต่ตั้งโปรแกรมไว้ครั้งแรกก็สามารถ RUN ให้ทำงานได้ตลอด

2. ระบบกลไกถ้ามีการพัฒนาต่อไปให้หักเหได้เร็วขึ้นก็สามารถใช้เป็นเครื่องสร้างภาพแสดงออกไปบนฉากรับเป็นรูปร่างได้

3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอุตสาหกรรมการผลิตได้ เช่น การเจาะหรือตัดแผ่นโลหะ โดยเปลี่ยนชนิดของเลเซอร์ที่ใช้ให้มีขนาดกำลังและความเข้มที่สูงขึ้น

4. ระบบโปรแกรมที่ใช้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

APPENDIX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;*********************************************************
                ;******************  MONITOR PROGRAM  ********************
                ;********  POSITION POINTING BY LASER POINTER  ********
                ;*********************************************************

                ;********************* VARIABLE SET **********************

0008 =          MAX_SCAN    EQU  08H      ;MAX COLUMN SCAN (0 -> 8)
0040 =          PORT_A2     EQU  40H      ;8255 #2  ( Crt Bord )
0041 =          PORT_B2     EQU  41H      ;8255 #2  ( Crt Bord )
0042 =          PORT_C2     EQU  42H      ;8255 #2  ( Crt Bord )
0043 =          CTRL2       EQU  43H      ;8255 #2  ( Crt Bord )
0060 =          CTRL_LCD    EQU  60H      ;I/O LCD PORT
0062 =          WRDATA      EQU  62H      ;I/O LCD PORT
0064 =          RDFLAG      EQU  64H      ;I/O LCD PORT
001F =          FREQ1       EQU  1FH      ;SOUND FREQ. OF KEY FUNC.
006F =          FREQ2       EQU  6FH
06FF =          LANGTH1     EQU  06FFH    ;SOUND LANGTH OF KEY FUNC.
0FFF =          LANGTH2     EQU  0FFFH    ;SOUND LANGTH OF SOUND_T
0001 =          SOUND_ON    EQU  01H
0002 =          LASER_ON    EQU  02H
0004 =          LIGHT_ON    EQU  04H
0008 =          SYNC_ON     EQU  08H
8000 =          BACKUP_FLG  EQU  8000H
8001 =          COL_SCAN    EQU  8001H
8002 =          DATA_LOW    EQU  8002H
8003 =          DATA_CP     EQU  8003H
8004 =          ADD_M1      EQU  8004H    ;MSB: M1=>RIGH,LEFT
8005 =          ADD_M2      EQU  8005H    ;LSB: M2=>UP,DOWN
8006 =          TEMP        EQU  8006H
8007 =          TEMP2       EQU  8007H
8008 =          START_FLG   EQU  8008H    ;SET START POINT
8009 =          MEM_FLAG    EQU  8009H    ;00:NOT PRESS DEC,01.PRESS
800A =          CNT_SUB1    EQU  800AH    ;MENU COUNTER : SUB1
800C =          CNT_SUB2    EQU  800CH    ;MENU COUNTER : SUB2
800E =          CNT_SUB3    EQU  800EH    ;MENU COUNTER : SUB3
8010 =          LINE_MENU   EQU  8010H    ;NUMBER OF LINE MENU
8011 =          ADDTAB      EQU  8011H
8013 =          ADD_PRES    EQU  8013H
8015 =          OLD_KEY     EQU  8015H
8016 =          DLY_WAIT    EQU  8016H
8019 =          COUNT_DLY   EQU  8019H
801A =          SOUND_FLAG  EQU  801AH    ;01 : ON , 00 : OFF
801B =          COUNT_CH2   EQU  801BH
801C =          COUNT_CHD   EQU  801CH    ;KEEP BCD OF COUNT_CH (HEX)
801D =          SOUND_OUT   EQU  801DH
801E =          LIGHT_FLG   EQU  801EH    ;02:AUTO,01: ON,00: OFF
801F =          LIGHT_OUT   EQU  801FH
8020 =          LASET_FLG   EQU  8020H    ;00: OFF,01: ON
8021 =          LASER_OUT   EQU  8021H
8022 =          SYNC_FLG    EQU  8022H
8023 =          SYNC_OUT    EQU  8023H
8024 =          COUNT_M1    EQU  8024H    ;16 BIT (3005),(3006)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8026 =          COUNT_M2    EQU  8026H    ;16 BIT (3007),(3008)
8028 =          DIGIT1_M1   EQU  8028H
8029 =          DIGIT2_M1   EQU  8029H
802A =          DIGIT3_M1   EQU  802AH
802B =          DIGIT4_M1   EQU  802BH
802C =          DIGIT1_M2   EQU  802CH
802D =          DIGIT2_M2   EQU  802DH
802E =          DIGIT3_M2   EQU  802EH
802F =          DIGIT4_M2   EQU  802FH
8030 =          TEMP16B     EQU  8030H
8032 =          COUNT_CH    EQU  8032H


                ;*******************************************************
                ;***   CONTROL WORD OF 8255 = 88H                    ***
                ;***   PORT_A      = OUTPUT PORT                     ***
                ;***   PORT_B      = OUTPUT PORT (Control Motor)     ***
                ;***   PORT_C_UPPER = INPUT_PORT  (I/P Scan Key)     ***
                ;***   PORT_C_LOWER = OUTPUT_PORT (O/P Scan Key)     ***
                ;*******************************************************

                ;********** POWER UP **********

0000  AF                    XOR A               ;POWER UP DELAY
0001  3D        POWER_DLY:  DEC A
0002  20FD                 JR NZ,POWER_DLY
0004  C34000               JP INITIAL


                ;********** SUB_INT **********
0038  F5        SUB_INT:    PUSH AF
0039  3E01                 LD A,01H
003B  322280               LD (SYNC_FLG),A
003E  F1                   POP AF
003F  C9                   RET


                ;********** SYSTEM START **********
0040  31FF9F    INITIAL:    LD SP,9FFFH
0043  3E88                  LD A,88H            ;INITIAL PORT 8255 #2
0045  D343                  OUT (CTRL2),A
0047  3E10                  LD A,10H            ;INITIAL BIT M1
0049  320480                LD (ADD_M1),A
004C  3E01                  LD A,01H
004E  320580                LD (ADD_M2),A       ;INITIAL BIT M2
0051  AF                    XOR A               ;INITIAL BIT SCAN
0052  320180                LD (COL_SCAN),A
0055  3A0080                LD A,(BACKUP_FLG)
0058  FE01                  CP 01H
005A  2806                  JR Z,INIT_NXT
005C  CD2001                CALL INIT_CLR
005F  CDB201                CALL CLR_MEM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0062  CDD906   INIT_NXT:     CALL OUT_PORT_A
0065  CD5501                 CALL INITLCD
0068  3E01                   LD A,01H              ;CLEAR LCD DISPLAY
006A  D360                   OUT (CTRL_LCD),A
006C  CD7D01                 CALL CHK_BUSY
006F  FD217410               LD IY,DLY_10MS
0073  CD5E10                 CALL DELAY
0076  0E4F                   LD C,4FH
0078  21FF2F                 LD HL,2FFFH
007B  CD3510                 CALL SOUND
007E  F3                     DI
007F  CDE000                 CALL TITLE
0082  DD210A80 MAIN_MENU:    LD IX,CNT_SUB1        ;USES IX,IX+1
0086  3E01                   LD A,01H
0088  DD7700                 LD (IX),A
008B  3E00                   LD A,00H
008D  DD7701                 LD (IX+1),A
0090  3E03                   MAIN_M0:   LD A,03H ;MENU 3 LINE
0092  321080                 LD (LINE_MENU),A
0095  21C710                 LD HL,TAB_CONFIG  ;TAB FIRST LINE
0098  221180                 LD (ADDTAB),HL
009B  DD210A80               LD IX,CNT_SUB1        ;USES IX,IX+1
009F  DD7E00                 LD A,(IX)
00A2  FE02                   CP 02H
00A4  2804                   JR Z,MAIN_M01
00A6  FE03                   CP 03H
00A8  200C                   JR NZ,MAIN_M02
00AA  DD7E01   MAIN_M01:     LD A,(IX+1)
00AD  FE00                   CP 00H
00AF  2005                   JR NZ,MAIN_M02
00B1  CDAF07                 CALL PUSH_UP
00B4  1803                   JR MAIN_M03
00B6  CD8B08   MAIN_M02:     CALL PUSH_DOWN
00B9  CD4907   MAIN_M03:     CALL MENU
00BC  DD7E00                 LD A,(IX)
00BF  FE01                   CP 01H                ;PUSH LINE1 ?
00C1  280A                   JR Z,MAIN_M04         ;Y -> MAIN_M04
00C3  FE02                   CP 02H                ;PUSH LINE2 ?
00C5  280B                   JR Z,MAIN_M05         ;Y -> MAIN_M05
00C7  FE03                   CP 03H                ;PUSH LINE3 ?
00C9  2810                   JR Z,MAIN_M06         ;Y -> MAIN_M06
00CB  18C3                   JR MAIN_M0
00CD  CD4004   MAIN_M04:     CALL CONFIG           ;MENU LINE1
00D0  18BE                   JR MAIN_M0
00D2  AF       MAIN_M05:     XOR A
00D3  320880                 LD (START_FLG),A
00D6  CDD001                 CALL PST_MEM          ;MENU LINE2
00D9  18B5                   JR MAIN_M0
00DB  CDF006   MAIN_M06:     CALL RUN_MENU         ;MENU LINE3
00DE  18B0                   JR MAIN_M0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;********** TITLE **********

00E0  0E32      TITLE:      LD C,32H
00E2  0600                  LD B,00H
00E4  3E10                  LD A,10H
00E6  21F611                LD HL,TAB_TITLE1
00E9  3D        TITLE1:     DEC A
00EA  CD6B01                CALL SET_DDRAM
00ED  FE00                  CP 00H
00EF  2002                  JR NZ,TITLE2
00F1  3E01                  LD A,01H
00F3  04        TITLE2:     INC B
00F4  CDA201                CALL WR_CHR
00F7  F5                    PUSH AF
00F8  78                    LD A,B
00F9  FE10                  CP 10H
00FB  2003                  JR NZ,TITLE3
00FD  060F                  LD B,0FH
00FF  23                    INC HL
0100  F1        TITLE3:     POP AF
0101  F5                    PUSH AF
0102  C5                    PUSH BC
0103  061F                  LD B,1FH
0105  0EFF      TT2:        LD C,FFH
0107  CDF70F    TT1:        CALL KEY_IN3
010A  E6F0                  AND F0H
010C  200C                  JR NZ,TT3
010E  0D                    DEC C
010F  20F6                  JR NZ,TT1
0111  10F2                  DJNZ TT2
0113  C1                    POP BC
0114  F1                    POP AF
0115  0D                    DEC C
0116  20D1                  JR NZ,TITLE1
0118  1805                  JR TT4
011A  CD5D0F    TT3:        CALL KEY_IN2
011D  C1                    POP BC
011E  F1                    POP AF
011F  C9        TT4:        RET


                ;********** INIT CLEAR **********

0120  AF        INIT_CLR:   XOR A
0121  321D80                LD (SOUND_OUT),A
0124  321E80                LD (LIGHT_FLG),A
0127  321F80                LD (LIGHT_OUT),A
012A  322080                LD (LASET_FLG),A
012D  322180                LD (LASER_OUT),A
0130  322280                LD (SYNC_FLG),A
0133  322380                LD (SYNC_OUT),A
0136  3E01                  LD A,01H
0138  321980                LD (COUNT_DLY),A
```

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
013B  321A80                LD (SOUND_FLAG),A
013E  211680                LD HL,DLY_WAIT      ;SET DELAY IN AUTO RUN
0141  3605                  LD (HL),05H
0143  23                    INC HL
0144  36FF                  LD (HL),FFH
0146  23                    INC HL
0147  36FF                  LD (HL),FFH
0149  3E01                  LD A,01H
014B  321980                LD (COUNT_DLY),A
014E  321A80                LD (SOUND_FLAG),A
0151  320080                LD (BACKUP_FLG),A
0154  C9                    RET


              ;********** INITIAL LCD **********

0155  3E38     INITLCD:     LD A,38H            ;FUNCTION SET (00111000B)
0157  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0159  CD7D01                CALL CHK_BUSY
015C  3E0C                  LD A,0CH            ;DISPLAY ON/OFF CNTRL
                                                (00001111B)
015E  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0160  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0163  3E06                  LD A,06H            ;ENTRY MODE SET
                                                (00000110B)
0165  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0167  CD7D01                CALL CHK_BUSY
016A  C9                    RET


              ;********** SET_DDRAM **********

016B  F5       SET_DDRAM:   PUSH AF
016C  CBFF                  SET 7,A             ;Set bit7="1" (uses ddram)
016E  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0170  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0173  F1                    POP AF
0174  C9                    RET


              ;********** SET_CGRAM **********

0175  CBF7     SET_CGRAM:   SET 6,A             ;Set bit6="1" (uses cgram)
0177  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0179  CD7D01                CALL CHK_BUSY
017C  C9                    RET


              ;********** CHK_BUSY **********

017D  F5       CHK_BUSY:    PUSH AF
017E  DB64     CHK_BUSY1:   IN A,(RDFLAG)
0180  CB7F                  BIT 7,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0182  20FA                  JR NZ,CHK_BUSY1
0184  F1                    POP AF
0185  C9                    RET


                ;********** SET ARROW  **********
                ;TAB_UP,TAB_DOWN -> CGRAM

0186  C5        SET_ARROW:  PUSH BC
0187  E5                    PUSH HL
0188  3E00                  LD A,00H            ;START ADD 00H
018A  CD7501                CALL SET_CGRAM
018D  212812                LD HL,TAB_ARROW
0190  0640                  LD B,40H            ;WRITE 8*8 (DECIMAL)
0192  CD9801                CALL WR_CG          ;16(DEC) = 10(HEX)
0195  E1                    POP HL
0196  C1                    POP BC
0197  C9                    RET


                ;********** WRITE CGRAM **********
                ;INPUT B , HL

0198  7E        WR_CG:      LD A,(HL)
0199  D362                  OUT (WRDATA),A
019B  CD7D01                CALL CHK_BUSY
019E  23                    INC HL
019F  10F7                  DJNZ WR_CG
01A1  C9                    RET


                ;********** WRITE LINE CHAR **********
                ;Input register B , HL

01A2  F5        WR_CHR:     PUSH AF
01A3  C5                    PUSH BC
01A4  E5                    PUSH HL
01A5  7E        WR_CHR1:    LD A,(HL)
01A6  D362                  OUT (WRDATA),A
01A8  CD7D01                CALL CHK_BUSY
01AB  23                    INC HL
01AC  10F7                  DJNZ WR_CHR1
01AE  E1                    POP HL
01AF  C1                    POP BC
01B0  F1                    POP AF
01B1  C9                    RET


                ;********** CLR_MEM **********

01B2  E5        CLR_MEM:    PUSH HL
01B3  C5                    PUSH BC
01B4  212480                LD HL,COUNT_M1
```

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01B7  019B01                  LD BC,019BH
01BA  AF        CLR_MEM2:     XOR A
01BB  77                      LD (HL),A
01BC  23                      INC HL
01BD  0B                      DEC BC
01BE  78                      LD A,B
01BF  B1                      OR C
01C0  20F8                    JR NZ,CLR_MEM2
01C2  3E01                    LD A,01H
01C4  323280                  LD (COUNT_CH),A
01C7  321C80                  LD (COUNT_CHD),A
01CA  321B80                  LD (COUNT_CH2),A
01CD  C1                      POP BC
01CE  E1                      POP HL
01CF  C9                      RET


              ;********** POSITION MEM **********
01D0  DDE5    PST_MEM:        PUSH IX
01D2  FDE5                    PUSH IY
01D4  E5                      PUSH HL
01D5  3E01                    LD A,01H              ;CLEAR LCD DISPLAY
01D7  D360                    OUT (CTRL_LCD),A
01D9  AF                      XOR A
01DA  320980                  LD (MEM_FLAG),A
01DD  CD1B10  PST_MEM0:       CALL SOUND1
01E0  AF                      XOR A
01E1  320980                  LD (MEM_FLAG),A
01E4  CD1A0E                  CALL OUT_LCD_M1
01E7  CD510E                  CALL OUT_LCD_M2
01EA  3A0880                  LD A,(START_FLG)
01ED  FE01                    CP 01H
01EF  280B                    JR Z,PST_MEM1
01F1  3A1C80                  LD A,(COUNT_CHD)
01F4  0E00                    LD C,00H              ;SHW_CH ( INC )
01F6  CDD403                  CALL SHW_CH
01F9  321C80                  LD (COUNT_CHD),A
01FC  CDEB0E  PST_MEM1:       CALL KEY_IN
01FF  FE41                    CP 41H                ;41H ->KEY LEFT (M1)
0201  CA9E02                  JP Z,CHK_LEFT
0204  FE43                    CP 43H                ;43H ->KEY RIGH (M1)
0206  CA7C02                  JP Z,CHK_RIGH
0209  FE22                    CP 22H                ;22H ->KEY UP (M2)
020B  CA3202                  JP Z,CHK_UP
020E  FE82                    CP 82H                ;82H ->KEY DOWN (M2)
0210  CA5702                  JP Z,CHK_DOWN
0213  FEA2                    CP A2H                ;A0H ->KEY UP,DOWN
0215  CA3202                  JP Z,CHK_UP
0218  FE20                    CP 20H                ;KEY MEM
021A  CABA02                  JP Z,KEY_MEM
021D  CD5D0F                  CALL KEY_IN2
0220  FE12                    CP 12H                ;12H ->KEY INC
0222  CAF302                  JP Z,KEY_INC
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0225  FE13                    CP 13H              ;13H ->KEY DEC
0227  CA0D03                  JP Z,KEY_DEC
022A  FE10                    CP 10H              ;KEY ESC
022C  CA2703                  JP Z,END_PST
022F  C3FC01                  JP PST_MEM1


                ;[[[ CHK UP KEY ]]]

0232  CDEB0E  CHK_UP:         CALL KEY_IN         ;*** KEY UP ***
0235  FE43                    CP 43H              ;43H ->KEY RIGH
0237  2005                    JR NZ,KEY1_NEXT1
0239  CD860C                  CALL KEY_RIGH
023C  1810                    JR KEY1_END
023E  0609      KEY1_NEXT1:   LD B,09H
0240  CDEB0E    KEY1_LP:      CALL KEY_IN         ;CHK COL KEY_LEFT
0243  FE41                    CP 41H              ;41H ->KEY LEFT
0245  2804                    JR Z,KEY1_NEXT2
0247  10F7                    DJNZ KEY1_LP
0249  1803                    JR KEY1_END
024B  CD980C    KEY1_NEXT2:   CALL KEY_LEFT
024E  CD620C    KEY1_END:     CALL KEY_UP
0251  CDF50D                  CALL OUT_MOTOR
0254  C3FC01                  JP PST_MEM1


                ;[[[ CHK DOWN KEY ]]]

0257  CDEB0E  CHK_DOWN:       CALL KEY_IN         ;** KEY DOWN **
025A  FE43                    CP 43H              ;43H ->KEY RIGH
025C  2005                    JR NZ,KEY2_NEXT1
025E  CD860C                  CALL KEY_RIGH
0261  1810                    JR KEY2_END
0263  0609      KEY2_NEXT1:   LD B,09H
0265  CDEB0E    KEY2_LP:      CALL KEY_IN         ;CHK COL KEY_LEFT
0268  FE41                    CP 41H              ;41H ->KEY LEFT
026A  2804                    JR Z,KEY2_NEXT2
026C  10F7                    DJNZ KEY2_LP
026E  1803                    JR KEY2_END
0270  CD980C    KEY2_NEXT2:   CALL KEY_LEFT
0273  CD740C    KEY2_END:     CALL KEY_DOWN
0276  CDF50D                  CALL OUT_MOTOR
0279  C3FC01                  JP PST_MEM1

                ;[[[ CHK RIGH KEY ]]]

027C  0609      CHK_RIGH:     LD B,09H            ;*** KEY RIGH ***
027E  CDEB0E    KEY3_LP:      CALL KEY_IN         ;CHK COL KEY_LEFT
0281  FE22                    CP 22H              ;22H ->KEY UP
0283  2808                    JR Z,KEY3_NEXT1
0285  FE82                    CP 82H              ;82H ->KEY DOWN
0287  2809                    JR Z,KEY3_NEXT2
0289  10F3                    DJNZ KEY3_LP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
028B  1808                      JR KEY3_END
028D  CD620C   KEY3_NEXT1:     CALL KEY_UP
0290  1803                      JR KEY3_END
0292  CD740C   KEY3_NEXT2:     CALL KEY_DOWN
0295  CD860C   KEY3_END:       CALL KEY_RIGH
0298  CDF50D                    CALL OUT_MOTOR
029B  C3FC01                    JP PST_MEM1


                ;[[[ CHK LEFT KEY ]]]

029E  CDEB 0E  CHK_LEFT:       CALL KEY_IN          ;** KEY LEFT **
02A1  FE22                     CP 22H               ;22H ->KEY UP
02A3  2005                     JR NZ,KEY4_NEXT
02A5  CD62 0C                  CALL KEY_UP
02A8  1807                     JR KEY4_END
02AA  FE82     KEY4_NEXT:      CP 82H               ;82H ->KEY DOWN
02AC  2003                     JR NZ,KEY4_END
02AE  CD740C                   CALL KEY_DOWN
02B1  CD980C   KEY4_END:       CALL KEY_LEFT
02B4  CDF50D                   CALL OUT_MOTOR
02B7  C3FC01                   JP PST_MEM1


                ;[[[ MEMORY KEY ]]]

02BA  CD2810   KEY_MEM:        CALL SOUND21
02BD  3A0880                   LD A,(START_FLG)
02C0  FE01                     CP 01H
02C2  2818                     JR Z,KEY_MEM1
02C4  CDBC03                   CALL SHW_MEM
02C7  DD213380                 LD IX,COUNT_CH+1     ;FIRST MEM CHENNAL
02CB  CD0704                   CALL SUB_MEM
02CE  FD217A10                 LD IY,DLY_SHW
02D2  CD5E10                   CALL DELAY
02D5  AF                       XOR A
02D6  320980                   LD (MEM_FLAG),A
02D9  C3DD01                   JP PST_MEM0
02DC  CDB201   KEY_MEM1:       CALL CLR_MEM
02DF  3E01                     LD A,01H
02E1  323280                   LD (COUNT_CH),A
02E4  321C80                   LD (COUNT_CHD),A
02E7  321B80                   LD (COUNT_CH2),A
02EA  CD1A0E                   CALL OUT_LCD_M1
02ED  CD510E                   CALL OUT_LCD_M2
02F0  C34403                   JP END_PST1
02F3  3A0880   KEY_INC:        LD A,(START_FLG)
02F6  FE01                     CP 01H
02F8  CAFC01                   JP Z,PST_MEM1
02FB  3E01                     LD A,01H
02FD  320980                   LD (MEM_FLAG),A
0300  CD9C03                   CALL INC2PRES
0303  DD221380                 LD (ADD_PRES),IX
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0307  CD4A03                CALL INC_MEM
030A  C3FC01                JP PST_MEM1
030D  3A0880    KEY_DEC:    LD A,(START_FLG)
0310  FE01                  CP 01H
0312  CAFC01                JP Z,PST_MEM1
0315  3E01                  LD A,01H
0317  320980                LD (MEM_FLAG),A
031A  CD9C03                CALL INC2PRES
031D  DD221380              LD (ADD_PRES),IX
0321  CD7303                CALL DEC_MEM
0324  C3FC01                JP PST_MEM1
0327  3A0880    END_PST:    LD A,(START_FLG)
032A  FE01                  CP 01H
032C  CA4403                JP Z,END_PST1
032F  3A0980                LD A,(MEM_FLAG)
0332  FE00                  CP 00H
0334  280E                  JR Z,END_PST1
0336  3A3280                LD A,(COUNT_CH)
0339  3C                    INC A
033A  323280                LD (COUNT_CH),A
033D  3A1C80                LD A,(COUNT_CHD)
0340  3C                    INC A
0341  321C80                LD (COUNT_CHD),A
0344  E1      END_PST1:     POP HL
0345  FDE1                  POP IY
0347  DDE1                  POP IX
0349  C9                    RET

              ;********** INC_MEM **********

034A  C5      INC_MEM:      PUSH BC
034B  3A3280                LD A,(COUNT_CH)
034E  FE63                  CP 63H              ;LIMIT 99 CH.
0350  2848                  JR Z,DEC_MEM2
0352  3C                    INC A
0353  323280                LD (COUNT_CH),A
0356  3A1C80                LD A,(COUNT_CHD)
0359  3C                    INC A
035A  0E00                  LD C,00H            ;SHW_CH (INC)
035C  CDD403                CALL SHW_CH
035F  321C80                LD (COUNT_CHD),A
0362  DD2A1380              LD IX,(ADD_PRES)
0366  DD23                  INC IX
0368  DD23                  INC IX
036A  DD23                  INC IX
036C  DD23                  INC IX
036E  CD070C                CALL RET_SUB
0371  C1      INC_MEM2:     POP BC
0372  C9                    RET

              ;********** DEC_MEM **********
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0373  C5          DEC_MEM:    PUSH BC
0374  3A32 80                 LD A,(COUNT_CH)
0377  FE01                    CP 01H
0379  281F                    JR Z,DEC_MEM2
037B  3D                    DEC A
037C  323280                LD (COUNT_CH),A
037F  3A1C80                LD A,(COUNT_CHD)
0382  3D                    DEC A
0383  0E01                  LD C,01H          ;SHW_CH (DEC)
0385  CDD403                CALL SHW_CH
0388  321C80                LD (COUNT_CHD),A
038B  DD2A1380              LD IX,(ADD_PRES)
038F  DD2B                  DEC IX
0391  DD2B                  DEC IX
0393  DD2B                  DEC IX
0395  DD2B                  DEC IX
0397  CD070C                CALL RET_SUB
039A  C1          DEC_MEM2:   POP BC
039B  C9                    RET


                  ;********** INC TO PRESENT **********
                  ;OUTPUT IX  ( PRESENT ADDRESS )

039C  DD213380  INC2PRES:     LD IX,COUNT_CH+1  ;COUNT_CH+1 = MEM1
03A0  3A3280                  LD A,(COUNT_CH)
03A3  FE01                    CP 01H            ;CHK COUNT_CH
03A5  2814                    JR Z,INC2PRS2
03A7  3A3280                  LD A,(COUNT_CH)
03AA  FE01      INC2PRS1:     CP 01H            ;CHK COUNT_CH
03AC  280D                    JR Z,INC2PRS2
03AE  110000                  LD DE,0000H
03B1  1C                      INC E             ;LSB M1 (ADD WITH IY)
03B2  1C                      INC E             ;MSB M1 (ADD WITH IY)
03B3  1C                      INC E             ;LSB M2 (ADD WITH IY)
03B4  1C                      INC E             ;MSB M2 (ADD WITH IY)
03B5  DD19                    ADD IX,DE         ;INC IX TO NEXT DATA
03B7  3D                      DEC A
03B8  C3AA03                  JP INC2PRS1
03BB  C9        INC2PRS2:     RET


                  ;********** SHOW MEM **********

03BC  C5          SHW_MEM:    PUSH BC
03BD  E5                      PUSH HL
03BE  3E87                    LD A,87H
03C0  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
03C3  0609                    LD B,09H
03C5  21E711                  LD HL,TAB_MEM
03C8  7E          SHW_MEM1:   LD A,(HL)
03C9  D362                    OUT (WRDATA),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
03CB  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
03CE  23                      INC HL
03CF  10F7                    DJNZ SHW_MEM1
03D1  E1                      POP HL
03D2  C1                      POP BC
03D3  C9                      RET


                ;********** SHOW CHENNAL **********
                ;INPUT  A (HEX) ,C .00(INC),01(DEC)
                ;OUTPUT A (DEC) ,SHOW DIGIT ON LCD

03D4  E5        SHW_CH:       PUSH HL
03D5  F5                      PUSH AF
03D6  3E80                    LD A,80H          ;Add Row1
03D8  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
03DB  218710                  LD HL,TAB_CH
03DE  0610                    LD B,10H          ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
03E0  CDA201                  CALL WR_CHR
03E3  3E84                    LD A,84H
03E5  CD6B01                  CALL SET_DDRAM    ;SET DDRAM FOR
                                                WRITE   DATA
03E8  F1                      POP AF
03E9  210000                  LD HL,0000H
03EC  6F                      LD L,A
03ED  CDB60D                  CALL HEX2BCD      ;HEX TO BCD CODE
03F0  7D                      LD A,L
03F1  F5                      PUSH AF
03F2  CDDE0E                  CALL DET4U        ;DETECT 4BIT UPPER
03F5  D362                    OUT (WRDATA),A
03F7  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
03FA  7D                      LD A,L
03FB  E60F                    AND 0FH           ;4BIT LOWWER
03FD  F630                    OR 30H
03FF  D362                    OUT (WRDATA),A
0401  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
0404  F1                      POP AF
0405  E1                      POP HL
0406  C9                      RET


                ;********** SUB MEM **********
                ;Input IX

0407  E5        SUB_MEM:      PUSH HL
0408  D5                      PUSH DE
0409  1100 00                LD DE,0000H
040C  3A32 80                 LD A,(COUNT_CH)
040F  FE01      SUB_MEM1:     CP 01H            ;CHK COUNT_CH
0411  2808                    JR Z,SUB_MEM2
0413  1C                      INC E             ;LSB M1 (ADD WITH IY)
0414  1C                      INC E             ;MSB M1 (ADD WITH IY)
0415  1C                      INC E             ;LSB M2 (ADD WITH IY)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0416  1C                        INC E                ;MSB M2 (ADD WITH IY)
0417  3D                        DEC A
0418  C30F04                    JP SUB_MEM1
041B  DD19      SUB_MEM2:       ADD IX,DE            ;INC IY TO FINAL OF DATA
041D  2A2480                    LD HL,(COUNT_M1)
0420  DD7500                    LD (IX),L
0423  DD7401                    LD (IX+1),H
0426  2A2680                    LD HL,(COUNT_M2)
0429  DD7502                    LD (IX+2),L
042C  DD7403                    LD (IX+3),H
042F  3A3280                    LD A,(COUNT_CH)
0432  3C                        INC A
0433  323280                    LD (COUNT_CH),A
0436  3A1C80                    LD A,(COUNT_CHD)
0439  3C                        INC A
043A  321C80                    LD (COUNT_CHD),A     ;USES FOR SHOW
                                                     COUNT_CH
043D  D1                        POP DE
043E  E1                        POP HL
043F  C9                        RET

                ;********** MENU'CONFIG **********
                ;CONFIG IS MENU SUB2

0440  DD210C80  CONFIG:         LD IX,CNT_SUB2       ;USES IX,IX+1
0444  3E01                      LD A,01H
0446  DD7700                    LD (IX),A
0449  3E00                      LD A,00H
044B  DD7701                    LD (IX+1),A
044E  3E04      CONFIG0:        LD A,04H             ;MENU 4 LINE
0450  321080                    LD (LINE_MENU),A
0453  21F710                    LD HL,TAB_SET        ;TAB FIRST LINE
0456  221180                    LD (ADDTAB),HL
0459  DD210C80                  LD IX,CNT_SUB2       ;USES IX,IX+1
045D  DD7E00                    LD A,(IX)
0460  FE02                      CP 02H
0462  2804                      JR Z,CONFIG01
0464  FE03                      CP 03H
0466  200C                      JR NZ,CONFIG02
0468  DD7E01    CONFIG01:       LD A,(IX+1)
046B  FE00                      CP 00H
046D  2005                      JR NZ,CONFIG02
046F  CDAF07                    CALL PUSH_UP
0472  1803                      JR CONFIG03
0474  CD8B08    CONFIG02:       CALL PUSH_DOWN
0477  CD4907    CONFIG03:       CALL MENU
047A  DD7E00                    LD A,(IX)
047D  FE00                      CP 00H               ;PUSH ESC ?
047F  286C                      JR Z,CONFIG07        ;Y -> CONFIG07
0481  FE01                      CP 01H               ;PUSH LINE1 ?
0483  280D                      JR Z,CONFIG04        ;Y -> CONFIG04
0485  FE02                      CP 02H               ;PUSH LINE2 ?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0487  2858                      JR Z,CONFIG05        ;Y -> CONFIG05
0489  FE03                      CP 03H               ;PUSH LINE3 ?
048B  285A                      JR Z,CONFIG06        ;Y -> CONFIG06
048D  CDFE05                    CALL LIGHT_MENU      ;PUSH LINE4
0490  18BC                      JR CONFIG0
0492  CD1B10    CONFIG04:       CALL SOUND1          ;PUSH LINE1
0495  3E01                      LD A,01H             ;CLEAR LCD DISPLAY
0497  D360                      OUT (CTRL_LCD),A
0499  CD7D01                    CALL CHK_BUSY
049C  DD218310                  LD IX,ZERO_POINT
04A0  CD070C                    CALL RET_SUB
04A3  3E01                      LD A,01H
04A5  320880                    LD (START_FLG),A
04A8  CDD001                    CALL PST_MEM
04AB  AF                        XOR A
04AC  321580                    LD (OLD_KEY),A
04AF  CD5D0F                    CALL KEY_IN2
04B2  FE10                      CP 10H               ;KEY ESC
04B4  CA4E04                    JP Z,CONFIG0
04B7  3E01                      LD A,01H             ;CLEAR LCD DISPLAY
04B9  D360                      OUT (CTRL_LCD),A
04BB  CD7D01                    CALL CHK_BUSY
04BE  AF                        XOR A
04BF  CD6B01                    CALL SET_DDRAM
04C2  21B711                    LD HL,TAB_START1
04C5  0610                      LD B,10H             ;WRITE 16 CHAR (COUNTER)
04C7  CDA201                    CALL WR_CHR
04CA  3E40                      LD A,40H
04CC  CD6B01                    CALL SET_DDRAM
04CF  21C711                    LD HL,TAB_START2
04D2  0610                      LD B,10H             ;WRITE 16 CHAR (COUNTER)
04D4  CDA201                    CALL WR_CHR
04D7  FD217D10                  LD IY,DLY_SHW1
04DB  CD5E10                    CALL DELAY
04DE  C34E04                    JP CONFIG0
04E1  CDEE04    CONFIG05:       CALL SET_DLY         ;PUSH LINE2
04E4  C34E04                    JP CONFIG0
04E7  CD7005    CONFIG06:       CALL SOUND_MENU      ;PUSH LINE3
04EA  C34E04                    JP CONFIG0
04ED  C9        CONFIG07:       RET


                ;********** SET_DELAY **********

04EE  3E01      SET_DLY:        LD A,01H
04F0  D360                      OUT (CTRL_LCD),A     ;CLEAR LCD DISPLAY
04F2  CD7D01                    CALL CHK_BUSY
04F5  AF                        XOR A
04F6  CD6B01                    CALL SET_DDRAM
04F9  21D711                    LD HL,TAB_DLY2
04FC  0610                      LD B,10H             ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
04FE  CDA201                    CALL WR_CHR
0501  210000                    LD HL,0000H
```

สำเนาเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0504  3A1980                LD A,(COUNT_DLY)
0507  6F                    LD L,A
0508  3E09      SET_D0:     LD A,09H
050A  CD6B01                CALL SET_DDRAM
050D  7D                    LD A,L
050E  321980                LD (COUNT_DLY),A
0511  CDDE0E                CALL DET4U          ;DETECT 4BIT UPPER
0514  D362                  OUT (WRDATA),A
0516  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0519  7D                    LD A,L
051A  E60F                  AND 0FH             ;4BIT LOWWER
051C  F630                  OR 30H
051E  D362                  OUT (WRDATA),A
0520  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0523  CD1B10                CALL SOUND1
0526  CD5D0F      SET_D01:  CALL KEY_IN2
0529  FE12                  CP 12H              ;KEY INC
052B  280B                  JR Z,SET_D1
052D  FE13                  CP 13H              ;KEY DEC
052F  2822                  JR Z,SET_D2
0531  FE10                  CP 10H              ;KEY ESC
0533  CA6F05                JP Z,SET_D3
0536  18EE                  JR SET_D01
0538  3A1980      SET_D1:   LD A,(COUNT_DLY)
053B  FE32                  CP 32H
053D  28E7                  JR Z,SET_D01
053F  3C                    INC A
0540  210000                LD HL,0000H
0543  6F                    LD L,A
0544  0E00                  LD C,00H            ;SET SUB HEX2BCD FOR INC
0546  CDB60D                CALL HEX2BCD        ;HEX TO BCD CODE
0549  3A1680                LD A,(DLY_WAIT)
054C  C605                  ADD A,05H
054E  321680                LD (DLY_WAIT),A
0551  18B5                  JR SET_D0
0553  3A1980      SET_D2:   LD A,(COUNT_DLY)
0556  FE01                  CP 01H
0558  28CC                  JR Z,SET_D01
055A  3D                    DEC A
055B  210000                LD HL,0000H
055E  6F                    LD L,A
055F  0E01                  LD C,01H            ;SET SUB HEX2BCD FOR DEC
0561  CDB60D                CALL HEX2BCD        ;HEX TO BCD CODE
0564  3A1680                LD A,(DLY_WAIT)
0567  D605                  SUB 05H
0569  321680                LD (DLY_WAIT),A
056C  C30805                JP SET_D0
056F  C9          SET_D3:   RET

                  ;********** SOUND MENU **********
                  ;SOUND MENU IS MENU SUB3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0570  DD210E80 SOUND_MENU: LD IX,CNT_SUB3     ;USES IX,IX+1
0574  3E01                 LD A,01H
0576  DD7700               LD (IX),A
0579  3E00                 LD A,00H
057B  DD7701               LD (IX+1),A
057E  3E02       SOUND_M0: LD A,02H           ;MENU 2 LINE
0580  321080               LD (LINE_MENU),A
0583  216711               LD HL,TAB_ON        ;TAB FIRST LINE
0586  221180               LD (ADDTAB),HL
0589  DD210E80             LD IX,CNT_SUB3      ;USES IX,IX+1
058D  DD7E00               LD A,(IX)
0590  FE02                 CP 02H
0592  2804                 JR Z,SOUND_M01
0594  FE03                 CP 03H
0596  200C                 JR NZ,SOUND_M02
0598  DD7E01     SOUND_M01: LD A,(IX+1)
059B  FE00                 CP 00H
059D  2005                 JR NZ,SOUND_M02
059F  CDAF07               CALL PUSH_UP
05A2  1803                 JR SOUND_M03
05A4  CD8B08     SOUND_M02: CALL PUSH_DOWN
05A7  CD4907     SOUND_M03: CALL MENU
05AA  DD7E00               LD A,(IX)
05AD  FE00                 CP 00H              ;PUSH ESC ?
05AF  284C                 JR Z,SOUND_M05      ;Y -> SOUND_M05
05B1  FE01                 CP 01H              ;PUSH LINE1 ?
05B3  2823                 JR Z,SOUND_M04      ;Y -> SOUND_M04
05B5  AF                   XOR A               ;PUSH LINE2
05B6  321A80               LD (SOUND_FLAG),A
05B9  3E01                 LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
05BB  D360                 OUT (CTRL_LCD),A
05BD  CD7D01               CALL CHK_BUSY
05C0  AF                   XOR A
05C1  321580               LD (OLD_KEY),A
05C4  CD6B01               CALL SET_DDRAM
05C7  214711               LD HL,TAB_S_OFF
05CA  0610                 LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
05CC  CDA201               CALL WR_CHR
05CF  FD217D10             LD IY,DLY_SHW1
05D3  CD5E10               CALL DELAY
05D6  1825                 JR SOUND_M05
05D8  3E01       SOUND_M04: LD A,01            ;PUSH LINE1
05DA  321A80               LD (SOUND_FLAG),A
05DD  3E01                 LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
05DF  D360                 OUT (CTRL_LCD),A
05E1  CD7D01               CALL CHK_BUSY
05E4  AF                   XOR A
05E5  321580               LD (OLD_KEY),A
05E8  CD6B01               CALL SET_DDRAM
05EB  213711               LD HL,TAB_S_ON
05EE  0610                 LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
05F0  CDA201               CALL WR_CHR
05F3  CD2810               CALL SOUND21
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
05F6  FD217D10                LD IY,DLY_SHW1
05FA  CD5E10                  CALL DELAY
05FD  C9          SOUND_M05:  RET

                  ;********** LIGHT MENU **********
                  ;LIGHT MENU IS MENU SUB3

05FE  DD210E80 LIGHT_MENU:    LD IX,CNT_SUB3      ;USES IX,IX+1
0602  3E01                    LD A,01H
0604  DD7700                  LD (IX),A
0607  3E00                    LD A,00H
0609  DD7701                  LD (IX+1),A
060C  3E03        LIGHT_M0:   LD A,03H            ;MENU 3 LINE
060E  321080                  LD (LINE_MENU),A
0611  215711                  LD HL,TAB_L_AUTO    ;TAB FIRST LINE
0614  221180                  LD (ADDTAB),HL
0617  DD210E80                LD IX,CNT_SUB3      ;USES IX,IX+1
061B  DD7E00                  LD A,(IX)
061E  FE02                    CP 02H
0620  2804                    JR Z,LIGHT_M01
0622  FE03                    CP 03H
0624  200C                    JR NZ,LIGHT_M02
0626  DD7E01      LIGHT_M01:  LD A,(IX+1)
0629  FE00                    CP 00H
062B  2005                    JR NZ,LIGHT_M02
062D  CDAF07                  CALL PUSH_UP
0630  1803                    JR LIGHT_M03
0632  CD8B08      LIGHT_M02:  CALL PUSH_DOWN
0635  CD4907      LIGHT_M03:  CALL MENU
0638  DD7E00                  LD A,(IX)
063B  FE00                    CP 00H              ;PUSH ESC ?
063D  CAD806                  JP Z,LIGHT_M06      ;Y -> LIGHT_M06
0640  FE01                    CP 01H              ;PUSH LINE1 ?
0642  CA7706                  JP Z,LIGHT_M04      ;Y -> LIGHT_M04
0645  FE02                    CP 02H              ;PUSH LINE2 ?
0647  CAAB06                  JP Z,LIGHT_M05      ;Y -> LIGHT_M05
064A  3E00                    XOR A               ;MENU LINE3
064C  321E80                  LD (LIGHT_FLG),A    ;LIGHT OFF
064F  321F80                  LD (LIGHT_OUT),A    ;LIGHT OFF
0652  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0655  3E01                    LD A,01H
0657  D360                    OUT (CTRL_LCD),A    ;CLEAR LCD DISPLAY
0659  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
065C  AF                      XOR A
065D  321580                  LD (OLD_KEY),A
0660  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
0663  21A711                  LD HL,TAB_L_OFF
0666  0610                    LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR COUNTER)
0668  CDA201                  CALL WR_CHR
066B  CD2810                  CALL SOUND21
066E  FD217D10                LD IY,DLY_SHW1
0672  CD5E10                  CALL DELAY
0675  1861                    JR LIGHT_M06
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0677  3E02      LIGHT_M04:  LD A,02H            ;MENU LINE1
0679  321E80                LD (LIGHT_FLG),A    ;LIGHT AUTO
067C  3E01                  LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
067E  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0680  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0683  AF                    XOR A
0684  321580                LD (OLD_KEY),A
0687  CD6B01                CALL SET_DDRAM
068A  219711                LD HL,TAB_L_ON
068D  0610                  LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
068F  CDA201                CALL WR_CHR
0692  3E40                  LD A,40H
0694  CD6B01                CALL SET_DDRAM
0697  218711                LD HL,TAB_L_A1
069A  0610                  LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
069C  CDA201                CALL WR_CHR
069F  CD2810                CALL SOUND21
06A2  FD217D10              LD IY,DLY_SHW1
06A6  CD5E10                CALL DELAY
06A9  182D                  JR LIGHT_M06
06AB  3E01      LIGHT_M05:  LD A,01H            ;MENU LINE2
06AD  321E80                LD (LIGHT_FLG),A    ;FLAG LIGHT ON
06B0  3E04                  LD A,LIGHT_ON
06B2  321F80                LD (LIGHT_OUT),A    ;LIGH ON
06B5  CDD906                CALL OUT_PORT_A
06B8  3E01                  LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
06BA  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
06BC  CD7D01                CALL CHK_BUSY
06BF  AF                    XOR A
06C0  321580                LD (OLD_KEY),A
06C3  CD6B01                CALL SET_DDRAM
06C6  219711                LD HL,TAB_L_ON
06C9  0610                  LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
06CB  CDA201                CALL WR_CHR
06CE  CD2810                CALL SOUND21
06D1  FD217D10              LD IY,DLY_SHW1
06D5  CD5E10                CALL DELAY
06D8  C9        LIGHT_M06:  RET


                ;********** OUT_PORT_A **********

06D9  C5        OUT_PORT_A: PUSH BC
06DA  3A1D80                LD A,(SOUND_OUT)
06DD  47                    LD B,A
06DE  3A1F80                LD A,(LIGHT_OUT)
06E1  B0                    OR B
06E2  47                    LD B,A
06E3  3A2180                LD A,(LASER_OUT)
06E6  B0                    OR B
06E7  47                    LD B,A
06E8  3A2380                LD A,(SYNC_OUT)
06EB  B0                    OR B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
06EC D340                       OUT (PORT_A2),A
06EE C1                         POP BC
06EF C9                         RET


                ;********** RUN MENU **********
                ;RUN MENU IS MENU SUB2

06F0 DD210C80 RUN_MENU:         LD IX,CNT_SUB2      ;USES IX,IX+1
06F4 3E01                       LD A,01H
06F6 DD7700                     LD (IX),A
06F9 3E00                       LD A,00H
06FB DD7701                     LD (IX+1),A
06FE 3E03     RUN_MENU0:        LD A,03H            ;MENU 3 LINE
0700 321080                     LD (LINE_MENU),A
0703 219710                     LD HL,TAB_MANUAL    ;TAB FIRST LINE
0706 221180                     LD (ADDTAB),HL
0709 DD210C80                   LD IX,CNT_SUB2      ;USES IX,IX+1
070D DD7E00                     LD A,(IX)
0710 FE02                       CP 02H
0712 2804                       JR Z,RUN_MENU01
0714 FE03                       CP 03H
0716 200C                       JR NZ,RUN_MENU02
0718 DD7E01   RUN_MENU01:       LD A,(IX+1)
071B FE00                       CP 00H
071D 2005                       JR NZ,RUN_MENU02
071F CDAF07                     CALL PUSH_UP
0722 1803                       JR RUN_MENU03
0724 CD8B08   RUN_MENU02:       CALL PUSH_DOWN
0727 CD4907   RUN_MENU03:       CALL MENU
072A DD7E00                     LD A,(IX)
072D FE00                       CP 00H              ;PUSH ESC ?
072F 2817                       JR Z,RUN_MENU06     ;Y -> RUN_MENU06
0731 FE01                       CP 01H              ;PUSH LINE1 ?
0733 2809                       JR Z,RUN_MENU04     ;Y -> RUN_MENU04
0735 FE02                       CP 02H              ;PUSH LINE2 ?
0737 280A                       JR Z,RUN_MENU05     ;Y -> RUN_MENU05
0739 CD320B                     CALL STEP           ;MENU LINE3
073C 18C0                       JR RUN_MENU0
073E CD7609   RUN_MENU04:       CALL MANUAL         ;MENU LINE1
0741 18BB                       JR RUN_MENU0
0743 CDAC0A   RUN_MENU05:       CALL AUTO           ;MENU LINE2
0746 18B6                       JR RUN_MENU0
0748 C9       RUN_MENU06:       RET


                ;********** MENU **********

0749 C5       MENU:             PUSH BC
074A D5                         PUSH DE
074B CD8601                     CALL SET_ARROW
074E DD7E01   MENU2:            LD A,(IX+1)
0751 CD6B01                     CALL SET_DDRAM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0754  3E00                    LD A,00H            ;00H :ARROW RIGHT
0756  D362                    OUT (WRDATA),A
0758  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
075B  CD5D0F                  CALL KEY_IN2
075E  FE22                    CP 22H              ;22H ->KEY UP (M2)
0760  CA7407                  JP Z,MENU31
0763  FE82                    CP 82H              ;82H ->KEY DOWN (M2)
0765  CA8607                  JP Z,MENU32
0768  FE80                    CP 80H              ;80H -> ENTER
076A  CAAC07                  JP Z,MENU34
076D  FE10                    CP 10H              ;KEY ESC
076F  CA9807                  JP Z,MENU33
0772  18DA                    JR MENU2
0774  3E00       MENU31:     LD A,00H
0776  DD7701                  LD (IX+1),A
0779  DD7E00                  LD A,(IX)
077C  3D                      DEC A
077D  DD7700                  LD (IX),A
0780  CDAF07                  CALL PUSH_UP
0783  C34E07                  JP MENU2
0786  3E40       MENU32:     LD A,40H
0788  DD7701                  LD (IX+1),A
078B  DD7E00                  LD A,(IX)
078E  3C                      INC A
078F  DD7700                  LD (IX),A
0792  CD8B08                  CALL PUSH_DOWN
0795  C34E07                  JP MENU2
0798  DD223080    MENU33:     LD (TEMP16B),IX
079C  ED4B3080                LD BC,(TEMP16B)
07A0  210A80                  LD HL,CNT_SUB1
07A3  AF                      XOR A
07A4  ED42                    SBC HL,BC
07A6  CA4E07                  JP Z,MENU2
07A9  DD7700                  LD (IX),A
07AC  D1          MENU34:     POP DE
07AD  C1                      POP BC
07AE  C9                      RET

                  ;********** PUSH UP **********

07AF  C5          PUSH_UP:    PUSH BC
07B0  CD1B10                  CALL SOUND1
07B3  DD7E00                  LD A,(IX)
07B6  FE00                    CP 00H
07B8  CA8408                  JP Z,PUSH_UP2       ; A  NOT LOWER 01H
07BB  FE03                    CP 03H
07BD  CA4408                  JP Z,PUSH_UP1
07C0  FE02                    CP 02H
07C2  CAFA07                  JP Z,PUSH_UP0
07C5  3E01                    LD A,01H            ;*** POINT MENU LINE1 ***
07C7  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
07CA  2A1180                  LD HL,(ADDTAB)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
07CD 23                  INC HL              ;HL=TAB LINE1 + 1
07CE 060F                LD B,0FH            ;WRITE 15 CHAR(COUNTER)
07D0 CDA201              CALL WR_CHR
07D3 3E40                LD A,40H
07D5 CD6B01              CALL SET_DDRAM
07D8 2A1180              LD HL,(ADDTAB)
07DB CD6E09              CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE2
07DE 0610                LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
07E0 CDA201              CALL WR_CHR
07E3 3A1080              LD A,(LINE_MENU)
07E6 FE02                CP 02H
07E8 CA8908              JP Z,PUSH_UP3
07EB 3E4F                LD A,4FH
07ED CD6B01              CALL SET_DDRAM
07F0 3E07                LD A,07H            ;ARROW DOWN
07F2 D362                OUT (WRDATA),A
07F4 CD7D01              CALL CHK_BUSY
07F7 C38908              JP PUSH_UP3
07FA 3E01      PUSH_UP0: LD A,01H            ;*** POINT MENU LINE2 ***
07FC CD6B01              CALL SET_DDRAM
07FF 2A1180              LD HL,(ADDTAB)
0802 CD6E09              CALL INCHL10H
0805 23                  INC HL              ;HL=TAB LINE2 + 1
0806 060F                LD B,0FH            ;WRITE 15 CHAR(COUNTER)
0808 CDA201              CALL WR_CHR
080B 3E40                LD A,40H
080D CD6B01              CALL SET_DDRAM
0810 2A1180              LD HL,(ADDTAB)
0813 CD6E09              CALL INCHL10H
0816 CD6E09              CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE3
0819 0610                LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
081B CDA201              CALL WR_CHR
081E 3A1080              LD A,(LINE_MENU)
0821 FE02                CP 02H
0823 CA8908              JP Z,PUSH_UP3
0826 FE03                CP 03H
0828 280C                JR Z,PUSH_UP01
082A 3E4F                LD A,4FH
082C CD6B01              CALL SET_DDRAM
082F 3E07                LD A,07H            ;ARROW DOWN
0831 D362                OUT (WRDATA),A
0833 CD7D01              CALL CHK_BUSY
0836 3E0F      PUSH_UP01: LD A,0FH
0838 CD6B01              CALL SET_DDRAM
083B 3E06                LD A,06H            ;ARROW UP
083D D362                OUT (WRDATA),A
083F CD7D 01             CALL CHK_BUSY
0842 1845                JR PUSH_UP3
0844 3E00      PUSH_UP1: LD A,00H            ;*** POINT MENU LINE3 ***
0846 CD6B01              CALL SET_DDRAM
0849 2A1180              LD HL,(ADDTAB)
084C CD6E09              CALL INCHL10H
084F CD6E09              CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE3
```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0852  0610                    LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
0854  CDA201                  CALL WR_CHR
0857  3E40                    LD A,40H
0859  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
085C  2A1180                  LD HL,(ADDTAB)
085F  CD6E09                  CALL INCHL10H
0862  CD6E09                  CALL INCHL10H
0865  CD6B09                  CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE4
0868  0610                    LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
086A  CDA201                  CALL WR_CHR
086D  3A1080                  LD A,(LINE_MENU)
0870  FE02                    CP 02H
0872  CA8908                  JP Z,PUSH_UP3
0875  3E0F                    LD A,0FH
0877  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
087A  3E06                    LD A,06H            ;ARROW UP
087C  D362                    OUT (WRDATA),A
087E  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
0881  C38908                  JP PUSH_UP3
0884  3E01          PUSH_UP2: LD (IX),A
0889  C1            PUSH_UP3: POP BC
088A  C9                      RET

                    ;********** PUSH DOWN **********

088B  C5            PUSH_DOWN: PUSH BC
088C  CD1B10                  CALL SOUND1
088F  3A1080                  LD A,(LINE_MENU)
0892  3C                      INC A
0893  47                      LD B,A
0894  DD7E00                  LD A,(IX)
0897  B8                      CP B
0898  CA6609                  JP Z,PUSH_DOWN2     ;A  NOT OVER 04H
089B  FE02                    CP 02H
089D  CA3309                  JP Z,PUSH_DOWN1
08A0  DA3309                  JP C,PUSH_DOWN1
08A3  FE03                    CP 03H
08A5  2841                    JR Z,PUSH_DOWN0
08A7  3E00                    LD A,00H            ;*** POINT MENU LINE4 ***
08A9  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
08AC  2A1180                  LD HL,(ADDTAB)
08AF  CD6E09                  CALL INCHL10H
08B2  CD6E09                  CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE3
08B5  0610                    LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
08B7  CDA201                  CALL WR_CHR
08BA  3E41                    LD A,41H
08BC  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
08BF  2A1180                  LD HL,(ADDTAB)
08C2  CD6E09                  CALL INCHL10H
08C5  CD6E09                  CALL INCHL10H
08C8  CD6E09                  CALL INCHL10H
08CB  23                      INC HL              ;HL=TAB LINE4 + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
08CC 060F                   LD B,0FH            ;WRITE 15 CHAR(COUNTER)
08CE CDA201                 CALL WR_CHR
08D1 3A1080                 LD A,(LINE_MENU)
08D4 FE02                   CP 02H
08D6 CA6C09                 JP Z,PUSH_DOWN3
08D9 3E0F                   LD A,0FH
08DB CD6B01                 CALL SET_DDRAM
08DE 3E06                   LD A,06H            ;ARROW UP
08E0 D362                   OUT (WRDATA),A
08E2 CD7D01                 CALL CHK_BUSY
08E5 C36C09                 JP PUSH_DOWN3
08E8 3E00       PUSH_DOWN0: LD A,00H            ;*** POINT MENU LINE3 ***
08EA CD6B01                 CALL SET_DDRAM
08ED 2A1180                 LD HL,(ADDTAB)
08F0 CD6E09                 CALL INCHL10H       ;HL=TAB LINE2
08F3 0610                   LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
08F5 CDA201                 CALL WR_CHR
08F8 3E41                   LD A,41H
08FA CD6B01                 CALL SET_DDRAM
08FD 2A1180                 LD HL,(ADDTAB)
0900 CD6E09                 CALL INCHL10H
0903 CD6E09                 CALL INCHL10H
0906 23                     INC HL              ;HL=TAB LINE3 + 1
0907 060F                   LD B,0FH            ;WRITE 15 CHAR(COUNTER)
0909 CDA201                 CALL WR_CHR
090C 3A1080                 LD A,(LINE_MENU)
090F FE02                   CP 02H
0911 CA6C09                 JP Z,PUSH_DOWN3
0914 FE03                   CP 03H
0916 280C                   JR Z,PUSH_DOWN01
0918 3E4F                   LD A,4FH
091A CD6B01                 CALL SET_DDRAM
091D 3E07                   LD A,07H            ;ARROW DOWN
091F D362                   OUT (WRDATA),A
0921 CD7D01                 CALL CHK_BUSY
0924 3E0F       PUSH_DOWN01:LD A,0FH
0926 CD6B01                 CALL SET_DDRAM
0929 3E06                   LD A,06H            ;ARROW UP
092B D362                   OUT (WRDATA),A
092D CD7D01                 CALL CHK_BUSY
0930 C36C09                 JP PUSH_DOWN3
0933 3E00       PUSH_DOWN1: LD A,00H            ;*** POINT MENU LINE 2 ***
0935 CD6B01                 CALL SET_DDRAM
0938 2A1180                 LD HL,(ADDTAB)      ;HL=TAB LINE1
093B 0610                   LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
093D CDA201                 CALL WR_CHR
0940 3E40                   LD A,40H
0942 CD6B01                 CALL SET_DDRAM
0945 2A1180                 LD HL,(ADDTAB)
0948 CD6E09                 CALL INCHL10H       ;HL = TAB LINE2
094B 0610                   LD B,10H            ;WRITE 16 CHAR(COUNTER)
094D CDA201                 CALL WR_CHR
0950 3A1080                 LD A,(LINE_MENU)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0953  FE02                    CP 02H
0955  CA6C09                  JP Z,PUSH_DOWN3
0958  3E4F                    LD A,4FH
095A  CD6B01                  CALL SET_DDRAM
095D  3E07                    LD A,07H              ;ARROW DOWN
095F  D362                    OUT (WRDATA),A
0961  CD7D01                  CALL CHK_BUSY
0964  1806                    JR PUSH_DOWN3
0966  3A1080    PUSH_DOWN2:  LD A,(LINE_MENU)
0969  DD7700                  LD (IX),A
096C  C1        PUSH_DOWN3:  POP BC
096D  C9                      RET


                ;********** INC HL 10H ;**********

096E  C5        INCHL10H:    PUSH BC
096F  0610                   LD B,10H
0971  23        INCHL11:     INC HL
0972  10FD                   DJNZ INCHL11
0974  C1                     POP BC
0975  C9                     RET


                ;********** MANUAL RUN **********

0976  DDE5      MANUAL:      PUSH IX
0978  C5                    PUSH BC
0979  D5                    PUSH DE
097A  3E01                   LD A,01H              ;CLEAR LCD DISPLAY
097C  D360                   OUT (CTRL_LCD),A
097E  CD7D01                 CALL CHK_BUSY
0981  CD1A0E                 CALL OUT_LCD_M1
0984  CD510E                 CALL OUT_LCD_M2
0987  CD1B10                 CALL SOUND1
098A  CD5D0F    MANUAL1:     CALL KEY_IN2
098D  FE10                   CP 10H                ;KEY ESC
098F  CAA70A                 JP Z,END_RUN
0992  FE14                   CP 14H                ;KEY MEM1
0994  CAF909                 JP Z,RET_MEM1
0997  FE15                   CP 15H                ;KEY MEM2
0999  CA010A                 JP Z,RET_MEM2
099C  FE16                   CP 16H                ;KEY MEM3
099E  CA090A                 JP Z,RET_MEM3
09A1  FE17                   CP 17H                ;KEY MEM4
09A3  CA110A                 JP Z,RET_MEM4
09A6  FE18                   CP 18H                ;KEY MEM5
09A8  CA190A                 JP Z,RET_MEM5
09AB  FE24                   CP 24H                ;KEY MEM6
09AD  CA210A                 JP Z,RET_MEM6
09B0  FE25                   CP 25H                ;KEY MEM7
09B2  CA290A                 JP Z,RET_MEM7
09B5  FE26                   CP 26H                ;KEY MEM8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
09B7  CA310A                JP Z,RET_MEM8
09BA  FE27                  CP 27H              ;KEY MEM9
09BC  CA390A                JP Z,RET_MEM9
09BF  FE28                  CP 28H              ;KEY MEM10
09C1  CA410A                JP Z,RET_MEM10
09C4  FE44                  CP 44H              ;KEY MEM11
09C6  CA490A                JP Z,RET_MEM11
09C9  FE45                  CP 45H              ;KEY MEM12
09CB  CA510A                JP Z,RET_MEM12
09CE  FE46                  CP 46H              ;KEY MEM13
09D0  CA590A                JP Z,RET_MEM13
09D3  FE47                  CP 47H              ;KEY MEM14
09D5  CA610A                JP Z,RET_MEM14
09D8  FE48                  CP 48H              ;KEY MEM15
09DA  CA690A                JP Z,RET_MEM15
09DD  FE84                  CP 84H              ;KEY MEM16
09DF  CA710A                JP Z,RET_MEM16
09E2  FE85                  CP 85H              ;KEY MEM17
09E4  CA790A                JP Z,RET_MEM17
09E7  FE86                  CP 86H              ;KEY MEM18
09E9  CA810A                JP Z,RET_MEM18
09EC  FE87                  CP 87H              ;KEY MEM19
09EE  CA890A                JP Z,RET_MEM19
09F1  FE88                  CP 88H              ;KEY MEM20
09F3  CA910A                JP Z,RET_MEM20
09F6  C38A09                JP MANUAL1
09F9  3E01      RET_MEM1:   LD A,01H
09FB  110000                LD DE,0000H
09FE  C3960A                JP MANUAL2
0A01  3E02      RET_MEM2:   LD A,02H
0A03  110400                LD DE,0004H
0A06  C3960A                JP MANUAL2
0A09  3E03      RET_MEM3:   LD A,03H
0A0B  110800                LD DE,0008H
0A0E  C3960A                JP MANUAL2
0A11  3E04      RET_MEM4:   LD A,04H
0A13  110C00                LD DE,000CH
0A16  C3960A                JP MANUAL2
0A19  3E05      RET_MEM5:   LD A,05H
0A1B  111000                LD DE,0010H
0A1E  C3960A                JP MANUAL2
0A21  3E06      RET_MEM6:   LD A,06H
0A23  111400                LD DE,0014H
0A26  C3960A                JP MANUAL2
0A29  3E07      RET_MEM7:   LD A,07H
0A2B  111800                LD DE,0018H
0A2E  C3960A                JP MANUAL2
0A31  3E08      RET_MEM8:   LD A,08H
0A33  111C00                LD DE,001CH
0A36  C3960A                JP MANUAL2
0A39  3E09      RET_MEM9:   LD A,09H
0A3B  112000                LD DE,0020H
0A3E  C3960A                JP MANUAL2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0A41  3E0A      RET_MEM10:  LD A,0AH
0A43  112400                LD DE,0024H
0A46  C3960A                JP MANUAL2
0A49  3E0B      RET_MEM11:  LD A,0BH
0A4B  112800                LD DE,0028H
0A4E  C3960A                JP MANUAL2
0A51  3E0C      RET_MEM12:  LD A,0CH
0A53  112C00                LD DE,002CH
0A56  C3960A                JP MANUAL2
0A59  3E0D      RET_MEM13:  LD A,0DH
0A5B  113000                LD DE,0030H
0A5E  C3960A                JP MANUAL2
0A61  3E0E      RET_MEM14:  LD A,0EH
0A63  113400                LD DE,0034H
0A66  C3960A                JP MANUAL2
0A69  3E0F      RET_MEM15:  LD A,0FH
0A6B  113800                LD DE,0038H
0A6E  C3960A                JP MANUAL2
0A71  3E16      RET_MEM16:  LD A,16H
0A73  113C00                LD DE,003CH
0A76  C3960A                JP MANUAL2
0A79  3E17      RET_MEM17:  LD A,17H
0A7B  114000                LD DE,0040H
0A7E  C3960A                JP MANUAL2
0A81  3E18      RET_MEM18:  LD A,18H
0A83  114400                LD DE,0044H
0A86  C3960A                JP MANUAL2
0A89  3E19      RET_MEM19:  LD A,19H
0A8B  114800                LD DE,0048H
0A8E  C3960A                JP MANUAL2
0A91  3E1A      RET_MEM20:  LD A,1AH
0A93  114C00                LD DE,004CH
0A96  0E00      MANUAL2:    LD C,00H            ;SHW_CH ( INC )
0A98  CDD403                CALL SHW_CH
0A9B  DD213380              LD IX,COUNT_CH+1    ;COUNT_CH+1 = MEM1
0A9F  DD19                  ADD IX,DE           ;INC IX TO NEXT DATA
0AA1  CD070C                CALL RET_SUB
0AA4  C38A09                JP MANUAL1
0AA7  D1        END_RUN:    POP DE
0AA8  C1                    POP BC
0AA9  DDE1                  POP IX
0AAB  C9                    RET

              ;********** AUTO RUN **********

0AAC  DDE5      AUTO:       PUSH IX
0AAE  FDE5                  PUSH IY
0AB0  C5                    PUSH BC
0AB1  CD1B10    AUTO0:      CALL SOUND1
0AB4  3E01                  LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
0AB6  D360                  OUT (CTRL_LCD),A
0AB8  CD7D01                CALL CHK_BUSY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0ABB CD1A0E              CALL OUT_LCD_M1
0ABE CD510E              CALL OUT_LCD_M2
0AC1 CD5D0F  AUTO01:     CALL KEY_IN2
0AC4 FE10                CP 10H              ;KEY ESC
0AC6 CA290B              JP Z,END_AUTO1
0AC9 FE40                CP 40H              ;KEY RUN
0ACB 20F4                JR NZ,AUTO01
0ACD 3A3280              LD A,(COUNT_CH)
0AD0 FE01                CP 01H              ;CHK COUNT_CH
0AD2 284D                JR Z,END_AUTO
0AD4 CD1B10              CALL SOUND1
0AD7 3A1B80              LD A,(COUNT_CH2)
0ADA 0E00                LD C,00H            ;SHW_CH ( INC )
0ADC CDD403              CALL SHW_CH
0ADF 3C                  INC A
0AE0 321B80              LD (COUNT_CH2),A
0AE3 DD213380            LD IX,COUNT_CH+1    ;COUNT_CH+1 = MEM1
0AE7 CD070C              CALL RET_SUB
0AEA FD211680            LD IY,DLY_WAIT
0AEE CD5E10              CALL DELAY
0AF1 3A3280              LD A,(COUNT_CH)
0AF4 3D                  DEC A
0AF5 FE01        AUTO1:  CP 01H              ;CHK COUNT_CH
0AF7 2828                JR Z,END_AUTO
0AF9 F5                  PUSH AF
0AFA CD1B10              CALL SOUND1
0AFD 3A1B80              LD A,(COUNT_CH2)
0B00 0E00                LD C,00H            ;SHW_CH ( INC )
0B02 CDD403              CALL SHW_CH
0B05 3C                  INC A
0B06 321B80              LD (COUNT_CH2),A
0B09 110000              LD DE,0000H
0B0C 1C                  INC E               ;LSB M1 (ADD WITH IY)
0B0D 1C                  INC E               ;MSB M1 (ADD WITH IY)
0B0E 1C                  INC E               ;LSB M2 (ADD WITH IY)
0B0F 1C                  INC E               ;MSB M2 (ADD WITH IY)
0B10 DD19                ADD IX,DE           ;INC IX TO NEXT DATA
0B12 CD070C              CALL RET_SUB
0B15 FD211680            LD IY,DLY_WAIT
0B19 CD5E10              CALL DELAY
0B1C F1                  POP AF
0B1D 3D                  DEC A
0B1E C3F50A              JP AUTO1
0B21 3E01        END_AUTO:  LD A,01H
0B23 321B80              LD (COUNT_CH2),A
0B26 C3B10A              JP AUTO0
0B29 321580      END_AUTO1: LD (OLD_KEY),A
0B2C C1                  POP BC
0B2D FDE1                POP IY
0B2F DDE1                POP IX
0B31 C9                  RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;********** STEP RUN **********

0B32  DDE5    STEP:     PUSH IX
0B34  C5                PUSH BC
0B35  213800            LD HL,SUB_INT
0B38  22D63F            LD (3FD6H),HL
0B3B  ED56              IM1
0B3D  CD1B10            CALL SOUND1
0B40  FB      STEP0:    EI
0B41  3E01              LD A,01H            ;CLEAR LCD DISPLAY
0B43  D360              OUT (CTRL_LCD),A
0B45  CD7D01            CALL CHK_BUSY
0B48  CD1A0E            CALL OUT_LCD_M1
0B4B  CD510E            CALL OUT_LCD_M2
0B4E  3E08              LD A,SYNC_ON
0B50  322380            LD (SYNC_OUT),A
0B53  CDD906            CALL OUT_PORT_A
0B56  CD5D0F  STEP01:   CALL KEY_IN2
0B59  FE01              CP 01H
0B5B  2809              JR Z,STEP02
0B5D  FE10              CP 10H              ;KEY ESC
0B5F  CACB0B            JP Z,END_STEP1
0B62  FE40              CP 40H              ;KEY RUN
0B64  20F0              JR NZ,STEP01
0B66  3E00    STEP02:   XOR A
0B68  322380            LD (SYNC_OUT),A     ;SYNC OFF
0B6B  CDD906            CALL OUT_PORT_A
0B6E  3A3280            LD A,(COUNT_CH)
0B71  FE01              CP 01H              ;CHK COUNT_CH
0B73  284A              JR Z,END_STEP
0B75  CD1B10            CALL SOUND1
0B78  3A1B80            LD A,(COUNT_CH2)
0B7B  0E00              LD C,00H            ;SHW_CH (INC)
0B7D  CDD403            CALL SHW_CH
0B80  3C                INC A
0B81  321B80            LD (COUNT_CH2),A
0B84  DD213380          LD IX,COUNT_CH+1
0B88  CD070C            CALL RET_SUB
0B8B  3A3280            LD A,(COUNT_CH)
0B8E  3D                DEC A
0B8F  FE01    STEP1:    CP 01H              ;CHK COUNT_CH
0B91  282C              JR Z,END_STEP
0B93  320780            LD (TEMP2),A
0B96  CDDC0B            CALL KEY_STEP
0B99  FE10              CP 10H              ;KEY ESC
0B9B  2822              JR Z,END_STEP
0B9D  CD1B10            CALL SOUND1
0BA0  3A1B80            LD A,(COUNT_CH2)
0BA3  0E00              LD C,00H            ;SHW_CH (INC)
0BA5  CDD403            CALL SHW_CH
0BA8  3C                INC A
0BA9  321B80            LD (COUNT_CH2),A
0BAC  110000            LD DE,0000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0BAF 1C                     INC E               ;LSB M1 (ADD WITH IY)
0BB0 1C                     INC E               ;MSB M1 (ADD WITH IY)
0BB1 1C                     INC E               ;LSB M2 (ADD WITH IY)
0BB2 1C                     INC E               ;MSB M2 (ADD WITH IY)
0BB3 DD19                   ADD IX,DE           ;INC IX TO NEXT DATA
0BB5 CD070C                 CALL RET_SUB
0BB8 3A0780                 LD A,(TEMP2)
0BBB 3D                     DEC A
0BBC C38F0B                 JP STEP1
0BBF 3E01       END_STEP:   LD A,01H
0BC1 321B80                 LD (COUNT_CH2),A
0BC4 AF                     XOR A
0BC5 321580                 LD (OLD_KEY),A
0BC8 C3400B                 JP STEP0
0BCB F3         END_STEP1:  DI                  ;DISABLE INT
0BCC AF                     XOR A
0BCD 322280                 LD (SYNC_FLG),A
0BD0 3E00                   XOR A
0BD2 322380                 LD (SYNC_OUT),A     ;SYNC OFF
0BD5 CDD906                 CALL OUT_PORT_A
0BD8 C1                     POP BC
0BD9 DDE1                   POP IX
0BDB C9                     RET

                ;********** KEY_STEP **********
0BDC FB         KEY_STEP:   EI                  ;ENABLE INT
0BDD 3E08                   LD A,SYNC_ON
0BDF 322380                 LD (SYNC_OUT),A
0BE2 CDD906                 CALL OUT_PORT_A
0BE5 AF                     XOR A
0BE6 321580                 LD (OLD_KEY),A
0BE9 CD5D0F     KEY_STEP1:  CALL KEY_IN2
0BEC FE40                   CP 40H              ;KEY RUN
0BEE 280B                   JR Z,KEY_STEP2
0BF0 FE10                   CP 10H              ;KEY ESC
0BF2 2807                   JR Z,KEY_STEP2
0BF4 FE01                   CP 01H              ;INT ?
0BF6 2803                   JR Z,KEY_STEP2      ;Y->KEY_STEP2
0BF8 C3E90B                 JP KEY_STEP1
0BFB F5         KEY_STEP2:  PUSH AF
0BFC 3E00                   XOR A
0BFE 322380                 LD (SYNC_OUT),A     ;SYNC OFF
0C01 CDD906                 CALL OUT_PORT_A
0C04 F3                     DI
0C05 F1                     POP AF
0C06 C9                     RET


                ;********** RET_SUB **********
                ;INPUT IX
                ;LD IX,MEM[x]
                ;IX = MEM[x] Motor1 , IX+2 = MEM[x] Motor2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0C07  E5          RET_SUB:      PUSH HL
0C08  D5                        PUSH DE
0C09  DD6E00      RET_SUB0:     LD L,(IX)
0C0C  DD6601                    LD H,(IX+1)
0C0F  ED5B2480                  LD DE,(COUNT_M1)
0C13  AF                        XOR A                 ;RESET CARRY FLAG
0C14  ED52                      SBC HL,DE
0C16  280E                      JR Z,RET_SUB2
0C18  3805                      JR C,RET_SUB1
0C1A  CD860C                    CALL KEY_RIGH
0C1D  1803                      JR RET_SUB11
0C1F  CD980C      RET_SUB1:     CALL KEY_LEFT
0C22  AF          RET_SUB11:    XOR A
0C23  321580                    LD (OLD_KEY),A
0C26  DD6E02      RET_SUB2:     LD L,(IX+2)
0C29  DD6603                    LD H,(IX+3)
0C2C  ED5B2680                  LD DE,(COUNT_M2)
0C30  AF                        XOR A                 ;RESET CARRY FLAG
0C31  ED52                      SBC HL,DE
0C33  2814                      JR Z,RET_SUB5
0C35  3805                      JR C,RET_SUB3
0C37  CD620C                    CALL KEY_UP
0C3A  1803                      JR RET_SUB31
0C3C  CD740C      RET_SUB3:     CALL KEY_DOWN
0C3F  AF          RET_SUB31:    XOR A
0C40  321580                    LD (OLD_KEY),A
0C43  CDF50D      RET_SUB4:     CALL OUT_MOTOR
0C46  C3090C                    JP RET_SUB0
0C49  CDF50D      RET_SUB5:     CALL OUT_MOTOR
0C4C  DD6E00                    LD L,(IX)
0C4F  DD6601                    LD H,(IX+1)
0C52  ED5B2480                  LD DE,(COUNT_M1)
0C56  AF                        XOR A                 ;RESET CARRY FLAG
0C57  ED52                      SBC HL,DE
0C59  C2090C                    JP NZ,RET_SUB0
0C5C  CD1B10                    CALL SOUND1
0C5F  D1                        POP DE
0C60  E1                        POP HL
0C61  C9                        RET

                  ;********** KEY_UP **********
0C62  F5          KEY_UP:       PUSH AF
0C63  3A0580                    LD A,(ADD_M2)
0C66  CD300D                    CALL SHIFT_R2
0C69  FE80                      CP 80H
0C6B  2002                      JR NZ,UP_NEXT
0C6D  3E08                      LD A,08H
0C6F  320580      UP_NEXT:      LD (ADD_M2),A
0C72  F1                        POP AF
0C73  C9                        RET

                  ;********** KEY_DOWN **********
0C74  F5          KEY_DOWN:     PUSH AF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0C75  3A0580                LD A,(ADD_M2)
0C78  CD730D                CALL SHIFT_L2
0C7B  FE10                  CP 10H
0C7D  2002                  JR NZ,DOWN_NEXT
0C7F  3E01                  LD A,01H
0C81  320580    DOWN_NEXT:  LD (ADD_M2),A
0C84  F1                    POP AF
0C85  C9                    RET

                ;********** KEY_RIGH **********
0C86  F5        KEY_RIGH:   PUSH AF
0C87  3A0480                LD A,(ADD_M1)
0C8A  CDAA0C                CALL SHIFT_R1
0C8D  FE08                  CP 08H
0C8F  2002                  JR NZ,RIGH_NEXT
0C91  3E80                  LD A,80H
0C93  320480    RIGH_NEXT:  LD (ADD_M1),A
0C96  F1                    POP AF
0C97  C9                    RET

                ;********** KEY_LEFT **********
0C98  F5        KEY_LEFT:   PUSH AF
0C99  3A0480                LD A,(ADD_M1)
0C9C  CDED0C                CALL SHIFT_L1
0C9F  FE01                  CP 01H
0CA1  2002                  JR NZ,LEFT_NEXT
0CA3  3E10                  LD A,10H
0CA5  320480    LEFT_NEXT:  LD (ADD_M1),A
0CA8  F1                    POP AF
0CA9  C9                    RET

                ;********** SHIFT_R1 **********
0CAA  C5        SHIFT_R1:   PUSH BC
0CAB  D5                    PUSH DE
0CAC  E5                    PUSH HL
0CAD  320680                LD (TEMP),A
0CB0  2A2480                LD HL,(COUNT_M1)
0CB3  223080                LD (TEMP16B),HL
0CB6  AF                    XOR A
0CB7  119999                LD DE,9999H
0CBA  ED52                  SBC HL,DE
0CBC  280E                  JR Z,SHIFT_R11
0CBE  3A0680                LD A,(TEMP)
0CC1  CB0F                  RRC A
0CC3  320680                LD (TEMP),A
0CC6  2A3080                LD HL,(TEMP16B)
0CC9  23                    INC HL
0CCA  1812                  JR SHIFT_R12
0CCC  3A0880    SHIFT_R11:  LD A,(START_FLG)
0CCF  FE01                  CP 01H
0CD1  2008                  JR NZ,SH_R1
0CD3  3A0680                LD A,(TEMP)
0CD6  CB0F                  RRC A
```

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0CD8 320680                 LD (TEMP),A
0CDB 2A3080    SH_R1:       LD HL,(TEMP16B)
0CDE 0E00      SHIFT_R12:   LD C,00H        ;SET SUB HEX2BCD FOR INC
0CE0 CDB60D                 CALL HEX2BCD     ;HEX TO BCD CODE
0CE3 222480                 LD (COUNT_M1),HL
0CE6 3A0680                 LD A,(TEMP)
0CE9 E1                     POP HL
0CEA D1                     POP DE
0CEB C1                     POP BC
0CEC C9                     RET


             ;********** SHIFT_L1 **********

0CED C5      SHIFT_L1:      PUSH BC
0CEE D5                     PUSH DE
0CEF E5                     PUSH HL
0CF0 320680                 LD (TEMP),A
0CF3 2A2480                 LD HL,(COUNT_M1)
0CF6 223080                 LD (TEMP16B),HL
0CF9 AF                     XOR A
0CFA 110000                 LD DE,0000H
0CFD ED52                   SBC HL,DE
0CFF 280E                   JR Z,SHIFT_L11
0D01 3A0680                 LD A,(TEMP)
0D04 CB07                   RLC A
0D06 320680                 LD (TEMP),A
0D09 2A3080                 LD HL,(TEMP16B)
0D0C 2B                     DEC HL
0D0D 1812                   JR SHIFT_L12
0D0F 3A0880    SHIFT_L11:   LD A,(START_FLG)
0D12 FE01                   CP 01H
0D14 2008                   JR NZ,SH_L1
0D16 3A0680                 LD A,(TEMP)
0D19 CB07                   RLC A
0D1B 320680                 LD (TEMP),A
0D1E 2A3080    SH_L1:       LD HL,(TEMP16B)
0D21 0E01      SHIFT_L12:   LD C,01H        ;SET SUB HEX2BCD FOR DEC
0D23 CDB60D                 CALL HEX2BCD     ;HEX TO BCD CODE
0D26 222480                 LD (COUNT_M1),HL
0D29 3A0680                 LD A,(TEMP)
0D2C E1                     POP HL
0D2D D1                     POP DE
0D2E C1                     POP BC
0D2F C9                     RET


             ;********** SHIFT_R2 **********

0D30 C5      SHIFT_R2:      PUSH BC
0D31 D5                     PUSH DE
0D32 E5                     PUSH HL
0D33 320680                 LD (TEMP),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0D36  2A2680                  LD HL,(COUNT_M2)  ;L<-(COUNT_M2),
                                                H<-(COUNT_M2+1)
0D39  223080                  LD (TEMP16B),HL
0D3C  AF                      XOR A
0D3D  119999                  LD DE,9999H
0D40  ED52                    SBC HL,DE
0D42  280E                    JR Z,SHIFT_R21
0D44  3A0680                  LD A,(TEMP)
0D47  CB0F                    RRC A
0D49  320680                  LD (TEMP),A
0D4C  2A3080                  LD HL,(TEMP16B)
0D4F  23                      INC HL
0D50  1812                    JR SHIFT_R22
0D52  3A0880      SHIFT_R21:  LD A,(START_FLG)
0D55  FE01                    CP 01H
0D57  2008                    JR NZ,SH_R2
0D59  3A0680                  LD A,(TEMP)
0D5C  CB0F                    RRC A
0D5E  320680                  LD (TEMP),A
0D61  2A3080      SH_R2:      LD HL,(TEMP16B)
0D64  0E00        SHIFT_R22:  LD C,00H          ;SET SUB HEX2BCD FOR INC
0D66  CDB60D                  CALL HEX2BCD      ;HEX TO BCD CODE
0D69  222680                  LD (COUNT_M2),HL
0D6C  3A0680                  LD A,(TEMP)
0D6F  E1                      POP HL
0D70  D1                      POP DE
0D71  C1                      POP BC
0D72  C9                      RET

                  ;********** SHIFT_L2 **********

0D73  C5          SHIFT_L2:   PUSH BC
0D74  D5                      PUSH DE
0D75  E5                      PUSH HL
0D76  320680                  LD (TEMP),A
0D79  2A2680                  LD HL,(COUNT_M2)
0D7C  223080                  LD (TEMP16B),HL
0D7F  AF                      XOR A
0D80  110000                  LD DE,0000H
0D83  ED52                    SBC HL,DE
0D85  280E                    JR Z,SHIFT_L21
0D87  3A0680                  LD A,(TEMP)
0D8A  CB07                    RLC A
0D8C  320680                  LD (TEMP),A
0D8F  2A3080                  LD HL,(TEMP16B)
0D92  2B                      DEC HL
0D93  1812                    JR SHIFT_L22
0D95  3A0880      SHIFT_L21:  LD A,(START_FLG)
0D98  FE01                    CP 01H
0D9A  2008                    JR NZ,SH_L2
0D9C  3A0680                  LD A,(TEMP)
0D9F  CB07                    RLC A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0DA1 320680                LD (TEMP),A
0DA4 2A3080    SH_L2:      LD HL,(TEMP16B)
0DA7 0E01      SHIFT_L22:  LD C,01H          ;SET SUB HEX2BCD FOR DEC
0DA9 CDB60D                CALL HEX2BCD       ;HEX TO BCD CODE
0DAC 222680                LD (COUNT_M2),HL
0DAF 3A0680                LD A,(TEMP)
0DB2 E1                    POP HL
0DB3 D1                    POP DE
0DB4 C1                    POP BC
0DB5 C9                    RET


               ;********** HEX2BCD **********
               ;INPUT : HL (HEX.)  4 DIGIT
               ;( 1 DIGIT = 4 BIT )
               ;INPUT : C
               ;( 00H :FOR COUNT UP , 01H :FOR COUNT DOWN )
               ;OUTPUT : HL (DEC.) 4 DIGIT

0DB6 F5        HEX2BCD:    PUSH AF
0DB7 D5                    PUSH DE
0DB8 7D                    LD A,L
0DB9 E60F                  AND 0FH             ; USES LSB OF L
0DBB FE0A                  CP 0AH
0DBD 3806                  JR C,HEX2BCD1       ;IF(A<0AH)->H2D_DEC1
0DBF 110600                LD DE,0006H
0DC2 CDEB0D                CALL CHK_INCDEC     ;CHK ( INC OR DEC )
0DC5 7D        HEX2BCD1:   LD A,L
0DC6 FEA0                  CP A0H
0DC8 3806                  JR C,HEX2BCD2       ;IF(A<A0H)->H2D_DEC2
0DCA 116000                LD DE,0060H
0DCD CDEB0D                CALL CHK_INCDEC     ;CHK INC OR DEC
0DD0 7C        HEX2BCD2:   LD A,H
0DD1 E60F                  AND 0FH
0DD3 FE0A                  CP 0AH
0DD5 3806                  JR C,HEX2BCD3       ;IF(A<0AH)->H2D_DEC3
0DD7 110006                LD DE,0600H
0DDA CDEB0D                CALL CHK_INCDEC     ;CHK INC OR DEC
0DDD 7C        HEX2BCD3:   LD A,H
0DDE FEA0                  CP A0H
0DE0 3806                  JR C,HEX2BCD4       ;IF(A<A0H)->H2D_DEC4
0DE2 116060                LD DE,6000H
0DE5 CDEB0D                CALL CHK_INCDEC     ;CHK INC OR DEC
0DE8 D1        HEX2BCD4:   POP DE
0DE9 F1                    POP AF
0DEA C9                    RET


               ;********** CHK_INC_DEC **********
               ;INPUT : C ( 00H=ADD [INC] , 01H=SBC [DEC] )

0DEB CB41      CHK_INCDEC: BIT 0,C
0DED 2804                  JR Z,INCDEC1        ;BIT 0 OF C = '0'->INCDEC1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0DEF ED52                  SBC HL,DE          ;USES SBC FOR COUNT UP
0DF1 1801                  JR INCDEC2
0DF3 19        INCDEC1:    ADD HL,DE          ;USES ADD FOR COUNT DOWN
0DF4 C9        INCDEC2:    RET

               ;********** OUT_MOTOR **********

0DF5 DDE5      OUT_MOTOR:  PUSH IX
0DF7 D5                    PUSH DE
0DF8 CD1A0E                CALL OUT_LCD_M1
0DFB CD510E                CALL OUT_LCD_M2
0DFE 3E06                  LD A,06H           ;LED FLAG ENABLE (ET 3.5)
0E00 D342                  OUT (PORT_C2),A
0E02 3A0580                LD A,(ADD_M2)
0E05 5F                    LD E,A
0E06 3A0480                LD A,(ADD_M1)
0E09 B3                    OR E
0E0A D341                  OUT (PORT_B2),A
0E0C FD217710              IY,DLY_KEY
0E10 CD5E10                CALL DELAY
0E13 AF                    XOR A              ;RESET A
0E14 D341                  OUT (PORT_B2),A
0E16 D1                    POP DE
0E17 DDE1                  POP IX
0E19 C9                    RET

               ;********** OUT_LCD_M1 **********

0E1A 3EC0      OUT_LCD_M1: LD A,C0H
0E1C CD6B01                CALL SET_DDRAM     ;SET FOR WRITE DATA
0E1F 3E58                  LD A,58H           ;58H = 'X'
0E21 D362                  OUT (WRDATA),A
0E23 CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E26 3E3D                  LD A,3DH           ;3DH = '='
0E28 D362                  OUT (WRDATA),A
0E2A CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E2D CD880E                CALL CNT2DG1       ;COUNT TO DIGIT M1
0E30 3A2880                LD A,(DIGIT1_M1)
0E33 D362                  OUT (WRDATA),A
0E35 CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E38 3A2980                LD A,(DIGIT2_M1)
0E3B D362                  OUT (WRDATA),A
0E3D CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E40 3A2A80                LD A,(DIGIT3_M1)
0E43 D362                  OUT (WRDATA),A
0E45 CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E48 3A2B80                LD A,(DIGIT4_M1)
0E4B D362                  OUT (WRDATA),A
0E4D CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E50 C9                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;********** OUT_LCD_M2 **********

0E51  3ECA      OUT_LCD_M2: LD A,CAH
0E53  CD6B01                CALL SET_DDRAM    ;SET FOR WRITE DATA
0E56  3E59                  LD A,59H          ;59H = 'Y'
0E58  D362                  OUT (WRDATA),A
0E5A  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E5D  3E3D                  LD A,3DH          ;3DH = '='
0E5F  D362                  OUT (WRDATA),A
0E61  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E64  CDB30E                CALL CNT2DG2      ;CALL COUNT TO DIGIT M2
0E67  3A2C80                LD A,(DIGIT1_M2)
0E6A  D362                  OUT (WRDATA),A
0E6C  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E6F  3A2D80                LD A,(DIGIT2_M2)
0E72  D362                  OUT (WRDATA),A
0E74  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E77  3A2E80                LD A,(DIGIT3_M2)
0E7A  D362                  OUT (WRDATA),A
0E7C  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E7F  3A2F80                LD A,(DIGIT4_M2)
0E82  D362                  OUT (WRDATA),A
0E84  CD7D01                CALL CHK_BUSY
0E87  C9                    RET


                ;********** COUNT TO DIGIT M1 **********

0E88  DD212480  CNT2DG1:    LD IX,COUNT_M1
0E8C  DD7E01                LD A,(IX+1)
0E8F  CDDE0E                CALL DET4U        ;DETECT 4 BIT UPPER
0E92  322880                LD (DIGIT1_M1),A
0E95  DD7E01                LD A,(IX+1)
0E98  E60F                  AND 0FH
0E9A  F630                  OR 30H            ;CONVERT TO LCD CODE
0E9C  322980                LD (DIGIT2_M1),A
0E9F  DD7E00                LD A,(IX)
0EA2  CDDE0E                CALL DET4U        ;DETECT 4 BIT UPPER
0EA5  322A80                LD (DIGIT3_M1),A
0EA8  DD7E00                LD A,(IX)
0EAB  E60F                  AND 0FH           ;Uses 4 bit lower
0EAD  F630                  OR 30H            ;CONVERT TO LCD CODE
0EAF  322B80                LD (DIGIT4_M1),A
0EB2  C9                    RET


                ;********** COUNT TO DIGIT M2 **********

0EB3  DD212680  CNT2DG2:    LD IX,COUNT_M2
0EB7  DD7E01                LD A,(IX+1)
0EBA  CDDE0E                CALL DET4U        ;DETECT 4 BIT UPPER
0EBD  322C80                LD (DIGIT1_M2),A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0EC0  DD7E01                  LD A,(IX+1)
0EC3  E60F                    AND 0FH
0EC5  F630                    OR 30H              ;CONVERT TO LCD CODE
0EC7  322D80                  LD (DIGIT2_M2),A
0ECA  DD7E00                  LD A,(IX)
0ECD  CDDE0E                  CALL DET4U          ;DETECT 4 BIT UPPER
0ED0  322E80                  LD (DIGIT3_M2),A
0ED3  DD7E00                  LD A,(IX)
0ED6  E60F                    AND 0FH             ;Uses 4 bit lower
0ED8  F630                    OR 30H              ;CONVERT TO LCD CODE
0EDA  322F80                  LD (DIGIT4_M2),A
0EDD  C9                      RET


                ;********** DETECT 4 BIT UPPER **********

0EDE  E6F0      DET4U:        AND F0H             ;Uses 4 bit upper
0EE0  CB0F                    RRC A
0EE2  CB0F                    RRC A
0EE4  CB0F                    RRC A
0EE6  CB0F                    RRC A
0EE8  F630                    OR 30H              ;CONVERT TO LCD CODE
0EEA  C9                      RET


                ;********** KEY_IN **********
                ;Return Register A  ( DATA KEY )

0EEB  C5        KEY_IN:       PUSH BC
0EEC  D5                      PUSH DE
0EED  FD218010  KEY_IN0:      LD IY,DLY_LIGHT
0EF1  FD4600                  LD B,(IY)
0EF4  FD4E01    DLY_K03:      LD C,(IY+1)
0EF7  FD5602    DLY_K02:      LD D,(IY+2)
0EFA  CD0C10    DLY_K01:      CALL SCAN
0EFD  DB42                    IN A,(PORT_C2)
0EFF  2F                      CPL                 ;COMPLEMENT
0F00  E6F0                    AND F0H             ;PUSH KEY ?
0F02  2019                    JR NZ,KEY_IN04      ;Y -> KEY_IN20
0F04  15                      DEC D
0F05  20F3                    JR NZ,DLY_K01
0F07  0D                      DEC C
0F08  20ED                    JR NZ,DLY_K02
0F0A  10E8                    DJNZ DLY_K03
0F0C  3A1E80                  LD A,(LIGHT_FLG)
0F0F  FE02                    CP 02H              ;LIGHT AUTO ?
0F11  2050                    JR NZ,KEY_IN200     ;N->KEY_IN0
0F13  3E00                    XOR A
0F15  321F80                  LD (LIGHT_OUT),A    ;LIGHT OFF
0F18  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0F1B  18D0                    JR KEY_IN0
0F1D  F5        KEY_IN04:     PUSH AF
0F1E  3A1E80                  LD A,(LIGHT_FLG)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0F21  FE02                    CP 02H              ;LIGHT AUTO ?
0F23  2008                    JR NZ,KEY_NXT       ;N->KEY_NXT
0F25  3E04                    LD A,LIGHT_ON
0F27  321F80                  LD (LIGHT_OUT),A
0F2A  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0F2D  F1          KEY_NXT.    POP AF
0F2E  320280                  LD (DATA_LOW),A
0F31  5F                      LD E,A
0F32  3A0180                  LD A,(COL_SCAN)
0F35  E60F                    AND 0FH
0F37  B3                      OR E                ;A<-DATA_LOW+COL_SCAN
0F38  F5                      PUSH AF
0F39  FE11                    CP 11H
0F3B  201C                    JR NZ,L_KEY3
0F3D  321580                  LD (OLD_KEY),A
0F40  3A2180                  LD A,(LASER_OUT)
0F43  FE02                    CP LASER_ON
0F45  2807                    JR Z,L_KEY1
0F47  CD2810                  CALL SOUND21
0F4A  3E02                    LD A,LASER_ON       ;LASER ON
0F4C  1805                    JR L_KEY2
0F4E  CD1B10      L_KEY1:     CALL SOUND1
0F51  3E00                    XOR A
0F53  322180      L_KEY2:     LD (LASER_OUT),A    ;LASER OFF
0F56  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0F59  F1          L_KEY3:     POP AF
0F5A  D1                      POP DE
0F5B  C1                      POP BC
0F5C  C9                      RET                 ;RETERN REGISTER A

                  ;********** KEY_IN2 **********
                  ;Return Register A  ( DATA KEY )

0F5D  C5          KEY_IN2:    PUSH BC
0F5E  D5                      PUSH DE
0F5F  AF                      XOR A
0F60  322280                  LD (SYNC_FLG),A
0F63  FD218010    KEY_IN200:  LD IY,DLY_LIGHT
0F67  FD4600                  LD B,(IY)
0F6A  FD4E01      DLY_K23:    LD C,(IY+1)
0F6D  FD5602      DLY_K22:    LD D,(IY+2)
0F70  CD0C10      DLY_K21:    CALL SCAN
0F73  DB42                    IN A,(PORT_C2)
0F75  2F                      CPL                 ;COMPLEMENT
0F76  E6F0                    AND F0H             ;PUSH KEY ?
0F78  2021                    JR NZ,KEY_IN20      ;Y -> KEY_IN20
0F7A  3A2280                  LD A,(SYNC_FLG)
0F7D  FE01                    CP 01H
0F7F  CAF40F                  JP Z,L_KEY24
0F82  15          KEY_N2:     DEC D
0F83  20EB                    JR NZ,DLY_K21
0F85  0D                      DEC C
```

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0F86  20E5                    JR NZ,DLY_K22
0F88  10E0                    DJNZ DLY_K23
0F8A  3A1E80                  LD A,(LIGHT_FLG)
0F8D  FE02                    CP 02H              ;LIGHT AUTO ?
0F8F  20D2                    JR NZ,KEY_IN200     ;N->KEY_IN200
0F91  3E00                    XOR A
0F93  321F80                  LD (LIGHT_OUT),A    ;LIGHT OFF
0F96  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0F99  18C8                    JR KEY_IN200
0F9B  3A1E80    KEY_IN20:     LD A,(LIGHT_FLG)
0F9E  FE02                    CP 02H              ;LIGHT AUTO ?
0FA0  2008                    JR NZ,KEY2_NXT      ;N->KEY2_NXT
0FA2  3E04                    LD A,LIGHT_ON
0FA4  321F80                  LD (LIGHT_OUT),A
0FA7  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0FAA  FD217410  KEY2_NXT:     LD IY,DLY_10MS      ;DELAY NOISE
0FAE  CD5E10                  CALL DELAY
0FB1  DB42                    IN A,(PORT_C2)
0FB3  2F                      CPL                 ;COMPLEMENT
0FB4  E6F0                    AND F0H             ;PUSH KEY ?
0FB6  28AB                    JR Z,KEY_IN200      ;N -> KEY_IN200
0FB8  320280                  LD (DATA_LOW),A
0FBB  5F                      LD E,A
0FBC  3A0180                  LD A,(COL_SCAN)
0FBF  E60F                    AND 0FH
0FC1  B3                      OR E                ;A<-DATA_LOW+COL_SCAN
0FC2  211580                  LD HL,OLD_KEY
0FC5  BE                      CP (HL)             ;PUSH KEY OLD ?
0FC6  2007                    JR NZ,KEY_IN22      ;N -> KEY_IN22
0FC8  DB42      KEY_IN21:     IN A,(PORT_C2)
0FCA  2F                      CPL                 ;COMPLEMENT
0FCB  E6F0                    AND F0H             ;PUSH KEY ?
0FCD  20F9                    JR NZ,KEY_IN21      ;Y -> KEY_IN21
0FCF  321580    KEY_IN22:     LD (OLD_KEY),A
0FD2  F5                      PUSH AF
0FD3  FE11                    CP 11H              ;KEY LASER
0FD5  201C                    JR NZ,L_KEY23
0FD7  321580                  LD (OLD_KEY),A
0FDA  3A2180                  LD A,(LASER_OUT)
0FDD  FE02                    CP LASER_ON
0FDF  2807                    JR Z,L_KEY21
0FE1  CD2810                  CALL SOUND21
0FE4  3E02                    LD A,LASER_ON       ;LASER ON
0FE6  1805                    JR L_KEY22
0FE8  CD1B10    L_KEY21:      CALL SOUND1
0FEB  3E00                    XOR A
0FED  322180    L_KEY22:      LD (LASER_OUT),A    ;LASER OFF
0FF0  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
0FF3  F1        L_KEY23:      POP AF
0FF4  D1        L_KEY24:      POP DE
0FF5  C1                      POP BC
0FF6  C9                      RET                 ;RETERN REGISTER A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;********** KEY_IN3 **********
                ;Return Register A  ( DATA KEY )

0FF7  D5        KEY_IN3:    PUSH DE
0FF8  CD0C10                CALL SCAN
0FFB  DB42                  IN A,(PORT_C2)
0FFD  2F                    CPL             ;COMPLEMENT
0FFE  E6F0                  AND F0H         ;PUSH KEY ?
1000  320280                LD (DATA_LOW),A
1003  5F                    LD E,A
1004  3A0180                LD A,(COL_SCAN)
1007  E60F                  AND 0FH
1009  B3                    OR E            ;A<-DATA_LOW+COL_SCAN
100A  D1                    POP DE
100B  C9                    RET             ;RETURN REGISTER A

                ;********** SCAN **********

100C  3A0180    SCAN:       LD A,(COL_SCAN)
100F  3C                    INC A
1010  FE09                  CP MAX_SCAN+1   ;OVER LAST COL SCAN ?
1012  2001                  JR NZ,SCAN_NXT  ;N -> SCAN_NXT
1014  AF                    XOR A
1015  320180    SCAN_NXT:   LD (COL_SCAN),A
1018  D342                  OUT (PORT_C2),A
101A  C9                    RET

                ;********** SOUND1 **********

101B  E5        SOUND1:     PUSH HL
101C  C5                    PUSH BC
101D  0E1F                  LD C,FREQ1
101F  21FF06                LD HL,LANGTH1
1022  CD3510                CALL SOUND
1025  C1                    POP BC
1026  E1                    POP HL
1027  C9                    RET

                ;********** SOUND21 **********

1028  E5        SOUND21:    PUSH HL
1029  C5                    PUSH BC
102A  0E6F                  LD C,FREQ2
102C  21FF0F                LD HL,LANGTH2
102F  CD3510                CALL SOUND
1032  C1                    POP BC
1033  E1                    POP HL
1034  C9                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ;********** SOUND **********
                ;INPUT   C ( Frequency )
                ;        HL ( Langth )

1035  D5        SOUND:        PUSH DE
1036  C5                      PUSH BC
1037  E5                      PUSH HL
1038  3A1A80                  LD A,(SOUND_FLAG)
103B  FE00                    CP 00H
103D  280E                    JR Z,SOUND01
103F  1600      SOUND0:       LD D,00H
1041  3E01                    LD A,SOUND_ON
1043  CD5110                  CALL SOUND2
1046  AF                      XOR A
1047  CD5110                  CALL SOUND2
104A  15                      DEC D
104B  20F2                    JR NZ,SOUND0
104D  E1        SOUND01:      POP HL
104E  C1                      POP BC
104F  D1                      POP DE
1050  C9                      RET


                ;********** SOUND2 **********
                ;INPUT  C , HL

1051  321D80    SOUND2:       LD (SOUND_OUT),A
1054  CDD906                  CALL OUT_PORT_A
1057  59                      LD E,C
1058  2B        SOUND3:       DEC HL
1059  7C                      LD A,H
105A  B5                      OR L
105B  2001                    JR NZ,SOUND4
105D  14                      INC D
105E  1D        SOUND4:       DEC E
105F  20F7                    JR NZ,SOUND3
1061  C9                      RET


                ;********** DELAY **********
                ;INPUT  IY

1062  C5        DELAY:        PUSH BC
1063  D5                      PUSH DE
1064  FD4600                  LD B,(IY)
1067  FD4E01    DLY3:         LD C,(IY+1)
106A  FD5602    DLY2:         LD D,(IY+2)
106D  15        DLY1:         DEC D
106E  20FD                    JR NZ,DLY1
1070  0D                      DEC C
1071  20F7                    JR NZ,DLY2
1073  10F2                    DJNZ DLY3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1075  D1                        POP DE
1076  C1                        POP BC
1077  C9                        RET


1078  012FFF   DLY_10MS:        DEFB 01H,2FH,FFH    ;USES IN
                                                     [KEYIN_2,KEYIN_3]
107B  012FFF   DLY_KEY:         DEFB 01H,2FH,FFH    ;USES IN [OUT MOTOR]
107E  02C0FF   DLY_SHW:         DEFB 02H,C0H,FFH    ;USES IN [KEY_MEM]
1081  03FFFF   DLY_SHW1:        DEFB 03H,FFH,FFH    ;USES IN
                                                     MENU: ON,OFF,AUTO
1084  03FFFF   DLY_LIGHT:       DEFB 03H,FFH,FFH    ;DELAY LIGHT ON
1087  00000000 ZERO_POINT:      DEFB 00H,00H,00H,00H
108B  43482E20 TAB_CH:          DEFB 43H,48H,2EH, 20H,20H, 20H,20H,20H
108F  20202020                  ;"Ch."
1093  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1097  20202020
109B  204D616E TAB_MANUAL:      DEFB 20H,4DH,61H,6EH,75H,61H,6CH,20H
109F  75616C20                  ;"Manual"
10A3  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10A7  20202020
10AB  20417574 TAB_AUTO:        DEFB 20H,41H,75H,74H,6FH,20H,20H,20H
10AF  6F202020                  ;"Auto"
10B3  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10B7  20202020
10BB  20537465 TAB_STEP:        DEFB 20H,53H,74H,65H,70H,20H,20H,20H
10BF  70202020
10C3  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10C7  20202020                  ;"Step"
10CB  20436F6E TAB_CONFIG:      DEFB 20H,43H,6FH,6EH,66H,69H,67H,2EH
10CF  6669672E                  ;"Config"
10D3  2E202020                  DEFB 2EH,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10D7  20202020

10DB  204D656D TAB_MEM2:        DEFB 20H,4DH,65H,6DH,6FH,72H,79H,20H
10DF  6F727920                  ;"Memory"
10E3  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10E7  20202020
10EB  2052756E TAB_RUN:         DEFB 20H,52H,75H,6EH,2EH,20H,20H,20H
10EF  2E202020                  ;"Run"
10F3  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
10F7  20202020

10FB  20537461 TAB_SET:         DEFB 20H,53H,74H,61H,72H,74H,20H,50H
11FF  72742050                  ;"Start
1103  6F696E74                  DEFB 6FH,69H,6EH,74H,20H,20H,20H,20H
1107  20202020                  ; Point"
110B  2044656C TAB_DLY:         DEFB 20H,44H,65H,6CH,61H,79H,20H,41H
110F  61792041                  ;"Delay"
1113  75746F20                  DEFB 75H,74H,6FH,20H,20H,20H,20H,20H
1117  20202020                  ; "Auto"
111B  20536F75 TAB_SOUND:       DEFB 20H,53H,6FH,75H,6EH,64H,2EH,20H
111F  6E642E20                  ;"Sound"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1123  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1127  20202020
112B  204C6967  TAB_LIGHT:     DEFB 20H,4CH,69H,67H,68H,74H,2EH,20H
112F  68742E20                  ;"Light"
1133  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1137  20202020

113B  20202053  TAB_S_ON:      DEFB 20H,20H,20H,53H,6FH,75H,6EH,64H
113F  6F756E64                  ;"Sound"
1143  204F6E20                  DEFB 20H,4FH,6EH,20H,20H,20H,20H,20H
1147  20202020                  ; "On"
114B  20202053  TAB_S_OFF:     DEFB 20H,20H,20H,53H,6FH,75H,6EH,64H
114F  6F756E64                  ;"Sound"
1153  204F6666                  DEFB 20H,4FH,66H,66H,20H,20H,20H,20H
1157  20202020                  ; "Off"

115B  20417574  TAB_L_AUTO:    DEFB 20H,41H,75H,74H,6FH,20H,20H,20H
115F  6F202020                  ;"Auto"
1163  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1167  20202020
116B  204F6E20  TAB_ON:        DEFB 20H,4FH,6EH,20H,20H,20H,20H,20H
116F  20202020                  ;"On"
1173  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1177  20202020
117B  204F6666  TAB_OFF:       DEFB 20H,4FH,66H,66H,20H,20H,20H,20H
117F  20202020                  ;"Off"
1183  20202020                  DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H
1187  20202020

118B  20202041  TAB_L_AT:      DEFB 20H,20H,20H,41H,75H,74H,6FH,6DH
118F  75746F6D                  ;"Automatic"
1193  61746963                  DEFB 61H,74H,69H,63H,20H,20H,20H,20H
1197  20202020
119B  2020204C  TAB_L_ON:      DEFB 20H,20H,20H,4CH,69H,67H,68H,74H
119F  69676874                  ;"Light On"
11A3  204F6E20                  DEFB 20H,4FH,6EH,20H,20H,20H,20H,20H
11A7  20202020
11AB  2020204C  TAB_L_OFF:     DEFB 20H,20H,20H,4CH,69H,67H,68H,74H
11AF  69676874                  ;"Light Off"
11B3  204F6666                  DEFB 20H,4FH,66H,66H,20H,20H,20H,20H
11B7  20202020

11BB  20546869  TAB_START1     DEFB 20H,54H,68H,69H,73H,20H,70H,6FH
11BF  7320706F                  ;"This point"
11C3  696E7420                  DEFB 69H,6EH,74H,20H,69H,73H,20H,20H
11C7  69732020
11CB  20207374  TAB_START2     DEFB 20H,20H,73H,74H,61H,72H,74H,20H
11CF  61727420                  ;"start"
11D3  706F696E                  DEFB 70H,6FH,69H,6EH,74H,20H,20H,20H
11D7  74202020                  ; point"

11DB  2044656C  TAB_DLY2:      DEFB 20H,44H,65H,6CH,61H,79H,20H,3AH
11DF  6179203A                  ;"Delay
```

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
11E3  20202020                DEFB 20H,20H,20H,20H,53H,65H,63H,2EH
11E7  5365632E                ; Auto"

11EB  5B4D454D TAB_MEM:       DEFB 5BH,4DH,45H,4DH,4DH,4FH,52H,59H
11EF  4D4F5259                ;"[MEMMORY]"
11F3  5D                      DEFB 5DH

11F4  00010203  TAB_ARROW2:   DEFB 00H,01H,02H,03H,04H,05H
11F8  0405                    ;ARROW RIGH

11FA  504F5349  TAB_TITLE1:   DEFB 50H,4FH,53H,49H,54H,49H,4FH,4EH
11FE  54494F4E                ;"POSITION
1202  20504F49                DEFB 20H,50H,4FH,49H,4EH,54H,49H,4EH
1206  4E54494E                ; POINTING
120A  47204259                DEFB 47H,20H,42H,59H,20H,4CH,41H,53H
120E  204C4153                ; BY LASER
1212  4552504F                DEFB 45H,52H,50H,4FH,49H,4EH,54H,45H
1216  494E5445                ;  POINTER"
121A  52202020                DEFB 52H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H ;
121E  20202020
1222  20202020                DEFB 20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H,20H ;
1226  20202020
122A  2020                    DEFB 20H,20H

              ;******************** SET ARROW UP,DOWN ******************

122C  080C0E0F  TAB_ARROW:    DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1230  0E0C0800                ;00:RIGH
1234  080C0E0F                DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1238  0E0C0800                ;01:RIGH
123C  080C0E0F                DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1240  0E0C0800                ;02:RIGH
1244  080C0E0F                DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1248  0E0C0800                ;03:RIGH
124C  080C0E0F                DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1250  0E0C0800                ;04:RIGH
1254  080C0E0F                DEFB 08H,0CH,0EH,0FH,0EH,0CH,08H,00H
1258  0E0C0800                ;05:RIGH
125C  040E1F00                DEFB 04H,0EH,1FH,00H,00H,00H,00H,00H
1260  00000000                ;06:UP
1264  00000000                DEFB 00H,00H,00H,00H,00H,1FH,0EH,04H
1268  001F0E04                ;07:DOWN
              ;*********************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7404, LS04, S04
Inverters

Hex Inverter
Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7404	10ns	12mA
74LS04	9.5ns	2.4mA
74S04	3ns	22mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N7404N, N74LS04N, N74S04N
Plastic SO	N74LS04D, N74S04D

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

INPUT	OUTPUT
A	Y
L	H
H	L

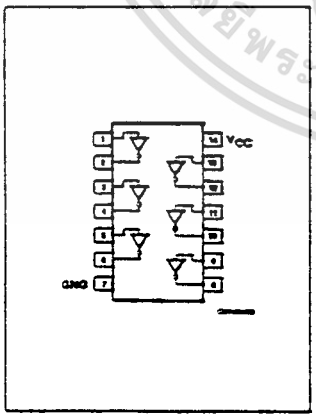
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

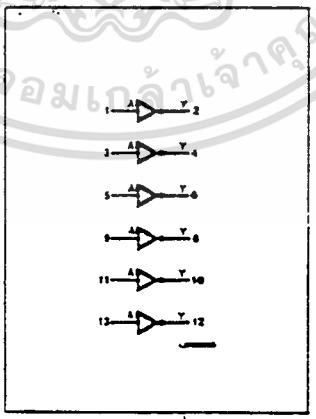
PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A	Input	1ul	1Sul	1LSul
Y	Output	10ul	10Sul	10LSul

NOTE:
Where a 74 unit load (ul) is understood to be 40µA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}, a 74S unit load (Sul) is 50µA I_{IH} and −2.0mA I_{IL}, and 74LS unit load (LSul) is 20µA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

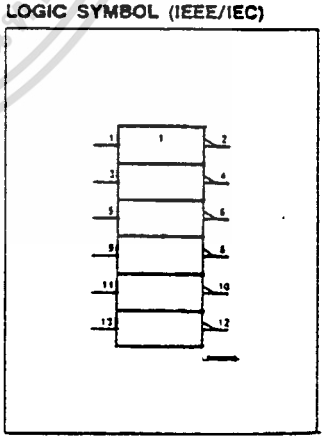
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Logic Products

7406, 07
Inverter/Buffer/Drivers

'06 Hex Inverter Buffer/Driver (Open Collector)
'07 Hex Buffer/Driver (Open Collector)
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7406	10ns (t_{PLH}) 15ns (t_{PHL})	31mA
7407	6ns (t_{PLH}) 20ns (t_{PHL})	25mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N7406N, N7407N
Plastic SO	N7406D, N7407D

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

'06		'07	
INPUT	OUTPUT	INPUT	OUTPUT
A	Y	A	Y
H	L	H	H
L	H	L	L

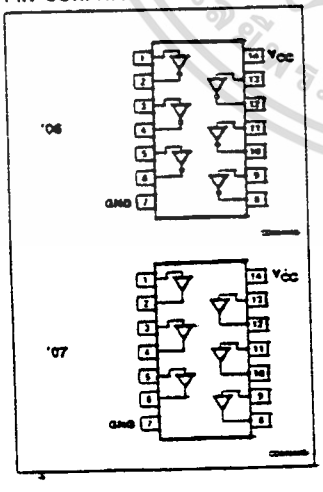
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

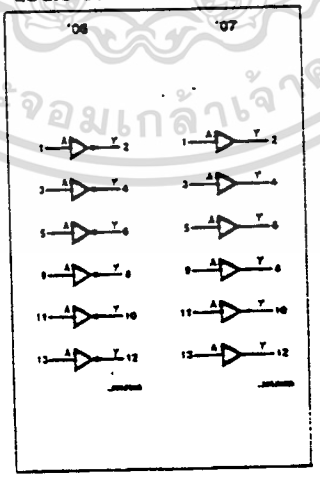
PINS	DESCRIPTION	74
A	Input	1ul
Y	Output	10ul

NOTE:
Where a 74 unit load (ul) is understood to be 40μA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}.

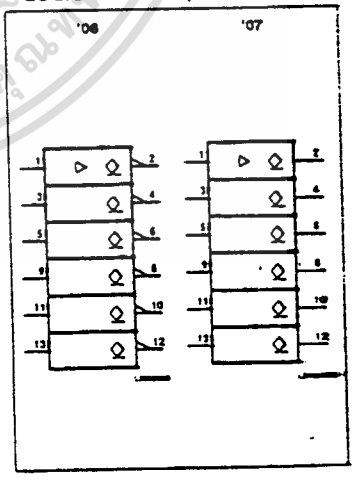
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS139, S139
Decoders/Demultiplexers

Dual 1-of-4 Decoder/Demultiplexer
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- Demultiplexing capability
- Two independent 1-of-4 decoders
- Multifunction capability
- Replaces 9321 and 93L21 for higher performance

DESCRIPTION

The '139 is a high-speed, dual 1-of-4 decoder/demultiplexer. This device has two independent decoders, each accepting two binary weighted inputs (A_0, A_1) and providing four mutually exclusive active LOW outputs ($\overline{0} - \overline{3}$). Each decoder has an active LOW Enable ($\overline{E}$). When $\overline{E}$ is HIGH, every output is forced HIGH. The Enable can be used as the Data input for a 1-of-4 demultiplexer application.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY (ENABLE AT 2 LOGIC LEVELS)	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS139	19ns	6.8mA
74S139	6ns	60mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N74S139N, N74LS139N
Plastic SO	N74LS139D, N74S139D

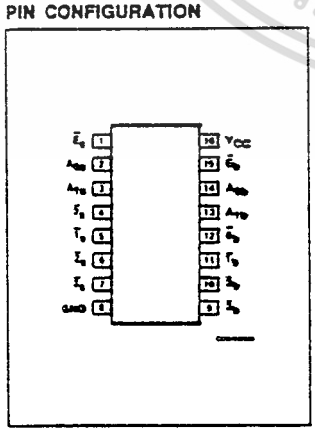
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

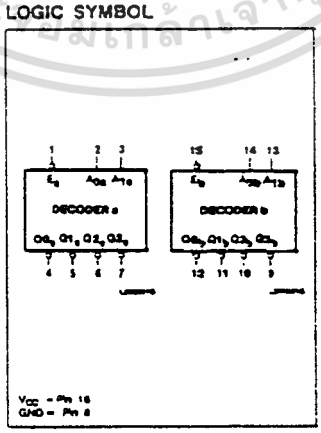
PINS	DESCRIPTION	74S	74LS
All	Inputs	1Sul	1LSul
All	Outputs	10Sul	10LSul

NOTE:
A 74S unit load (Sul) is 50µA I_{IH} and −2.0mA I_{IL}, and a 74LS unit load (LSul) is 20µA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

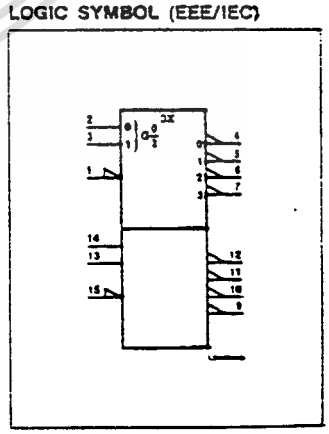
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL

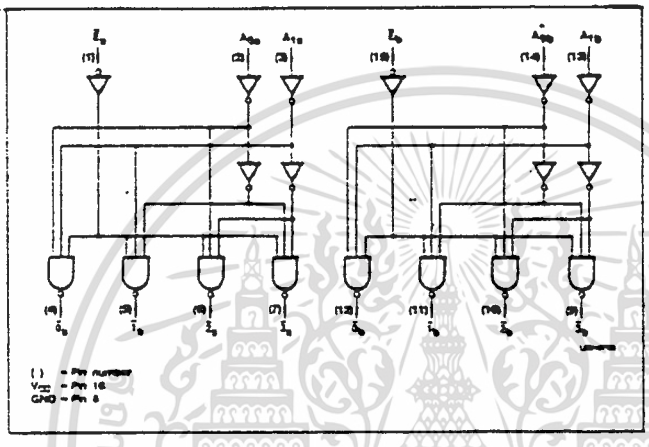


LOGIC SYMBOL (EEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUTS			
$\overline{E}$	A_0	A_1	$\overline{O}$	$\overline{1}$	$\overline{2}$	$\overline{3}$
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

	PARAMETER	74LS	74S	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	7.0	7.0	V
V_{IN}	Input voltage	−0.5 to +7.0	−0.5 to +5.5	V
I_{IN}	Input current	−30 to +1	−30 to +5	mA
V_{OUT}	Voltage applied to output in HIGH output state	−0.5 to +V_{CC}	−0.5 to +V_{CC}	V
T_A	Operating free-air temperature range	0 to 70		°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

	PARAMETER	74LS			74S			UNIT
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC}	Supply voltage	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage	2.0			2.0			V
V_{IL}	LOW-level input voltage			+0.8			+0.8	V
I_{IK}	Input clamp current			−18			−18	mA
I_{OH}	HIGH-level output current			−400			−1000	µA
I_{OL}	LOW-level output current			8			20	mA
T_A	Operating free-air temperature	0		70	0		70	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74145
Decoder/Driver

BCD-To-Decimal Decoder/Driver (Open Collector)
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- 80mA output drive capability
- 15V output breakdown voltage
- See '45 for 30V output voltage
- See '42 for standard TTL outputs

DESCRIPTION

The '145 is a 1-of-10 decoder with Open Collector outputs. This decoder accepts BCD inputs on the A_0 to A_3 address lines and generates 10 mutually exclusive active LOW outputs. When an input code greater than "9" is applied, all outputs are HIGH. This device can therefore be used as a 1-of-8 decoder with A_3 used as an active LOW enable.

The '145 features an output breakdown voltage of 15V. This device is ideal as a lamp or solenoid driver.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74145	24ns	43mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N74145N
Plastic SO	N74145D

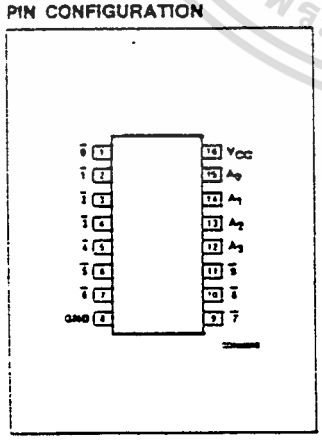
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

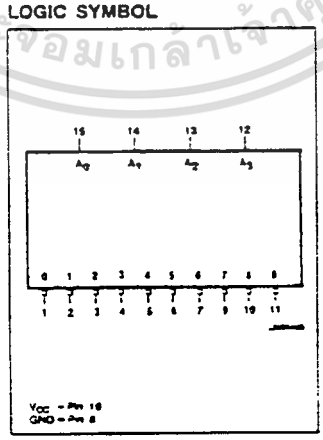
PINS	DESCRIPTION	74
All	Inputs	1ul
All	Outputs	12.5ul

NOTE:
Where a 74 unit load (ul) is understood to be 40µA I_{IH} and −1.6mA I_{IL}.

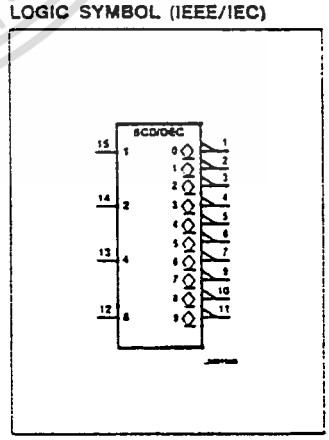
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



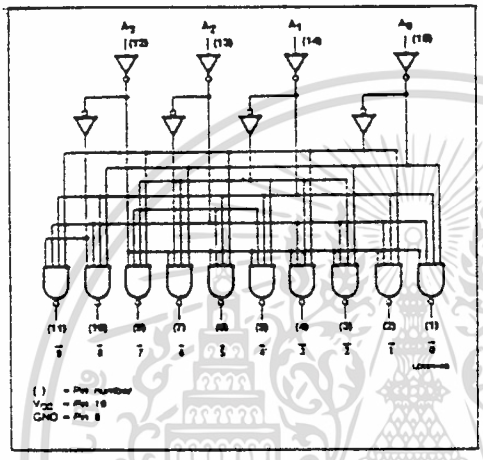
LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decoder/Driver 74145

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

A_3	A_2	A_1	A_0	$\overline{0}$	$\overline{1}$	$\overline{2}$	$\overline{3}$	$\overline{4}$	$\overline{5}$	$\overline{6}$	$\overline{7}$	$\overline{8}$	$\overline{9}$
L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = HIGH voltage levels
L = LOW voltage levels

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

	PARAMETER	74	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	7.0	V
V_{IN}	Input voltage	−0.5 to +5.5	V
I_{IN}	Input current	−30 to +5	mA
V_{OUT}	Voltage applied to output in HIGH output state	−0.5 to +15	V
T_A	Operating free-air temperature range	0 to 70	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

	PARAMETER	74			UNIT
		Min	Nom	Max	
V_{CC}	Supply voltage	4.75	5.0	5.25	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage	2.0			V
V_{IL}	LOW-level input voltage			+0.8	V
I_{IK}	Input clamp current			−12	mA
V_{OH}	HIGH-level output voltage			15	V
I_{OL}	LOW-level output current			80	mA
T_A	Operating free-air temperature	0		70	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

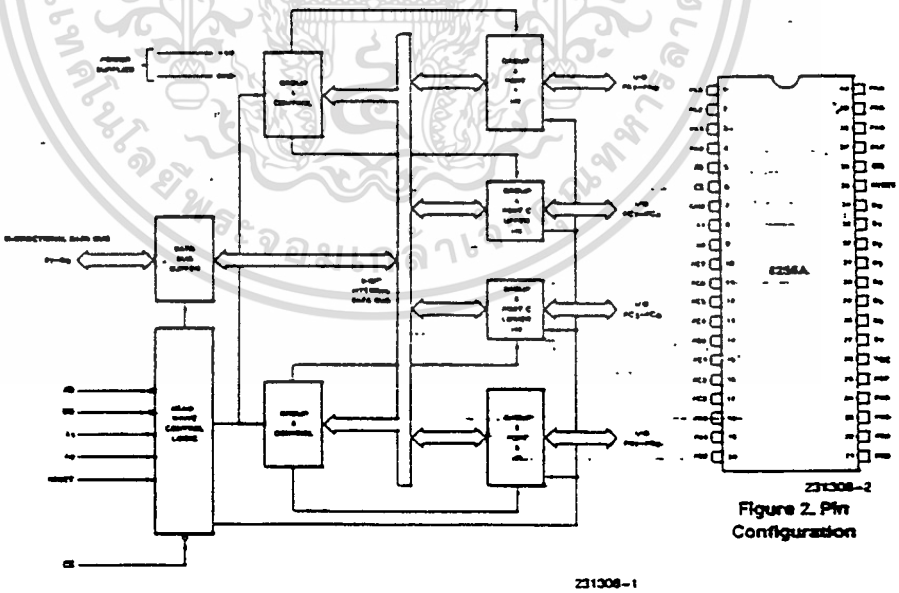
intel®

8255A/8255A-5
PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- MCS-85™ Compatible 8255A-5
- 24 Programmable I/O Pins
- Completely TTL Compatible
- Fully Compatible with Intel Microprocessor Families
- Improved Timing Characteristics
- Direct Bit Set/Reset Capability Easing Control Application Interface
- Reduces System Package Count
- Improved DC Driving Capability
- Available in EXPRESS
  - —Standard Temperature Range
  - —Extended Temperature Range
- 40 Pin DIP Package or 44 Lead PLCC

(See Intel Packaging: Order Number: 231369)

The Intel 8255A is a general purpose programmable I/O device designed for use with Intel microprocessors. It has 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. In the first mode (MODE 0), each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 to be input or output. In MODE 1, the second mode, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. Of the remaining 4 pins, 3 are used for handshaking and interrupt control signals. The third mode of operation (MODE 2) is a bidirectional bus mode which uses 8 lines for a bidirectional bus, and 5 lines, borrowing one from the other group, for handshaking.



231308-1

Figure 1. 8255A Block Diagram

231308-2

Figure 2. Pin Configuration

September 1987
Order Number: 231308-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words: it accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

($\overline{CS}$)

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

($\overline{RD}$)

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

($\overline{WR}$)

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A_0 and A_1)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A_0 and A_1).

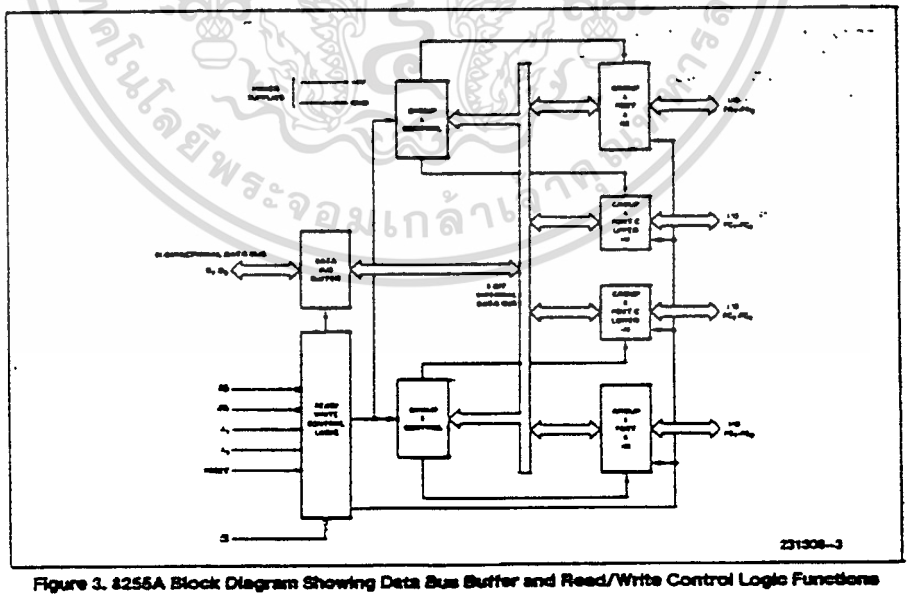


Figure 3. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A BASIC OPERATION

A_1	A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
					Output Operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus → 3-State
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Data Bus → 3-State

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7–C4)

Control Group B—Port B and Port C lower (C3–C0)

The Control Word Register can Only be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

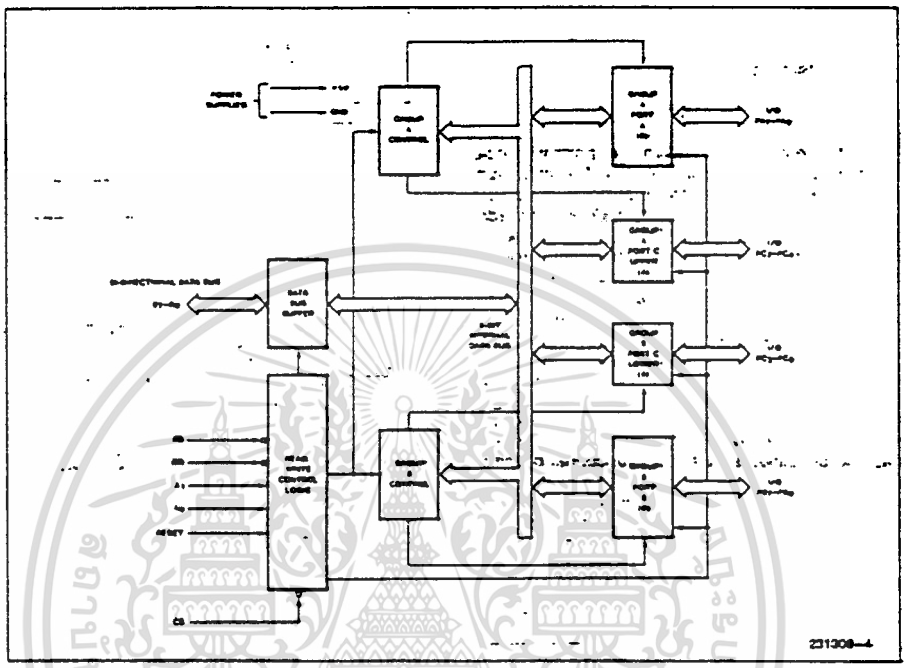
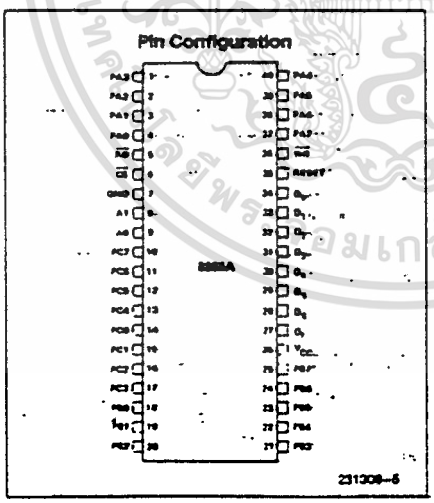


Figure 4. 8225A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



Pin Names

D_7–D_0	Data Bus (Bi-Directional)
RESET	Reset Input
$\overline{CS}$	Chip Select
$\overline{RD}$	Read Input
$\overline{WR}$	Write Input
A0, A1	Port Address
PA7–PA0	Port A (BIT)
PB7–PB0	Port B (BIT)
PC7–PC0	Port C (BIT)
V_{CC}	+5 Volts
GND	0 Volts

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

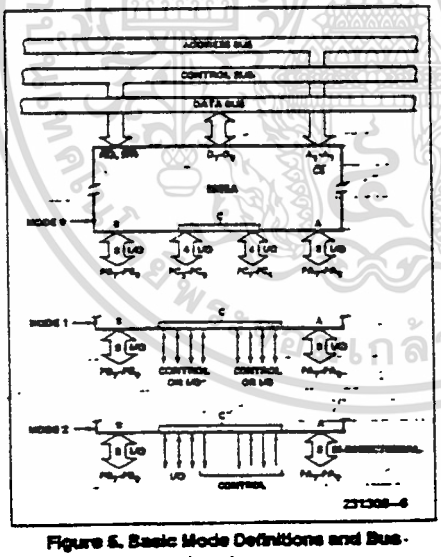


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

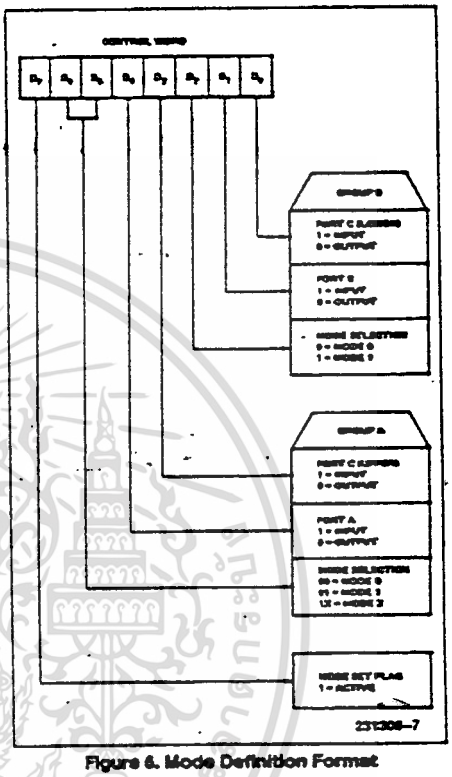


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTput instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

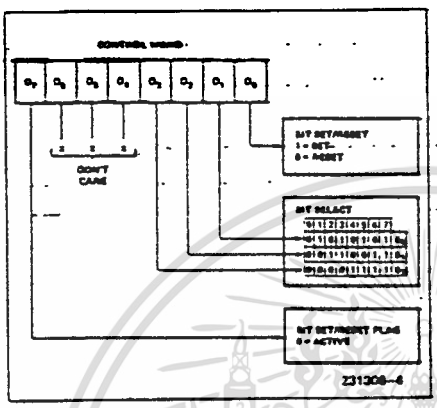


Figure 7. Bit Set/Reset Format

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

Interrupt Control Functions

When the 8255A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is set—Interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

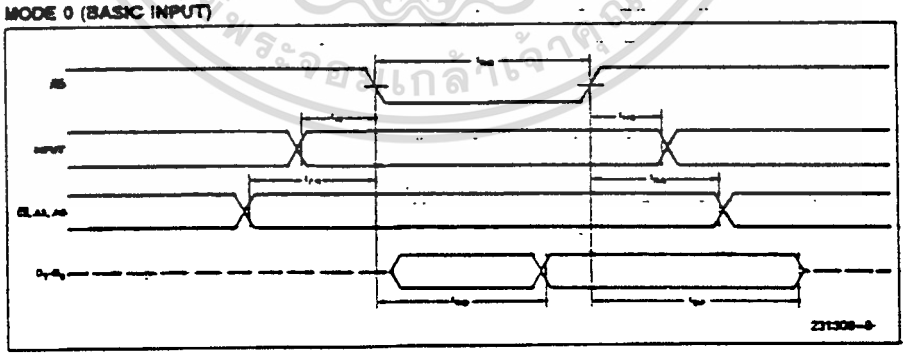
NOTE:
All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

Operating Modes

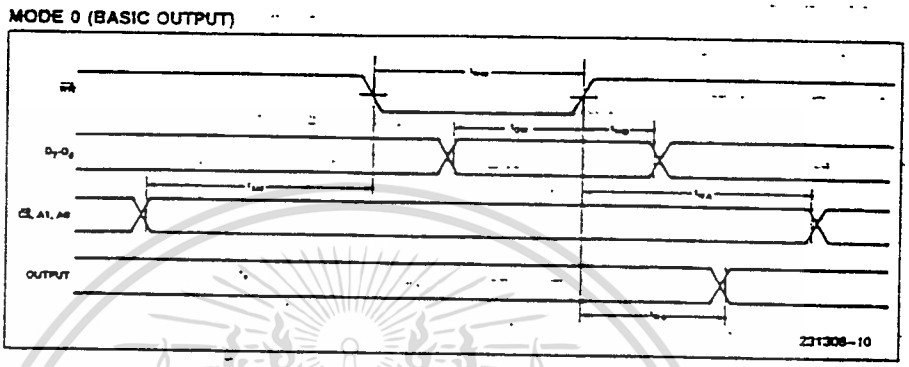
MODE 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

Mode 0 Basic Functional Definitions:

- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

MODE 0 (BASIC INPUT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 (BASIC OUTPUT)

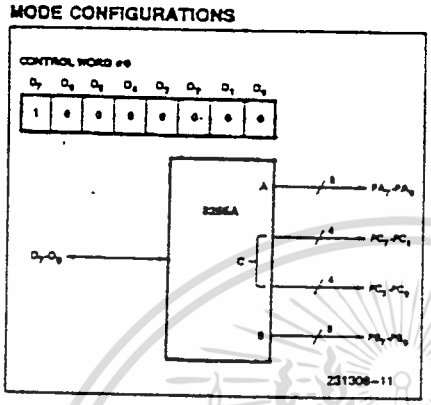


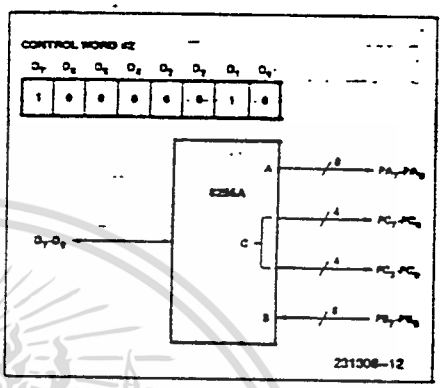
MODE 0 PORT DEFINITION

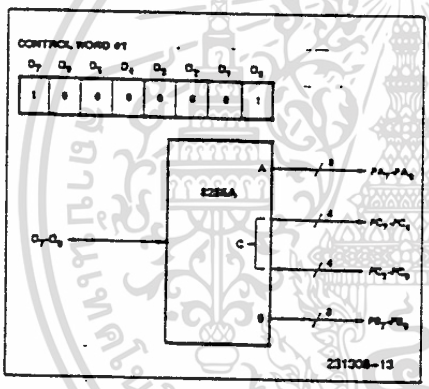
A		B		Group A			Group B	
D_4	D_3	D_1	D_0	Port A	Port C (Upper)	#	Port B	Port C (Lower)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

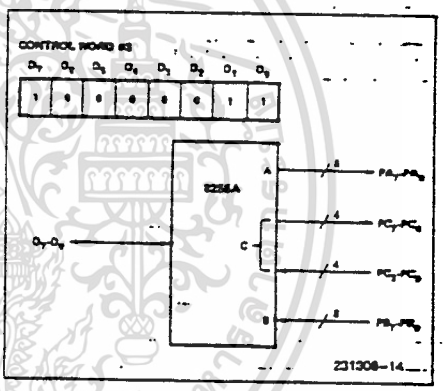
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

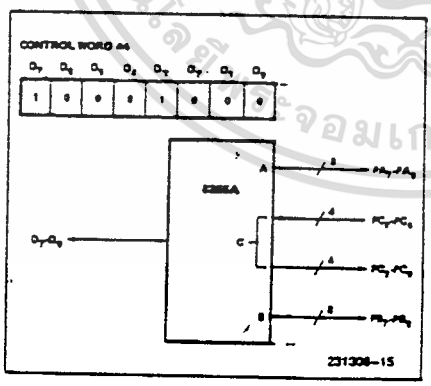
MODE CONFIGURATIONS

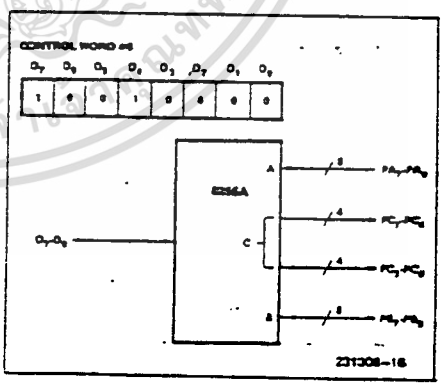




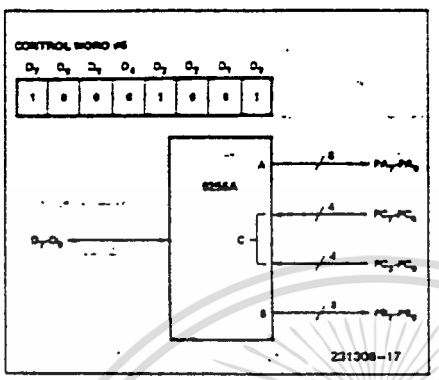


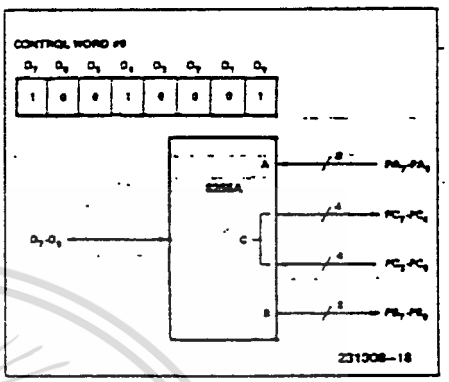


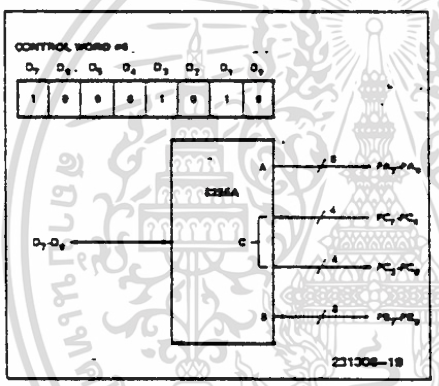


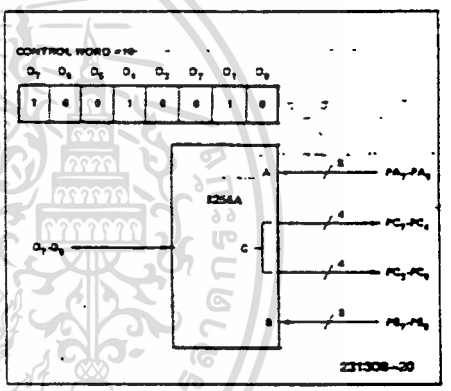


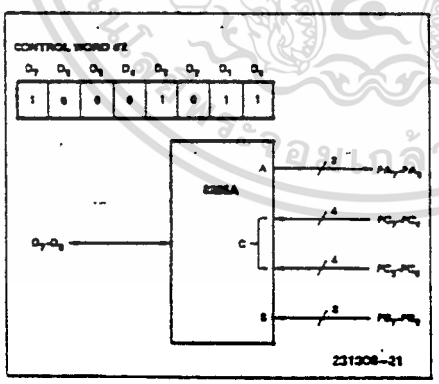
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

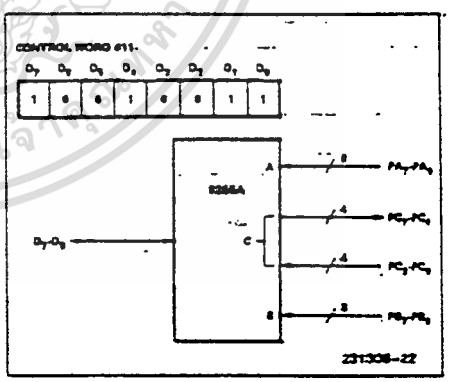




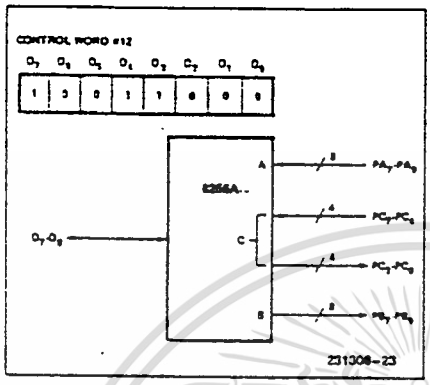


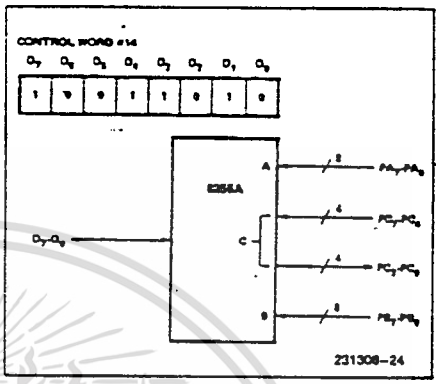


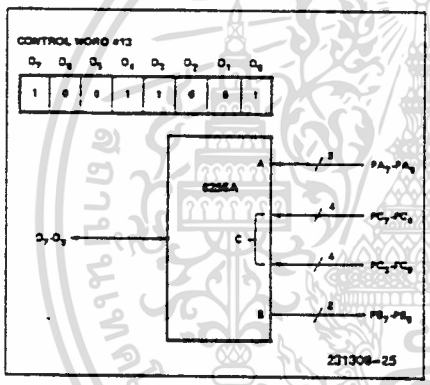


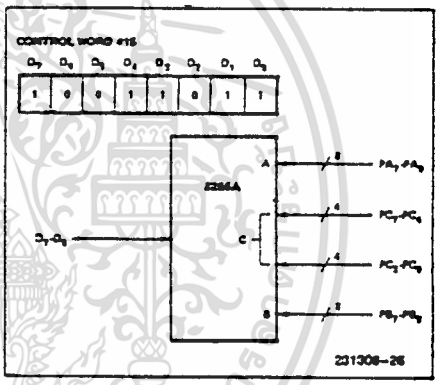


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, port A and port B use the lines on port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic Functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B)
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

Input Control Signal Definition

$\overline{STB}$ (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the $\overline{STB}$ is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of $\overline{RD}$. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_4.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2.

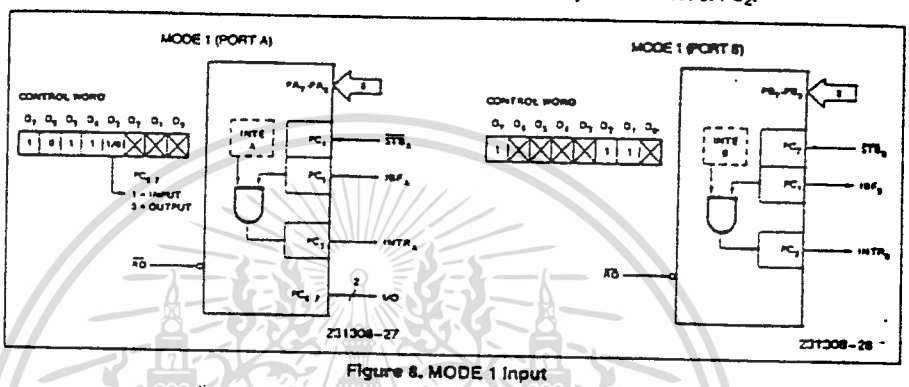


Figure 8. MODE 1 Input

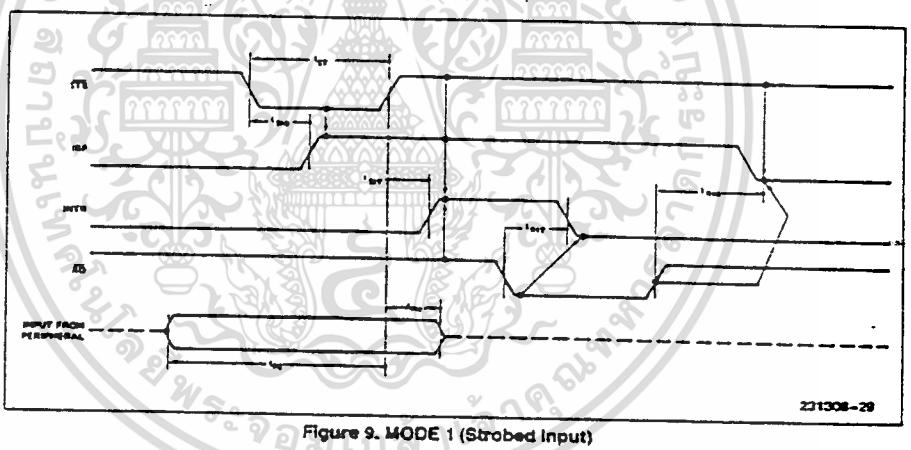


Figure 9. MODE 1 (Strobed Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Control Signal Definition

$\overline{OBF}$ (Output Buffer Full F/F). The $\overline{OBF}$ output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The $\overline{OBF}$ F/F will be set by the rising edge of the $\overline{WR}$ input and reset by $\overline{ACK}$ input being low.

$\overline{ACK}$ (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 8255A that the data from port A or port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when $\overline{ACK}$ is a "one", $\overline{OBF}$ is a "one", and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of $\overline{WR}$.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_6.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2.

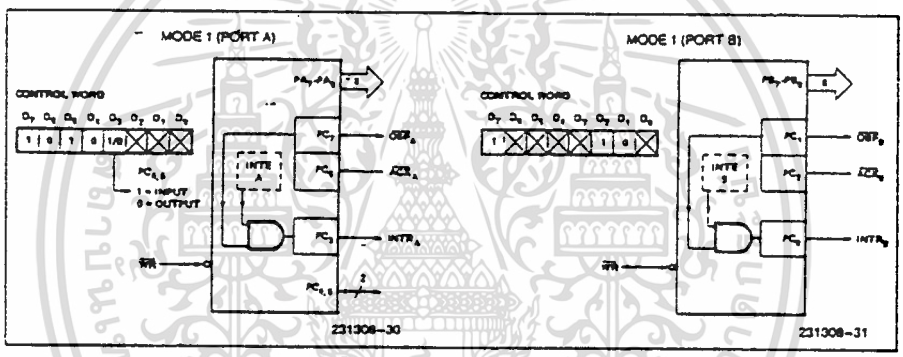


Figure 10. MODE 1 Output

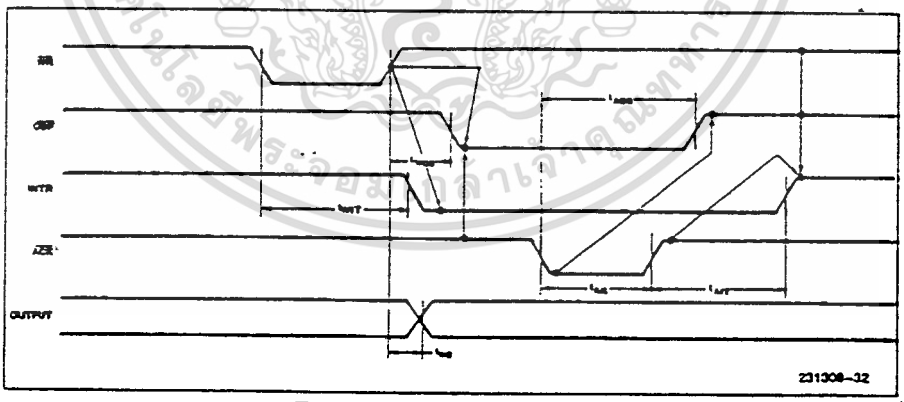


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

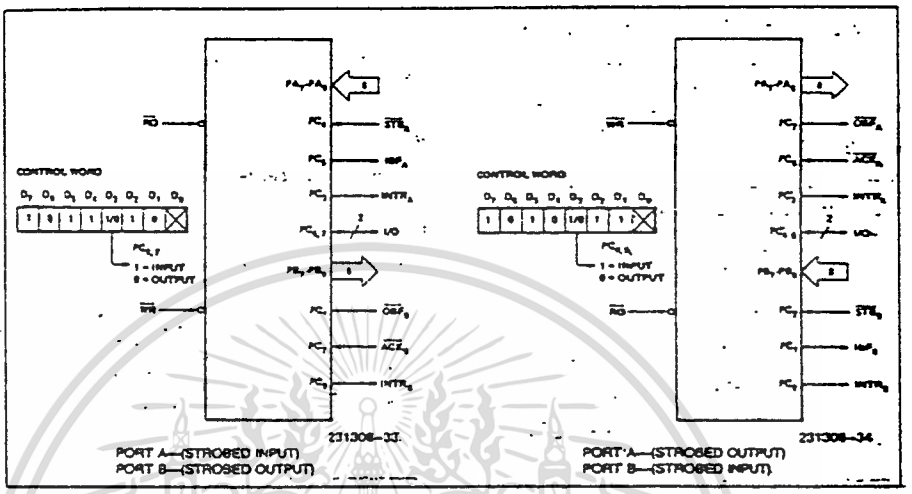


Figure 12. Combinations of MODE 1

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in MODE 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus Port (Port A) and a 5-bit control Port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for both input or output operations.

Output Operations

$\overline{OBF}$ (Output Buffer Full). The $\overline{OBF}$ output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

$\overline{ACK}$ (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with OBF). Controlled by bit set/reset of PC_6.

Input Operations

$\overline{STB}$ (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC_4.

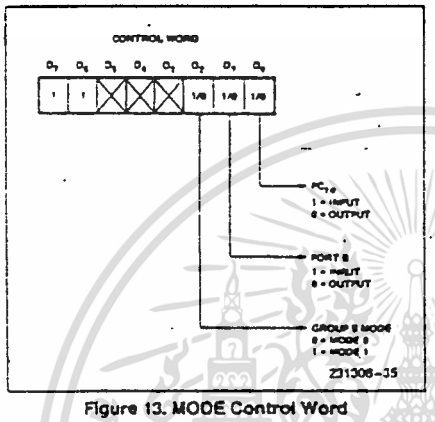


Figure 13. MODE Control Word

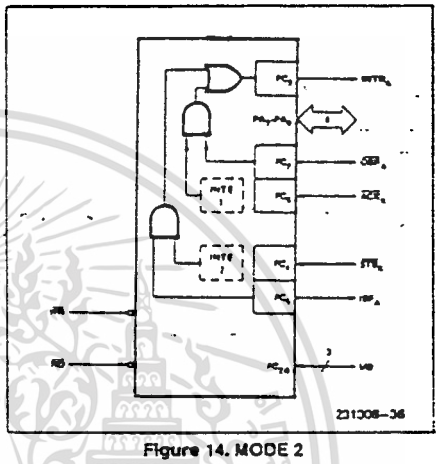
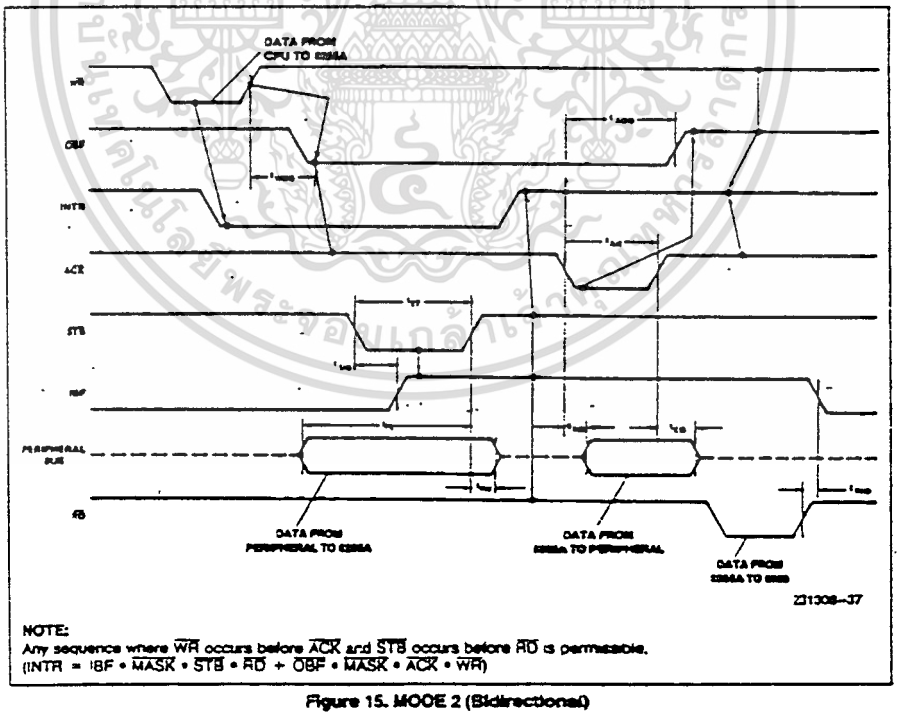


Figure 14. MODE 2



NOTE:
Any sequence where $\overline{WR}$ occurs before $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ occurs before $\overline{RD}$ is permissable.
(INTR = IBF • $\overline{MASK}$ • $\overline{STB}$ • $\overline{RD}$ + $\overline{OBF}$ • $\overline{MASK}$ • $\overline{ACK}$ • $\overline{WR}$)

Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

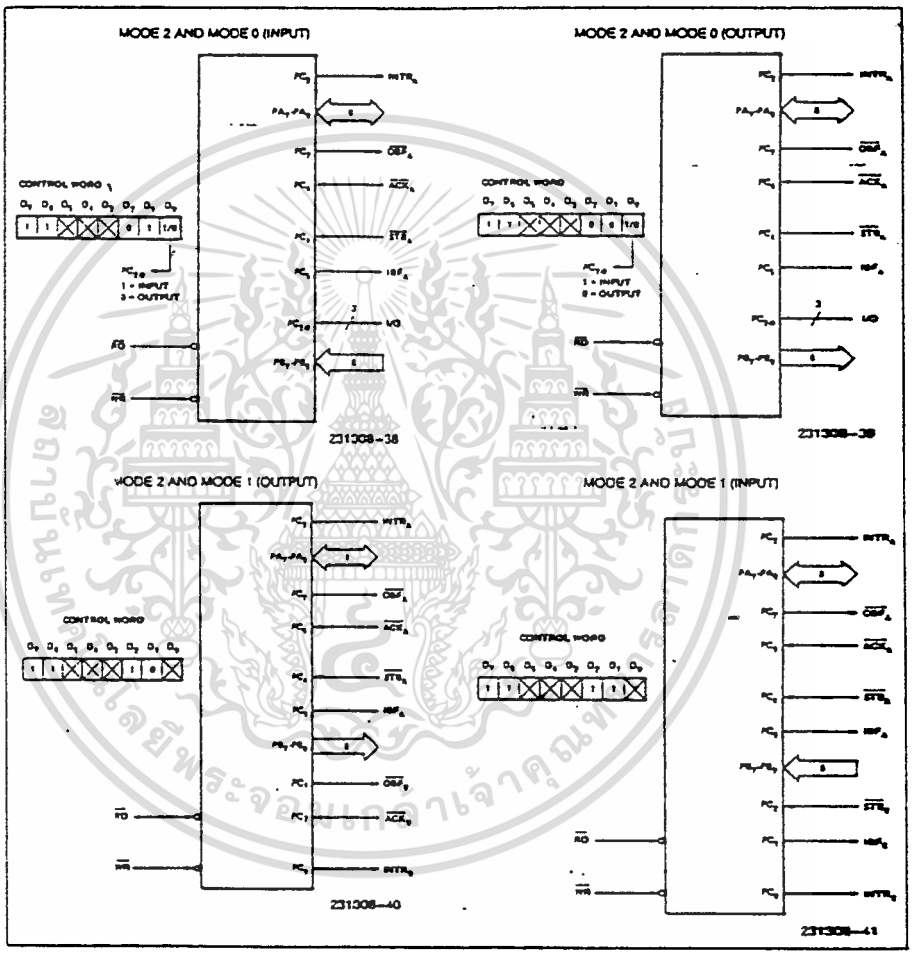


Figure 16. MODE 1/2 Combinations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2	
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY	
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	—	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	—	
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O	
PC_1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF}_B$	I/O	
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB}_B$	$\overline{ACK}_B$	I/O	
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$	
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB}_A$	I/O	$\overline{STB}_A$	
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A	
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK}_A$	$\overline{ACK}_A$	
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF}_A$	$\overline{OBF}_A$	

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes when not all of the bits in Port C are used for control or status. The remaining bits can be used as follows:

If Programmed as Inputs—

All input lines can be accessed during a normal Port C read.

If Programmed as Outputs—

Bits in C upper (PC_7–PC_4) must be individually accessed using the bit set/reset function.

Bits in C lower (PC_3–PC_0) can be accessed using the bit set/reset function or accessed as a threesome by writing into Port C.

Source Current Capability on Port B and Port C

Any set of eight output buffers, selected randomly from Ports B and C can source 1 mA at 1.5 volts. This feature allows the 8255 to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 8255 is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

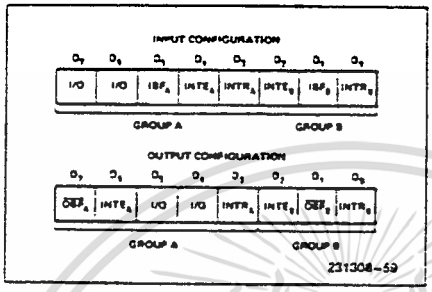


Figure 17. MODE 1 Status Word Format

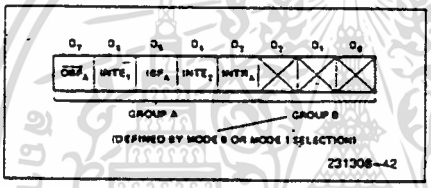


Figure 18. MODE 2 Status Word Format

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 represent a few examples of typical applications of the 8255A.

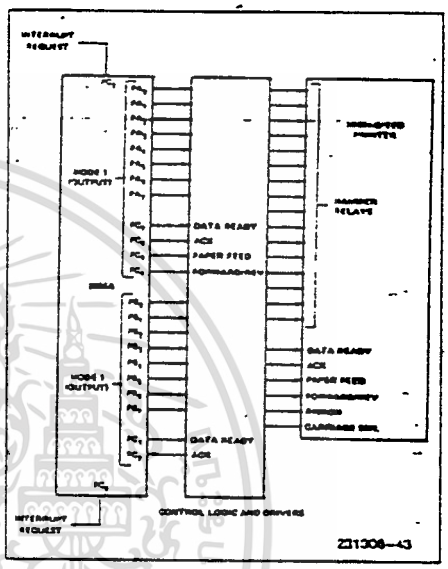


Figure 19. Printer Interface

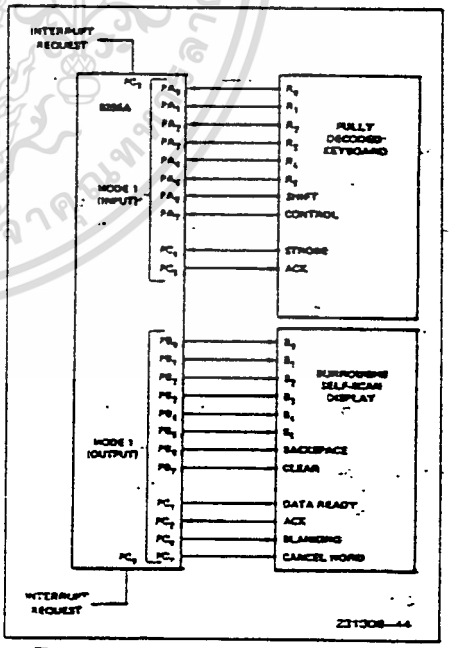


Figure 20. Keyboard and Display Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

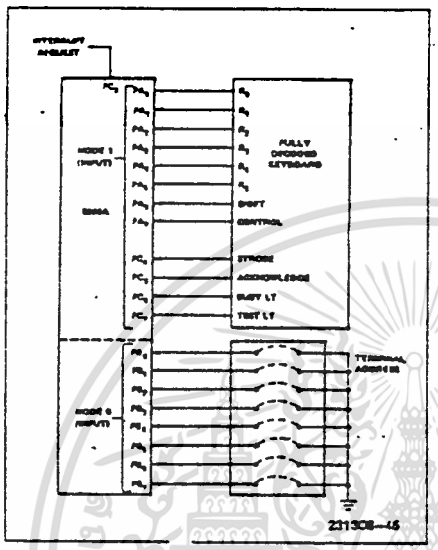


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

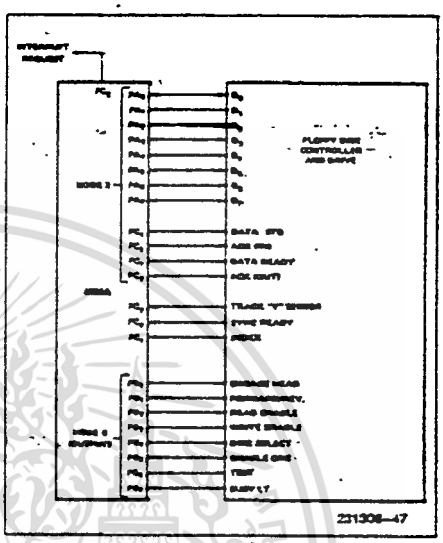


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

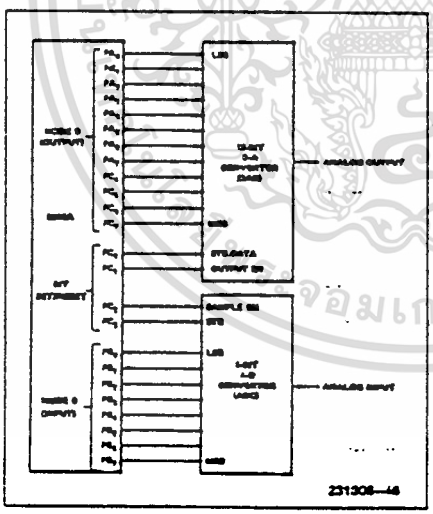


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

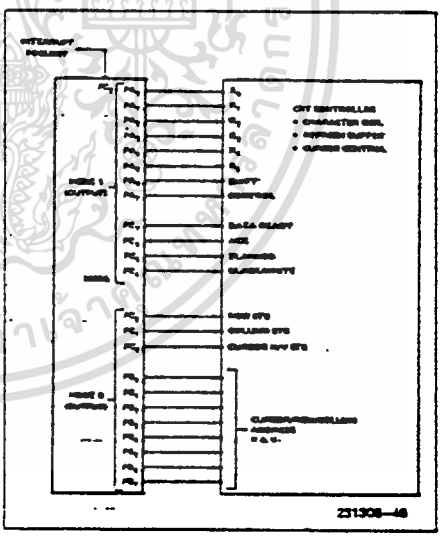
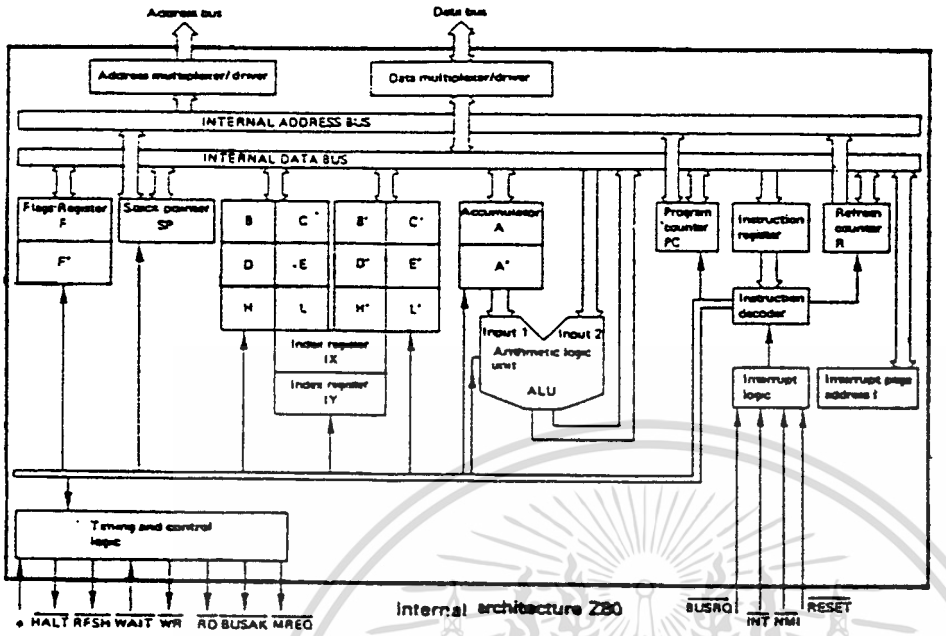
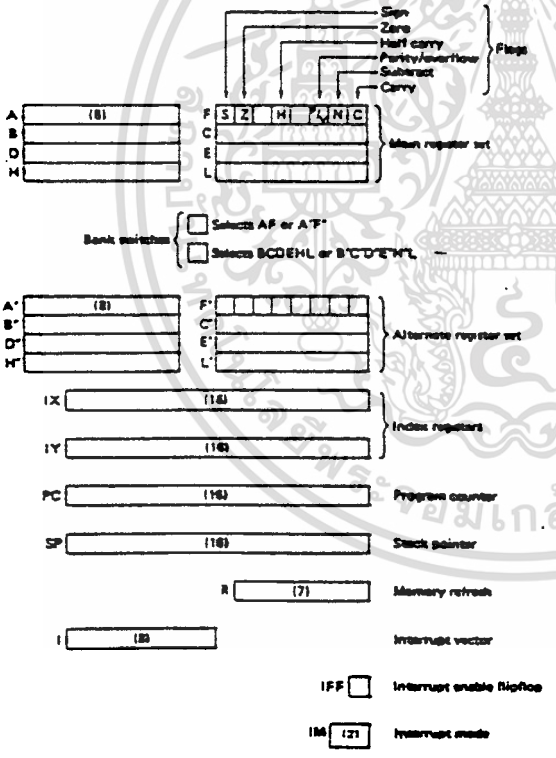


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Internal architecture Z80



Zilog Z80 CPU registers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INSTRUCTION		OBJECT CODE	BYTES	CLOCK PERIODS
LD	(IY + disp),data	FD 36 yyyy	4	19
LD	(IY + disp),reg	FD 01110sss yy	3	19
LD	R,A	ED 4F	2	9
LD	reg,data	00ddd110 yy	2	7
LD	reg,(HL)	01ddd110	1	7
LD	reg,(IX + disp)	DD 01ddd110 yy	3	19
LD	reg,(IY + disp)	FD 01ddd110 yy	3	19
LD	reg,reg	01dddsss	1	4
LD	rp,(addr)	ED 01xx1011 pppq	4	20
LD	rp,data16	00xx0001 yyyy	3	10
LD	SP,HL	F9	1	6
LD	SP,IX	DD F9	2	10
LD	SP,IY	FD F9	2	10
LDD		ED A8	2	16
LDDR		ED B8	2	21/16*
LDI		ED A0	2	16
LDIR		ED B0	2	21/16*
NEG		ED 44	2	8
NOP		00	1	4
OR	data	F6 yy	2	7
OR	(HL)	B6	1	7
OR	(IX + disp)	DD B6 yy	3	19
OR	(IY + disp)	FD B6 yy	3	19
OR	reg	10110sss	1	4
OTDR		ED BB	2	20/15*
OTIR		ED B3	2	20/15*
OUT	(C),reg	ED 01sss001	2	12
OUT	port,A	D3 yy	2	11
OUTD		ED AB	2	15
OUTI		ED A3	2	15
POP	IX	DD E1	2	14
POP	IY	FD E1	2	14
POP	qq	11qq0001	1	10
PUSH	IX	DD E5	2	15
PUSH	IY	FD E5	2	15
PUSH	qq	11qq0101	1	11
RES	b,(HL)	CB 10bbb110	2	15
RES	b,(IX + disp)	DD CB yy 10bbb110	4	23
RES	b,(IY + disp)	FD CB yy 10bbb110	4	23
RES	b,reg	CB 10bbbsss	2	8
RET		C9	1	10
RET	C	D8	1	5/11
RET	M	F8	1	5/11
RET	NC	D0	1	5/11
RET	NZ	C0	1	5/11
RET	P	F0	1	5/11
RET	PE	E8	1	5/11
RET	PO	E0	1	5/11
RET	Z	C8	1	5/11
RETI		ED 4D	2	14

INSTRUCTION		OBJECT CODE	BYTES	CLOCK PERIODS
RETN		ED 45	2	14
RL	(HL)	CB 16	2	15
RL	(IX + disp)	DD CB yy 16	4	23
RL	(IY + disp)	FD CB yy 16	4	23
RL	reg	CB 00010sss	2	8
RLA		17	1	4
RLC	(HL)	CB 06	2	15
RLC	(IX + disp)	DD CB yy 06	4	23
RLC	(IY + disp)	FD CB yy 06	4	23
RLC	reg	CB 00000sss	2	8
RLCA		07	1	4
RLD		ED 6F	2	18
RR	(HL)	CB 1E	2	15
RR	(IX + disp)	DD CB yy 1E	4	23
RR	(IY + disp)	FD CB yy 1E	4	23
RR	reg	CB 00011sss	2	8
RRA		1F	1	4
RRC	(HL)	CB 0E	2	15
RRC	(IX + disp)	DD CB yy 0E	4	23
RRC	(IY + disp)	FD CB yy 0E	4	23
RRC	reg	CB 00001sss	2	8
RRCA		0F	1	4
RRD		ED 67	2	18
RST	n	11xxx111	1	11
SBC	data	DE yy	2	7
SBC	(HL)	9E	1	7
SBC	HL,rp	ED 01xx0010	2	15
SBC	(IX + disp)	DD 9E yy	3	19
SBC	(IY + disp)	FD 9E yy	3	19
SBC	reg	10011sss	1	4
SCF		37	1	4
SET	n,(HL)	CB 11bbb110	2	15
SET	b,(IX + disp)	DD CB yy 11bbb110	4	23
SET	b,(IY + disp)	FD CB yy 11bbb110	4	23
SET	b,reg	CB 11bbbsss	2	8
SLA	(HL)	CB 26	2	15
SLA	(IX + disp)	DD CB yy 26	4	23
SLA	(IY + disp)	FD CB yy 26	4	23
SLA	reg	CB 00100sss	2	8
SRA	(HL)	CB 2E	2	15
SRA	(IX + disp)	DD CB yy 2E	4	23
SRA	(IY + disp)	FD CB yy 2E	4	23
SRA	reg	CB 00101sss	2	8
SRL	(HL)	CB 3E	2	15
SRL	(IX + disp)	DD CB yy 3E	4	23
SRL	(IY + disp)	FD CB yy 3E	4	23
SRL	reg	CB 00111sss	2	8
SUB	data	D6 yy	2	7
SUB	(HL)	96	1	7
SUB	(IX + disp)	DD 96 yy	3	19
SUB	(IY + disp)	FD 96 yy	3	19
SUB	reg	10010sss	1	4
XOR	data	EE yy	2	7
XOR	(HL)	AE	1	7
XOR	(IX + disp)	DD AE yy	3	19
XOR	(IY + disp)	FD AE yy	3	19
XOR	reg	10101sss	1	4

* Execution time shown is for one iteration.

s represents an optional binary digit.
bbb represents optional binary digits identifying a bit location in a register or memory byte. (000 LSB, 111 MSB)
ddd represents optional binary digits identifying a destination register.
111 = A 000 = B 001 = C 010 = D 011 E 100 H 101 L
sss represents optional binary digits identifying a source register—same coding as ddd.
pppq represents a four hexadecimal digit memory address.
yy represents two hexadecimal data digits.
yyyy represents four hexadecimal data digits.

When two possible execution times are shown (i.e., 5/11), it indicates that the number of clock periods depends on condition flags.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z8400
Z80® CPU Central Processing Unit

Zilog

Product Specification

April 1985

FEATURES

- The instruction set contains 158 instructions. The 78 instructions of the 8080A are included as a subset; 8080A software compatibility is maintained.
- Eight MHz, 6 MHz, 4 MHz, and 2.5 MHz clocks for the Z80H, Z80B, Z80A, and Z80 CPU result in rapid instruction execution with consequent high data throughput.
- The extensive instruction set includes string, bit, byte, and word operations. Block searches and block transfers, together with indexed and relative addressing, result in the most powerful data handling capabilities in the microcomputer industry.
- The Z80 microprocessors and associated family of peripheral controllers are linked by a vectored interrupt system. This system may be daisy-chained to allow implementation of a priority interrupt scheme. Little, if any, additional logic is required for daisy-chaining.
- Duplicate sets of both general-purpose and flag registers are provided, easing the design and operation of system software through single-context switching, background-foreground programming, and single-level interrupt processing. In addition, two 16-bit index registers facilitate program processing of tables and arrays.
- There are three modes of high speed interrupt processing: 8080 similar, non-Z80 peripheral device, and Z80 Family peripheral with or without daisy chain.
- On-chip dynamic memory refresh counter.

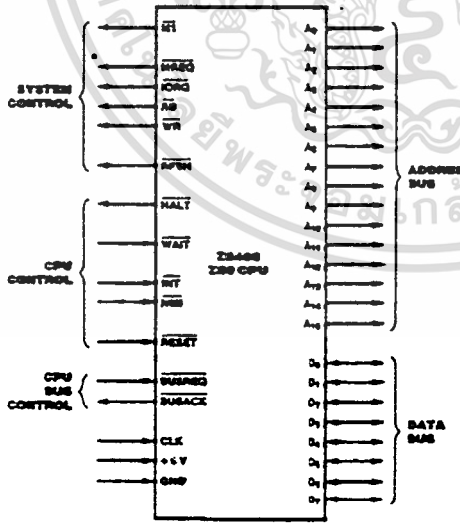


Figure 1. Pin Functions

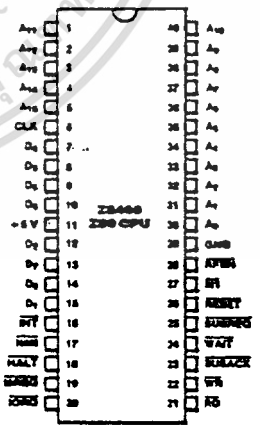


Figure 2a. 40-Pin Dual-In-Line Package (DIP) Pin Assignments

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Z80 Microprocessor Instruction Set

INSTRUCTION		OBJECT CODE	BYTES	CLOCK PERIODS
ADC	data	CE yy	2	7
ADC	(HL)	8E	1	7
ADC	HL,rp	ED 01xx1010	2	15
ADC	(IX + disp)	DD 8E yy	3	19
ADC	(IY + disp)	FD 8E yy	3	19
ADC	reg	10001xxx	1	4
ADD	data	C6 yy	2	7
ADD	(HL)	86	1	7
ADD	HL,rp	00xx1001	1	11
ADD	(IX + disp)	DD 86 yy	3	19
ADD	IX,pp	DD 00xx1001	2	15
ADD	(IY + disp)	FD 86 yy	3	19
ADD	IY,rr	FD 00xx1001	2	15
ADD	reg	10000xxx	1	4
AND	data	E6 yy	2	7
AND	(HL)	A6	1	7
AND	(IX + disp)	DD A6 yy	3	19
AND	(IY + disp)	FD A6 yy	3	19
AND	reg	10100xxx	1	4
BIT	b,(HL)	CB 01bbb110	2	12
BIT	b,(IX + disp)	DD CB yy 01bbb110	4	20
BIT	b,(IY + disp)	FD CB yy 01bbb110	4	20
BIT	b,reg	CB 01bbbxxx	2	9
CALL	label	CD pqqq	3	17
CALL	C,label	DC pqqq	3	10/17
CALL	M,label	FC pqqq	3	10/17
CALL	NC,label	D4 pqqq	3	10/17
CALL	NZ,label	C4 pqqq	3	10/17
CALL	P,label	F4 pqqq	3	10/17
CALL	PE,label	EC pqqq	3	10/17
CALL	PO,label	E4 pqqq	3	10/17
CALL	Z,label	CC pqqq	3	10/17
CCF		3F	1	4
CP	data	FE yy	2	7
CP	(HL)	BE	1	7
CP	(IX + disp)	DD BE yy	3	19
CP	(IY + disp)	FD BE yy	3	19
CP	reg	10111xxx	1	4
CPD		ED A9	2	16
CPDR		ED B9	2	21/16*
CPI		ED A1	2	16
CPIR		ED B1	2	21/16*
CPL		2F	1	4
DAA		27	1	4
DEC	(HL)	35	1	11
DEC	IX	DD 2B	2	10
DEC	(IX + disp)	DD 35 yy	3	23
DEC	IY	FD 2B	2	10
DEC	(IY + disp)	FD 35 yy	3	23
DEC	rp	00xx1011	1	6
DEC	reg	00xxx101	1	4
DI		F3	1	4
DJNZ	disp	10 yy	2	8/13
EI		FB	1	4
EX	AF,AF	08	1	4
EX	DE,HL	EB	1	4
EX	(SP),HL	E3	1	19
EX	(SP),IX	DD E3	2	23

INSTRUCTION		OBJECT CODE	BYTES	CLOCK PERIODS
EX	(SP),IY	FD E3	2	23
EXX		D9	1	4
HALT		76	1	4
IM	0	ED 46	2	8
IM	1	ED 56	2	8
IM	2	ED 5E	2	8
IN	A,port	DB yy	2	10
IN	reg,(C)	ED 01ddd000	2	11
INC	(HL)	34	1	11
INC	IX	DD 23	2	10
INC	(IX + disp)	DD 34 yy	3	23
INC	IY	FD 23	2	10
INC	(IY + disp)	FD 34 yy	3	23
INC	rp	00xx0011	1	6
INC	reg	00xxx100	1	4
IND		ED AA	2	15
INDR		ED BA	2	20/15
INI		ED A2	2	15
INIR		ED B2	2	20/15
JP	label	C3 pqqq	3	10
JP	C,label	DA pqqq	3	10
JP	(HL)	E9	1	4
JP	(IX)	DD E9	2	8
JP	(IY)	FD E9	2	8
JP	M,label	FA pqqq	3	10
JP	NC,label	D2 pqqq	3	10
JP	NZ,label	C2 pqqq	3	10
JP	P,label	F2 pqqq	3	10
JP	PE,label	EA pqqq	3	10
JP	PO,label	E2 pqqq	3	10
JP	Z,label	CA pqqq	3	10
JR	C,disp	38 yy	2	7/12
JR	disp	18 yy	2	12
JR	NC,disp	30 yy	2	7/12
JR	NZ,disp	20 yy	2	7/12
JR	Z,disp	28 yy	2	7/12
LD	A,(addr)	3A pqqq	3	13
LD	A,(BC)	0A	1	7
LD	A,(DE)	1A	1	7
LD	A,I	ED 57	2	9
LD	A,R	ED 5F	2	9
LD	(addr),A	32 pqqq	3	13
LD	(addr),BC	ED 43 pqqq	4	20
LD	(addr),DE	ED 53 pqqq	4	20
LD	(addr),HL	22 pqqq	3	16
LD	(addr),IX	DD 22 pqqq	4	20
LD	(addr),IY	FD 22 pqqq	4	20
LD	(addr),SP	ED 73 pqqq	4	20
LD	(BC),A	02	1	7
LD	(DE),A	12	1	7
LD	HL,(addr)	2A pqqq	3	16
LD	(HL),data	36 yy	2	10
LD	(HL),reg	01110sss	1	7
LD	I,A	ED 47	2	9
LD	IX,(addr)	DD 2A pqqq	4	20
LD	IX,data 16	DD 21 yyyy	4	14
LD	(IX + disp),data	DD 36 yy yy	4	19
LD	(IX + disp),reg	DD 01110sss yy	3	19
LD	IY,(addr)	FD 2A pqqq	4	20
LD	IY,data 16	FD 21 yyyy	4	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1.) ECG SEMICONDUCTORS Products Master Replacement Guide

2.) บันทึก 300 วงจรไอซี

3.) วารสารอิเลคทรอนิคส์เซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 69,85,126 และ 146

4.) ยืน ภู่วรวรรณ, วัฒนา เชียงกูล " ไมโครโปรเซสเซอร์ไมโครคอมพิวเตอร์ "

5.) EIT, "ET Hardware Lab Experiment", ETT Co., Ltd,1990

6.) รศ. สมโภชน์ อิ่มเอิบ "เทคโนโลยีฟิสิกส์ใหม่"

8.) คู่มือ/ เทียบเบอร์ ไอซี TTL ซีเอ็ดยูเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้